

Edition Fachdidaktiken

Monique Meier ·
Gilbert Greefrath ·
Marcus Hammann ·
Rita Wodzinski ·
Kathrin Ziepprecht *Hrsg.*

Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung



Springer VS

Edition Fachdidaktiken

Die Reihe ‚Edition Fachdidaktiken‘ reagiert auf die inter- und multidisziplinär wachsenden Diskurse, die sich in den Schnittmengen fachwissenschaftlicher und erziehungswissenschaftlicher Zusammenhänge verdichten.

Fachdidaktiken stehen mehr und mehr im Dialog und es zeichnen sich innovative und moderne Formen zunehmender Kommunikation und Kooperation ab.

Die Buchreihe will diese Forschungsentwicklung fördern und eine wissenschaftliche Publikationsfläche bieten, auf der Fachdidaktiken aller Disziplinen eine interdisziplinäre Öffnung in fachübergreifenden Arbeitskontexten ermöglichen.

Monique Meier · Gilbert Greefrath ·
Marcus Hammann · Rita Wodzinski ·
Kathrin Ziepprecht
(Hrsg.)

Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung

 Springer VS

Hrsg.

Monique Meier
Didaktik der Biologie
Technische Universität Dresden
Dresden, Deutschland

Gilbert Greefrath
Institut für Didaktik der Mathematik
Westfälische Wilhelms-Universität
Münster, Münster, Deutschland

Marcus Hammann
Zentrum für Didaktik der Biologie
Westfälische Wilhelms-Universität
Münster, Münster, Deutschland

Rita Wodzinski
Didaktik der Physik, Universität Kassel
Kassel, Deutschland

Kathrin Ziepprecht
Zentrum für Lehrer:innenbildung
Universität Kassel
Kassel, Deutschland

ISSN 2524-8677

ISSN 2524-8685 (electronic)

Edition Fachdidaktiken

ISBN 978-3-658-40108-5

ISBN 978-3-658-40109-2 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2>

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

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Stefanie Laux

Springer VS ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Vorwort

Die Lehramtsausbildung unterliegt dem steigenden Druck, die angehenden Lehrkräfte auf die sich wandelnden Bedingungen ihres Berufsalltags, zu denen u.a. auch die zunehmende Digitalisierung zählt, fachlich, fachdidaktisch und pädagogisch vorzubereiten. Die Herausforderung besteht hierbei nicht nur darin, ein umfassendes Professionswissen aufzubauen, sondern dies auch unter möglichst praxisnahen Bedingungen bereits im Studium zu entwickeln und anzuwenden. Die Praxisphasen im Lehramtsstudium bilden dabei einen zentralen Knotenpunkt. Sie sind jedoch nicht die einzige Maßnahme, um den Praxisbezug auszubauen. Im Zuge verschiedener Projektstränge in der Lehramtsausbildung, zu denen in besonderem Maße die ‚Qualitätsoffensive Lehrerbildung‘ zählt, haben sich seit geraumer Zeit Lehr-Lern-Labore zur Ausrichtung einer praxisnahen Ausbildung an den Hochschulen etabliert. Sie ergänzen die im Studium zu leistenden Schulpraktika und/oder Praxissemester um eine weitere Form der Verknüpfung fachlicher und fachdidaktischer Theorien mit praktischer Lehrererfahrung. Lehr-Lern-Labore sind institutionell verankert, unterliegen dabei aber zumeist keinen curricularen oder modularen Grenzen und bilden folglich einen weitgehend offenen, anpassungsfähigen Übungsraum zum Unterrichten. Insofern erscheint es nicht verwunderlich sondern naheliegend, dass mit der Notwendigkeit zur Digitalisierung in der schulischen Ausbildung auch die Gestaltung von Lehr-Lern-Laboren durch die zunehmende Berücksichtigung des Ziels der Vermittlung digitaler Kompetenzen inhaltlich und konzeptionell beeinflusst wird. Diesen inhaltlichen und konzeptionellen Veränderungen in der Lehr-Lern-Laborarbeit widmet sich dieses Sammelwerk.

Im diskursiven Austausch zwischen den (Teil-)Projekten der ‚Qualitätsoffensive Lehrerbildung‘ der Universität Kassel (PRONET-D – Professionalisierung im Kasseler Digitalisierungsnetzwerk), der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (DwD.LeL Dealing with Diversity – Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center) und der Universität Heidelberg/Pädagogischen Hochschule Heidelberg (heiEDUCATION2.1 Gemeinsam weiter! Heidelberger Lehrer:innenbildung für das 21. Jahrhundert) wurde die Bedeutsamkeit von Digitalisierung in Lehr-Lern-Laboren ersichtlich, die auch über die zumeist dominierenden MINT-Disziplinen hinaus reicht. Das Sammelwerk führt unterschiedliche Strömungen der Digitalisierung im Kontext von Lehr-Lern-Laboren zusammen und beschreibt vor diesem Hintergrund Veränderung von Inhalten, Räumen und Lehrformen aus konzeptioneller und/oder empirischer Perspektive. Forschungsarbeiten im Umfeld von Lehr-Lern-Laboren, die das etablierte Lehr-Lern-Labor-konzept um einen digitalen Schwerpunkt erweitert haben, sind in Teil I zusammengetragen. In Teil II folgen Beiträge, die neue Raumkonzepte für zumeist fachübergreifende Labore mit digitaler Ausrichtung vorstellen. Teil III legt den Fokus auf innovative Lehrformate, in deren Rahmen digitale Lehr-Lern-Labore(-Eigenschaften) in der Lehramtsausbildung genutzt werden. Beiträge, die Erkenntnisse und Szenarien einer durch die Corona-Pandemie beeinflussten Lehr-Lern-Laborarbeit beschreiben, runden das Sammelwerk in Teil IV ab. Der vorliegende Band zeigt auf diese Weise auf verschiedenen Ebenen die Chancen und Anforderungen zunehmender Digitalisierung und das damit verbundene Potenzial für die digitalisierungsbezogene Professionalisierung angehender Lehrkräfte auf.

Aus zahlreichen Interessensbekundungen zur Beteiligung an diesem Sammelwerk wurden hinsichtlich der inhaltlichen Passung und empirischen Befundlage (vor allem in Teil I) 30 Artikel ausgewählt. An dieser Stelle möchten wir allen Autorinnen und Autoren für ihre wertvollen Beiträge danken, die in einem sehr engen Zeitfenster in dieses Sammelwerk eingebracht wurden. Dabei bezieht sich der Dank nicht nur auf das Erstellen eines Artikels, sondern auch auf die Mitwirkung am Peer-Review-Verfahren. Artikel in Teil I, III und IV wurden einem internen, double-blind-Reviewprozess unterzogen, d.h. jeder Beitrag wurde von zwei Gutachterinnen und Gutachtern nach vorab festgelegten Kriterien kritisch bewertet und bei vorliegender positiver Begutachtung im Anschluss auf Basis dieser Gutachten überarbeitet. Artikel des Teils II wurden von je zwei Herausgeberinnen und Herausgebern begutachtet und ebenfalls anschließend noch einmal überarbeitet. Darüber hinaus richten wir einen Dank an Heike Klippert und Katharina Schellknecht für ihre umfassende Unterstützung beim Korrekturlesen und Formatieren der Beiträge.

Mit diesem Band möchten wir einen Beitrag dazu leisten, das empirische Forschungsfeld zur Lehr-Lern-Laborarbeit um den Kontext der Digitalisierung zu erweitern sowie die konzeptionelle (Weiter-) Entwicklung von digitalen Lehr-Lern-Laboren in allen Fachdisziplinen zu unterstützen und mit impulsgebenden Praxisbeispielen voranzutreiben.

Oktober, 2022

Monique Meier
Gilbert Greefrath
Marcus Hammann
Rita Wodzinski
Kathrin Ziepprecht

Förderhinweis

GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

Die Herausgabe des Sammelwerks ‚Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung‘ wird im Rahmen des Projekts ‚Professionalisierung im Kasseler Digitalisierungsnetzwerk (PRONET-D)‘ der Universität Kassel, des Teilprojekts ‚Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten, Learning-Center‘ des Projekts ‚Dealing with Diversity. Kompetenter Umgang mit Heterogenität durch reflektierte Praxiserfahrung‘ der WWU Münster und des Projekts ‚heiEDUCATION2.1 Gemeinsam weiter! Heidelberger Lehrer:innenbildung für das 21. Jahrhundert‘ der Universität Heidelberg und der Pädagogischen Hochschule Heidelberg im Rahmen der gemeinsamen ‚Qualitätsoffensive Lehrerbildung‘ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 01JA2012, 01JA1621 und 01JA1817A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt der einzelnen Artikel des Sammelwerks liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Inhaltsverzeichnis

Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung	1
Monique Meier, Gilbert Greefrath, Marcus Hammann, Rita Wodzinski und Kathrin Ziepprecht	
Digitalisierung als Inhalt von Lehr-Lern-Laborarbeit	
Computational Playground	19
Martin Brämer, Daniel Rehfeldt und Hilde Köster	
Simulieren und mathematisches Modellieren mit digitalen Werkzeugen im Lehr-Lern-Laborseminar	33
Jascha Quarder, Sebastian Gerber, Hans-Stefan Siller und Gilbert Greefrath	
Förderung von digitalisierungsbezogenen Kompetenzen von angehenden Physiklehrkräften mit dem SQD-Modell im Projekt DiKoLeP	47
David Weiler, Jan-Philipp Burde, Rike Große-Heilmann, Andreas Lachner, Josef Riese und Thomas Schubatzky	
Das Lehr-Lern-Labor als Baustein zum Aufbau digitalisierungsbezogener Kompetenzen im Physik-Lehramtsstudium	63
Daniel Walpert und Rita Wodzinski	
Experimentierfähigkeiten stärken, Diagnostizieren lernen und digitalgestützt Feedback geben	77
Marit Kastaun und Monique Meier	

Lern – und Erlebnislabor Industrienatur (LELINA)	91
Karl-Heinz Otto, Steffen Ciprina, Jan Hohmann, Katja Paulus, Anna Rath, Ina Jeske und Andreas Keil	
Language Learning Futures.	107
Barie Al Masri und Oliver Meyer	
Lehr-Lern-Labor-Seminare mit Oberstufenschülerinnen und -schülern.	121
Julian Kempf und Dorit Bosse	
Innovative Lehr-Lernräume für Digitalisierung	
Das TUM-DigiLLab: Lehr-Lernraum sowie Forschungs- und Entwicklungsumgebung zur Förderung digitaler Kompetenzen ...	137
Arne Bewersdorff und Claudia Nerdel	
Lernräume erfahren und gemeinsam „praktisch“ erleben in der <i>Didaktischen Werkstatt</i>	143
Caroline Burgwald, Michelle Moos, Hasan Ahmet Özenc, Hannah Spuhler, Melinda Aldemir, Diemut Kucharz und Juliane Engel	
Konzeption eines transdisziplinären Makerspace für die Primarstufe an der HU Berlin	149
Katja Eilerts, Petra Anders, Detlef Pech, Frederik Grave-Gierlinger, Jurik Stiller und Anna-Lena Demi	
DigiLLabs@JMU an der Professional School of Education der Julius-Maximilians-Universität Würzburg.	155
Silke Grafe, Thomas Trefzger, Maria Eisenmann, Hans-Stefan Siller, Jens Dreßler, Martin Hennecke, Tina Heurich, Ilona Nord, Sanna Pohlmann-Rother, Christoph Ratz und Tobias Richter	
Die digitalen Lehr-Lern-Labore der Universität Bamberg als Bindeglied zwischen Theorie, Praxis und Forschung	161
Regina Grund, Pauline Schneider und Anja Gärtig-Daugis	
P18: Vom Seminarraum zum HSE Digital Teaching and Learning Lab	167
Bernd Hirsch und Timo Holste	

Analoger Raum für digitale Bildung an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg	173
Claudia Hoffmann	
Theorie- und Praxisverzahnung im ilab@KU	179
Michael Köck	
Experimentelle Escape Games im Lehr-Lern-Labor Ex³-Lab des Fachbereichs Chemie	185
Isabel Rubner und Sarah Lukas	
Das DigiLLab der Universität Bayreuth	191
Christian Seyferth-Zapf, Matthias Ehmann und Maria Seyferth-Zapf	
DigiLLab der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg ...	197
Melanie Stephan, Cindy Bärmreuther und Rudolf Kammerl	
<i>The Basement</i> – ein Klassenraum der Zukunft am Leibniz-Institut für Bildungsmedien	203
Maren Tribukait und Janina Becker	
Digitale Transformation von Lehr-Lern-Laboren	
Entwicklung und Einsatz von VR-Lernszenarien für den Lehrkompetenzaufbau	211
Laura Glocker, Sebastian Breitenbach, Miriam Hansen, Julia Mendzheritskaya und Melissa Lê-Hoa Vö	
<i>„Es erschien mir eine unüberwindbare Mauer zu sein.“</i>	225
Corinna Hößle und Holger Winkler	
Das Seminar ‚Digitale Aufgaben‘	239
Annabelle Speer und Andreas Eichler	
Fach- und mediendidaktische Verschränkung digitaler Lern- und Arbeitsmittel	255
Marian Thiel de Gafenco und Jens Klusmeyer	
Lehr-Lern-Laborarbeit unter Bedingungen der Corona-Pandemie	
Mathe ist mehr @everywhere	271
Susanne Digel und Jürgen Roth	

„Man kann beim Experimentieren nicht über die Schulter schauen.“	287
Markus Elsholz, Wolfgang Lutz und Thomas Trefzger	
Hybrides Lehr-Lern-Praktikum	301
Alex Engelhardt, Henrik Ossadnik, Susanne Digel und Jürgen Roth	
Digital oder konventionell?	313
Michaela Maurer	
Motivational Orientations in Teaching-Learning Laboratories in Chemistry	329
Sabrina Syskowski und Olga Kunina-Habenicht	

Herausgeber- und Autorenverzeichnis

Über die Herausgeberinnen und Herausgeber

Dr. Monique Meier ist Professorin für Didaktik der Biologie an der Fakultät Biologie an der Technischen Universität Dresden. Im Sommersemester 2022 hatte sie die Vertretung für Didaktik der Biologie am Institut für Didaktik der Naturwissenschaften an der Leibniz Universität Hannover übernommen. Zuvor war sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Projekt ‚heiEDUCATION 2.1‘ im Bereich Digitalisierung an der Heidelberg School of Education tätig. Bis 2021 hat sie im Fachgebiet Didaktik der Biologie an der Universität Kassel das Lehr-Lern-Labor FLOX geleitet. Sie ist Teil des Leitungsteams im Projekt ‚Professionalisierung im Kasseler Digitalisierungsnetzwerk (PRONET-D)‘ der Qualitätsoffensive Lehrerbildung. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Professionalisierung in Lehr-Lern-Laboren und digitale Unterstützungsformate im Kontext naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. monique.meier@tu-dresden.de

Dr. Gilbert Greefrath ist Professor für Mathematikdidaktik mit dem Schwerpunkt Sekundarstufen an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. Seit 2016 ist er zusammen mit Marcus Hammann Leiter des Teilprojekts ‚Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten, Learning-Center‘ im Rahmen des Qualitätsoffensive Lehrerbildung-Projekts ‚Dealing with Diversity. Kompetenter Umgang mit Heterogenität durch reflektierte Praxiserfahrung‘ der WWU Münster. Im Rahmen eines Lehr-Lern-Labors zum mathematischen Modellieren werden professionelle Kompetenzen zum Modellieren von angehenden Lehrkräften gefördert und untersucht. Dabei werden auch vielfältig digitale Medien eingesetzt. Seine Forschungsschwerpunkte sind das mathematische Modellieren, der Einsatz digitaler Mathematikwerkzeuge und der Übergang Schule-Hochschule. greefrath@uni-muenster.de

Dr. Marcus Hammann ist Professor für Didaktik der Biologie an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. Er ist dort verantwortlich für die fachdidaktische Ausbildung der Studierenden für das Lehramt Biologie in den Bachelor- und Masterstudiengängen. Seit 2016 ist er zusammen mit Gilbert Greefrath Leiter des Teilprojekts ‚Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten, Learning-Center‘ im Rahmen des Qualitätsoffensive Lehrerbildung-Projekts ‚Dealing with Diversity. Kompetenter Umgang mit Heterogenität durch reflektierte Praxiserfahrung‘ der WWU Münster. Das Projekt zielt darauf ab, die Vorbereitung angehender Lehrkräfte auf einen produktiven Umgang mit Schülerheterogenität von Beginn des Studiums an durch reflektierte Praxiserfahrungen zu verbessern. Seine Forschungsschwerpunkte sind kognitive und affektive Aspekte des Evolutions- und Genetikunterrichts. hammann.m@uni-muenster.de

Dr. Rita Wodzinski ist Professorin für Didaktik der Physik an der Universität Kassel. Sie verantwortet seit 2000 die fachdidaktische Lehramtsausbildung im Fach Physik für alle Lehrämter. Darüber hinaus übernimmt sie Aufgaben in der Sachunterrichtsausbildung. Zusammen mit Monique Meier und Kathrin Ziepprecht leitet sie das Projekt ‚Professionalisierung im Kasseler Digitalisierungsnetzwerk (PRONET-D)‘ der Qualitätsoffensive Lehrerbildung, das insgesamt acht Teilprojekte in der gesamten Breite der Kasseler Lehrkräftebildung umfasst. In zwei Teilprojekten ‚Experimentieren mit Mikrocontrollern und Einplatinencomputern‘ sowie ‚Kooperatives Lernen mit Erklärvideos im Grundschullehramt‘ ist sie in der Teilprojektleitung beteiligt. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Experimentieren im Physik- und Sachunterricht, moderne Physik im Physikunterricht und BNE. wodzinski@uni-kassel.de

Dr. Kathrin Ziepprecht ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Zentrum für Lehrer:innenbildung an der Universität Kassel. Sie ist Teil des Leitungsteams und Projektmanagerin im Projekt ‚Professionalisierung im Kasseler Digitalisierungsnetzwerk (PRONET-D)‘ der Qualitätsoffensive Lehrerbildung und am Teilprojekt ‚Kooperatives Lernen mit Erklärvideos im Grundschullehramt‘ als Teilprojektleitung beteiligt. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich des kooperativen Lernens mit digitalen Medien im Grundschullehramt, des Kontrastierens und Vergleichens als Lehr-Lernmethode und der aktuellen Forschungsthemen im Biologieunterricht. k.ziepprecht@uni-kassel.de

Verzeichnis der Autorinnen und Autoren

Dr. Barie Al Masri Abteilung Englisch und Linguistik, Fachdidaktik des Englischen an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz.

balmasri@uni-mainz.de

Melinda Aldemir Fachbereich Erziehungswissenschaften, Arbeitsstelle für Diversität und Unterrichtsentwicklung an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main. aldemir@em.uni-frankfurt.de

Prof.in Dr. Petra Anders Institut für Erziehungswissenschaften, Deutschunterricht und seine Didaktik in der Primarstufe an der Humboldt-Universität zu Berlin. petra.anders@hu-berlin.de

Cindy Bärnreuther Institut für Erziehungswissenschaft, Lehrstuhl für Pädagogik mit dem Schwerpunkt Medienpädagogik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. cindy.baernreuther@fau.de

Janina Becker Leibniz-Institut für Bildungsmedien, Georg-Eckert-Institut, Braunschweig. janina.becker@gei.de

Dr. Arne Bewersdorff TUM School of Social Sciences and Technology, Professur für Fachdidaktik Life Sciences an der Technische Universität München. arne.bewersdorff@tum.de

Prof.in Dr. Dorit Bosse Institut für Erziehungswissenschaft, Fachgebiet Schulpädagogik mit dem Schwerpunkt Gymnasiale Oberstufe an der Universität Kassel. bosse@uni-kassel.de

Martin Brämer Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie, Arbeitsbereich Sachunterricht und seine Didaktik an der Freien Universität Berlin. braemer@zedat.fu-berlin.de

M.A. Sebastian Breitenbach Akademie für Bildungsforschung und Lehrkräftebildung an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main. s.breitenbach@em.uni-frankfurt.de

Jun.-Prof. Dr. Jan-Philipp Burde Fachbereich Physik, Didaktik der Physik an der Universität Tübingen. jan-philipp.burde@uni-tuebingen.de

Caroline Burgwald Fachbereich Erziehungswissenschaften, Institut für Pädagogik der Elementar- und Primarstufe, Arbeitsbereich Grundschulpädagogik mit Schwerpunkt Empirische Bildungsforschung an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main. burgwald@em.uni-frankfurt.de

M.Ed. Steffen Ciprina Geographisches Institut, Geographiedidaktik an der Ruhr-Universität Bochum. steffen.ciprina@rub.de

Anna-Lena Demi Institut für Erziehungswissenschaften, Deutschunterricht und seine Didaktik in der Primarstufe an der Humboldt-Universität zu Berlin. demianna@hu-berlin.de

Vertr.Prof.in Dr. Susanne Digel Institut für Mathematik II, Didaktik der Mathematik (Sekundarstufe) an der Pädagogische Hochschule Ludwigsburg. susanne.digel@ph-ludwigsburg.de

Prof. Dr. Jens Dreßler Institut für Pädagogik, Professur für Gymnasialpädagogik an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg. jens.dressler@uni-wuerzburg.de

Dr. Matthias Ehmann Institut für Informatik, Fachgebiet Digitales Lehren und Lernen & Didaktik der Informatik an der Universität Bayreuth. matthias.ehmann@uni-bayreuth.de

Prof. Dr. Andreas Eichler Institut für Mathematik, Didaktik der Mathematik (Schwerpunkt Sekundarstufe II) an der Universität Kassel. eichler@mathematik.uni-kassel.de

Prof.in Dr. Katja Eilerts Institut für Erziehungswissenschaften, Mathematik in der Primarstufe an der Humboldt-Universität zu Berlin. katja.eilerts@hu-berlin.de

Prof.in Dr. Maria Eisenmann Lehrstuhl für Fachdidaktik – Moderne Fremdsprachen mit Schwerpunkt Didaktik der englischen Sprache und Literatur an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg. maria.eisenmann@uni-wuerzburg.de

Dr. Markus Elsholz Physikalisches Institut, Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik an der Universität Würzburg. markus.elsholz@uni-wuerzburg.de

Prof.in Dr. Juliane Engel Fachbereich Erziehungswissenschaften, Institut für Pädagogik der Sekundarstufe, Arbeitsbereich Schule und kulturelle Transformation an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main. j.engel@em.uni-frankfurt.de

Alex Engelhardt Institut für Mathematik, Didaktik der Mathematik (Sekundarstufen) an der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern-Landau. a.engelhardt@rptu.de

Dr. Anja Gärtig-Daugs Zentrum für Lehrerinnen- und Lehrerbildung, Kompetenzzentrum digitales Lehren und Lernen (DigiZ) an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg. anja.gaertig-daug@uni-bamberg.de

Sebastian Gerber Institut für Mathematik, Lehrstuhl für Mathematik V: Didaktik der Mathematik an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg. sebastian.gerber@mathematik.uni-wuerzburg.de

Laura Glocker Institut für Psychologie, Abteilung Pädagogische Psychologie an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main. glocker@psych.uni-frankfurt.de

Prof.in Dr. Silke Grafe Institut für Pädagogik, Lehrstuhl für Schulpädagogik an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg. silke.grafe@uni-wuerzburg.de

Dr. Frederik Grave-Gierlinger Institut für Erziehungswissenschaften, Mathematik in der Primarstufe an der Humboldt-Universität zu Berlin. frederik.gierlinger@hu-berlin.de

Prof. Dr. Gilbert Greefrath Institut für Didaktik der Mathematik und der Informatik, Professur für Mathematikdidaktik mit dem Schwerpunkt Sekundarstufen an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. greefrath@wwu.de

M.Ed. Rike Große-Heilmann I. Physikalisches Institut, Lehrstuhl für Experimentalphysik IA an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen. grosse-heilmann@physik.rwth-aachen.de

Regina Grund Zentrum für Lehrerinnen- und Lehrerbildung, Kompetenzzentrum für digitales Lehren und Lernen (DigiZ) an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg. regina.grund@uni-bamberg.de

Prof. Dr. Marcus Hammann Fachbereich Biologie, Zentrum für Didaktik der Biologie an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. hammann.m@uni-muenster.de

Prof.in Dr. Miriam Hansen Institut für Psychologie, Pädagogische Psychologie an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main. hansen@paed.psych.uni-frankfurt.de

Prof. Dr. Martin Hennecke Institut für Informatik, Professur für Didaktik der Informatik an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg. martin.hennecke@uni-wuerzburg.de

Tina Heurich Professional School of Education, Kompetenzzentrum für digitales Lehren und Lernen „DigiLLabs“ an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg. tina.heurich@uni-wuerzburg.de

PD Dr. Bernd Hirsch Heidelberg School of Education und Anglistisches Seminar/Department of English an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg. hirsch@heiedu.uni-heidelberg.de

Claudia Hoffmann Zentrum für Lehrer*innenbildung an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. hoffmannclaudia93@gmail.com

M.Sc. Jan Hohmann Geographisches Institut, Geographiedidaktik an der Ruhr-Universität Bochum. jan.hohmann@rub.de

MA Timo Holste Zentrum für Europäische Geschichts- und Kulturwissenschaften, Historisches Seminar an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg. timo.holste@zegk.uni-heidelberg.de

Prof.in Dr. Corinna Höble Institut für Biologie und Umweltwissenschaften, Didaktik der Biologie an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. corinna.hoessle@uni-oldenburg.de

Dr. Ina Jeske Institut für Geographie und Sachunterricht, Geographie und ihre Didaktik/Sozialgeographie an der Bergische Universität Wuppertal. inajeske@uni-wuppertal.de

Prof. Dr. Rudolf Kammerl Institut für Erziehungswissenschaft, Lehrstuhl für Pädagogik mit dem Schwerpunkt Medienpädagogik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. rudolf.kammerl@fau.de

Marit Kastaun Institut für Biologie, Fachgebiet Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. m.kastaun@uni-kassel.de

Prof. Dr. Andreas Keil Institut für Geographie und Sachunterricht, Geographie und ihre Didaktik/Sozialgeographie an der Bergische Universität Wuppertal. akeil@uni-wuppertal.de

Dr. Julian Kempf Institut für Erziehungswissenschaft, Fachgebiet Schulpädagogik mit dem Schwerpunkt Gymnasiale Oberstufe an der Universität Kassel. j.kempf@uni-kassel.de

Prof. Dr. Jens Klusmeyer Institut für Berufsbildung, Fachgebiet Wirtschaftspädagogik mit Schwerpunkt Berufliches Lehren und Lernen an der Universität Kassel. klusmeyer@uni-kassel.de

PD Dr. Michael Köck Facheinheit Arbeitslehre und Wirtschaftsdidaktik an der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt. michael.koeck@ku.de

Prof.in Dr. Hilde Köster Fachbereich Erziehungswissenschaften und Psychologie, Arbeitsbereich Sachunterricht und seine Didaktik an der Freien Universität Berlin. hilde.koester@fu-berlin.de

Prof. Dr. Diemut Kucharz Fachbereich Erziehungswissenschaften, Institut für Pädagogik der Elementar- und Primarstufe, Arbeitsbereich Grundschulpädagogik mit dem Schwerpunkt Sachunterricht an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main. kucharz@em.uni-frankfurt.de

Prof.in Dr. Olga Kunina-Habenicht Fakultät Rehabilitationswissenschaften, Fachgebiet Psychologische Diagnostik an der Technischen Universität Dortmund. olga.kunina-habenicht@tu-dortmund.de

Prof. Dr. Andreas Lachner Institut für Erziehungswissenschaft, Abteilung Schulpädagogik, Arbeitsgruppe Erziehungswissenschaft mit dem Schwerpunkt Lehren und Lernen mit digitalen Medien an der Universität Tübingen. andreas.lachner@uni-tuebingen.de

Prof.in Dr. Melissa Lê-Hoa Võ Institut für Psychologie, Abteilung für Allgemeine Psychologie I an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main. mlvo@psych.uni-frankfurt.de

Jun.-Prof.in Dr. Sarah Lukas Pädagogische Psychologie an der Pädagogischen Hochschule Weingarten. lukas@ph-weingarten.de

StR Wolfgang Lutz Physikalisches Institut, Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik an der Universität Würzburg. wolfgang.lutz@uni-wuerzburg.de

Dr. Michaela Maurer Institut für Biologie und Umweltwissenschaften, Didaktik der Biologie an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. michaela.maurer@uni-oldenburg.de

Prof.in Dr. Monique Meier Fakultät Biologie, Professur für Didaktik der Biologie an der Technischen Universität Dresden. monique.meier@tu-dresden.de

Dr. Julia Mendzheritskaya Institut für Psychologie, Abteilung Pädagogische Psychologie an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main. mendzheritskaya@psych.uni-frankfurt.de

Prof. Dr. Oliver Meyer Abteilung Englisch und Linguistik, Fachdidaktik des Englischen an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. omeyer@uni-mainz.de

Michelle Moos Fachbereich Erziehungswissenschaften, Arbeitsstelle für Diversität und Unterrichtsentwicklung an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main. m.moos@em.uni-frankfurt.de

Prof.in Dr. Claudia Nerdel TUM School of Social Sciences and Technology, Professur für Fachdidaktik Life Sciences an der Technische Universität München. claudia.nerdel@tum.de

Prof.in Dr. Ilona Nord Institut für Evangelische Theologie und Religionspädagogik, Lehrstuhl für Religionspädagogik und Didaktik des Religionsunterrichts an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg. ilona.nord@uni-wuerzburg.de

Henrik Ossadnik Institut für Mathematik, Didaktik der Mathematik (Sekundarstufen) an der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern-Landau. henrik.ossadnik@rptu.de

Prof. Dr. Karl-Heinz Otto Geographisches Institut, Geographiedidaktik an der Ruhr-Universität Bochum. karl-heinz.otto@rub.de

Hasan Ahmet Özenç Fachbereich Erziehungswissenschaften, Institut für Pädagogik der Sekundarstufe, Arbeitsbereich Schule und kulturelle Transformation an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main. h.oezenc@em.uni-frankfurt.de

Katja Paulus Geographisches Institut, Geographiedidaktik an der Ruhr-Universität Bochum. katja.paulus@rub.de

Prof. Dr. Detlef Pech Institut für Erziehungswissenschaften, Sachunterricht und seine Didaktik an der Humboldt-Universität zu Berlin. detlef.pech@hu-berlin.de

Prof.in Dr. Sanna Pohlmann-Rother Institut für Pädagogik, Lehrstuhl für Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg. sanna.pohlmann-rother@uni-wuerzburg.de

Jascha Quarder Fachbereich Mathematik und Informatik, Institut für Didaktik der Mathematik und der Informatik an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. jascha.quarder@uni-muenster.de

M.Ed. Anna Rath Geographisches Institut, Geographiedidaktik an der Ruhr-Universität Bochum. anna.rath-p9n@rub.de

Prof. Dr. Christoph Ratz Institut für Sonderpädagogik, Lehrstuhl für Pädagogik bei Geistiger Behinderung an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg. christoph.ratz@uni-wuerzburg.de

Dr. Daniel Rehfeldt Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie, Arbeitsbereich Sachunterricht und seine Didaktik an der Freien Universität Berlin. daniel.rehfeldt@fu-berlin.de

Prof. Dr. Tobias Richter Fakultät für Humanwissenschaften, Lehrstuhl für Psychologie IV an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg. tobias.richter@uni-wuerzburg.de

Prof. Dr. Josef Riese I. Physikalisches Institut, Lehrstuhl für Experimentalphysik IA an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen. riese@physik.rwth-aachen.de

Prof. Dr. Jürgen Roth Institut für Mathematik, Didaktik der Mathematik (Sekundarstufen) an der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern-Landau. j.roth@rptu.de

Prof.in Dr. Isabel Rubner Fachbereich Chemie und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule Weingarten. isabel.rubner@ph-weingarten.de

M.Sc. Pauline Schneider Zentrum für Lehrerinnen- und Lehrerbildung, Kompetenzzentrum digitales Lehren und Lernen (DigiZ) an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg. pauline.schneider@uni-bamberg.de

Ass.-Prof. PhD Thomas Schubatzky, Institut für Fachdidaktik und Institut für Experimentalphysik an der Universität Innsbruck. thomas.schubatzky@uibk.ac.at

Dr. Christian Seyferth-Zapf Kompetenzzentrum für digitales Lehren und Lernen und Institut für Informatik, Fachgebiet digitales Lehren und Lernen & Didaktik der Informatik an der Universität Bayreuth. christian.seyferth-zapf@uni-bayreuth.de

Maria Seyferth-Zapf Kompetenzzentrum für digitales Lehren und Lernen und Institut für Informatik, Fachgebiet digitales Lehren und Lernen & Didaktik der Informatik an der Universität Bayreuth. maria.seyferth-zapf@uni-bayreuth.de

Prof. Dr. Hans-Stefan Siller Institut für Mathematik, Lehrstuhl für Mathematik V: Didaktik der Mathematik an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg. hans-stefan.siller@mathematik.uni-wuerzburg.de

Annabelle Speer Institut für Mathematik, Didaktik der Mathematik (Schwerpunkt Sekundarstufe II) an der Universität Kassel. annabelle.speer@mathematik.uni-kassel.de

Hannah Spuhler Fachbereich Erziehungswissenschaften, Arbeitsstelle für Diversität und Unterrichtsentwicklung an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main. spuhler@em.uni-frankfurt.de

Dr. Melanie Stephan Institut für Erziehungswissenschaften, Lehrstuhl für Pädagogik mit dem Schwerpunkt Medienpädagogik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. melanie.stephan@fau.de

Jurik Stiller Institut für Erziehungswissenschaften, Arbeitsbereich Sachunterricht & seine Didaktik an der Humboldt-Universität zu Berlin. jurik.stiller@hu-berlin.de

Dr. Sabrina Syskowski Lehrstuhl Fachdidaktik der Naturwissenschaften, Fachbereich Chemie an der Universität Konstanz. sabrina.syskowski@uni-konstanz.de

Marian Thiel de Gafenco Institut für Berufsbildung, Fachgebiet Wirtschaftspädagogik mit Schwerpunkt Berufliches Lehren und Lernen an der Universität Kassel. thiel.de.gafenco@uni-kassel.de

Prof. Dr. Thomas Trefzger Physikalisches Institut, Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik an der Universität Würzburg. thomas.trefzger@uni-wuerzburg.de

Dr. Maren Tribukait Leibniz-Institut für Bildungsmedien, Georg-Eckert-Institut, Braunschweig. tribukait@gei.de

Daniel Walpert Institut für Physik, Fachgebiet Didaktik der Physik an der Universität Kassel. walpert@physik.uni-kassel.de

David Weiler Fachbereich Physik, Didaktik der Physik an der Universität Tübingen. david-christoph.weiler@uni-tuebingen.de

Dr. Holger Winkler Institut für Chemie und Biologie des Meeres, Arbeitsgruppe Marine Sensorsysteme an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. holger.winkler@uni-oldenburg.de

Prof.in Dr. Rita Wodzinski Institut für Physik, Didaktik der Physik an der Universität Kassel. wodzinski@physik.uni-kassel.de

Dr. Kathrin Ziepprecht Zentrum für Lehrer*innenbildung an der Universität Kassel. k.ziepprecht@uni-kassel.de



Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung

Strömungen und Veränderungen in der Lehr-Lern-Labor-Landschaft als Folge des digitalen Wandels

Monique Meier, Gilbert Greefrath, Marcus Hammann,
Rita Wodzinski und Kathrin Ziepprecht

Strömungen in der Lehr-Lern-Labor-Landschaft als Folge der Digitalisierung

Mit der das gesamte Bildungssystem betreffenden Strategie ‚Bildung in der digitalen Welt‘ (KMK 2017) und der ergänzenden Empfehlung ‚Lehren und Lernen in der digitalen Welt‘ (KMK 2021) besteht die Notwendigkeit, digitale

M. Meier (✉)

Didaktik der Biologie, Technische Universität Dresden, Dresden, Deutschland

E-Mail: monique.meier@tu-dresden.de

G. Greefrath

Institut für Didaktik der Mathematik und der Informatik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Deutschland

E-Mail: greefrath@uni-muenster.de

M. Hammann

Zentrum für Didaktik der Biologie, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Deutschland

E-Mail: hammann.m@uni-muenster.de

R. Wodzinski

Didaktik der Physik, Universität Kassel, Kassel, Deutschland

E-Mail: wodzinski@physik.uni-kassel.de

K. Ziepprecht

Zentrum für Lehrer*innenbildung, Universität Kassel, Kassel, Deutschland

E-Mail: k.ziepprecht@uni-kassel.de

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

M. Meier et al. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung*, Edition Fachdidaktiken, https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_1

Schulentwicklungsprozesse zu gestalten und Lehrkräfte in fachdidaktischer und pädagogischer sowie technischer Hinsicht für die Gestaltung digitalisierungsbezogener Bildungsprozesse zu qualifizieren. Hierzu muss auch in den Hochschulen der digitale Wandel breit in die Lehramtsausbildung hineingetragen und umgesetzt werden, da digitales Lehren und Lernen als integraler Bestandteil aller Fächer gesehen wird (Heinen und Kerres 2017). Ein entsprechender Professionalisierungsprozess mit der Förderung digitaler Kompetenzen bei angehenden Lehrkräften ist Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung von Digitalisierung in Schule und Unterricht (Lachner et al. 2020). Angehende Lehrkräfte werden beispielsweise digitale Informations-, Kommunikations- und Präsentationstechniken nur dann erfolgreich in ihrem künftigen Schulalltag nutzen können, wenn in der Lehramtsausbildung ein effektiver Einsatz digitaler Medien umfassend und vielgestaltig integriert ist (Romero-García et al. 2020). Der spürbare Digitalisierungsdruck beeinflusst nicht zuletzt auch die Lehr-Lern-Labore in ihrer strukturellen und konzeptionellen Gestaltung und führt vielerorts zu Veränderungen des etablierten und institutionell verankerten Formats.

Lehr-Lern-Labore stellen wertvolle Lerngelegenheiten für angehende Lehrkräfte dar, in denen das erworbene Theoriewissen mit Praxishandeln unter Einbezug von Schülerinnen und Schülern in Beziehung gesetzt werden kann (z. B. Dohrmann und Nordmeier 2020). Folglich bieten sie den angehenden Lehrkräften Möglichkeiten, bereits im Studium Erfahrungen im Umgang mit Schülerinnen und Schülern in unterrichtsähnlichem Kontext zu sammeln (z. B. Völker und Trefzger 2011). Damit grenzen sich Lehr-Lern-Labore von den bereits deutlich länger universitär verankerten Studien-/Lernwerkstätten ab und stehen auch mit der Fokussierung auf die Qualifizierung von Studierenden den zahlenmäßig überlegeneren Laboren für Schülerinnen und Schüler gegenüber (Bosse et al. 2020). Lehr-Lern-Labore bieten in ihrer Komplexität reduzierte, aber dennoch authentische Lernumgebungen, in denen Unterrichtssituationen von den Lehramtsstudierenden theoriegeleitet geplant, analysiert und reflektiert sowie selbst durchgeführt werden können (Kürten et al. 2020). Die Reduktion der Komplexität unterrichtsbezogener Handlungen wird in Lehr-Lern-Laboren auf verschiedene Weisen realisiert, beispielsweise durch die Unterstützung von Mitstudierenden und Dozierenden, die Arbeit mit kleinen Lerngruppen von Schülerinnen und Schülern, die hochschulische Verortung der Lerngelegenheit in vertrauter und geschützter Umgebung und/oder die Fokussierung der Beobachtungsaufgaben auf ausgewählte Aspekte (u. a. Marohn et al. 2020; Roth und Priemer 2020a). Eine Erweiterung des Formates Lehr-Lern-Labor um die Dimension der Digitalisierung wirkt sich auf die Komplexität des Unterrichtens aus (Abschn. „Komplexität in Lehr-Lern-Laboren“), schafft aber vor allem

Möglichkeiten einer anwendungsbezogenen Förderung digitaler Kompetenzen bei den angehenden Lehrkräften in den Fächern (z. B. Chemie: Röwekamp et al. 2022; Englisch: Sprenger und Surkamp, 2021) und ebenso fachübergreifend. Diese können in digital ausgestatteten Lehr-Lern-Laboren eigenständig und konstruktiv mit digitalen Medien, Methoden und Konzepten arbeiten, deren lernförderliche Aspekte erkunden und Anwendungsszenarien für den eigenen Unterricht entwickeln. Im Zuge der Einkehr digitaler Technologien in das hochschuldidaktische Lehrangebot selbst sowie als Lerngegenstand in der fachspezifischen Professionalisierung zeichnen sich die folgenden Strömungen der Digitalisierung in und zu Lehr-Lern-Laboren ab.

Digital gestützte Lehr-Lern-Labore (*Teil I in diesem Band*)

Häufig werden digitale Technologien in das Ausstattungskonzept von Lehr-Lern-Laboren integriert und somit als fachdidaktische Inhaltskomponente in die Lehr-Lern-Labor-Arbeit mit einbezogen. Ziel ist es hierbei, digitalisierungsbezogene fachlich-fachdidaktische Kompetenzen (u. a. TPACK: Koehler et al. 2013; DiKoLAN: v. Kotzebue et al. 2021) von Lehramtsstudierenden durch die aktive Auseinandersetzung mit digitalen Technologien in praxisnahen Lehr-Lernsettings im Fach oder den Bildungswissenschaften (siehe z. B. Kempf und Bosse in diesem Band) zu fördern. Die bestehenden Lehr-Lern-Labore, wie auch die im Zuge der zunehmenden Digitalisierung in den Fächern ggf. neu aufgebauten Lehr-Lern-Labore, werden durch die Integration von digitalen Technologien zwar konzeptionell erweitert, bleiben aber in ihren wesentlichen Merkmalen der Studierenden-Lernenden-Interaktion, Komplexitätsreduktion und strukturellen Verankerung weitestgehend unverändert. Neben den konzeptionellen Weiterentwicklungen zu einer digital gestützten Lehr-Lern-Labor-Arbeit (siehe z. B. Walpert und Wodzinski in diesem Band), in der neben fachdidaktischen Theorien ebenso u. a. Mediendidaktik und Kognitionspsychologie zusammengeführt werden, sind empirische Erkenntnisse zur Wirkkraft jener Entwicklungen in der Lehr-Lern-Labor-Arbeit bedeutsam und anzustreben. Mit den Beiträgen in Teil I dieses Sammelwerkes wird das noch rar bestückte empirische Erkenntnisfeld zur Förderung von digitalisierungsbezogenen sowie rein fachdidaktisch/pädagogischen Wissensfacetten durch den Einsatz digitaler Technologien in Lehr-Lern-Laboren erweitert. Hierbei dominiert wie auch in der analogen Lehr-Lern-Labor-Arbeit der Anteil an Entwicklungs- und Forschungsarbeiten aus dem MINT-Bereich (Rehfeld et al. 2020); im Sammelwerk vertreten durch die Fächer Informatik, Mathematik, Physik und Biologie sowie erweitert um die Disziplinen

der Geografie, Linguistik und Bildungswissenschaften (entspricht der Reihenfolge der Beiträge in Teil I).

Digitale (Lehr-Lern-)Labore (Teil II in diesem Band)

Bereits seit mehr als fünf Jahren wird durch bundesweite und bundeslandspezifische Förderprogramme auch der Digitalisierungsschub an den Hochschulen vorangetrieben. Während in den ersten beiden Förderlinien der ‚Qualitäts-offensive Lehrerbildung‘ Projekte im Kontext der Digitalisierung nur vereinzelt auftauchen, verschiebt sich das Bild mit der dritten expliziten Linie zur Digitalisierung in der Lehramtsausbildung sowie weiterer Förderinitiativen von z. B. der Stiftung Innovation in der Hochschullehre (u. a. ‚Hochschullehre durch Digitalisierung stärken‘), dem Bayerischen Staatsministerien für Unterricht und Kultus, Wissenschaft und Kunst (u. a. ‚Masterplan Bayern Digital II‘) oder dem Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (u. a. ‚Leuchttürme der Lehrerbildung ausbauen‘) deutlich zugunsten des Ausbaus der Digitalisierung an Hochschulen. In dieser Folge treten ‚Lehr-Lern-Raum-Konzepte‘ zu Tage, die an den Hochschulen fachübergreifend strukturell verankert werden. Der jeweilige Ursprung liegt hierbei nicht zwingend in der Lehr-Lern-Labor-Arbeit; das weitestgehend einheitliche Konzept der diversen ‚Digital Labs‘ zur aktiven Auseinandersetzung mit digitalen Technologien in lehr- bzw. unterrichtsbezogenen Kontexten greift die grundlegende Intention der Theorie-Praxis-Verknüpfung von Lehr-Lern-Laboren jedoch (auch) auf. Im Zuge einer Internetrecherche mit dem Namen der jeweiligen Hochschule (in Deutschland) und den Stichwörtern ‚Lehrlabor, Lernlabor, digital, Lehramt‘ konnten zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Sammelwerkes (Oktober 2022) zahlreiche Einrichtungskonzepte zu digitalen Laboren in der universitären Lehramtsausbildung identifiziert und quantifiziert werden. Da einige Lehr-Lern-Labore ggf. auch Bezeichnungen tragen, die nicht in das aufgeführte Rechercheraster fallen, erhebt die folgende Aufzählung keinen Anspruch auf Vollständigkeit:

- 13 digitale Labore mit universitärer, fachübergreifender Verortung und einer vornehmlich zentralisierten Koordination über ein Zentrum für Lehrkräftebildung/School of Education lassen sich als Ein-Raum-Konzept mit umfassender digitaler Ausstattung beschreiben (siehe z. B. *HSE Digital Teaching and Learning Lab, ilab@KU* in diesem Band).
- An sieben bayerischen Hochschulen wird ebenfalls eine fachübergreifende Ausrichtung jedoch mit einem Mehr-Raum-Konzept umgesetzt, das sich auf

die unterschiedlichen zur Verfügung gestellten Technologien (z. B. *VideoLab*, *SensorLab*) oder eine fachspezifische Anbindung (z. B. *GreenLab*, *Digiphil*) der einzelnen Räume/Labore stützt (siehe z. B. *DigiLLab(s)* der FAU Erlangen-Nürnberg, der Universität Bayreuth, der JMU Würzburg in diesem Band). Auch hier ist die Koordination weitestgehend zentralisiert. An weiteren drei Hochschulen konnte ein ähnliches, fachübergreifendes, zentralisiertes Mehr-Raum-Konzept identifiziert werden (z. B. *Digital Learning Lab* der Universität Bielefeld).

- Mit einer fachspezifischen, universitären Anbindung und inhaltlichen Ausrichtung lassen sich fünf digitale Labore identifizieren, die dem Lehr-Lern-Labor-Konzept deutlich näher sind als die vorherigen angeführten fachübergreifenden Labore, jedoch mit einem konzeptionell digitalen Schwerpunkt (z. B. *Lehr-Lern Hub: Digital History* an der Universität Jena; siehe *Ex3Lab* der Pädagogischen Hochschule Weingarten als Beispiel in diesem Band).

Den hier gruppierten ‚Digital Labs‘ geht die Makerbewegung mit der Einrichtung von Fab Labs, MakerLabs, Makerspace etc. voran. Neben einer starken Verankerung im informellen Bildungsbereich von u. a. Museen oder Bibliotheken lassen sich Makerspaces auch zunehmend an Hochschulen finden. In diesen sollen beispielsweise alle hochschul-eingebundenen Statusgruppen Zugang zu Geräten, wie z. B. 3D-Druckern, Lasercuttern, computergesteuerten Fräsen, Mikrocontrollern und Modellierungssoftware bekommen, um mit diesen individuell und/oder kooperativ im diskursiven Austausch arbeiten zu können und/oder den Umgang damit zu erlernen (Stilz et al. 2021). Es handelt sich in diesem Sinne um offene Werkstätten mit digitalen sowie analogen Werkzeugen, die zum produktiven Technikhandeln (*making*, Knaus und Schmidt 2020) anregen (z. B. *MakerLabs* der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg). Demgegenüber steht das medienpädagogische *making* in entsprechend pädagogisch-didaktisch ausgerichteten bzw. angelegten Makerspaces (z. B. *Makerspaces* an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg; Schmidt 2022), die dem Leitgedanken des projektbasierten, kreativen, freien Arbeitens und Lernens der Maker Education folgen und als zentrale Zielgruppe (auch) Schülerinnen und Schüler adressieren (Schön et al. 2016). Die konzeptionelle wie auch räumliche Gestaltung von Makerspaces an Hochschulen und Schulen ist vielseitig und bedarf daher (auch) einer von der Digitalisierung in der Lehr-Lern-Labor-Arbeit losgelösten Betrachtung. Für die im vorliegenden Sammelwerk zusammengeführten Strömungen und abgeleiteten Veränderungen soll an dieser Stelle vornehmlich auf die Nähe und Überschneidungen unterschiedlicher ‚Raumkonzepte‘

zum digital gestützten Lehren und Lernen an den Hochschulen hingewiesen werden. Makerspaces, die digitale Technologien zur Nutzung in der Lehre bzw. zum Lehren zur Verfügung stellen, sind den im Digitalisierungsschub an den Hochschulen aufgebauten digitalen Laboren ähnlich (siehe z. B. *Makerspace* für die Primarstufe an der HU Berlin in diesem Band). Konzeptionelle Unterschiede zwischen Makerspace und digitalen Laboren/Lehr-Lern-Laboren, die sich aus einer Spezifizierung z. B. in Inhalt und/oder Didaktik, der Integration in die Lehre und/oder Zielgruppen ergeben, sollten zukünftig stärker in den Blick genommen und beschrieben werden, um Übersichtlichkeit in das Angebot digitaler Lehr-Lernräume an Hochschulen zu bringen sowie empirische Forschungszugänge ableiten zu können.

Innovative digitale Labor-Lehrformate (Teil III in diesem Band)

Mit der Digitalisierung können Lehr-Lern-Prozesse grundsätzlich neu gedacht werden. Digitale Medien können das Lehr-Lern-Labor selbst sowie das Lehren und Lernen im realen wie auch digitalen und virtuellen (Labor-)Raum definieren. In der Verbindung von real und digital bzw. virtuell nehmen *Mixed Reality*-Lernumgebungen eine besondere Rolle ein, die aufgrund ihrer Vielgestaltigkeit das Spektrum der Möglichkeiten zum Lehren und Lernen im Labor erweitern und/oder verändern können (z. B. Ermel et al. 2017). Mit Augmented Reality (AR) wird der real physische Raum mit virtuellen Objekten angereichert; bei Augmented Virtuality wird eine überwiegend virtuelle Welt mit einigen realen Objekten dargestellt und eine reine Virtual Reality (VR) lässt den Lernenden losgelöst von der realen Welt tief in eine virtuelle Lernumgebung eintauchen (Speicher et al. 2019). Neben diesem ‚Reality-Virtuality Continuum‘ (Milgram et al. 1995) zeigen sich Unterschiede zwischen *Mixed Reality*-Lernumgebungen auch in der Anzahl der mit einbezogenen Lernenden und/oder dem Grad an impliziter und expliziter Interaktion der Lernenden mit den virtuellen Objekten sowie dem Level an Immersion (Speicher et al. 2019). Übertragen auf die Gestaltung innovativer digitaler Labor-Lehrformate in einem hochschuldidaktischen Setting treten u. a. digitale bzw. virtuelle Klassenzimmer verstärkt auf (siehe z. B. Glocker et al. in diesem Band). In diesen können Studierende beispielsweise (digitale) Lehrkonzepte ausprobieren und/oder mit schwierigen Unterrichtssituationen konfrontiert werden, um einen reflektierten Umgang mit diesen zu erlernen. Digitalisierung schafft hier einen neuen Zugang zum praxisnahen Lernen in einer virtuellen laborähnlichen Lehrsituation. Damit verschieben

und/oder verändern sich die charakteristischen Merkmale der Lehr-Lern-Labor-Arbeit, indem u. a. die Interaktion der Studierenden mit den Schülerinnen und Schülern keine reale Verbindung hat (Abschn. „[Einbindung von Schülerinnen und Schülern](#)“).

Ebenfalls digital oder auch virtuell, aber dennoch in der Interaktion und Kommunikation mit den Schülerinnen und Schülern real, entwickeln sich Lehr-Lern-Labor-Formate, die digitale Medien als Inhalt und zudem auch zur Ausgestaltung des Lehr-Lern-Labors selbst einbinden (siehe z. B. Speer und Eichler in diesem Band). Auch hier werden u. a. *Mixed Realities* (MR) erzeugt, indem z. B. Lernumgebungen im Abgleich sowohl physisch-real als auch digital-virtuell konzipiert und umgesetzt werden („MR as an alignment of environments“ nach Speicher et al. [2019](#), S. 7; z. B. Syskowski [2021](#)). Der Gestaltungsspielraum zum digital transformierten Lehr-Lern-Labor ist aufgrund der Menge an digitalen Tools immens. Die Beiträge in diesem Band können daher nur einen ersten Einblick in diese (mögliche) Strömung geben und den Anfang einer sich wandelnden Lehr-Lern-Labor-Landschaft skizzieren.

Lehr-Lern-Labore in der Corona-Pandemie (Teil IV in diesem Band)

Waren Studium und Schule von den pandemischen Einschränkungen in der Unterrichtsgestaltung stark betroffen, galt dies folglich auch für die bestehenden Lehr-Lern-Labore an den Hochschulen. Die an sie gestellten Anforderungen und damit verbundenen Herausforderungen zur Realisierung einer digitalen, unterrichtsbezogenen Lernumgebung waren ähnlich. Jedoch stehen die in der Lehr-Lern-Labor-Arbeit zusammengeführten Akteursebenen hier nicht nur für sich, sondern müssen gemeinsam betrachtet werden. In der Folge muss in der digitalen Realisierung eines Lehr-Lern-Labors eine Anpassung an die technischen Gegebenheiten der Hochschule und Schule sowie an die Medienkompetenzen der Studierenden und Schülerinnen und Schülern gleichermaßen stattfinden (Voss und Wittwer, [2020](#)). In einer pandemisch-induzierten konzeptionellen Weiterentwicklung werden sowohl bestehende Laboreinheiten digital ‚neu‘ ausgestaltet und umgesetzt (siehe z. B. Elsholz et al. in diesem Band) als auch neue, von Beginn an auf digitale Umsetzung ausgerichtete Lehr-Lern-Labor-Einheiten bzw. -Seminare konzipiert (siehe z. B. Engelhardt et al. in diesem Band). Hierbei zeigt sich in den Veränderungen von Lehr-Lern-Laboren im Zuge der Corona-Pandemie eine Schnittmenge zur generellen (Weiter-)Entwicklung von innovativen digitalen Formaten in der Lehr-Lern-Labor Arbeit. Insofern besteht ein Anspruch dieser

zeitlich begrenzten Strömung zu Digitalisierung und Lehr-Lern-Laboren darin, Implementation für die zukünftige digitale Gestaltung und Umsetzung abzuleiten. In den Beiträgen von Teil IV spielen die konzeptionellen Elemente digitaler, pandemisch geprägter Veränderungen von Lehr-Lern-Laboren eine untergeordnete Rolle. Im Schwerpunkt werden empirische Befunde berichtet, die Einblick in und zum Teil Aufschluss über die Wahrnehmung und Wirkung digitaler und/oder digital gestützter Lehr-Lern-Labor-Einheiten aufseiten der Studierenden (siehe z. B. Syskowski und Kunina-Habenicht in diesem Band) oder Schülerinnen und Schüler geben (siehe z. B. Digel und Roth in diesem Band).

Veränderungen der Merkmale von Lehr-Lern-Laboren infolge des Einbezugs von Digitalisierungsaspekten

Veränderungen in der Lehr-Lern-Labor-Landschaft durch den Einfluss und/oder die Integration digitaler Technologien zeigen sich einerseits auf struktureller Ebene (z. B. Raumkonzept, hochschulische und curriculare Verankerung), andererseits in den Möglichkeiten zur Einbindung von Schülerinnen und Schülern bzw. Schulklassen (angelehnt an Weusmann et al. 2020; Eilers 2016), aber auch in der Komplexität, mit der die Studierenden in den Lehr-Lern-Laboren konfrontiert sind (Marohn et al. 2020).

Strukturelle Ebene: Lernorte und Curricula

In der Regel sind Lehr-Lern-Labore in personeller, räumlicher und sachlicher Verankerung an der Hochschule (Brüning et al. 2020) in einem für Besuche von Schulklassen geeigneten Raum verortet (Weusmann et al. 2020). Zusätzlich werden auch Labore/Werkstätten oder Fachräume an Schulen genutzt, die in Kooperation mit der Hochschule von den Studierenden aufgesucht werden (z. B. *FELI-Lab* in der Martinschule Bamberg). Dazu kommen insbesondere im naturwissenschaftlichen Bereich Freiland-/biologische Standorte mit universitärer Anbindung (z. B. *Freilandlabor Dönche*: Meier et al. 2021) sowie mobile Lehr-Lern-Labore, die mit einem beweglichen Raumkonzept Inhalte (mit Studierenden) zu den Schulen bringen (z. B. *Humboldt Bayer Mobil*: Wogram et al. 2020). Diese raumbezogene Vielgestaltigkeit von Lehr-Lern-Laboren wird durch den Digitalisierungsschub um die Einrichtung von neuen digital geprägten Räumen an den Hochschulen erweitert. Unter der variierenden Bezeichnung von beispielsweise Digital Labs, Digital Teaching and Learning Labs oder Media

Labs können Lehr-Lern-Labore mit dem Schwerpunkt des digital gestützten Lehrens und Lernens subsumiert werden (Abschn. „[Digitale \(Lehr-Lern-\)Labore \(Teil II in diesem Band\)](#)“). Neben einem (oder mehreren) physischen Arbeits-/Lehr-/Lernraum entwickelt sich an vielen Standorten auch ein digitaler Lehr-Lern-Raum, der zumeist ein ergänzendes Informations-/Materialangebot zum realen digitalen (Lehr-Lern-) Labor zur Verfügung stellt. Dieses umfasst u. a. Informationen und Anleitungen zur eigenständigen Nutzung der Technik oder Lernanlässe zur Vorbereitung auf die Arbeit im realen digitalen (Lehr-Lern-) Labor sowie Unterrichts Anregungen zum Einsatz der Technologien (siehe z. B. *Digitales Lernlabor* der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg in diesem Band). Ein weiteres Format eines digitalen Lehr-Lern-Raums stellen rein virtuelle Angebote dar (Abschn. „[Innovative digitale Labor-Lehrformate \(Teil III in diesem Band\)](#)“). Insbesondere virtuelle Klassenzimmer werden durch die Möglichkeiten im AR- und VR-Bereich zunehmend in unterschiedlichen Fachdisziplinen ein- bzw. umgesetzt (z. B. *VR-Labor-Klassenzimmer* der Universität Potsdam). In einem virtuellen, programmierten Raum können u. a. Lernszenarien, die in der Realität nur unzureichend bearbeitet werden können, bereits im Studium zum Lerngegenstand gemacht werden (z. B. Unterrichtsstörungen: Wiepke et al. 2019). Die Begrifflichkeit des virtuellen Klassenzimmers ist jedoch nicht einheitlich im Sinne des hier skizzierten digitalen Formats definiert. So findet die Bezeichnung auch bei realen Lehr-Lern-Laboren Anwendung, wie z. B. dem *Virtuellen KI@ssenzimmer* der Universität Rostock, oder wird, weitaus häufiger, zur Beschreibung von Unterrichtssettings in einem virtuellen Veranstaltungsraum genutzt, in dem das Lernen u. a. über ein Videokonferenzsystem sowie unter Einbezug weiterer digitaler Tools ermöglicht wird, (Jankowski 2012; siehe z. B. Thiel de Gafenco und Klusmeyer in diesem Band).

Lehr-Lern-Laboren liegt zumeist eine inhaltliche Ausrichtung zugrunde, die sich über die Anbindung an eine Fachdisziplin, ein Fachgebiet oder Institut innerhalb der Hochschule ergibt. Bereits der Name des Labors verrät in der Regel, welchen inhaltlichen oder methodischen Schwerpunkt das jeweilige Lehr-Lern-Labor adressiert. Dahingehend ist die Lehr-Lern-Labor-Landschaft nicht nur in ihren genutzten Räumen, sondern auch in der thematischen Ausrichtung vielfältig aufgestellt, wobei das Angebot im MINT-Bereich am stärksten ausgeprägt ist. Aus dieser fachspezifischen Ausrichtung und strukturellen Verortung ergibt sich auch die curriculare Anbindung, die immer noch nicht umfänglich an den Hochschulen vorzufinden ist und sich häufig auf die Curricula der höheren Semester konzentriert (Weusmann et al. 2020). Im Vergleich dazu werden digitale (Lehr-Lern-)Labore, die sich nicht aus dem bestehenden Angebot eines Lehr-Lern-Labors (weiter-) entwickeln, deutlich seltener fachspezifisch verortet. Zentren

für Lehrkräftebildung/Schools of Education an den Hochschulen übernehmen im Schwerpunkt die Einrichtungs- und Koordinationsfunktion digitaler Labore, die nun mehr eine fachübergreifende Position einnehmen und eine Brücke zur Digitalisierung in allen Fachdisziplinen ermöglichen sollen (Abschn. „[Digitale \(Lehr-Lern-\)Labore \(Teil II in diesem Band\)](#)“). Hinsichtlich der curricularen Verankerung ist das aktuell vorherrschende Bild deutlich schwieriger zu erfassen und zu analysieren als bei fachgebietsangebundenen Lehr-Lern-Laboren. Digitale Labore werben für die Raumnutzung in der Vorbereitung der Lehre oder Durchführung von (einzelnen) Lehrveranstaltungen und sind häufig mit der Einrichtung oder dem Angebot überfachlicher Ausbildungsstrukturen verbunden, wie z. B. Zertifikatsprogrammen oder Zusatzqualifikationen (siehe z. B. *HSE Digital Teaching and Learning Lab* der Heidelberg School of Education in diesem Band). Inwieweit sich dies auf die curricularen Strukturen in den einzelnen Fächern auswirkt, bleibt abzuwarten bzw. zukünftig weiter in den Blick zu nehmen.

Einbindung von Schülerinnen und Schülern

In Lehr-Lern-Laboren nimmt gemäß der etablierten Definition zu diesem Format die Interaktion zwischen Studierenden und Schülerinnen und Schülern eine zentrale Rolle ein: Lehramtsstudierende entwickeln theoriegeleitet Lernangebote in einem universitären Seminar und erproben, reflektieren und überarbeiten diese zyklisch in einer komplexitätsreduzierten Lernumgebung mit Schülerinnen und Schülern in Räumen der Hochschule (Rehfeldt et al. 2018; Brüning et al. 2020; Kürten et al. 2020). Neben der anvisierten generierten Praxisnähe ist die Implementation von Lehr-Lern-Labor-Seminaren aber auch mit Schwierigkeiten verbunden, die grundsätzlich auch für digitalisierungsbezogene Veranstaltungen in Lehr-Lern-Laboren gelten: Der Organisationsaufwand durch den Einbezug von Schulklassen ist hoch und an zeitliche Grenzen gebunden (Rehfeldt et al. 2018), wodurch wiederum die Anzahl der Studierenden begrenzt wird, die an den Besuchen der Schulklassen teilnehmen können. Dieses Problem kann sich durch den Einbezug digitaler Technologien noch verschärfen, da je nach Technologie eine Ausstattung selbst für Kleingruppen ggf. nicht vorhanden ist (z. B. 3D-Drucker), insbesondere wenn es ein technisch vielseitig ausgestattetes Lehr-Lern-Labor ist. Demgegenüber steht jedoch das Potenzial der örtlichen und zeitlichen Flexibilität durch die Integration von digitalen Lern- und Kommunikationskanälen in ein digitales Lehr-Lern-Labor-Konzept (siehe z. B. Hößle und Winkler in diesem Band). Ebenso kann das Arbeiten/Lehren im virtuellen Raum mit Avataren den zeitlichen Druck im realen Kontakt zwischen

Studierenden und Schülerinnen und Schülern reduzieren. Inwieweit hier die reale Begegnung der virtuellen bzw. digital gestützten Begegnung überlegen ist, ist noch nicht hinlänglich empirisch geprüft und an Untersuchungssettings gebunden, die eine Unterrichtssituationen sowohl real als auch vergleichbar virtuell abbilden können. Im Vergleich realer Unterrichtsvideos mit VR-Klassensituationen/-videos kann bereits ein vielversprechendes positives Bild in der Selbstwirksamkeit und den Reflexionsprozessen bei den Studierenden auch zugunsten des VR-Formats berichtet werden (Richter et al. 2022).

Die Einbindung von Schülerinnen und Schülern spielt entsprechend der Ziele und konzeptionellen Umsetzungen in digitalen Laboren mit fachübergreifender Ausrichtung keine bzw. nur eine sehr geringe Rolle (siehe ein Beispiel mit Adressierung von Schülerinnen und Schüler beim *Basement* am Leibniz-Institut für Bildungsmedien in diesem Band). Dies lässt sich aus den aktuellen Informationen des Internetauftritts der verschiedenen Labore ableiten. Als zentrale Zielgruppen werden Studierende und Dozierende sowie zum Teil Lehrkräfte angegeben. Ursächlich dafür lässt sich die übergeordnete Funktion der Lehr-Lern-Labore vermuten, die allen Fachdisziplinen Zugang zu digitalen Lehr-Lern-Strukturen ermöglichen, welche dann entsprechend fachspezifisch genutzt werden können. Insofern liegt ggf. nur die Verantwortlichkeit für den Raum und die Ausstattung in zentraler Hand, während die Nutzung nach dem etablierten Lehr-Lern-Labor-Konzept unter Einbindung von Schülerinnen und Schülern, initiiert durch die Nutzerinnen und Nutzer des digitalen Labors, weiterhin fachbezogen erfolgt bzw. erfolgen kann (siehe z. B. *iLab@KU* der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt in diesem Band).

Komplexität in Lehr-Lern-Laboren

Die in Lehr-Lern-Labor-Seminaren an die Studierenden gestellten inhaltlichen und strukturellen Anforderungen sowie deren Begegnung mit verschiedenen Unterstützungsmaßnahmen (nach Marohn et al. 2020) lassen sich auch auf ein digital gestütztes Lehr-Lern-Labor sowie auf die Lehre in einem digitalen Labor anwenden. Durch den Einbezug digitaler Technologien kann jedoch eine Komplexitätssteigerung im Vergleich zu analogen Lehr-Lern-Labor-Seminaren angenommen werden. Dies wird auch in den diesen Seminaren zumeist konzeptionell zugrunde liegenden Kompetenzbeschreibungen zur Verknüpfung digitaler Technologien mit professionellen Wissensfacetten deutlich (z. B. DigCompEdu: Redecker 2017; DiKoLAN: von Kotzebue et al. 2021) und

ebenso auch von den Studierenden, insbesondere in voll digitalen Lehr-Lern-Labor-Seminaren, wahrgenommen (siehe z. B. Elsholz et al. in diesem Band). Hinsichtlich der Fokussierung bzw. der Aufarbeitung fachdidaktischer Theorien müssen Studierende in der Planung von Unterrichtsszenarien/-sequenzen mit digitalen Technologien die zugehörigen mediendidaktischen Gestaltungstheorien mit einbeziehen und diese zuweilen in Beziehung mit ausgewählten fachdidaktischen Theorien setzen. Im Planungsprozess nehmen die Studierenden verschiedene Perspektiven auf den Lerngegenstand ein und visieren hierbei sowohl fachbezogene als auch digitale Lernziele an. Zu den inhaltlichen Anforderungen zählt auch die Diversität der Medien, welche durch das fortwährend weiterentwickelnde Angebot an digitalen Technologien und Software nur noch schwer überschaubar ist. Aus dem mangelnden Einsatz digitaler Medien im Unterricht lässt sich ebenso auch ein erhöhter Anforderungsdruck an die Studierenden ableiten. Als Ursachen für die geringe Mediennutzung wird neben dem als gering oder schwierig einzuschätzenden Mehrwert eines digitalen Medieneinsatzes insbesondere der erwartete Aufwand genannt, der durch die nötige Einarbeitung und mangelnden Kenntnisse entsteht (Gerthofer und Schneider 2021). Letzteres müssen Studierende in der Planung und Durchführung von Lehr-Lern-Labor-Seminaren ebenfalls durchleben und nicht selten ist von einem größeren Vorbereitungsaufwand auszugehen, der neben der regulären Seminarzeit geleistet werden muss.

Weitere an die Studierenden inhaltlich wie strukturell gestellten Anforderungen werden u. a. durch die Heterogenität der Lerngruppe bestimmt, die in Bezug auf den Umgang mit digitalen Technologien noch um eine zusätzliche Dimension erweitert wird. Der Heterogenität kann durch Differenzierungs- bzw. Individualisierungsmaßnahmen begegnet werden, die wiederum in digitalen Formaten umgesetzt werden können (siehe z. B. Kastaun und Meier in diesem Band). In diesem Fall ist eine Auseinandersetzung mit weiteren pädagogischen oder fachdidaktischen Theorien und Merkmalen der Materialgestaltung (Marohn et al. 2020) unter zusätzlichem Einbezug der Möglichkeiten und Potenzialen digitaler Technologien zur Individualisierung (Irion und Scheiter 2018) durch die Studierenden nötig bzw. möglich. Hierbei eröffnet sich ein erweiterter methodischer Handlungsspielraum zur Realisierung von Differenzierung. Gleichzeitig geht dies mit einer höheren Komplexität für die Studierenden einher, die je nach Ausrichtung des Lehr-Lern-Labors unterschiedlich stark ausgeprägt sein kann.

Fazit

Digitalisierungsprozesse in der Lehr-Lern-Labor-Arbeit wirken auf unterschiedlichen Ebenen, die sich mehr oder weniger stark auf die Spezifika dieses hochschulischen Lehrformats oder auf generelle Veränderungen in der Gestaltung von digitaler Bildung beziehen. Letztere betreffen insbesondere die inhaltliche Ebene, in der durch den Einbezug digitaler Technologie Lernzugänge für Studierende und Schülerinnen und Schüler vereinfacht sowie vielfältiger und differenzierter umgesetzt werden können. In den Naturwissenschaften können beispielsweise Untersuchungen digital angeleitet und/oder durchgeführt bzw. simuliert werden; in der Mathematik werden z. B. Denkprozesse zur Modellierung durch digitale Tools unterstützt (siehe z. B. Quarder et al. in diesem Band) und in allen Fächern kann differenziertes Lernmaterial umfanglicher erstellt und leichter zugänglich gemacht werden.

Auf konzeptionell-struktureller Ebene bekommen die Merkmale der Lehr-Lern-Labor-Arbeit durch die Digitalisierung z. T. eine andere Art der Ausprägung und/oder auch einen anderen Stellenwert in der Arbeit selbst. Dies zeigt sich zum einen insbesondere in der Ausgestaltung der Interaktionen von Studierenden mit Schülerinnen und Schülern, die sich von real bis hybrid oder voll virtuell aktuell beschreiben lassen. Zum anderen werden die im analogen Lehr-Lern-Labor-Konzept einbezogenen Lernorte um den digitalen Raum für alle beteiligten Akteure erweitert. Mit einer Erweiterung oder auch Abkehr von Merkmalen der analogen Lehr-Lern-Labor-Arbeit muss zukünftig diskutiert werden, ob es sich auch bei den konzeptionell neueren Formaten um Lehr-Lern-Labore im ursprünglichen Sinne der MINT-Labore handelt. Das der (analogen) Lehr-Lern-Labor-Arbeit zugrunde gelegte zyklische Modell aus Planung, Erprobung, Diagnose und Evaluation bis hin zur Adaption von praxisnahen Lernsituation (Roth und Priemer 2020b) durch die Studierenden findet unumstritten auch beim digitalen Lehren und Lernen in den fachgebietseingebundenen Lehr-Lern-Laboren seine Anwendung (siehe z. B. Engelhardt et al. in diesem Band). Ergänzend zur digitalen Weiterentwicklung in der Lehr-Lern-Labor-Landschaft kann eine zunächst von diesem traditionellen Format losgelöste Strömung beschrieben werden, in der sich digitale Lehr-Lern-Labore an den Hochschulen erst vor der Folie der Digitalisierung entwickelt haben und zumeist fachübergreifend strukturell eingebunden bzw. ausgerichtet sind. Sowohl mit dieser Strömung als auch jener zu digital gestützten Lehr-Lern-Laboren oder virtuellen Klassenräumen wurden und werden neue Räume für die Digitalisierung an Hochschule

(und Schule) geschaffen. Digitalisierung bzw. der Einbezug digitaler Technologien bringt in allen Bereichen des Bildungssektors Veränderungen mit sich, insofern erscheint es unumgänglich, auch die Lehr-Lern-Labor-Landschaft und das konzeptionelle Arbeiten in Lehr-Lern-Laboren ‚neu‘ digital zu denken.

Literatur

- Bosse, D., Meier, M., Trefzger, T., & Ziepprecht, K. (2020). Lehr-Lern-Labore – universitäre Praxis, empirische Forschung und zukünftige Entwicklung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 13(1), 5–24.
- Brüning, AK., Kämpnick, F., Weusmann, B., Köster, H., & Nordmeier, V. (2020). Lehr-Lern-Labore im MINT-Bereich. In B. Priemer & J. Roth, J. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 13–26). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_2.
- Dohrmann, R., & Nordmeier, V. (2020). Die Verknüpfung von Theorie und Praxis im Lehr-Lern-Labor-Blockseminar als Unterstützung der Professionalisierung angehender Lehrpersonen. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 191–207). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_13.
- Eilers, T. (2016). *Konzepte von Lehr-Lern-Laboren in der Didaktik der MINT-Fächer*. Masterarbeit. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.
- Ermel, D., Kirstein, J., Haase, S., & Nordmeier, V. (2017). ELIXIER: Didaktische Konzeption einer kompetenzorientierten Mixed-Reality-Experimentierumgebung. *Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 213–216.
- Gerthofer, L., & Schneider, J. (2021). Fallkonstellationen zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht: Eine qualitative, lehrendenzentrierte Betrachtung. *MedienPädagogik*, 16, 281–315. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb16/2021.04.29.X>.
- Heinen, R., & Kerres, M. (2017). „Bildung in der digitalen Welt“ als Herausforderung für Schule. *DDS – Die Deutsche Schule*, 109(2), 128–145. <https://doi.org/10.31244/dds.2017.02.02>.
- Irion, T., & Scheiter, K. (2018). Didaktische Potenziale digitaler Medien. Der Einsatz digitaler Technologien aus grundschul- und mediendidaktischer Sicht. *Grundschule aktuell*, 142, S. 8–11.
- Jankowski, R., Osthoff, M. v., & Zöller-Greer, P. (2012). *Virtuelles Klassenzimmer und Teleteaching für die Praxis. Do-it-Yourself-eTeaching im Unterrichtseinsatz*. Composita Verlag.
- KMK (Hrsg., 2017). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016in der Fassung vom 07.12.2017. KMK.
- KMK (Hrsg., 2021). *Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“*. KMK.
- Knaus, T., & Schmidt, J. (2020). Medienpädagogisches Making: ein Begründungsversuch. *Medienimpulse*, 58(4). <https://doi.org/10.21243/mi-04-20-04>
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Journal of Education*, 193(3), 13–19. <https://doi.org/10.1177/002205741319300303>.

- Kotzebue, L. von, Meier, M., Finger, A., Kremser, E., Huwer, J., Thoms, L.-J., Becker, S., Bruckermann, T., & Thyssen, C. (2021). The Framework DiKoLAN as Basis for the Self-Assessment Tool DiKoLAN-Grid. *Educ Sci*, *11*(12), 775. <https://doi.org/10.3390/educsci11120775>.
- Kürten, R., Greefrath, G., & Hammann, M. (Hrsg., 2020). *Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-Laboren*. Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830989905>.
- Lachner, A., Scheiter, K., & Stürmer, K. (2020). Digitalisierung und Lernen mit digitalen Medien als Gegenstand der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. In C. Cramer, J. König, M. Rothland & S. Blömeke (Hrsg.), *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung*. Verlag Julius Klinkhardt. <https://doi.org/10.35468/hblb2020-007>.
- 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-Laboren* (S. 17–32). Waxmann.
- Meier, M., Horn, D., Kastaun, M., & Wulff, C. (2021). Erleben, Umsetzen, Nutzen & Forschen – praxisnahe und anwendungsbezogene Lehramtsausbildung am Beispiel von Lehr-Lern-Laboren in der Biologiedidaktik. In D. Bosse, R. Wodzinski & C. Griesel (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore der Universität Kassel*. (S. 26–47). kassel university press.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995). Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. *Proceedings Volume 2351, Telem manipulator and Telepresence Technologies*. <https://doi.org/10.1117/12.197321>.
- Redecker, C. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/159770>.
- Rehfeld, 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. *Hochschullehre*, *4*, 90–114.
- Rehfeldt, D., Klempin, C., Brämer, M., Seibert, D., Rogge, I., Lücke, M., Sambanis, M., Nordmeier, V., & Köster, H. (2020). Empirische Forschung in Lehr- Lern-Labor-Seminaren – Ein Systematic Review zu Wirkungen des Lehrformats. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *34*(3–4), 149–169. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000270>.
- Richter, E., Hußner, I., Huang, Y., Richter, D., & Lazarides, R. (2022). Video-based reflection in teacher education. *Computers & Education*, *24*(3), 104601. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104601>.
- Romero-García, C., Buzón-García, O., & de Paz-Lugo, P. (2020). Improving Future Teachers' Digital Competence Using Active Methodologies. *Sustainability*, *12*(18), 7798. <https://doi.org/10.3390/su12187798>.
- Roth, J., & Priemer, B. (2020a). Der Beitrag von Lehr-Lern-Laboren zur MINT-Lehrerbildung. In H.-S. Siller, W. Weigel & J. F. Wörler (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2020a* (S. 773–776). WTM-Verlag. <https://doi.org/10.37626/GA9783959871402.0>.
- Roth, J., & Priemer, B. (2020b). Das Lehr-Lern-Labor als Ort der Lehrpersonenbildung – Ergebnisse der Arbeit eines Forschungs- und Entwicklungsverbunds. In B. Priemer & J. Roth, J. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 1–10). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_1.

- Röwekamp, S., Rott, L., & Marohn, A. (2022). Digital gestütztes Experimentieren im inklusiven Setting – Das Lehr-Lern-Labor „C(LE)VER:digital“. In E. M. Watts & C. Hoffmann (Hrsg.), *Digitale NAWigation von Inklusion* (S. 175–184). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37198-2_14.
- Schmidt, J. (2022). Implementierung eines Makerspaces an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg. *Ludwigsburger Beiträge zur Medienpädagogik*, 22, 1–10. <https://doi.org/10.21240/lbzm/22/23>.
- Schön, S., Boy, H., Brombach G., Ebner, M., Kleeberger, J., Narr, K., Rösch, E., Schreiber, B., & Zorn, I. (2016). Making-Aktivitäten mit Kindern und Jugendlichen. In S. Schön, M. Ebner & K. Narr (Hrsg.), *Handbuch zum kreativen digitalen Gestalten* (S. 8–24). Book on Demand.
- Stilz, M., Bockermann, I., Wilkens D., & Brocker, A. (2021). Fab Labs als neue Bildungsorte in der Hochschullehre. In M. L. Kieberl & S. Schallert (Hrsg.), *Hochschulen im digitalen (Klima)Wandel* (S. 117–123). E. Weber Verlag.
- Speicher M., D. Hall, B., & Nebeling, M. (2019). What is Mixed Reality?. *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Proceedings* (CHI 2019), May 4–9. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300767>.
- Sprenger, C., & Surkamp, C. (2021). Lehren, Lernen und Forschen im Schülerlabor: Zum Einsatz digitaler Medien im Rahmen einer von Studierenden durchgeführten Globalen Simulation im Fach Englisch. In H. Niesen, D. Elsner & B. Viebrock (Hrsg.), *Hochschullehre digital gestalten in der (fremd-)sprachlichen LehrerInnenbildung. Inhalte, Methoden und Aufgaben* (S. 37–54). Narr.
- Syskowski, S. (2021). Digitales Lehr-Lern-Labor „makeScience!“ der PHKA. In N. Graulich, J. Huwer & A. Banerji (Hrsg.), *Digitalisation in chemistry education* (S. 71–79). Waxmann.
- Völker, M., & Trefzger, T. (2011). Ergebnisse einer explorativen empirischen Untersuchung zum Lehr-Lern-Labor im Lehramtsstudium. *Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 1–9.
- Voss, T., & Wittwer, J. (2020). Unterricht in Zeiten von Corona: Ein Blick auf die Herausforderungen aus der Sicht von Unterrichts- und Instruktionsforschung. *Unterrichtswiss* 48, 601–627. <https://doi.org/10.1007/s42010-020-00088-2>.
- Weusmann, B., Käpnick, F., & Brüning, AK. (2020). Lehr-Lern-Labore in der Praxis: Die Vielfalt realisierter Konzeptionen und ihre Chancen für die Lehramtsausbildung. In B. Priemer & J. Roth, J. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 27–45). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_3.
- Wiepke, A., Richter, E., Zender, R., & Richter, D. (2019). Einsatz von Virtual Reality zum Aufbau von Klassenmanagement-Kompetenzen im Lehramtsstudium. In N. Pinkwart & J. Konert (Hrsg.), *DELFI 2019—Die 17. Fachtagung Bildungstechnologien* (S. 133–144). https://doi.org/10.18420/delfi2019_319.
- Wogram, R., Nave, K., & Upmeier zu Belzen, A. (2020). Erkenntnisgewinnung durch Forschendes Lernen im Lehr-Lern-Labor Humboldt Bayer Mobil. In B. Priemer & J. Roth, J. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 141–155). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_10.

Digitalisierung als Inhalt von Lehr- Lern-Laborarbeit



Computational Playground

Eine quasi-experimentelle Interventionsstudie zu informatikspezifischen Dispositionen und Computational Thinking

Martin Brämer, Daniel Rehfeldt und Hilde Köster

Problemaufriss

Computer beherrschen heute einen erheblichen Teil des Alltags und der Lebenswelten von Kindern. Studien zeigen, dass Kinder Informatiksysteme immer früher und in immer größerem Umfang schon selbst kompetent nutzen (bspw. Feierabend et al. 2021). Dennoch gehören informatische Inhalte in der Grundschule bisher noch nicht zum Bildungskanon (Brämer et al. 2020a). Die Aufgabe, Schulen zu digitalisieren, kann und darf sich jedoch nicht nur auf die Bereitstellung digitaler Technik oder eines Breitbandanschlusses beschränken. Vielmehr muss die informatische Bildung (KMK 2017) als ein für Grundschulen oft noch weitgehend neuer Bereich etabliert werden. Denn verschiedene Untersuchungen belegen, dass Kinder sich für Informatiksysteme interessieren und Funktionsweisen in einem gewissen Rahmen verstehen lernen können (Feierabend et al. 2021; Straube et al. 2018).

Die Integration dieses neuen Bildungsbereichs in den Sachunterricht (Brämer et al. 2020a) erfordert jedoch nicht nur einen Transfer dieser Innovation (Gräsel

M. Brämer (✉) · D. Rehfeldt · H. Köster
Arbeitsbereich Sachunterricht und seine Didaktik, Freie Universität Berlin,
Berlin, Deutschland
E-Mail: martin.braemer@fu-berlin.de

D. Rehfeldt
E-Mail: daniel.rehfeldt@fu-berlin.de

H. Köster
E-Mail: hilde.koester@fu-berlin.de

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

M. Meier et al. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung*, Edition Fachdidaktiken, https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_2

2010) in das Bildungssystem Grundschule, sondern auch in die grundschulbezogenen Studiengänge, um angehende Lehrkräfte auf die neuen Aufgaben vorzubereiten. Forschungsergebnisse zeigen, dass insbesondere die Interessen der Lehrkräfte und deren intrinsische Motivation dem neuen Inhalt gegenüber sowie bereichsspezifische fachwissenschaftliche und fachdidaktische Kompetenzen und Fähigkeiten entscheidend dafür sind, ob eine Innovation nachhaltig in die Schule transferiert wird (Jäger 2004; Trempler et al. 2013).

Eine besondere Relevanz kommt auch der Bereitschaft der Handelnden zu, die neuen Inhalte und Ziele in ihr eigenes Gefüge von Normen und Werten sowie in ihre Dispositionen bzw. ihren Habitus zu integrieren (Gräsel 2010; Trempler et al. 2013). Insbesondere für den Bildungssektor wird angenommen, dass „kulturell geprägtes Wissen, tradierte Werthaltungen und Einstellungen stark beeinflussen, ob und auf welche Weise wissenschaftsbasierte Innovationen Verbreitung finden.“ (Gräsel 2010, S. 9 f.) Als relevante Einflussfaktoren für diesen Transfer werden demnach das Interesse dem Inhalt gegenüber, die intrinsische Motivation, diesen Inhalt im Unterricht umzusetzen, das Fach- und fachdidaktische Wissen sowie das implizite Wissen bzw. der Habitus (Bohnsack 2017) angenommen.

Implizites Wissen, Gewohnheiten und Haltungen sind jedoch mit quantifizierbaren Messlogiken nicht operationalisierbar (Trempler et al. 2013; Bohnsack 2017) und werden vermutlich auch deshalb oft gar nicht erhoben. Trempler et al. halten die „[...] Erfassung der Internalisierung eines Innovationsthemas durch Fragebögen“ für „schlichtweg nicht möglich“ und plädieren daher dafür, quantitative Studien durch qualitative Beobachtungen zu ergänzen, „um subjektive und alltagsbezogene Sichtweisen, Normen und komplexe Deutungsmuster zu untersuchen“ (Trempler et al. 2013, S. 345). In der im Rahmen eines Lehr-Lern-Labors zu informatischen Inhalten durchgeführten Studie mit Sachunterrichtsstudierenden wird daher unter Nutzung sowohl quantitativer als auch qualitativer Forschungsmethoden auf das informatikspezifische Interesse, auf die Lehrer*innenselbstwirksamkeitserwartung, auf fachwissenschaftliche und -didaktische Fähigkeiten (Computational Thinking) der Studierenden und auf deren Dispositionen fokussiert, die als im Habitus verortet angenommen werden.

Theoretischer Bezugsrahmen

Im Rahmen der Innovations- bzw. Transferforschung gilt die aus dem transdisziplinären Feld der Soziologie und Wirtschaftswissenschaften hervorgegangene ‚Diffusionstheorie‘ nach Rogers (1995) als wegweisend (Gräsel 2010). Diese Theorie beschreibt die Verbreitung einer Innovation als einen (zeit-

lichen) Kommunikationsprozess zwischen Mitgliedern (Personen) eines sozialen Systems (Struktur) über eine Innovation (Inhalt). Das im Rahmen der Transferforschung entwickelte ‚Wellenmodell‘ von Jäger (2004) beschreibt den Transfer in Schulentwicklungsprojekten auf Basis theoretischer Ansätze aus der Soziologie (inklusive der Diffusionstheorie), der Betriebswirtschaft (Projektmanagement) sowie der (pädagogischen) Psychologie (Selbstbestimmungstheorie und Interessentheorie). Beide Modelle bzw. Theorien basieren auf drei Kernelementen: Person/Mitglieder, Inhalt/Innovation, Struktur/System. Diesen Kernelementen kommt auch in Hinblick auf diese Studie eine Orientierungsfunktion zu. Die Modelle wurden als Theorierahmen und Ausgangspunkt für ein Modell zum Transfer informatischer Bildung in die Grundschule verwendet (Abb. 1).

Auch im (noch in Entwicklung befindlichen) Transfermodell ‚*Informatische Bildung in der Grundschule*‘ (Abb. 1) sind die drei Kernelemente bzw. Dimensionen ‚Inhalt‘, ‚Person‘ und ‚Struktur‘ zentral, auch wenn über die Wirkungen auf das Schulsystem derzeit noch keine Aussagen möglich sind. Die auf Basis empirischer Studienergebnisse sowie theoretischer Einschätzungen als

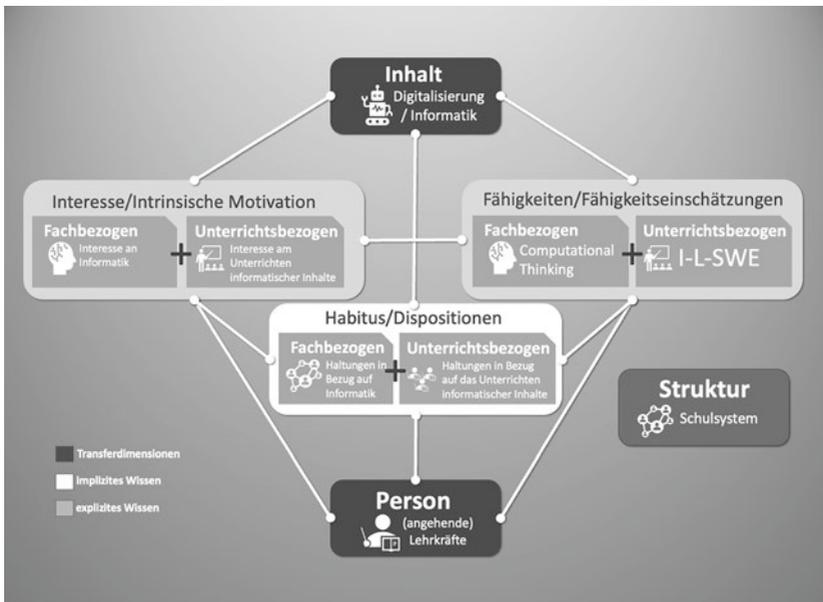


Abb. 1 Transfermodell ‚Informatische Bildung in der Grundschule‘

besonders relevant erachteten Einflussfaktoren ‚Interesse/Intrinsische Motivation‘ und ‚Fähigkeiten/Fähigkeitseinschätzungen‘ von (angehenden) Lehrpersonen (z. B. Trempler et al. 2013; Jäger 2004; Rogers 1995) sind im vorliegenden Transfermodell zwischen den Dimensionen ‚Inhalt‘ und ‚Person‘ angeordnet. Daneben wird das Konstrukt des ‚Habitus/Dispositionen‘ für einen erfolgreichen Transfer der Innovation als relevant angenommen.

Die theoretische Basis der Konstrukte ‚Fähigkeiten/Fähigkeitseinschätzungen‘ bilden das *Computational Thinking* (CT, Wing 2006), das die (kognitive) Fähigkeit zum problemlösenden (inkl. dem prozeduralen, algorithmischen) Denken und das Konzeptwissen im Bereich der Informatik umfasst, sowie die *informatikspezifische Lehrer:innenselbstwirksamkeitserwartung* (I-L-SWE; abgeleitet aus der sozial-kognitiven Theorie nach Bandura (1997) und deren Fokussierung auf die Lehrer:innenselbstwirksamkeitserwartung nach Tschannen-Moran et al. (1998)). Das Konstrukt ‚Interesse/Intrinsische Motivation‘ basiert auf der Interessentheorie nach Prenzel et al. (1986) sowie deren lehrkräfte-spezifischen Ausformung (Schiefele et al. 2013) und fokussiert sowohl auf das *individuelle fach-* als auch auf das *individuelle unterrichtsbezogene Interesse*. Fachinteresse meint hierbei das Interesse am Fach (Informatik) wohingegen sich das unterrichtsbezogene Interesse auf die Aufbereitung und das Unterrichten bestimmter Inhalte (wie die Informatik) bezieht (Schiefele et al. 2013). Interesse wird in beiden Fällen als Personen-Gegenstands-Beziehung verstanden (Prenzel et al. 1986), die laut Krapp (1999) als eine Form der intrinsischen Motivation beschrieben werden kann. Die Konstrukte ‚Interesse/Intrinsische Motivation‘ und ‚Fähigkeiten/Fähigkeitseinschätzungen‘ sind in Form von explizierbarem Wissen (Bohnsack 2017) mithilfe von Fragebögen zugänglich. Dem Konstrukt des lediglich qualitativ rekonstruierbaren ‚Habitus‘ nach Bourdieu (2014 [1987]; Bohnsack 2017, S. 296 ff.) kommt im vorliegenden Modell eine besondere Bedeutung zu, da dieses über die Rekonstruktion einen Zugang zum impliziten und inkorporierten Wissen einer Person verspricht, welches als handlungsleitend angenommen wird (Bohnsack 2013, 179 f.). Die theoretische Basis hierfür bildet die soziologische Theorie Bourdieus (2014 [1993]). Dieser versteht unter Habitus ein System aller „Wahrnehmungs-, Denk- und Handlungsschemata“ (Bourdieu 2014 [1993], S. 101) bzw. *Dispositionen*, in denen alle inkorporierten, früheren sozialen Erfahrungen eines Menschen zum Ausdruck kommen. Dieses Konstrukt findet sich bisher in keinem der bestehenden Transfermodelle (Trempler et al. 2013; Jäger 2004; Gräsel 2010), obwohl ihm als eine Art ‚Tiefenstruktur‘ eine nicht zu unterschätzende Bedeutung bzgl. der Entscheidungen für oder gegen die Umsetzung von Handlungen beigemessen werden kann (Bourdieu 2018 [1998]; Bourdieu 2014 [1993]). Denn über das Konzept des Habitus können

auch nicht-intendierte Handlungen erklärbar werden (Krais und Gebauer 2002). Habitusrekonstruktionen erlauben aufgrund der Stabilität dieser Dispositionen (Hystersis) und ihrer handlungsleitenden Wirkung (Krais und Gebauer 2002) auch (vorsichtige) Vorhersagen über die Aufnahme der Innovation in den späteren eigenen Unterricht.

Forschungsstand

Zu informatikspezifischen Konstrukten bei Grundschullehrantsstudierenden in Deutschland kann zwar bisher nur auf wenige Forschungsergebnisse zurückgegriffen werden, jedoch liefern diese zumindest Hinweise auf mögliche Ausprägungen der zentralen Konstrukte (s. o.). So untersuchten Kommer und Biermann (2012) Lehramtsstudierende hinsichtlich ihres medialen Habitus. Der Großteil der Studierenden von vier Universitäten zeigte eher technikfeindliche oder zumindest technikdistanzierte Dispositionen sowie „hochkulturell-orientierte“ (Kommer und Biermann 2012, S. 92) Rezeptionsmuster, bei denen beispielsweise Bücher als wertvoller erachtet werden als digitale Medien. Damit einher ging eine geringe (selbsteingeschätzte) Medienkompetenz bzgl. digitaler Medien.

Schulte (2009) beschäftigt sich mit der Bedeutung biographischer Erfahrungen für das Lehren und Lernen von Informatik und geht davon aus, dass sich bereichsspezifische biographische Erfahrungen mit Informatik in Form „typischer Verhaltensstrategien (bis hin zur Ausformung eines Habitus)“ (Schulte 2009, S. 47) im Umgang mit informatischen Inhalten bzw. digitalen Artefakten zeigen. Aufgrund eines Reviews mehrerer Studienergebnisse sowie einer Untersuchung von Psychologie- und Informatikstudierenden werden (u. a.) zwei ‚Typen‘ beschrieben: Die Outsider, die Informatiksysteme ausschließlich nutzen und die Insider, die sich darüber hinaus auch als Gestaltende betätigen (und z. B. Programmieren). Schulte beschreibt hierbei außerdem eine auftretende Abgrenzung bzw. Dichotomie zwischen diesen Typen.

Dengel und Heuer (2017) berichten in ihrer Studie, dass die Vorstellungen über Informatik insbesondere bei Grundschullehrantsstudierenden auf „drastischen Fehlannahmen basieren“ (S. 87).

In Bezug auf das Fachwissen zeigt auch eine Untersuchung von Gläser (2020), dass das Vorwissen Sachunterrichtsstudierender Defizite bzgl. informatischer Inhalte aufweist. So wird dieses als „rudimentäre[s] Anfangswissen und Reproduzieren von elementarem Faktenwissen“ (S. 318) beschrieben.

Bei ähnlichen Ergebnissen empfehlen Döbeli Honegger und Hielscher (2017) „[...] in der Aus- und Weiterbildung insbesondere motivationale Aspekte gegenüber der Vermittlung umfangreichen Fachwissens zu betonen“ (S. 106).

Auf Basis dieser Erkenntnisse wird bei der Entwicklung und Planung des informatikspezifischen Lehr-Lern-Labors (LLL) angenommen, dass die Studierenden über eher informatik- bzw. technikdistanzierte Dispositionen, über ein eher gering ausgeprägtes Interesse sowie ein eher gering ausgeprägtes fachliches und didaktisches Wissen verfügen. Aufgrund bestehender Forschung zur Korrelation zwischen Fachwissen bzw. Leistung und SWE (bspw. Ayotola und Adedeji 2009; Parajes und Miller 1994, S. 199) gehen wir außerdem von einer eher gering ausgeprägten I-L-SWE aus. Außerdem wurde versucht, eventuell auftretende Dispositionen so zu adressieren, dass Übergänge vom Benutzen zum Gestalten möglich werden können.

Forschungsfragen und Forschungsdesign

Auf Basis der beschriebenen Ausgangslage und aufgrund von Erfahrungen mit LLL im naturwissenschaftlichen Bereich (Köster et al. 2020) sowie bisheriger Forschung zum Einfluss von LLL allgemein (Klempin et al. 2020; Peperkorn et al. 2022; Stender 2021) wurde ein LLL mit informatischem Inhalt entwickelt, das sowohl motivationale Aspekte als auch den Erwerb von fachlichem und didaktischem Wissen und die I-L-SWE positiv beeinflussen und eine Lernumgebung mit gestalterischen Möglichkeiten bieten sollte (genauer hierzu s. Brämer et al. 2020b, 2021). Die Begleitforschung zur Durchführung der LLL wurde entsprechend der theoretischen Annahmen (Abschn. „[Theoretischer Bezugsrahmen](#)“) als Interventionsstudie sowohl mit quantitativen als auch qualitativen Anteilen durchgeführt. Folgende Forschungsfragen liegen der Untersuchung zugrunde:

FF 1: Wie ist die Ausgangslage bei den Sachunterrichtsstudierenden im LLL bzgl. informatikspezifischer Interessen und der I-L-SWE?

FF 2: Inwiefern beeinflusst das informatikbezogene LLL die Entwicklung des informatikbezogenen Interesses, das CT und die I-L-SWE bei den Studierenden (Interventionsstudie)?

FF 3: Welche informatikbezogenen Dispositionen im Rahmen des Habitus zeigen die Studierenden nach dem LLL?

Das LLL mit dem Titel ‚Computational Playground‘ fand im Sommersemester 2019 im 6. Semester des Studienfachs Sachunterricht statt. Im LLL (Köster et al.

2020) lernen die Studierenden innerhalb von drei aufeinander folgenden Ebenen: In der ersten Ebene erwerben die Studierenden Fachwissen aus dem Bereich des CT (Wing 2006). Das theoretische Wissen wird hinsichtlich verschiedener Programmierumgebungen sowie bei der Programmierung von Robotern, Mikrokontrollern u.ä. auch praktisch angewendet. In der zweiten Ebene wird fachdidaktisches Wissen zur Vermittlung von CT erworben. In der dritten Ebene werden an zwei Terminen mit einer zwischengeschalteten Reflexionsphase Praxiserprobungen mit Grundschulklassen in der Universität durchgeführt. Die Beurteilung der selbst entwickelten und erprobten Lernumgebung findet vor dem Hintergrund der Theorie und mit Unterstützung der Dozierenden statt und ggf. werden Alternativen generiert. Die Studie wurde mit der Untersuchungsgruppe im LLL mit Praxisanteilen (Kinderbesuche an der Universität an zwei Terminen im Semester), einer Kontrollgruppe (KG – Seminar mit gleichem Inhalt, aber ohne Kindergruppen) sowie einer Baseline-Gruppe (BG – Seminar mit nicht-informatischem Inhalt) in einem quasiexperimentellen Design (ohne Randomisierung) mittels Prä-Post-Verfahren evaluiert durchgeführt.

Das *Interesse* wurde in Anlehnung an die FSI-Kurzskala zum Studieninteresse nach Schiefele et al. (1993a, b) und die *I-L-SWE* anhand von validierten Selbsteinschätzungsskalen nach Hildebrandt (2019) mit jeweils 6-stufiger Likert-Skala erhoben. Fehlende Werte wurden mithilfe einer multiplen Imputation im Pool-Verfahren ergänzt (Buuren und Groothuis-Oudshoorn 2011). Bei Unmöglichkeit einer Imputation (5 %-Kriterium, Buuren und Groothuis-Oudshoorn 2011) wurde ein listenweiser Fallausschluss vorgenommen. Alle Berechnungen wurden mithilfe der Statistiksoftware R durchgeführt. Das *Computational Thinking* wurde mittels CT-Test von Román-González et al. (2017) als Online-Fragebogen erhoben. Die Auswertung erfolgte mittels Raschanalyse bzw. einer Ipl Marginal Maximum Likelihood-Schätzung (Bock und Aitken 1981) mithilfe des R-Packages ‚TAM 3.1–45‘ (Robitzsch et al. 2020). Zum Umgang mit fehlenden Werten wurde, angelehnt an das Vorgehen bei Ludlow und O’Leary (1999), eine Strategie verfolgt, welche auch in größeren Untersuchungen, wie z. B. TIMSS oder ACER, Verwendung findet (Adams et al. 1997). Bei allen Erhebungen wurde mit einem quasiexperimentellen Design (ohne Randomisierung) gearbeitet. Zusätzlich wurden die *informatikspezifischen Dispositionen* der Studierenden untersucht. Hierfür wurden nach dem LLL-Besuch Gruppendiskussionen durchgeführt und videographiert (Bohnsack 2013). Die Videos wurden im Anschluss im Rekurs auf Bourdieus Habitusstheorie (Bourdieu 2016 [1987]) und in Anlehnung an die Dokumentarische Methode (Bohnsack 2013) komparativ ausgewertet. Entsprechend der Analyseschritte wurden die Daten hierfür zunächst transkribiert, danach formulierend und abschließend reflektierend interpretiert

(Bohnsack 2013). Da diese Dispositionen sich im Rahmen des Habitus sowohl verbal als auch körperlich zeigen (Lenger et al. 2013) wurde die Auswertung mittels ethnographisch orientierter Gestenanalyse in Anlehnung an Wulf (2011) ergänzt. Unter einer Geste werden nach Mead (1973/2020) alle Körperbewegungen, Mimik und Stimmvariationen verstanden, welche in einem zirkulären Austauschprozess eine bedeutungsgenerierende Wirkung erzielen. Diese ‚Gesten‘ wurden in Relation zur Lautsprache nochmals reflektierend interpretiert.

Stichproben

Es wurden zwei Stichproben betrachtet: Eine Gesamtstichprobe Studierender im sechsten Semester an der Freien Universität Berlin mit $n=112$ ($w=95$, $m=11$, $d=0$, Alter = 25,42 ($SD=5,34$) Jahre) für die Validierung des CT-Tests sowie die Schätzung der Itemschwierigkeiten, eine Teilstichprobe daraus mit $n=71$ ($w=63$, $m=6$, $d=0$, Alter = 24,92 ($SD=4,33$) Jahre) zur Schätzung der Personenfähigkeiten (CT) sowie zur Erhebung der Interessen und I-L-SWE im Prä-Post-Design. 31 Studierende nahmen an den Gruppendiskussionen zur Habitusrekonstruktion teil.

Folgende Eichstichproben wurden zugrunde gelegt: Bei der FSI-Kurzskala wurden 298 Studierende im Alter von 22 bis 25 Jahren (alle im 2. Trimester) folgender Studiengänge befragt: Ingenieursbezogene Studiengänge ($n=163$), Pädagogik ($n=31$) und Wirtschafts- und Organisationswissenschaften ($n=90$). Es wurden keine Angaben zum Geschlecht erhoben (Schiefele et al. 1993a, b). Bei den Skalen von Hildebrandt (2019) wurden 145 Informatiklehrkräfte ($w=38$, $m=106$; eine fehlende Angabe zum Geschlecht) vor und nach einer Fortbildung befragt, wobei nur der erste Testzeitpunkt als Referenz herangezogen wurde. Die Lehrkräfte waren zwischen 25 und 69 Jahre alt (Hildebrandt 2019).

Ergebnisse

FF 1: In Bezug auf das *Interesse* an Informatik zeigt sich eine eher geringe Ausprägung im Vergleich zur Eichstichprobe ($\Delta M=1,56$; $d=1,53^{***}$; Schiefele et al. 1993a). Ähnlich geringe Ausprägungen zeigen sich auch in Bezug auf die *I-L-SWE* ($\Delta M=1,45$; $d=1,21^{***}$; Hildebrandt 2019).

FF 2: Die Ergebnisse der Interventionsstudie zeigen, dass die Teilnahme am LLL das *Interesse* der Studierenden an informatischen Inhalten signifikant mit

einem mittleren Effekt erhöht ($\Delta M=0,60$, $SE=0,23$, $t(17)=2,76$, $p < ,05^*$, $d=0,65$, $CI=[0,05; 1,35]$), wohingegen sich in der Kontrollgruppe mit gleichem, etwas ausführlicherem fachbezogenen Inhalt, aber ohne Praxisanteile (Kinderbesuche), keine Veränderung nachweisen ließ. Auch in der Baseline-Gruppe ($n=14$; n.s.) ließ sich keine Veränderung feststellen. Eine Vermittlung der Inhalte ohne praktische Umsetzung scheint somit auf das Interesse keinen Einfluss zu haben. Dieser Effekt scheint insbesondere durch die fehlenden Praxis- und Reflexionsphasen erklärbar.

Sowohl im LLL als auch der Kontrollgruppe zeigt sich durch die Teilnahme der Studierenden eine ähnliche signifikante Steigerung der *I-L-SWE*: LLL: ($\Delta M=1,17$, $SE=0,26$, $t(17)=4,83$, $p < ,001^{***}$, $d=1,14$, $CI=[0,41; 1,87]$), KG: ($\Delta M=1,42$, $SE=0,38$, $t(15)=4,03$, $p < ,001^{***}$, $d=1,01$, $CI=[0,24; 1,77]$). In der Baseline-Gruppe (BG, $n=14$; n.s.) ließ sich keine Veränderung feststellen. Die vergleichbare Steigerung der *I-L-SWE* zeigt, dass sich im LLL kein Praxisschock einstellte, der die *L-SWE* senken würde (Klempin et al. 2020). Aufgrund der Stabilität der untersuchten Konstrukte *L-SWE* (Schwarzer und Jerusalem 1999) und individuelles bzw. persönliches Interesse (Krapp 1992), kann davon ausgegangen werden, dass sich die Studierenden zukünftig eher zutrauen, informatische Inhalte zu unterrichten. Des Weiteren zeigen sich vergleichbare signifikante Veränderungen der Personenfähigkeiten im CT mit großen Effektstärken im LLL ($\Delta M=0,46^{***}$; $d=1,17$; $n=19$) und in der Kontrollgruppe (KG; $\Delta M=0,40^{**}$; $d=1,03$; $n=16$). In der Baseline-Gruppe (BG) ließ sich kein Unterschied feststellen ($n=8$; n.s.). Die Ergebnisse zur Baseline-Gruppe lassen den Schluss zu, dass die Testwerte über die Zeit stabil bleiben. Die mittlere Messgenauigkeit der Personenkennwerte anhand der Schätzung ist mit $EAP_{rel}=0,74$ akzeptabel. Die CT-Fähigkeit ist sowohl im LLL als auch in der KG signifikant angestiegen, obwohl im LLL vier Sitzungen weniger für die Aneignung von Fachinhalten aufgewendet wurden. Möglicherweise ist die Lernmotivation bzgl. der Fachinhalte größer, wenn die Aussicht besteht, dass gelernte Inhalte in Praxisphasen zur Anwendung kommen.

FF 3: Die Auswertung der qualitativ erhobenen Daten ist noch nicht abgeschlossen, aber erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass auch in dieser Stichprobe zwei unterschiedliche Typen zu identifizieren sind, die aufgrund einer gegenseitigen Abgrenzung in Anlehnung an Schulte (2009) als ‚Outsider‘ und ‚Insider‘ (Abschn. „[Forschungsstand](#)“) bezeichnet werden könnten oder, was aufgrund der Angaben zur Nutzung digitaler Artefakte als passender erscheint, als ‚Consumer‘ und ‚Prosumer‘. Der Großteil der Studierenden (27 Personen) lässt sich dem Typ ‚Consumer‘ zuordnen. Diese formulieren ihre Erfahrungen mit Informatik eher passiv und distanziert (z. B. „da durfte man lernen“, statt z. B.

„ich habe gelernt“) Außerdem greift dieser Typus eher auf Informatik-„Experten“ (im Datenkorpus lediglich männlich konnotiert) zurück und zeigt somit teilweise das, was als ‚kultivierte Hilfflosigkeit‘ bezeichnet wird. Ein ‚aktiver‘ Lernprozess entsteht hierbei nur aus der ‚Not‘ heraus. Die ‚Prosumer‘ hingegen formulieren ihre Erfahrungen involviert und aktiv (z. B. „wir haben gelernt“) und nutzen Fachvokabular sowie die Beschreibung digitaler Zusammenhänge. Außerdem identifizieren sich diese eher mit Informatik-Expertinnen und -Experten, nutzen informatische Problemsituationen zur Selbstoptimierung und empfinden ‚Spaß‘ dabei. Obwohl Informatik von allen Studierenden *explizit* als ‚gut‘ oder ‚wichtig‘ beschrieben bzw. eingeschätzt wird, wirken offenbar dennoch eher *implizite informatikspezifische Dispositionen* handlungsleitend. So kann auch vermutet werden, dass die Distanz der ‚Consumer‘ informatischen Inhalten gegenüber sich als ein hindernder Faktor für einen erfolgreichen Transfer in den Unterricht erweisen wird. Diese Ergebnisse führen zu weiteren Bemühungen, das LLL zukünftig in Hinblick auf die Ermöglichung sog. ‚qualitativer Sprünge‘ (Schulte 2009) weiterzuentwickeln.

Förderhinweis Das diesem Beitrag zugrunde liegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen ‚Qualitätsoffensive Lehrerbildung‘ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1802 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor:innen.

Literatur

- Adams, R. J., Wu, M. L., & Macaskill, G. (1997). Scaling methodology and procedures for the mathematics and science scales. In M.O. Martin & D. L. Kelly (Hrsg.), *TIMSS technical report, Volume II: Implementation and analysis* (S. 111–145). Abgerufen am 16.10.2022 von <https://timssandpirls.bc.edu/timss1995i/TIMSSPDF/TR2book.pdf>.
- Ayotola, A., & Adedeji, T. (2009). The relationship between mathematics self-efficacy and achievement in mathematics. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 953–957. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.169>.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: the exercise of control*. W H Freeman/Times Books/Henry Holt & Co.
- Bock, R. D., & Aitkin, M. (1981). Marginal Maximum Likelihood Estimation of Item Parameters Application of an EM Algorithm. *Psychometrika*, 46, 443–459.
- Bohnsack, R. (2013). Dokumentarische Methode und die Logik der Praxis. In A. Lenger, C. Schneickert & F. Schumacher (Hrsg.), *Pierre Bourdieu's Konzeption des Habitus* (S. 175–200). Springer VS.
- Bohnsack, R. (2017). *Praxeologische Wissenssoziologie*. Verlag Barbara Budrich.
- Bourdieu, P. (2014). *Sozialer Sinn: Kritik der theoretischen Vernunft* (8. Aufl., Bd. 1066). Suhrkamp. (Original veröffentlicht in 1993).

- Bourdieu, P. (2016). *Die feinen Unterschiede: Kritik der gesellschaftlichen Urteilskraft* (25. Aufl., Bd. 658). Suhrkamp. (Original veröffentlicht in 1987).
- Bourdieu, P. (2018). *Praktische Vernunft: Zur Theorie des Handelns* (10. Aufl.). Suhrkamp. (Original veröffentlicht in 1998).
- Brämer, M., Rehfeldt, D., Bauer, C., & Köster, H. (2020b). Vorerfahrungen, Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen von Grundschullehramtsstudierenden und -lehrkräften bezüglich informatischer Inhalte. *PhyDid B – Didaktik der Physik—Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 97–105.
- Brämer, M., Rehfeldt, D., & Köster, H. (2021). Computational Playground – Eine Rasch-Analyse zum Computational Thinking bei Sachunterrichtsstudierenden im Lehr-Lern-Labor. *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 153–164.
- Brämer, M., Straube, P., Köster, H., & Romeike, R. (2020a). Eine digitale Perspektive für den Sachunterricht – ein Vorschlag zur Diskussion. *GDSU-Journal*, 10, 9–19.
- Döbeli Honegger, B., & Hielscher, M. (2017). Vom Lehrplan zur LehrerInnenbildung – Erste Erfahrungen mit obligatorischer Informatikdidaktik für angehende Schweizer PrimarlehrerInnen. In I. Diethelm (Hrsg.), *Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt* (S. 97–96). Gesellschaft für Informatik e. V. (GI).
- Feierabend, S., Rathgeb, T., Kheredmand, H., & Glöckler, S. (2021). *KIM 2020 Kindheit, Internet, Medien Basisuntersuchung zum Mediengang 6- bis 13-Jähriger in Deutschland*. Abgerufen am 16.10.2022 von https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/KIM/2020/KIM-Studie2020_WEB_final.pdf.
- Gläser, E. (2020). Professionswissen von Sachunterrichtsstudierenden zu Digitaler und Informatischer Bildung. In N. Skorsetz, M. Bonanati & D. Kucharz (Hrsg.), *Diversität und soziale Ungleichheit* (S. 315–319). Springer Fachmedien.
- Gräsel, C. (2010). Stichwort: Transfer und Transferforschung im Bildungsbereich. *ZfE*, 13, 7–20.
- Hildebrandt, C. (2019). *Skalenhandbuch Selbstwirksamkeitserwartung von Informatik-lehrkräften*. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. Abgerufen am 16.10.2022 von <http://oops.uni-oldenburg.de/3808/1/2019-01-SkalenhandbuchHildebrandt.pdf>.
- Jäger, M. (2004). *Transfer in Schulentwicklungsprojekten*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Klempin, C., Rehfeldt, D., Seibert, D., Brämer, M., Köster, H., Lücke, M., Nordmeier, V., & Sambanis, M. (2020). Stabilisierung der Selbstwirksamkeitserwartung über Komplexitätsreduktion – Das Lehr-Lern-Labor-Seminar als theoriegestützte Praxiserfahrung für angehende Lehrende mit vier fachdidaktischen Schwerpunkten. *Unterrichtswissenschaft*, 48, 151–177.
- KMK – Kultusministerkonferenz (2017). „Bildung in der digitalen Welt“. *Strategie der Kultusministerkonferenz*. Abgerufen am 16.10.2022 von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/Strategie_neu_2017_datum_1.pdf.
- Kommer, S., & Biermann, R. (2012). Der mediale Habitus von (angehenden) LehrerInnen. Medienbezogene Dispositionen und Medienhandeln von Lehramtsstudierenden. *Jahrbuch Medienpädagogik*, 9, 81–108.
- Köster, H., Mehrrens, T., Brämer, M., & Steger J. (2020). Forschendes Lernen im zyklischen Prozess – Entwicklung eines neuen Lehr-Lern-Formats im Studienfach Sachunterricht. In J. Roth & B. Priemer (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 99–112). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_7.

- Krais, B., & Gebauer, G. (2002). *Habitus*. Transcript Verlag.
- Krapp, A. (1992). Das Interessenkonstrukt. Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung: Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung* (S. 297–329). Aschendorff.
- Krapp, A. (1999). Intrinsische Lernmotivation und Interesse. *ZfP*, 45, 387–406.
- Lenger, A., Schneickert, C., & Schumacher, F. (2013). Pierre Bourdieus Konzeption des Habitus. In A. Lenger, C. Schneickert & F. Schumacher (Hrsg.), *Pierre Bourdieus Konzeption des Habitus* (S. 13–41). Springer Fachmedien.
- Mead, G. H. (2020). *Geist, Identität und Gesellschaft: Aus der Sicht des Sozialbehaviorismus* (19. Aufl., Bd. 28). Suhrkamp.
- Pajares, F., & Miller, M. D. (1994). Role of self-efficacy and self-concept beliefs in mathematical problem solving: A path analysis. *J Educ Psychol*, 86(2), 193–203. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.86.2.193>.
- Peperkorn, C., Schäfers, M. S., Ohlberger, S., & Wegner, C. (2022). Lehrer*innen-professionalisierung im Lehr-Lern-Labor „Kolumbus-Kids“. *Praxis Forschung Lehrer*innen Bildung. Zeitschrift für Schul- und Professionsentwicklung*, 104–120.
- Prenzel, M., Krapp, A., & Schiefele, H. (1986). Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. *ZfP*, 32(2), 163–173.
- Robitzsch, A., Kiefer, T., & Wu, M. (2020). *TAM: Test Analysis Modules*. <https://cran.r-project.org/web/packages/TAM/index.html>. Zugegriffen: 03. Jan. 2022.
- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of innovations* (4th ed.). Free Press.
- Román-González, M., Pérez-González, J.-C., & Jiménez-Fernández, C. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Comput Human Behav*, 72, 678–691. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.047>.
- Schiefele, U., Krapp, A., Wild, K. P., & Winteler, A. (1993). Der „Fragebogen zum Studieninteresse“. *Diagnostica*, 39(4), 335–351.
- Schiefele, U., Krapp, A., & Schreyer, I. (1993). Metaanalyse des Zusammenhangs von Interesse und schulischer Leistung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 25(2), 120–148.
- Schiefele, U., Streblov, L. & Retelsdorf, J. (2013). Dimensions of teacher interest and their relations to occupational well-being and instructional practices. *Journal for educational research online*, 5(1), 7–37.
- Schulte, C. (2009). Biographisches Lernen in der Informatik. *Commentarii informaticae didacticae* (CID), 1, 47–63.
- Schwarzer, R., & Jerusalem M. (1999). *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen*. Freie Universität Berlin.
- Stender, A. (2021). Lehr-Lern-Labor BinEx. Konzeption eines Lehr-Lern-Labor-Seminars zum binnendifferenzierenden Experimentieren. In M. Kubsch, S. Sorge, J. Arnold, & N. Graulich (Hrsg.), *Lehrkräftebildung neu gedacht: Ein Praxishandbuch für die Lehre in den Naturwissenschaften und deren Didaktiken* (S. 113–117). Waxmann.

- Straube, P., Brämer, M., Köster, H., & Romeike, R. (2018). Eine digitale Perspektive für den Sachunterricht? Fachdidaktische Überlegungen und Implikationen. *Widerstreit Sachunterricht* (24), 1–11. Abgerufen am 24. Oktober 2018 von www.widerstreitsachunterricht.de.
- Trempler, K., Schellenbach-Zell, J., & Gräsel, C. (2013). Der Einfluss der Motivation von Lehrpersonen auf den Transfer von Innovationen. In M. Rürup & I. Bormann (Hrsg.), *Innovationen im Bildungswesen* (S. 330–347). Springer VS.
- Tschannen-Moran, M., Hoy, A.W., & Hoy, W.K. (1998). Teacher efficacy: its meaning and measure. *Review of Educational Research*, 68, 202–248.
- Van Buuren, S., & Groothuis-Oudshoorn, K. (2011). Mice: Multivariate Imputation by Chained Equations. *R. J Stat Softw*, 45, 1–67. <https://doi.org/10.18637/jss.v045.i03>.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>.
- Wulf, C. (2011). *Die Geste in Erziehung, Bildung und Sozialisation: Ethnographische Feldstudien*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.



Simulieren und mathematisches Modellieren mit digitalen Werkzeugen im Lehr-Lern-Laborseminar

Förderung und empirische Analyse der bereichsspezifischen professionellen Aufgabenkompetenz

Jascha Quarder, Sebastian Gerber, Hans-Stefan Siller und Gilbert Greefrath

Einleitung

Realitätsbezogene Probleme stellen einen zentralen Gegenstand im Mathematikunterricht dar. Sie beinhalten außermathematische Sachverhalte und berücksichtigen reale Daten mit dem Ziel, relevante und authentische Sachzusammenhänge aus der Umwelt mithilfe von Mathematik zu erschließen (Niss et al. 2007). Die Bearbeitung von realitätsbezogenen Problemstellungen

J. Quarder (✉) · G. Greefrath

Institut für Didaktik der Mathematik und der Informatik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Deutschland

E-Mail: jascha.quarder@uni-muenster.de

G. Greefrath

E-Mail: greefrath@uni-muenster.de

S. Gerber · H.-S. Siller

Lehrstuhl für Mathematik V: Didaktik der Mathematik, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Würzburg, Deutschland

E-Mail: sebastian.gerber@mathematik.uni-wuerzburg.de

H.-S. Siller

E-Mail: hans-stefan.siller@mathematik.uni-wuerzburg.de

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

M. Meier et al. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung*, Edition Fachdidaktiken, https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_3

konzentriert sich häufig in sogenannten Modellierungs- und Simulationsaufgaben. Diese Aufgaben unterscheiden sich wesentlich von innermathematischen Aufgaben und von Aufgaben, deren Sachkontext nicht im Mittelpunkt der Bearbeitung steht, sondern austauschbar ist. In den vergangenen Jahren wurde zunehmend das Potenzial digitaler Werkzeuge bei der Bearbeitung solcher Aufgaben hervorgehoben (u. a. Geiger 2017; Greefrath und Siller 2018). Um dieses Potenzial für den Mathematikunterricht tatsächlich nutzen zu können, benötigen Lehrende entsprechende professionelle Kompetenzen.

Durch die Implementierung spezifischer Lehr-Lern-Laborseminare kann die vertiefte Förderung notwendiger professioneller Kompetenzen von (angehenden) Lehrkräften bereits in der Universität gelingen. In komplexitätsreduzierten und praxisnahen Lehr-Lern-Settings erwerben Lehramtsstudierende dabei nicht nur theoretisch-formales, sondern auch erfahrungsbasiertes und situationsspezifisches Wissen. Im Folgenden wird die Konzeption eines Lehr-Lern-Laborseminars vorgestellt, das an den Universitäten Münster und Würzburg im Rahmen der ‚Qualitätsoffensive Lehrerbildung‘ und der Einzelprojekte *DwD.LeL* (Dealing with Diversity. Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center) und *CoTeach* (Connected Teacher Education) entstanden ist und das Simulieren und mathematische Modellieren mit digitalen Werkzeugen fokussiert. Anhand einer quantitativen Studie soll die Wirksamkeit dieses Seminars im Hinblick auf Aspekte der bereichsspezifischen professionellen Aufgabenkompetenz mithilfe von t-Tests und einer ANOVA analysiert und evaluiert werden.

Theoretischer Hintergrund

Mathematisches Modellieren mit digitalen Werkzeugen

Als *mathematisches Modellieren* wird das Bearbeiten realer Probleme mithilfe von Mathematik bezeichnet. Dieser Prozess wird meist durch verschiedene Teilprozesse beschrieben, an deren Beginn ein möglichst relevanter Sachverhalt aus der Realität steht. Dieser Sachverhalt wird zunächst strukturiert und vereinfacht, Annahmen werden formuliert und Größen geschätzt, bis der Sachverhalt durch ein mathematisches Modell angemessen beschrieben werden kann. Ein *mathematisches Modell* ist „eine vereinfachende, nur gewisse, einigermaßen objektivierbare Teilaspekte berücksichtigende Darstellung der Realität“ (Henn und Maaß 2003, S. 2), also beispielsweise Formeln und Gleichungen, mit denen mittels mathematischer Methoden innermathematische Lösungen erzielt werden. Im mathematischen Modell erzielte Lösungen werden in der Realität interpretiert und anschließend validiert (Niss et al. 2007).

Digitale Werkzeuge können das Modellieren unterstützen (Geiger 2017). Sie zeichnen sich einerseits durch die selbstständige Verwendung durch Lernende aus, um inner- und außermathematische Zusammenhänge aktiv und durch eigene Tätigkeiten zu entdecken. Andererseits ermöglicht der Einsatz digitaler Werkzeuge beispielsweise komplexere und damit häufig authentischere Realprobleme zu behandeln, etwa durch die Verarbeitung umfangreicherer, realistischerer Datenmengen, sowie andere Schwerpunktsetzungen (eher auf Strukturieren und Validieren) durch das Auslagern komplexer Berechnungen (Greefrath und Siller 2018). Beispiele für digitale Mathematikwerkzeuge sind Tabellenkalkulationsprogramme, Computer-Algebra-Systeme, dynamische Geometrie-Software und Funktionsplotter.

Beim Modellieren ist die Entwicklung des mathematischen Modells Teil des Modellierungsprozesses. Ist das mathematische Modell bereits vorhanden, können realitätsnahe Probleme häufig auch mithilfe digitaler *Simulationen* bearbeitet werden. Das Simulieren wird dabei aufgefasst als ein Experimentieren am Modell (Greefrath und Weigand 2012): Beispielsweise gewinnen Lernende durch die aktive Veränderung von Parametern Kenntnisse über das Modell und die zugrunde liegende reale Situation (Greefrath und Siller 2018; Podworny 2019). Simulationen können somit dazu beitragen, Vorgänge experimentell zu erforschen, bei denen die Bildung eines analytischen Modells (vorwissensbezogen noch) nicht möglich ist.

Aufgabenkompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen

Die *Aufgabenkompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen* stellt eine *bereichsspezifische* Ausdeutung einer allgemeinen professionellen Kompetenz von (angehenden) Lehrkräften dar. Zuwächse in der Aufgabenkompetenz zeigen sich u. a. über Zuwächse im fachdidaktischen Wissen zu realitätsbezogenen, digitalunterstützten Aufgaben als zentralem kognitiven Merkmal dieser Ausdeutung (Baumert und Kunter 2011). Zur Beurteilung der genannten Kompetenz im Setting dieser Studie wird daher das fachdidaktische Wissen fokussiert, um aus Zuwächsen in diesem Bereich kritisch auf Zuwächse in der Aufgabenkompetenz zu schließen. Dieses Wissen wurde anhand von Kriterien operationalisiert, die zur Gestaltung und Analyse realitätsbezogener Aufgaben formuliert sind und die um entsprechende Kriterien für den Einsatz digitaler Werkzeuge bei Simulations- und Modellierungsaufgaben erweitert wurden.

Zunächst zu den Gestaltungs- bzw. Analysekr Kriterien von Modellierungsaufgaben mit analogem Bearbeitungsweg: Nach Maaß (2010) bzw. Siller und

Greefrath (2020, S. 388) sollen Modellierungsaufgaben *offen, realitätsbezogen, authentisch* und *relevant* sein sowie *Teilkompetenzen des Modellierens* fördern (Tab. 1). Dabei ermöglicht die *Offenheit* von Aufgaben deren Bearbeitung und Lösung anhand unterschiedlicher Ansätze. Gute Modellierungsaufgaben können daher je nach Wissensstand auf verschiedenen Niveaus bearbeitet werden. *Realitätsbezug, Authentizität* und *Relevanz* sind dagegen inhaltliche Kriterien, die vorrangig den außermathematischen Kontext in den Blick nehmen.

Der Einsatz digitaler Werkzeuge erweitert die Bearbeitung von Simulations- und Modellierungsaufgaben um eine technologische Komponente, sodass auch hinsichtlich der digitalen Nutzungsmöglichkeiten unterschiedliche und individuelle Lösungswege möglich sind. Daher wurden in Tab. 2 weitere Kriterien formuliert, die sich auf den Einsatz des digitalen Werkzeugs beziehen.

Tab. 1 Allgemeine Kriterien für Modellierungsaufgaben

Kriterium an die Aufgabe	Konkretisierende Frage
Offenheit	Kann die Aufgabe mit verschiedenen (mathematischen und/oder realitätsbezogenen) Ansätzen gelöst werden?
Realitätsbezug	Bezieht sich die Aufgabe auf einen außermathematischen Kontext?
Authentizität	Sind der außermathematische Zusammenhang und die Verwendung der Mathematik im Sachkontext authentisch?
Relevanz	Ist der außermathematische Kontext für die Lernenden relevant?
Förderung der Teilkompetenzen	Welche Teilkompetenzen des Modellierens sind zum Lösen der Aufgabe nötig? Welche werden gefördert?

Tab. 2 Zusätzliche Kriterien für den Einsatz digitaler Werkzeuge bei der Bearbeitung von Simulations- und Modellierungsaufgaben

Kriterium an den Werkzeugeinsatz	Konkretisierende Frage
Offenheit des Werkzeugeinsatzes	Können zur Lösung der Aufgabe verschiedene digitale Werkzeuge/ Werkzeugelemente eingesetzt werden?
Zugänglichkeit der digitalen Werkzeuge	(Wie sehr) Ist die Verwendung der digitalen Werkzeuge zum Lösen der Aufgabe an die werkzeugbezogene Vorerfahrung der Lernenden angepasst?
Nutzungsmöglichkeiten digitaler Werkzeuge	Welche Nutzungsmöglichkeiten digitaler Werkzeuge beim Simulieren und Modellieren sind zum Lösen der Aufgabe hilfreich oder sogar notwendig?

Ein Lehr-Lern-Laborseminar zum Simulieren und mathematischen Modellieren mit digitalen Werkzeugen

Unter einem Lehr-Lern-Labor verstehen wir eine spezielle Organisationsform, die Lehramtsstudierende (als Lehrende) und Schülerinnen und Schüler (als Lernende) an einem physischen und/oder digitalen Ort (als Labor) zusammenbringt. Die Bezeichnung ‚Labor‘ bringt dabei zum Ausdruck, dass die Lehr-Lern-Prozesse im Vergleich zur täglichen Unterrichtspraxis unter komplexitätsreduzierten Bedingungen stattfinden (Brüning et al. 2020). So kann beispielsweise die Betreuungssituation gezielt vereinfacht werden, indem die Studierenden nicht eine vollständige Schulklasse, sondern kleinere Lerngruppen betreuen. Einerseits erhalten somit Lehramtsstudierende die Möglichkeit, ihr theoretisches Wissen in einem praxisnahen Setting zu erproben, andererseits werden auch spezifische Lernaktivitäten der Schulgruppe gefördert. Lehr-Lern-Labore sind für Studierende häufig in ein regelmäßig stattfindendes (fachdidaktisches) Seminar an der Universität integriert, während Schulklassen im Rahmen eines Projekts oder eines Ausflugs das Labor meist nur punktuell besuchen.

Das Lehr-Lern-Laborseminar, das jeweils an den Universitäten Münster und Würzburg durchgeführt wird, greift Vorgängerlaborseminare zum Lehren des mathematischen Modellierens auf (Klock und Siller 2020; Wess und Greefrath 2019) und erweitert sie thematisch um den Einsatz digitaler Werkzeuge beim mathematischen Modellieren und um die Untersuchung von Realitätsbezügen mit digitalen Simulationen. Das Seminar gliedert sich in eine Vorbereitungs-, eine Praxis- und eine Reflexionsphase, wobei die Praxisphase die zweimalige Teilnahme an einem oben beschriebenen Lehr-Lern-Labor darstellt (Abb. 1).

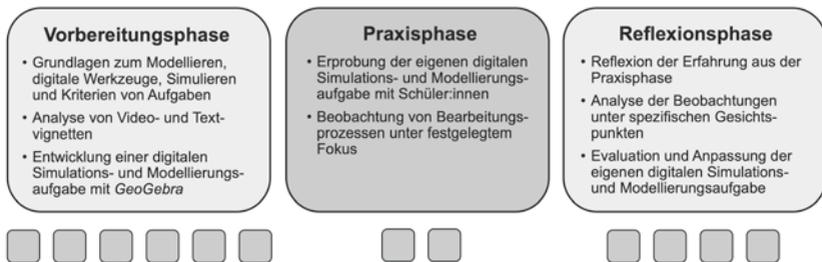


Abb. 1 Konzeption eines bereichsspezifischen Lehr-Lern-Laborseminars mit Anzahl der Sitzungstermine (in Anlehnung an Wess und Greefrath 2019)

In der Vorbereitungsphase (sechs Sitzungstermine) werden zunächst theoretische Grundlagen zum mathematischen Modellieren vermittelt und der Einsatz digitaler Werkzeuge im Mathematikunterricht vor dem Hintergrund bestehender Theorien (z. B. der instrumentellen Genese) diskutiert. Anschließend werden beide Themen inhaltlich verknüpft und Nutzungsmöglichkeiten digitaler Werkzeuge beim mathematischen Modellieren herausgearbeitet sowie im Kontext digitaler Simulationen konkretisiert. Als digitales Werkzeug wird in dieser Studie die Software *GeoGebra* genutzt, da sie für den Mathematikunterricht relevante digitale Werkzeuge vereint und im Schulunterricht weit verbreitet ist.

An ausgewählten Beispielaufgaben führen die Studierenden auch eigene Simulationen und Modellierungen mit digitalen Werkzeugen durch, um die selbstdifferenzierenden Eigenschaften und vielfältigen Bearbeitungsmöglichkeiten dieser Aufgaben zu erfahren. Abb. 2 zeigt zwei – sich voneinander unterscheidende – Bearbeitungen einer solchen Beispielaufgabe: Um für ein zwischen zwei Arbeitsorten pendelndes Paar einen gemeinsamen und hinsichtlich des

Unsere erste gemeinsame Wohnungssuche

Anna und Ben sind ein Paar. Anna arbeitet in Aachen und Ben in Brühl. Die beiden wollen in eine gemeinsame Wohnung ziehen und suchen deshalb nach einem geeigneten Wohnort.

Welchen Wohnort könnt ihr Anna und Ben empfehlen?

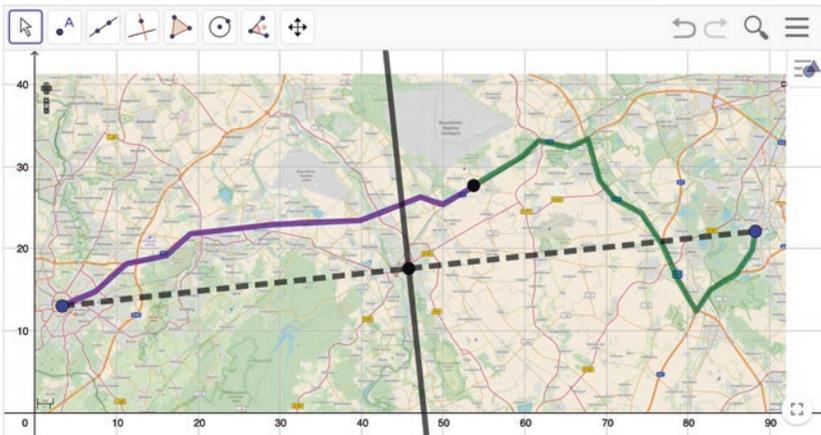


Abb. 2 Unterschiedliche Bearbeitungsmöglichkeiten einer Modellierungsaufgabe mit *GeoGebra*. (Screenshot: © GeoGebra.org; Karte: © OpenStreetMap-Mitwirkende, www.openstreetmap.org/copyright)

Arbeitswegs ‚fairen‘ Wohnort zu bestimmen, können zum einen eine Mittelsenkrechte und zum anderen zwei Polygonzüge konstruiert werden (Quarder und Gerber 2021). Der sachbezogene Mehrwert des digitalen Werkzeugs besteht u. a. darin, dass auch komplexere Modelle mit angemessenem Aufwand genutzt und so Aufgaben in vielen Fällen realitätsnäher gelöst werden können. Mit den Polygonzügen, die als aufwendige mathematische Modelle mehrere Strecken additiv vereinen, erfolgt die Wohnungssuche etwa nicht anhand der Luftlinie, sondern auf der Grundlage des Straßennetzes. Darüber hinaus könnte ein digitaler Kartendienst als Simulation, die bereits auf einem komplexen mathematischen Modell basiert, verwendet werden, um experimentell nach einem geeigneten Wohnort zu suchen.

Die Studierenden analysieren in der Vorbereitungsphase zudem anhand von Text- und Videovignetten Lösungsprozesse von Schülerinnen und Schülern bei der Bearbeitung von Simulations- und Modellierungsaufgaben mit digitalen Werkzeugen, um die Qualität vorgegebener Aufgaben zu beurteilen. Auf der Grundlage der theoretischen Erkenntnisse, praktischen Erprobungen und vignettenbasierten Analysen werden schließlich die in Abschn. „[Mathematisches Modellieren mit digitalen Werkzeugen](#)“ vorgestellten Kriterien diskutiert. In den letzten beiden Sitzungen der Vorbereitungsphase erhalten die Studierenden die Möglichkeit, in Kleingruppen eine eigene Simulations- und Modellierungsaufgabe, die mit digitalen Werkzeugen bearbeitet werden kann, auf Basis dieser Kriterien zu entwickeln.

Die Praxisphase besteht aus zwei Sitzungen, in denen die Studierenden eine Gruppe von Schülerinnen und Schülern (in Präsenz) bei der Bearbeitung der in der Vorbereitungsphase erstellten Aufgabe betreuen. Währenddessen beobachten die Studierenden die Bearbeitungen der Schulgruppe mithilfe von vorgegebenen Beobachtungsbögen zur Analyse von Simulations- und Modellierungsprozessen. Die Studierenden sollen somit ihr Theoriewissen zu Aufgaben, Prozessdiagnose und Intervention anwenden, in konkrete Handlungsoptionen überführen und diese überprüfen.

In der Reflexionsphase (vier Sitzungstermine) werden die festgehaltenen Beobachtungen aufgegriffen und analysiert. So wird z. B. ausgewertet, inwieweit die Schulgruppe, angeregt durch die entwickelte Aufgabe, tatsächlich gewünschte Bearbeitungsprozesse demonstrieren konnte. Auch Beobachtungen hinsichtlich aufgetretener Probleme der Gruppe bei der Bearbeitung der Aufgabe und die Wirksamkeit der von den Studierenden in diesem Zusammenhang durchgeführten Interventionen werden systematisch aufgearbeitet. Am Ende haben die Studierenden die Möglichkeit, die reflektierten Erkenntnisse aus der praktischen Erprobung unter Berücksichtigung der bereits erarbeiteten Theorie für die Evaluation und Anpassung der eigenen digitalen Modellierungs- und Simulationsaufgabe zu nutzen.

Die Ergebnisse des Seminars werden von den Studierenden in einem individuellen Portfolio schriftlich festgehalten und zusammengefasst. Das Portfolio enthält die Dokumentation und Analyse der selbstentwickelten Aufgabe, die ausgefüllten Beobachtungsbögen aus den Projektsitzungen und einen Reflexionsbericht, der sich auf die Analyse der Praxisphase und die Evaluation sowie Anpassung der selbstentwickelten Aufgabe bezieht. Das Seminar wird in vergleichbarer Weise (bezogen auf die vorgestellte Konzeption) an den beiden genannten Universitäten Münster und Würzburg angeboten.

Forschungsfrage

Die in Abschn. „[Theoretischer Hintergrund](#)“ aufbereitete Aufgabenkompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen basiert auf dem operationalisierten fachdidaktischen Wissen als zentralem Merkmal der professionellen Kompetenz und stellt ein bereichsspezifisches Merkmal der allgemeinen professionellen Kompetenz von (angehenden) Lehrkräften dar. Die Förderung dieser Aufgabenkompetenz im Rahmen eines Lehr-Lern-Laborseminars ist daher von besonderem Interesse. Vor dem Hintergrund der bisherigen theoretischen und konzeptionellen Überlegungen stellt sich nun die Frage, inwieweit das in Abschn. „[Ein Lehr-Lern-Laborseminar zum Simulieren und mathematischen Modellieren mit digitalen Werkzeugen](#)“ vorgestellte Seminar als hochschuldidaktische Maßnahme zur Förderung dieser bereichsspezifischen Aufgabenkompetenz wirksam ist. Dieses Forschungsinteresse wird in der folgenden Forschungsfrage konkretisiert:

Wie entwickeln sich Aspekte der Aufgabenkompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen von Mathematiklehramtsstudierenden durch die Teilnahme an einem Lehr-Lern-Laborseminar im Vergleich zu Mathematiklehramtsstudierenden, die keine spezifische Fördermaßnahme für diese Kompetenz erhalten?

Methodik

Studiendesign und Stichprobe

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde eine quasi-experimentelle Interventionsstudie durchgeführt. Im Prä-Post-Design mit zwei Gruppen wurden



Abb. 3 Forschungsdesign

an zwei Messzeitpunkten – zu Beginn und zum Abschluss eines Semesters und damit des Seminars – Daten von 93 Mathematiklehramtsstudierenden der Universitäten Münster und Würzburg erhoben und quantitativ ausgewertet (Abb. 3).

63 Studierende, die an dem oben beschriebenen Lehr-Lern-Laborseminar teilnahmen, bildeten die Experimentalgruppe (EG). Die Kontrollgruppe (KG) bestand aus 30 Studierenden, die währenddessen keine spezifische Förderung zur Aufgabenkompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen erhielten.

An beiden Universitäten wurden Daten von Studierenden in der Experimental- und der Kontrollgruppe erhoben. An der Universität Würzburg waren die Studierenden der Experimentalgruppe hauptsächlich im dritten Fachsemester, an der Universität Münster im ersten oder zweiten Mastersemester. Eine detaillierte Beschreibung der Stichprobe findet sich in Tab. 3.

Da für die Kontrollgruppe vorrangig Studierende höherer Semester akquiriert wurden, unterscheiden sich die Gruppen hinsichtlich des arithmetischen Mittels der Fachsemester.

Tab. 3 Stichprobenbeschreibung

	Geschlecht	Alter		Fachsemester		Abiturnote	
	m/w/d/k. A	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
EG	24/38/0/1	21,95	4,20	5,38	2,40	1,75	0,51
KG	12/18/0/0	23,03	1,94	8,17	2,20	1,88	0,47
Gesamt	36/56/0/1	22,30	3,65	6,28	2,67	1,79	0,50

Testinstrument

Um die bereichsspezifische professionelle Aufgabenkompetenz im beschriebenen Forschungsdesign (Abb. 3) messen zu können, wird eine Skala eines Testinstruments zur Erfassung von Aspekten professioneller Kompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen eingesetzt und ausgewertet (Gerber und Quarder 2022). Die Skala besteht aus neun Items mit jeweils drei Aussagen und einem dichotomen Combined-Single-Choice-Antwortformat. Exemplarisch für die verwendete Skala steht das Item aus Abb. 4.

Ergebnisse

Abb. 5 stellt die Ausprägungen der Aufgabenkompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen an den Messzeitpunkten 1 (Prätest, erste Semesterwoche) und 2 (Posttest, letzte Semesterwoche) jeweils separat für die Experimental- und Kontrollgruppe dar.

Zum Messzeitpunkt 1 betrug das arithmetische Mittel des Anteils der erreichten Punkte in der Experimentalgruppe $M_{Prä,EG} = ,53$ und in der Kontrollgruppe $M_{Prä,KG} = ,56$. Zu diesem Zeitpunkt ließ sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Testergebnissen der zwei Gruppen feststellen ($t(91) = -0,697$, $p = ,488$). Zum Messzeitpunkt 2 änderte sich die Rangfolge der arithmetischen Mittel. Die Experimentalgruppe wies einen Wert von $M_{Post,EG} = ,68$ auf, während er in der Kontrollgruppe $M_{Post,KG} = ,54$ betrug. In der Experimentalgruppe ist also eine Zunahme der bereichsspezifischen professionellen Aufgabenkompetenz während der Intervention zu erkennen, wohingegen die Kompetenz in der Kontrollgruppe im gleichen Zeitraum sogar leicht abnimmt.

6.5	Gute Modellierungsaufgaben mit digitalen Werkzeugen ...	wahr	falsch
	... geben den Schüler:innen den Einsatz eines konkreten digitalen Werkzeugs vor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	... ermöglichen der Lehrperson digitale Werkzeuge für die Präsentation oder Evaluation der Lösung zu nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	... ermöglichen den Schüler:innen die vielseitige Nutzung digitaler Werkzeuge.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abb. 4 Beispielitem zur Erfassung der bereichsspezifischen professionellen Aufgabenkompetenz (Gerber und Quarder 2022)

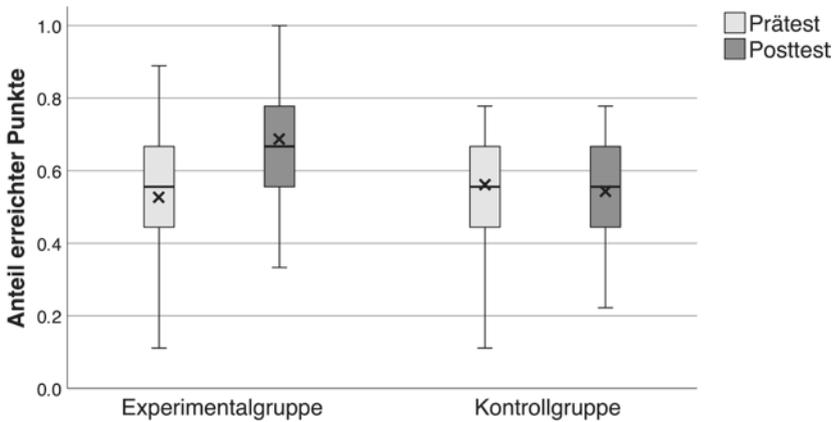


Abb. 5 Boxplots der bereichsspezifischen professionellen Aufgabenkompetenz in Prä- und Posttest

Um zu prüfen, ob sich diese Entwicklung der Kompetenz zwischen den beiden Gruppen auch signifikant unterscheidet, wird eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf einem Faktor berechnet. Da die Boxplots keine Ausreißer zeigen (Abb. 5) und Varianzhomogenität vorliegt (Levene-Test, $p > ,318$), sind notwendige Voraussetzungen für diese Analyse erfüllt. Der signifikante Interaktionseffekt zwischen Messzeitpunkt und Gruppe ($F(1,91)=8,450$, $p = ,005$, $\eta^2=0,085$) zeigt, dass die Entwicklung der bereichsspezifischen professionellen Aufgabenkompetenz von der Gruppenzugehörigkeit abhängig ist. Während sich diese Kompetenz in der Experimentalgruppe über die Zeit mit einer mittleren Effektstärke signifikant verbessert ($t(62)=5,478$, $p < ,001$, $d=0,69$), zeigt sich in der Kontrollgruppe keine signifikante Veränderung ($t(29)=-0,416$, $p = ,681$).

Diskussion

Lehr-Lern-Laborseminare können bereits in einer frühen Phase der Lehrkräftebildung einen zentralen Beitrag zur Förderung der professionellen Kompetenz leisten. In dieser Studie wurde dies für Aspekte der Aufgabenkompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen untersucht. Hierzu wurde eine quasi-experimentelle Interventionsstudie im Prä-Post-Design durchgeführt ($N=93$). Es zeigte sich, dass Mathematiklehr-

amtsstudierende durch die Teilnahme am vorgestellten Seminar ihre bereichsspezifische professionelle Aufgabenkompetenz signifikant verbessern konnten. Die Testergebnisse der Studierenden, die keine spezifische Förderung erhielten (aber eventuell andere Lehrveranstaltungen besucht haben), wiesen im zeitlichen Verlauf hingegen keine signifikanten Veränderungen auf. Die Konzeption des digitalen Lehr-Lern-Laborseminars mit seinen praxisnahen Inhalten ist also als Fördermaßnahme wirksam. Die Ergebnisse stehen im Einklang mit früheren Studien, die ebenfalls die Aufgabenkompetenz zum Lehren des mathematischen Modellierens, nicht aber den Einsatz digitaler Werkzeuge berücksichtigten, und es konnte gezeigt werden, dass die Integration digitaler Werkzeuge in ein bestehendes Lehr-Lern-Labor-Konzept (Klock und Siller 2020; Wess und Greefrath 2019) unter Beibehaltung der Wirksamkeit gelingt. Gleichzeitig kann jedoch anhand der Auswertung nicht abschließend festgestellt werden, welche Bedeutung insbesondere der Praxisphase bei den Kompetenzveränderungen zuzuschreiben ist.

Das Setting der Studie und die notwendige Operationalisierung machten eine Reduktion der Aufgabenkompetenz auf die Disposition *Wissen über Simulations- und Modellierungsaufgaben mit digitalen Werkzeugen* nötig. Die Zuwächse in dieser Wissensdimension wurden unter Berücksichtigung der seminarintegrierten Praxiselemente für das gesamte Konstrukt der Aufgabenkompetenz (Abschn. „[Mathematisches Modellieren mit digitalen Werkzeugen](#)“) interpretiert. Dies folgt aus dem Verständnis des (unmittelbar messbaren) Wissens als grundlegendem Merkmal einer Kompetenz (Baumert und Kunter 2011). Die zusätzlich gemessenen positiven Veränderungen in weiteren Aspekten professioneller Kompetenz, konkret in den *Überzeugungen* und den *Selbstwirksamkeitserwartungen* als zugrunde liegenden kognitiven und affektiv-motivationalen Dispositionen, unterstützen diese Interpretation.

Die Ergebnisse der Studie sind vor dem Hintergrund der fehlenden Normalverteilung der Daten kritisch zu analysieren. Vielfach wird darauf hingewiesen, dass sowohl der t-Test als auch die Varianzanalyse weitgehend robust gegenüber dieser Verletzung sind und dennoch zuverlässige Ergebnisse liefern (u. a. Rasch et al. 2014). Gleichzeitig können Störeffekte insbesondere durch die ungleichen Größen der Experimental- und der Kontrollgruppe (Tab. 3) nicht ausgeschlossen werden. Die Ergebnisse sind daher durch eine größere Stichprobe zu bestätigen. Darüber hinaus erscheint es sinnvoll, in Folgestudien auch andere Kompetenzbereiche des fachdidaktischen Wissens und affektive Aspekte professioneller Kompetenz dieser bereichsspezifischen Ausdeutung stärker zu berücksichtigen, um ein breiteres Bild von den Aspekten professioneller Kompetenzen beim

Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen zu erhalten.

Bereits mit dem Fokus auf die untersuchte Aufgabenkompetenz ist festzustellen, dass (angehende) Lehrkräfte durch praxisnahe Lehr-Lern-Laborseminare gezielt in bereichsspezifischen und digitalisierungsbezogenen Aspekten professioneller Kompetenz gefördert werden können. Themenspezifische Lehr-Lern-Laborseminare mit dem Fokus auf digitale Werkzeuge stellen somit – auch im Fach Mathematik – einen wichtigen Baustein einer zeitgemäßen Lehrkräftebildung dar.

Förderhinweis Das diesem Artikel zugrunde liegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen ‚Qualitätsoffensive Lehrerbildung‘ von Bund und Ländern in den Projekten ‚DwD.LeL‘ (Förderkennzeichen: 01JA1921) und ‚CoTeach‘ (Förderkennzeichen: 01JA2020) mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Literatur

- Baumert, J., & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29–53). Waxmann.
- 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>.
- Geiger, V. (2017). Designing for mathematical applications and modelling tasks in technology rich environments. In A. Leung & A. Baccaglini-Frank (Hrsg.), *Digital technologies in designing mathematics education tasks* (Bd. 8, S. 285–301). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43423-0_14.
- Gerber, S., & Quarder, J. (2022). *Erfassung von Aspekten professioneller Kompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen. Ein Testinstrument*. Universität Würzburg. <https://doi.org/10.25972/OPUS-27359>.
- Greefrath, G., & Siller, H.-S. (2018). Digitale Werkzeuge, Simulationen und mathematisches Modellieren. In G. Greefrath & H.-S. Siller (Hrsg.), *Digitale Werkzeuge, Simulationen und mathematisches Modellieren. Didaktische Hintergründe und Erfahrungen aus der Praxis* (S. 3–22). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21940-6_1.
- Greefrath, G., & Weigand, H.-G. (2012). Simulieren: Mit Modellen experimentieren. *mathematik lehren*, 174, 2–6.

- Henn, H.-W., & Maaß, K. (2003). Standardthemen im realitätsbezogenen Mathematikunterricht. In H.-W. Henn & K. Maaß (Hrsg.), *Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht* (Bd. 8, S. 1–5). Franzbecker.
- Klock, H., & Siller, H.-S. (2020). Die Bedeutung der Diagnose für adaptive Interventionen beim mathematischen Modellieren – Intervenieren lernen im Lehr-Lern-Labor. *mathematica didactica*, 43(1), 47–62. <https://doi.org/10.18716/ojs/md/2020.1382>.
- Maaß, K. (2010). Classification scheme for modelling tasks. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 31(2), 285–311. <https://doi.org/10.1007/s13138-010-0010-2>.
- Niss, M., Blum, W., & Galbraith, P. L. (2007). Introduction. In W. Blum, P. L. Galbraith, H.-W. Henn & M. Niss (Hrsg.), *Modelling and Applications in Mathematics Education. The 14th ICMI study* (S. 3–32). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-29822-1_1.
- Podworny, S. (2019). *Simulationen und Randomisierungstests mit der Software TinkerPlots: Theoretische Werkzeuganalyse und explorative Fallstudie*. Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-25911-2>.
- Quarder, J., & Gerber, S. (2021). Unsere erste gemeinsame Wohnungssuche. Den Arbeitsweg mit GeoGebra modellieren. *digital unterrichten Mathematik*, 2(10), 6–7.
- Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W., & Naumann, E. (2014). *Quantitative Methoden 2: Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler* (4. Aufl.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-43548-9>.
- Siller, H.-S., & Greefrath, G. (2020). Modelling Tasks in Central Examinations Based on the Example of Austria. In G. A. Stillman, G. Kaiser & C. E. Lampen (Hrsg.), *Mathematical Modelling Education and Sensemaking* (S. 383–392). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37673-4_33.
- Wess, R., & Greefrath, G. (2019). Professional competencies for teaching mathematical modelling – Supporting the modelling-specific task competency of prospective teachers in the teaching laboratory. In U. T. Jankvist, M. van den Heuvel-Panhuizen & M. Veldhuis (Hrsg.), *Proceedings of the Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 11)* (S. 1274–1282). Utrecht, Netherlands: Freudenthal Group & Freudenthal Institute, Utrecht University and ERME.



Förderung von digitalisierungsbezogenen Kompetenzen von angehenden Physiklehrkräften mit dem SQD-Modell im Projekt DiKoLeP

David Weiler, Jan-Philipp Burde, Rike Große-Heilmann, Andreas Lachner, Josef Riese und Thomas Schubatzky

D. Weiler (✉) · J.-P. Burde
AG Didaktik der Physik, Universität Tübingen, Tübingen, Deutschland
E-Mail: david-christoph.weiler@uni-tuebingen.de

J.-P. Burde
E-Mail: jan-philipp.burde@uni-tuebingen.de

R. Große-Heilmann · J. Riese
Physikalisches Institut IA, RWTH Aachen, Aachen, Deutschland
E-Mail: grosse-heilmann@physik.rwth-aachen.de

J. Riese
E-Mail: riese@physik.rwth-aachen.de

A. Lachner
Institut für Erziehungswissenschaft, Universität Tübingen, Tübingen, Deutschland
E-Mail: andreas.lachner@uni-tuebingen.de

T. Schubatzky
Institut für Fachdidaktik und Institut für Experimentalphysik, Universität Innsbruck, Innsbruck, Österreich
E-Mail: thomas.schubatzky@uibk.ac.at

Einführung

Trotz der zunehmenden Bedeutung von digitalen Medien für den Unterricht hatten Studierende im Rahmen ihrer universitären Lehrkräfteausbildung bisher teilweise nur wenige Lerngelegenheiten, den fachdidaktisch begründeten Einsatz von digitalen Medien zu erlernen (Eickelmann et al. 2019). Notwendig sind dabei entsprechende Studienelemente, die neben der Entwicklung des fachdidaktischen Wissens auch die Motivation und Überzeugungen zum Einsatz digitaler Medien (Vogelsang et al. 2019) in den Fokus rücken. Dabei gibt es aber noch keine empirisch gesicherten Ergebnisse, wie eine Förderung der digitalisierungsbezogenen Kompetenzen konkret aussehen kann.

Daher wurden im Rahmen des Verbundprojekts ‚Digitale Kompetenzen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik‘ (DiKoLeP) der RWTH Aachen, der Universität Graz und der Universität Tübingen Seminare entwickelt, um Physiklehramtsstudierende beim Erwerb digitalisierungsbezogener fachdidaktischer Kompetenzen zu unterstützen. Im Folgenden werden die Genese der Seminare mit ihren spezifischen Ausprägungen und erste Befunde einer Evaluation vorgestellt.

Theoretischer Hintergrund

Vor der Entwicklung der Seminare müssen die geplanten Seminarziele für die Studierenden theoriegeleitet festgelegt werden. In Abschn. „[Professionelle Handlungskompetenz](#)“ wird daher eine Modellierung der Kompetenzen vorgestellt, die für den fachdidaktisch begründeten Einsatz digitaler Medien notwendig sind. In Abschn. „[SQD-Modell zur Vorbereitung von Lehramtsstudierenden auf den Einsatz digitaler Medien](#)“ wird das SQD-Modell zur Vorbereitung angehender Lehrkräfte auf die Integration digitaler Medien im Unterricht beschrieben, auf dessen Basis die hier vorgestellten Seminare zur Förderung digitalisierungsbezogener fachdidaktischer Kompetenzen entwickelt wurden.

Professionelle Handlungskompetenz

Die entwickelten Seminare werden in Bezug auf unterschiedliche Aspekte der Professionellen Handlungskompetenz angehender Physiklehrkräfte nach Riese (2009) evaluiert. Das Rahmenmodell gliedert sich dabei angelehnt an das Modell von Baumert und Kunter (2006) in die Bereiche des Professionswissens sowie der motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten (abgek. motivationale Orientierung).

Professionswissen

Das Professionswissen setzt sich, angelehnt an Shulman (1987), zusammen aus den drei Bereichen physikalisches Wissen, erziehungswissenschaftliches Wissen und physikdidaktisches Wissen. Gramzow et al. (2013) unterteilen das physikspezifische fachdidaktische Wissen (FDW) wiederum in acht Facetten, wovon (digitale) Medien eine eigene Facette bilden. Diese Facette kann als eine fachspezifische Version des technologisch fachdidaktischen Wissens (TPACK) aus dem Framework von Mishra und Koehler (2006) verstanden werden. „Angelehnt an den Orientierungsrahmen ‚Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften (DiKoLAN)‘ nach Becker et al. (2020) wurde diese Facette für das Fach Physik operationalisiert“ (Große-Heilmann et al. 2022). Das finale Modell der Facette ‚digitale Medien‘ als Teil des FDW enthält die vier Kategorien *fachbezogene Grundlagen*, *digitale Messwerterfassung*, *Simulationen* und *Erklärvideos* (im Folgenden als ‚digitalisierungsbezogenes FDW‘ abgekürzt). Die Kategorie *fachbezogene Grundlagen* repräsentiert das Wissen über grundlegende Konzepte zum Einsatz digitaler Medien in Unterrichtssituationen im Fach Physik sowie übergreifendes Wissen über den Einsatz digitaler Medien für einen bestimmten Zweck im Physikunterricht. Die Kategorie wurde im Modell berücksichtigt, weil grundlegende Konzepte zum Einsatz digitaler Medien auch für teilfachspezifische Unterrichtssituationen relevant sind, z. B. die Berücksichtigung von Gestaltungsprinzipien von Multimedia-Anwendungen, die Schülerinnen und Schülern helfen, ein konzeptionelles Verständnis für ein physikalisches Thema zu entwickeln. Die Kategorie *Digitale Messwerterfassung* umfasst das Wissen über digitale Messwerterfassungssysteme und deren Einsatz zur Datenerfassung, -verarbeitung und -analyse im Physikunterricht, die Kategorie *Simulationen* das Wissen über Simulationen und deren Einsatz zur Wissensgewinnung und Modellbildung im Physikunterricht. Darüber hinaus enthält die Kategorie *Erklärvideos* Wissen über die Kriterien, die effektive Erklärvideos und deren Einsatz im Physikunterricht kennzeichnen. Diese Kategorie wurde in das Modell aufgenommen, da Erklärvideos besonders geeignet sind, um komplexe Inhalte zu erklären, was im Physikunterricht häufig vorkommt.

Motivationale Orientierung

Neben dem Professionswissen ist die motivationale Orientierung von Lehrkräften eine weitere Komponente für gelungenen Unterricht. Diese ist in Bezug auf digitale Medien unter anderem dafür ausschlaggebend, ob digitale Medien im späteren Unterricht eingesetzt werden oder ungenutzt bleiben (Backfisch et al. 2020). In dem Modell der motivationalen Orientierung zum Einsatz digitaler

Medien von Vogelsang et al. (2019) hängt die *Motivation zum Einsatz von der Einstellung zum Lernen mit digitalen Medien, den sozialen Normerwartungen, erwarteten Schwierigkeiten beim Einsatz* und der *Selbstwirksamkeitserwartung* zum Einsatz der digitalen Medien ab. Soll der spätere Einsatz digitaler Medien im Unterricht bei Lehramtsstudierenden gefördert werden, ist es unerlässlich, auch Aspekte der motivationalen Orientierung zu fokussieren. Nach der Darstellung der Konstrukte im Rahmenmodell der Professionellen Handlungskompetenz, die durch das Seminar adressiert werden sollen, widmet sich der nächste Abschnitt dem SQD-Modell, das die allgemeinen Merkmale eines Seminars beschreibt, das die Förderung digitalisierungsbezogener Kompetenzen zum Ziel hat.

SQD-Modell zur Vorbereitung von Lehramtsstudierenden auf den Einsatz digitaler Medien

Mit dem Ziel, den fachdidaktisch begründeten Einsatz von digitalen Medien im späteren Physikunterricht zu gewährleisten, ist es wichtig, die digitalisierungsbezogene Professionelle Handlungskompetenz von Studierenden schon in der ersten Phase der Lehrkräftebildung zu fördern. Bei der Seminarentwicklung wurde daher auf das SQD-Modell (Synthesis of Qualitative Evidence) von Tondeur et al. (2012) zurückgegriffen, das sieben evidenzbasierte Schlüsselaspekte von Seminaren skizziert, um angehende Lehrkräfte möglichst optimal auf die Integration von digitalen Medien in ihren späteren Unterricht vorzubereiten (Tondeur et al. 2012, S. 138–140). 1) *Enge Verzahnung von Theorie und Praxis*, 2) *Erleben von Vorbildern*, 3) *(Kritisches) Reflektieren* der Rolle von digitalen Medien im Unterricht, 4) *Eigenes Entwerfen von Lernarrangements mit digitalen Medien*, 5) *Zusammenarbeit mit Peers*, 6) *Sammeln authentischer Erfahrungen*, 7) *Erhalten von Feedback* zum Einsatz digitaler Medien. Nach Tondeur et al. (2020) haben sich die aufgeführten Kriterien empirisch bewährt, jedoch werden die Anforderungen für physikspezifische Seminare auf inhaltlicher Ebene durch das SQD-Modell nicht spezifiziert.

Ein weiteres hochschuldidaktisches Konzept, um praxisorientierte Kompetenzen zu fördern, sind Lehr-Lern-Labore (LLL). Aufgrund großer Ähnlichkeiten von Merkmalen wirksamer LLL und den Kriterien des SQD-Modells bieten sich LLL als ein guter Ausgangspunkt an, um die Kriterien des SQD-Modells in die praktische Ausbildung von Lehrkräften überführen zu können.

Vergleicht man die von Brüning et al. (2020) identifizierten Merkmale wirksamer LLL mit denen des SQD-Modells, zeigen sich große Übereinstimmungen, wie z. B. die Notwendigkeit des Feedbacks und der Reflexion (SQD 3 & 7), die enge Verzahnung von Theorie und Praxis (SQD 1) und die eigenständige Entwicklung von Lernarrangements (SQD 4).

Charakteristika der Seminare

Gemeinsamkeiten der Standorte

Um die Seminare möglichst bedarfsorientiert ausgestalten zu können, wurde vor deren Entwicklung im Verbundprojekt DiKoLeP eine Bedarfsanalyse ($N=77$) an den beteiligten Standorten und darüber hinaus durchgeführt (Weiler et al. 2022). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich nicht nur die Vorerfahrungen mit digitalen Medien zwischen den Studierenden stark unterscheiden, sondern dass sich auch die gemachten Erfahrungen mit den verschiedenen Medien signifikant unterscheiden. Insgesamt zeigt sich jedoch ein hohes Interesse am Einsatz der unterschiedlichen physikspezifischen digitalen Medien im Unterricht. Trotz der zum Teil geringen Vorerfahrungen hatten die Studierenden eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung (SWE), digitale Medien fachdidaktisch sinnvoll einsetzen zu können. Vor dem Hintergrund der Befunde von Eickelmann et al. (2019) könnte die hohe SWE auf eine Überschätzung der eigenen Kompetenz aufseiten der Studierenden zurückzuführen sein.

Die Befunde der Bedarfsanalyse deuten sowohl auf einen Bedarf als auch ein Bedürfnis der Studierenden nach einem Seminar zum fachdidaktisch begründeten Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht hin. Um die Heterogenität der Vorerfahrungen mit digitalen Medien zu adressieren, sollten die Lerngelegenheiten im Rahmen eines Seminars so ausgestaltet sein, dass sich Studierende individuell mit einzelnen digitalen Medien vertieft auseinandersetzen können. Ebenso sollten Studierende in Anbetracht der als hoch eingeschätzten SWE im Seminar die Möglichkeit haben, ihre eigenen digitalisierungsbezogenen Kompetenzen in unterrichtsnahen Anwendungsmöglichkeiten zu reflektieren.

Die Seminare im Verbundprojekt wurden daraufhin unter Einbeziehung der Ergebnisse der Bedarfsanalyse und des SQD-Modells entwickelt. Dabei entstanden bedarfsorientierte Seminare mit gemeinsamen Kernelementen und standortspezifischen Ausprägungen, was u. a. auch die Adaption der entwickelten Seminare an weiteren Standorten erleichtern soll. Im Folgenden wird dargelegt,

inwiefern die auf diese Weise entwickelten Seminare den Kriterien des SQD-Modells entsprechen.

An allen beteiligten Standorten sind die Seminare in eine überwiegend theoretische Phase und eine rein praxisorientierte Phase unterteilt (SQD 1). Die theoretische Phase hat zum Ziel, die in der Literatur für zentral erachteten Grundlagen zum fachdidaktisch begründeten Einsatz von Medien zu vermitteln. Neben allgemeinen lernpsychologischen Grundlagen zum Medieneinsatz ist hier insbesondere eine medienspezifische Auseinandersetzung mit den fachdidaktischen Erkenntnissen zum Einsatz von Simulationen, Interaktiven Bildschirmexperimenten, digitalen Messwerterfassungssystemen, Videoanalysen sowie Erklärvideos im Physikunterricht vorgesehen. Zusätzlich zu den durch die Lehrpersonen gezeigten konkreten Einsatzmöglichkeiten (SQD 2) werden auch empirische Befunde zur Lernwirksamkeit der jeweiligen Medien vorgestellt (SQD 3). Ergänzend sind kleinere praktische Aufgaben vorgesehen, die die Studierenden in Partner- oder Gruppenarbeit bearbeiten (SQD 5 & 6). Hierdurch können die Studierenden nicht nur authentische Erfahrungen mit den Medien sammeln, sondern ihr Einsatz kann anschließend auch kritisch reflektiert werden (SQD 3 & 7). Aufgrund der unterschiedlichen standortspezifischen Curricula unterscheiden sich die Seminare in den praktischen Phasen (Abb. 1).



Abb. 1 Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Seminare an den unterschiedlichen Standorten

Spezifika des Seminars in Tübingen und Graz

Das Seminar in Tübingen und Graz ist im Rahmen des Verbundprojekts neu entstanden und soll mithilfe eines Design-Based-Research-Ansatzes (DBR) iterativ weiterentwickelt werden. Dabei wurde auf Vorarbeiten aus dem TPACK 4.0 Projekt von Lachner et al. (2021) zurückgegriffen, wobei die dortige kurzfristige Intervention als ein längerfristiges, fachspezifisches Seminar ausgebaut wurde. Nach der Phase zu den theoretischen Grundlagen befassen sich die Studierenden in der zweiten Phase mit einzelnen digitalen Medien in Partnerarbeit und planen Unterrichtsstunden, in denen die Medien eingesetzt werden (SQD 4 & 5). Im Rahmen des Seminars werden exemplarische Sequenzen der geplanten Unterrichtsstunden, in denen der Einsatz digitaler Medien vorgesehen ist, als Micro-Teachings im Seminar durchgeführt und videographiert. Dabei übernehmen die anderen Studierenden die Rolle von Schülerinnen und Schülern und gleichzeitig Beobachtern, um komplexitätsreduziert unterrichtsnahe Situationen zu ermöglichen. Die videographierten Sequenzen werden anschließend u. a. mithilfe eines Video-Annotierungs-Tools gemeinsam reflektiert. Zudem erhalten die Studierenden nach der Durchführung der Micro-Teachings Feedback (SQD 7) von den Seminarteilnehmenden und der Lehrperson. Die Seminare in Tübingen und Graz orientieren sich somit stark an den Kriterien des SQD-Modells (Abschn. „[SQD-Modell zur Vorbereitung von Lehramtsstudierenden auf den Einsatz digitaler Medien](#)“), wohingegen sie nicht alle Merkmale von LLL erfüllen, weil u. a. keine Erprobung mit realen Schulklassen vorgesehen ist. In Hinblick auf die Planung und Umsetzung von Unterrichtsstunden mit Medieneinsatz kann dies insofern vorteilhaft sein, als dass die Studierenden so nicht auf eine Jahrgangsstufe oder ein Thema festgelegt sind.

Spezifika des Lehr-Lern-Labor-Seminars in Aachen

In Aachen wurde ein bestehendes Lehr-Lern-Labor-Seminar im ersten Mastersemester in Bezug auf den Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht weiterentwickelt (Große-Heilmann und Riese 2021). Somit sollen die Studierenden vor einem fünfmonatigen Praxissemester die Möglichkeit haben, erste Lehrererfahrungen in komplexitätsreduzierten Situationen mit Schülerinnen und Schülern zu sammeln und ihre eigenen digitalisierungsbezogenen Kompetenzen reflektieren zu können. Hierfür entwickeln die Studierenden Lernzirkel (SQD 4),

bei denen digitale Medien fachdidaktisch sinnvoll eingebettet werden. Die Lernzirkel werden in Schulklassen erprobt, was die Reflexion des eigenen Unterrichts und Feedback (SQD 3 & 7) von Lernenden und betreuenden Lehrkräften sowie Dozierenden ermöglicht. Das Seminar in Aachen orientiert sich sowohl an den Merkmalen des SQD-Modells als auch an den Merkmalen von LLL (Abschn. „[SQD-Modell zur Vorbereitung von Lehramtsstudierenden auf den Einsatz digitaler Medien](#)“).

Fragestellungen

Vor dem Hintergrund der Entwicklung und Evaluation der Seminare zur Förderung digitalisierungsbezogener Kompetenzen bei Physiklehramtsstudierenden werden im Rahmen des Verbundprojekts DiKoLeP eine Reihe an Forschungsfragen adressiert, wie in Schubatzky et al. (2022) ausführlicher dargestellt. Dieser Beitrag fokussiert auf die folgenden drei Fragestellungen in direktem Zusammenhang mit den zuvor vorgestellten Seminaren:

- FF1:** Lässt sich während der Seminare ein Zuwachs im digitalisierungsbezogenen FDW der Studierenden messen?
- FF2:** Lässt sich während der Seminare eine Steigerung der motivationalen Orientierung zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht messen?
- FF3:** Wie wird die Seminarqualität vonseiten der Studierenden und von Fachleuten bewertet?

Evaluation

Aufgrund der erwarteten geringen Stichprobe im Fach Physik und der Anforderung, potenzielle Befunde erklären zu können, wurde zur Evaluation ein exploratorischer Mixed-Method-Ansatz gewählt, um möglichst valide Aussagen durch eine Untersuchung von qualitativen und quantitativen Daten zu erhalten. So wurden in einem Prä-Post-Design quantitative Daten zur Beantwortung der FF1 und 2 erhoben, wohingegen FF3 auf Basis quantitativer Daten im Post-Test sowie qualitativer Daten durch Studierendeninterviews und Befragungen von Fachleuten beantwortet wird (Abb. 2).

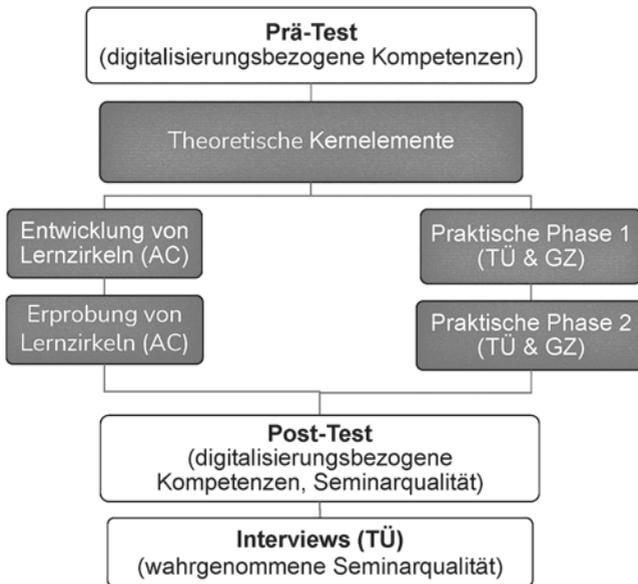


Abb. 2 Erhebungsplan für die digitalisierungsbezogenen Kompetenzen (FF1 & 2) und Seminarqualität (FF3) in dieser und anstehenden Untersuchungen

Quantitative Erhebungen

Stichprobe

Die Studienteilnehmenden wurden aus den in Aachen, Graz und Tübingen im Sommersemester 2021 sowie Wintersemester 2021/22 an den Seminaren teilnehmenden Studierenden gewonnen. Die Teilnahme war freiwillig und konnte jederzeit abgebrochen werden. Am Prätest nahmen 32 Seminarteilnehmende teil. Davon konnten für $N=22$ Prä- und Posttest vollständig zugeordnet werden, wobei 45 % dieser Untergruppe weiblich waren. Die Studienteilnehmenden waren im Mittel 25,27 Jahre alt ($SD=3,92$ Jahre) und im 8. Fachsemester ($SD=2,77$ Jahre). Es sind weitere Erhebungen im Projekt geplant, um die Stichprobe zu vergrößern.

Erhebungsinstrumente

Im Gegensatz zu vielen bisherigen Studien, bei denen das digitalisierungsbezogene FDW durch Selbsteinschätzungen erhoben wurde (Wang et al. 2018),

greift die vorliegende Studie zur Erhebung des digitalisierungsbezogenen FDW auf den Leistungstest von Große-Heilmann et al. (2022) zurück (Cronbach's $\alpha = 0,70$). Für die Beantwortung der FF2 wird auf die Befragungsinstrumente von Vogelsang et al. (2019) mit 5-stufigen-Likert-Skalen zurückgegriffen. Es zeigt sich, dass die Skalen für die Motivation (Cronbach's $\alpha = 0,82$, Beispielitem: ‚Ich bin bereit, auch mal etwas mehr Zeit in die Unterrichtsvorbereitung zu investieren, wenn ich dafür digitale Medien im Unterricht einsetzen kann.‘), die erwarteten Schwierigkeiten beim Einsatz von (Cronbach's $\alpha = 0,79$, Beispielitem: ‚Mir fehlt manchmal das nötige Wissen, um digitale Medien in die Unterrichtsplanungen einzubinden.‘) und die Einstellungen zum Lernen mit digitalen Medien (Cronbach's $\alpha = 0,75$, Beispielitem: ‚Das Lernen mit digitalen Medien ist eine effiziente Form des Lernens.‘) gute Reliabilitäten aufweisen. Dagegen fiel die Skalenreliabilität der sozialen Norm mit einem Cronbach's $\alpha = 0,56$ (Beispielitem: ‚Meine Kommilitoninnen und Kommilitonen denken, dass digitale Medien ein zwingendes Element von zeitgemäßem Unterricht sind.‘) unzureichend aus, weshalb die Skala bei der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt wurde. Zur Messung der Selbstwirksamkeitserwartung wurde ein Testinstrument in Anlehnung an Meinhardt et al. (2018) entwickelt (Beispielitem: ‚Ich kann Medien so auswählen, dass diese zu einem besseren konzeptionellen Verständnis im Unterricht beitragen.‘). Die Skalenreliabilität fiel mit Cronbach's $\alpha = 0,83$ gut aus. Zur Erhebung der wahrgenommenen Seminarqualität der Studierenden wurde der etablierte SQD-Test (Tondeur et al. 2020) mit einer 4-stufigen-Likert-Skala verwendet (Cronbach's $\alpha = 0,88$, Beispielitem: ‚In meinem Seminar war ich in der Lage, den Umgang mit digitalen Medien im Unterricht während der Praxisphasen zu erlernen.‘). Die Erhebung wurde mittels eines Online-Tests durchgeführt.

Qualitative Erhebungen

Stichprobe

Zunächst wurden $N=6$ Studierende vom Standort Tübingen in Interviews zur wahrgenommenen Seminarqualität befragt (Gelegenheitsstichprobe). In den weiteren Durchgängen sind Interviews an den anderen Standorten vorgesehen.

Zur Untersuchung der curricularen Passung der Seminarinhalte konnten $N=8$ Fachleute gewonnen werden, die in ihrer bisherigen Forschungs- und Publikationstätigkeit einen Forschungsschwerpunkt zu bestimmten digitalen Medien erkennen lassen. Es wurde somit zu jedem digitalen Medium eine Fachperson interviewt.

Durchführung

Die Studierenden wurden mithilfe eines leitfadengestützten Interviews in einem Umfang von 45 bis 60 min zu Aspekten der Seminare befragt. Neben einer Bewertung der einzelnen inhaltlichen Themen in Hinblick auf persönlich wahrgenommene Wissenszuwächse und Freude an der Beschäftigung mit ihnen, wurden von ihnen Defizite und besonders gelungene Aspekte der Seminare sowie Alternativvorschläge eruiert. Ergänzend waren die Zweiteilung in eine theoretische und eine praktische Phase, die in Tübingen und Graz vorgesehenen Vertiefungsmöglichkeiten und die Erfahrungen bei der Planung, Durchführung und Reflexion der Micro-Teachings Gegenstand der Interviews.

Die ausgewählten Fachleute wurden zu dem jeweiligen digitalen Medium befragt, für dessen Einsatz sie eine besondere Expertise aufweisen. Dabei wurde der in den Seminaren verfolgte Ansatz mit der Behandlung mehrerer digitaler Medien in den Seminaren und der Zweiteilung des Seminars in eine theoretische und eine praktische Phase diskutiert. Weiterhin wurden die Inhalte und Aufgaben im Theorieteil und der praktischen Vertiefung in Tübingen und Graz kritisch reflektiert. Zuletzt wurden die Fachleute um eine Einschätzung der Vollständigkeit in Hinsicht auf die zu vermittelten Eigenschaften der digitalen Medien und den dazu bekannten empirischen Befunden gebeten. Die Interviews dauerten etwa 40 bis 75 min.

Ergebnisse

Quantitative Ergebnisse

In Hinblick auf FF1 fiel der Zuwachs im digitalisierungsbezogenen FDW bei den 22 Studierenden signifikant mit einer mittleren Effektstärke aus ($t(21)=2,337$, $p < 0,05$, $d=0,50$).

Ebenso lässt sich für FF2 berichten, dass sich Aspekte der motivationalen Orientierung während des Zeitraums signifikant verändert haben. Die erwarteten Schwierigkeiten haben sich mit einer mittleren Effektstärke nach der Teilnahme an den Seminaren verringert ($t(21)= -2,878$, $p < 0,01$, $d=0,61$), während sich die Einstellung zum Lernen mit digitalen Medien positiv verändert hat ($t(21)=1,977$, $p < 0,05$, $d=0,42$). Die Motivation zum Einsatz digitaler Medien in der späteren Lehrpraxis hat sich sogar mit einer großen Effektstärke erhöht ($t(21)=4,620$, $p < 0,01$, $d=0,98$). Dagegen konnte bei der Selbstwirksamkeitserwartung kein signifikanter Zuwachs festgestellt werden ($t(21)=1,415$, $p=0,08$, $d=0,30$).

In Bezug auf FF3 zeigt sich, dass auf der 4-stufigen Likert-Skala die wahrgenommene Seminarqualität als hoch ($M=3,37$, $SD=0,39$) angegeben wurde.

Qualitative Ergebnisse

Während der Studierendeninterviews zeigte sich, dass das Seminar überwiegend positiv von den Studierenden aus Tübingen aufgenommen wurde, obwohl aufgrund der Corona-Pandemie die Durchführung der theoretischen Phase nur online stattfinden konnte. Insbesondere wurde von den Studierenden positiv hervorgehoben, dass sie einige digitale Medien wie Simulationen, Videoanalysen oder Messwerterfassungen mit dem Smartphone auch zu Hause haben durchführen können. Auch empfanden die Studierenden es als Bereicherung für ihre persönliche Entwicklung, Unterrichtsstunden zu planen und dann mit ihren Kommilitoninnen und Kommilitonen Auszüge daraus zu erproben. Dabei halfen ihnen die Videoaufnahmen der Micro-Teachings, ihre eigenen Stärken und Schwächen bei der Durchführung zu reflektieren. Die Studierenden äußerten jedoch den Wunsch, in Zukunft einen Feedbackleitfaden bereitgestellt zu bekommen, um hilfreicher Feedback sowohl geben als auch erhalten zu können.

Auch die Rückmeldungen in den Befragungen der Fachleute sind überwiegend positiv ausgefallen (Abb. 3). Zur Auswertung wurden Kategorien auf Basis der

	Seminaraspekt	Relevanz des Themas	Vor- und Nachteile des Mediums	Einsatzkriterien des Mediums	Einsatzbeispiele des Mediums	Ausgewählte Forschungsbefunde	Gestaltung der Vertiefung	Zweiteilung in Theorie und Praxis
Medium								
Smartphones								
Mikrocontroller								
DMWEs								
Erklärvideos								
Videoanalyse								
IBEs								
AR+VR								
Simulationen								

■ = Kein Änderungsbedarf

■ = Kleiner Änderungsbedarf

■ = Großer Änderungsbedarf

■ = k. A.

Abb. 3 Übersicht der Ergebnisse der Befragung der Fachleute, Abkürzungen: k. A. = keine Angabe; DMWEs = Digitale Messwerterfassungssysteme; IBEs = Interaktive Bildschirmexperimente; AR + VR = Augmented und Virtual Reality

im Seminar besprochenen Aspekte erstellt. Die ‚Relevanz‘ der behandelten Themen für die Lehrkräftebildung wurde von den Fachleuten bestätigt. Ebenso gab es keine Änderungswünsche, was die Behandlung von ‚Einsatzkriterien‘ der jeweiligen Medien angeht. Kleinere Änderungen ergaben sich bei den ‚ausgewählten Forschungsbefunden‘ und den ‚Gestaltungen der Vertiefung‘. Hier wurde auf weitere empirische Befunde hingewiesen und es wurden Vorschläge für geänderte Arbeitsaufträge und Schwerpunkte in den Vertiefungen gemacht. Was die inhaltliche Ausgestaltung von Interaktiven Bildschirmexperimenten und Augmented und Virtual Reality angeht, gab es einen größeren Änderungsbedarf, der vor allem in den Kategorien ‚Vor- und Nachteile‘ sowie bei ‚Einsatzbeispielen‘ geäußert wurde. Hier wurde u. a. angeregt, zukünftig die Unterscheidung von Interaktiven Bildschirmexperimenten und h5p-Elementen deutlicher zu machen und eine Stufenzuordnung des Einsatzes von AR-Anwendungen nach dem SAMR-Modell zu implementieren.

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse der empirischen Evaluation der hier vorgestellten Seminare mit ihrer engen Theorie-Praxis-Verzahnung und den standortübergreifenden Elementen deuten darauf hin, dass entsprechende Lerngelegenheiten zur Entwicklung der digitalisierungsbezogenen Kompetenzen bei Studierenden beitragen können. Durch das Lehr-Lern-Labor-artige Setting lassen sich sowohl das digitalisierungsbezogene FDW als auch die motivationalen Orientierungen der Physik-Lehramtsstudierenden fördern. Die Selbstwirksamkeitserwartung ist dagegen nach den Seminaren nicht signifikant gestiegen. Eine mögliche Ursache können die schon vor den Seminaren hohen Werte sein, was zu einem Deckeneffekt geführt haben könnte. Eine Erklärung für diese Werte könnte eine Überschätzung der eigenen Fähigkeiten sein, wie es Eickelmann et al. (2019) schon berichteten. Die Lerngelegenheiten in den Seminaren könnten dazu beigetragen haben, die Studierenden zu einer reflektierten und realistischeren Einschätzung ihrer eigenen Kompetenzen hinsichtlich des unterrichtlichen Einsatzes digitaler Medien zu befähigen.

Auch wurden die Seminare überwiegend positiv von den Studierenden aufgenommen. Aus den qualitativen Rückmeldungen der Studierendeninterviews aus Tübingen ergibt sich, dass die komplexitätsreduzierte Form als Bereicherung wahrgenommen wurde. Die fachdidaktischen Inhalte und besprochenen empirischen Befunde zum Einsatz digitaler Medien wurden auch von unabhängigen Fachleuten aus dem Feld des Lehrens und Lernens mit

digitalen Medien größtenteils für positiv erachtet, wobei zu jedem Medium nur eine Fachperson befragt wurde. Die Rückmeldungen von Studierenden und Fachleuten werden dazu genutzt, die Seminare weiterzuentwickeln. Dabei wird an den Praxisphasen, der Erprobung in Schulklassen und Micro-Teachings, festgehalten. Zudem werden Feedbackleitfäden für die Selbst- und Fremdrelexion der durchgeführten Unterrichtssituationen erstellt.

Vor dem Hintergrund des geringen Stichprobenumfangs sind die Ergebnisse nur bedingt aussagekräftig. So kann eine klare Unterscheidung der Einflüsse der spezifischen Konzepte zwischen dem Lehr-Lern-Labor-Seminar in Aachen und dem Seminar in Tübingen und Graz an dieser Stelle noch nicht vorgenommen werden. Auch lassen sich noch keine Aussagen für die Übertragbarkeit auf andere Standorte treffen.

Zudem liegen für die FF3 nur qualitative Daten aus Tübingen für die Evaluation des Seminars vor. Wie gut die gemeinsamen Inhalte und die standortspezifischen Eigenheiten der Seminare von den Studierenden an den anderen Standorten akzeptiert werden, lässt sich daher noch nicht sagen.

Für die Seminare wurden aus den hier vorgestellten Ergebnissen erste Überarbeitungsschritte abgeleitet und entsprechend des DBR-Paradigmas umgesetzt. Die Wirksamkeit wird u. a. in Hinblick auf das digitalisierungsbezogene FDW und die motivationale Orientierung aktuell empirisch weiter untersucht. Hierzu werden an den Standorten über mehrere Semester hinweg Daten erhoben, um auf Basis einer größeren Stichprobe Aussagen in Bezug auf die Förderung der Professionellen Handlungskompetenz der angehenden Lehrkräfte machen zu können.

Förderhinweis Das diesem Betrag zugrunde liegende Vorhaben wurde im Rahmen des Projekts ‚Gemeinsam verschieden sein in einer digitalen Welt – Lehrerbildung an der RWTH Aachen (LeBiAC)‘ zur gemeinsamen ‚Qualitätsoffensive Lehrerbildung‘ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1813 sowie im Rahmen des Projekts ‚TPACK 4.0‘ aus dem Förderprogramm zur Entwicklung innovativer Strukturen, Formate und Lehrinhalte bzw. -angebote in der Lehrerbildung des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Literatur

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

- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *ZfE*, 9(4), 469–520.
- 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.
- Brüning, A.-K., Käpnick, F., Weusmann, B., Köster, H., & Nordmeier, V. (2020). Lehr-Lern-Labore im MINT-Bereich – eine konzeptionelle Einordnung und empirisch konstruktive Begriffskennzeichnung. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 13–26). Springer.
- Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., et al. (Hrsg.) (2019). *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Waxmann.
- Gramzow, Y., Riese, J., & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *ZfDN*, 19, 7–30.
- Große-Heilmann, R., Burde, J.-P., Riese, J., Schubatzky, T., & Weiler, D. (2022). Messung *fachdidaktischer* digitaler Kompetenzen in Physik. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Virtuelle Jahrestagung 2021, online* (S. 772–775). GDPC.
- Große-Heilmann, R., & Riese, J. (2021). Erwerb physikdidaktischen Wissens zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? – GDPC Jahrestagung 2020, online, 2020* (S. 441–444). GDPC.
- Lachner, A., Fabian, A., Franke, U., Preiß, J., Jacob, L., Führer, C., et al. (2021). Fostering pre-service teachers' technological pedagogical content *knowledge* (TPACK): A quasi-experimental field study. *Comput Educ*, 174, 104304. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104304>.
- Meinhardt, C., Rabe, T., & Krey, O. (2018). Formulierung eines evidenzbasierten Validitätsarguments am Beispiel der Erfassung physikdidaktischer Selbstwirksamkeitserwartungen mit einem neu entwickelten Instrument. *ZfDN*, 24(1), 131–150.
- Mishra, P., & Koehler, M.J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teach Coll Rec*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.0068>.
- Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften* [Dissertation]. GBV.
- Schubatzky, T., Burde, J.-P., Große-Heilmann, R., Riese, J., & Weiler, D. (2022). Das Gesamtuntersuchungsdesign im Verbundprojekt DiKoLeP. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Virtuelle Jahrestagung 2021* (S. 784–787). GDPC.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harv Educ Rev*, 57(1), 1–23.
- Tondeur, J., Scherer, R., Siddiq, F., & Baran, E. (2020). Enhancing pre-service teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK): a mixed-method study. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 319–343. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09692-1>.

- Tondeur, J., van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Comput Educ*, 59(1), 134–144. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.009>.
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *ZfDN*, 25(1), 115–129. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6>.
- Wang, W., Schmidt-Crawford, D., & Jin, Y. (2018). Preservice Teachers' TPACK Development: A Review of Literature. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34(4), 234–258. <https://doi.org/10.1080/21532974.2018.1498039>.
- Weiler, D., Burde, J.-P., Lachner, A., Große-Heilmann, R., Riese, J., & Schubatzky, T. (2022). Bedarfsanalyse zu digitalen Medien bei Physik-Lehramtsstudierenden. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Virtuelle Jahrestagung 2021, online* (S. 768–771). GDCP.



Das Lehr-Lern-Labor als Baustein zum Aufbau digitalisierungsbezogener Kompetenzen im Physik-Lehramtsstudium

Ergebnis einer Umgestaltung der Experimentierpraktika

Daniel Walpert und Rita Wodzinski

Einleitung

Das Strategiepapier der KMK ‚Bildung in der digitalen Welt‘ legt die integrative Vermittlung digitaler Kompetenzen im Regelunterricht fest (KMK 2017). Um technologiebezogenen Fachunterricht mithilfe digitaler Werkzeuge angemessen planen und durchführen zu können, müssen angehende Lehrkräfte über vielfältige digitale und didaktische Kompetenzen verfügen. Die erste Phase der Lehrkräftebildung spielt für den Aufbau dieser Kompetenzen eine zentrale Rolle (Eickelmann et al. 2016).

Nach Redecker (2017) stellen die Einstellungen der Studierenden eine wichtige Gelingensbedingung für eine integrative Vermittlung digitaler Kompetenzen im Fachunterricht dar. So wird eine erfolgreiche Vermittlung digitaler Kompetenzen

D. Walpert (✉) · R. Wodzinski
Didaktik der Physik, Universität Kassel, Kassel, Deutschland
E-Mail: walpert@physik.uni-kassel.de

R. Wodzinski
E-Mail: wodzinski@physik.unikassel.de

begünstigt, wenn Studierende eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit digitalen Werkzeugen zeigen und der digitalen Bildung eine besondere Relevanz für die gesellschaftliche und berufliche Zukunft der Schülerinnen und Schüler zuschreiben (Redecker 2017; Blömecke 2017).

Studien zeigen allerdings, dass die Selbsteinschätzung von Lehramtsstudierenden in Hinblick auf die eigenen digitalen Kompetenzen – insbesondere im Vergleich zu Studierenden anderer Studiengänge – eher wenig ausgeprägt ist (Bertelsmann Stiftung 2017; Farjon et al. 2019). Dasselbe gilt für die Selbsteinschätzung des technologisch-pädagogischen Wissens (Initiative D21 e. V. 2016; Schmid et al. 2020). Selbst wenn die Einstellung der Studierenden zum Einsatz digitaler Werkzeuge im Unterricht positiv ist, steht die Vermittlung digitaler Kompetenzen bei der Planung von Unterricht nur selten bis gar nicht im Vordergrund (Hanekamp 2014; Vogelsang et al. 2019). Die effektive Förderung digitaler Kompetenzen von Schülerinnen und Schüler im Fachunterricht erfordert zusätzlich eine bewusste Schwerpunktsetzung. Dazu muss in der Planung eine Abwägung der Relevanz möglicher Kompetenzen mit Blick auf das jeweilige Thema getroffen werden. Diesem Aspekt kann bei der Planung von Unterricht im Lehr-Lern-Labor besonders Rechnung getragen werden.

Konzeption des fachdidaktischen Experimentierpraktikums

Die Arbeit im Lehr-Lern-Labor bildet den Abschluss des viersemestrigen Gesamtkonzepts zur Förderung digitalisierungsbezogener Kompetenzen im Physik-Lehramtsstudium an der Universität Kassel. Innerhalb der ersten vier Semester durchlaufen die Physik-Lehramtsstudierenden vier Grundmodule, die sich – jeweils in einer Semesterhälfte – aus fachlichen Veranstaltungen (Vorlesung zur Experimentalphysik, Fachpraktikum) und aus fachdidaktischen Veranstaltungen (fachdidaktisches Experimentierpraktikum, fachdidaktisches Seminar) zusammensetzen. Die fachdidaktischen Veranstaltungen orientieren sich am jeweiligen Fachinhalt des Semesters und betreffen (aufsteigend vom ersten bis vierten Semester) die Themen Mechanik, Elektrizitätslehre, Wärme und Energie sowie Optik.

Eine Erweiterung der bestehenden Lernarrangements auf digitalisierungsbezogene Kompetenzen wurde im fachdidaktischen Experimentierpraktikum in jedem der vier Semester umgesetzt, das sich wiederum in zwei Veranstaltungsteile gliedert: dem Experimentieren- und Präsentieren-Teil. Im *Experimentieren-Teil* setzen sich die Studierenden in Partnerarbeit mit vier verschiedenen (Schul-)

Experimenten auseinander. In zwei dieser Experimente wird mit digitaler Messwerterfassung sowie mit Simulationen und Applets gearbeitet. Jedem dieser Experimente werden ein theoretischer Input und vorbereitende Fragestellungen vorangestellt, mit denen sich die Studierenden auf die technologiebezogenen Inhalte (und damit auf das technologische Wissen (TK)) zu den Experimenten vorbereiten. Nach der Durchführung des jeweiligen Experiments erfolgt die Erstellung eines Protokolls (in Heimarbeit), in dem die Studierenden sowohl fachliche Fragen zum Experiment beantworten als auch klassische Auswertungsmethoden (beispielsweise die Berechnung von Mittelwerten oder das Erstellen von Diagrammen) anwenden. Zusätzlich setzen sich die Studierenden im Protokoll mit fachdidaktischen Fragestellungen auseinander, die zur kritischen Reflexion von Möglichkeiten zum Einsatz digitaler Werkzeuge im Physikunterricht anregen, jedoch auch neue Impulse und Anregungen für den unterrichtlichen Einsatz der digitalen Werkzeuge geben. Insbesondere werden hierbei das technologisch-pädagogische (TPK) und das technologisch-inhaltliche Wissen (TCK) adressiert.

Im *Präsentieren-Teil* planen die Studierenden zunächst einen 15-minütigen Unterrichtsausschnitt, in dem ein (konkret vorgegebenes) Schulexperiment vorgestellt und präsentiert werden soll. Die Präsentation findet innerhalb einer fiktiven Unterrichtssituation (dem sogenannten Kurzunterricht) statt, bei der alle an der Veranstaltung teilnehmenden Studierenden die Rolle der Schülerinnen und Schüler einnehmen. Der Präsentation gehen zwei Vorbereitungsstermine voraus, in denen sich die Studierenden zunächst experimentell und anschließend aus didaktischer Perspektive auf das zu präsentierende Experiment vorbereiten. Hierbei findet eine begründete Abwägung zwischen der Wahl eines analog-manuellen Experiments, welches händisch durchgeführt wird, und eines digital-manuellen Experiments, welches beispielsweise eine digitale Aufnahme von Messwerten enthält, statt. Auf diese Weise werden die Studierenden angehalten, den Einsatz digitaler Technologien bewusst zu reflektieren und im konkreten Fall didaktisch zu begründen oder zu verwerfen.

Die technologiebezogenen Inhalte der Lernarrangements

Die technologiebezogenen Inhalte wurden auf Grundlage des Kompetenzrahmens DigCompEdu, DiKoLAN sowie des Strategiepapiers der KMK ausgewählt. Vorrangig werden in den Lernarrangements Kompetenzen fokussiert, welche das digitale Problemlösen und den Umgang mit digitalen Medien fördern (KMK 2017: 5. Problemlösen und Handeln; Redecker 2017 zu DigCompEdu:

6. Förderung der Digitalen Kompetenz der Lernenden; Becker et al. 2020 zu DiKoLAN: Messwert- und Datenerfassung, Datenverarbeitung, Simulation und Modellierung). Darüber hinaus wurden die technologiebezogenen Inhalte in Hinblick auf die Anknüpfungsfähigkeit an etablierte physikalische Schulexperimente und Lerninhalte ausgewählt. Die ausgewählten digitalen Werkzeuge bieten umfangreiche Möglichkeiten, um Lerninhalte medial aufzubereiten und gleichzeitig den Erwerb digitaler Kompetenzen bei Schülerinnen und Schülern zu fördern. Jedes der Lernarrangements beinhaltet deshalb 1) Elemente zum Umgang und Einsatz digitaler Messwerverfassungssysteme sowie 2) zur Erstellung und Bedienung von Simulationen und Applets.

Konkret befassen sich die Studierenden zu 1) mit der Bedienung von Messwerverfassungssystemen verschiedener Lehrmittelhersteller (zum Beispiel Pasco, Leybold, Vernier) und lernen die Erfassung von Messwerten mithilfe unterschiedlicher externer Sensoren über die Software der Messwerverfassungssysteme kennen. Weiterhin wird die Arduino-Plattform in Verbindung mit entsprechenden Sensoren genutzt, um Messwerte digital zu erfassen. Darüber hinaus werden Möglichkeiten zur Datenaufbereitung und -auswertung besprochen, Arbeitsabläufe zur Weiterverarbeitung der Daten sowie Möglichkeiten zur Darstellung der Messwerte thematisiert. Hierbei stehen einerseits die Funktionen der herstellereigenen Software im Vordergrund, andererseits lernen die Studierenden auch die Datenverarbeitung mit Microsoft Excel kennen. Bei der Arbeit mit Excel werden innerhalb der Lernarrangements Grundlagen wiederholt und spezifische Vorgehensweisen zur Datenverarbeitung und -analyse eingeübt. Der Kompetenzerwerb der Studierenden in den Bereichen der ‚Messwert- und Datenerfassung‘ sowie der ‚Datenverarbeitung‘ aus dem Orientierungsrahmen DiKoLAN stehen hierbei im Vordergrund.

Mit Blick auf den Einsatz von Simulationen und Applets 2) setzen sich die Studierenden mit deren Auswahl, Bedienung und Erstellung auseinander. Es werden Einsatzmöglichkeiten und Funktionen ausgewählter und vorgefertigter Applets thematisiert und gegebenenfalls Möglichkeiten zur Anpassung der Applets besprochen. Weiterhin lernen die Studierenden die Geometrie-Software GeoGebra kennen. Zunächst werden anhand vorgegebener Beispiele die Grundfunktionen sowie die Bedienung der Anwendung erläutert. Anschließend sollen Anpassungen an bestehende GeoGebra-Simulationen vorgenommen werden – beispielsweise das Hinzufügen neuer Elemente oder Konstruktionen oder das Erstellen von Animationen. Abschließend erstellen die Studierenden eigene GeoGebra-Simulationen zu vorgegebenen fachspezifischen Inhalten (z. B. im vierten Semester zur Nachbildung eines Strahlengangs an einer Sammellinse).

Bei dem Einsatz von Simulationen und Applets wird insbesondere der Kompetenzbereich ‚Simulation und Modellierung‘ aus dem Orientierungsrahmen DiKoLAN adressiert.

Das Lehr-Lern-Labor-Setting

Als Lehr-Lern-Labore werden nach Dohrmann (2019) „zielgerichtet gestaltete Lernumgebungen bezeichnet, die Studierenden ermöglichen, theoriegeleitet praxisnahe Lehr-Lernsituationen in komplexitätsreduzierten Settings zu erleben, eigenes Handeln zu erproben und dieses zu reflektieren. Im Zentrum stehen Planung, Durchführung und Analyse von Lehr-Lernsituationen, in denen Lehr-Lernprozesse im direkten Kontakt mit den Adressatinnen und Adressaten erlebt, reflektiert und iterativ adaptiert werden können“ (S. 14). In diesem Sinne wird im abschließenden vierten Semester ein Kurzunterricht im *Präsentieren-Teil* durch die Planung und Umsetzung einer Unterrichtsstunde im Rahmen eines Lehr-Lern-Labors ersetzt.

Bei der Gestaltung des Lehr-Lern-Labor-Settings wurden die komplexitätsreduzierenden Merkmale nach Weusmann et al. (2020) berücksichtigt. Demnach wird dieses an der Universität Kassel durchgeführt und findet damit in einer für die Studierenden vertrauten Umgebung statt. Für die Planung und Durchführung der Unterrichtsstunde im Lehr-Lern-Labor sollen die Studierenden Möglichkeiten zur Förderung digitaler Kompetenzen aufseiten der Lernenden reflektieren und eine begründete Entscheidung zur Gestaltung der Unterrichtsstunde sowie dem damit verbundenen Einsatz eines digitalen oder nicht-digitalen Experimentiersettings treffen.

In den Auswahl- und Planungsentscheidungen werden die Studierenden insofern entlastet, da ihnen einer der beiden zuvor bearbeiteten technologischen Inhalte (digitale Messwerterfassung oder Simulationen und Applets) zur Umsetzung im Unterricht vorgegeben ist. Sie wählen den konkreten Fachinhalt sowie das Experiment dazu selbst aus. Vor der Planung des Unterrichts erhalten die Studierenden Informationen über die Jahrgangsstufe, die fachlichen Voraussetzungen sowie weitere Details zur Lerngruppe, die am Lehr-Lern-Labor teilnimmt. Die zeitliche Vorgabe beträgt 45 min pro Studierender, sodass ein Studierendenpaar eine Doppelstunde gestaltet. Die Aufteilung der Unterrichtsphasen wird von den Studierenden selbst vorgenommen. In der Planungsphase des Unterrichts werden die Studierenden – wie in den Lernarrangements zuvor – in der didaktischen und experimentellen Vorbereitung begleitet und beraten.

Den Studierenden steht eine dreiwöchige Vorbereitungsphase zur Planung der Unterrichtsstunde zur Verfügung, in der sie unter anderem Handlungsoptionen für auftretende Hürden der Schülerinnen und Schüler im Umgang mit digitalen Werkzeugen entwickeln.

Für die Durchführung des Lehr-Lern-Labors wird eine Schulklasse für einen regulären Schultag (ca. 8:00 Uhr bis 13:00 Uhr) an die Universität Kassel eingeladen. Eine weitere Maßnahme der Komplexitätsreduktion liegt in der Umsetzung von Mico-Teaching-Situationen am Praxistag. Von den Studierenden werden Kleingruppen mit einer Größe von bis zu fünf Schülerinnen und Schülern betreut. Nach einer Einführungsveranstaltung erfolgt die Aufteilung der Lerngruppe auf i. d. R. vier Kleingruppen, die den Studierendenpaaren zugeordnet werden. Jeder bzw. jede Studierende gestaltet hauptverantwortlich jeweils einen Teil der Doppelstunde. Im Anschluss an den ersten Block reflektieren die Studierenden ihren bisher durchgeführten Unterricht und nehmen gegebenenfalls Änderungen am Experiment, Ablauf oder der Unterrichtsorganisation vor. In einem sich daran anschließenden zweiten Block führen die Studierenden den Unterricht (zum gleichen Thema und Experiment) erneut durch. Im zweiten Block tauschen jeweils zwei Kleingruppen die Studierendenpaare, sodass alle Kleingruppen sowohl am Unterricht zur digitalen Messwerterfassung als auch zu Simulationen und Applets teilgenommen haben. Die Schülerinnen und Schüler bereiten nach der Teilnahme an den zwei Unterrichtsstunden eine Rückmeldung zu den jeweiligen Einheiten vor. Hierzu erhalten sie zur Unterstützung unterschiedliche Kategorien und Schlagworte, zu denen eine Rückmeldung gegeben werden soll. Diese Rückmeldungen werden kategorisiert und den Studierenden zur Verfügung gestellt. In einer abschließenden Gesprächsrunde mit den Schülerinnen und Schülern werden die Unterrichtssequenzen reflektiert und Rückmeldungen an die Studiengruppen gesammelt.

In der Vorbereitung der Unterrichtsstunde wird insbesondere das TPACK-Wissen adressiert. Darüber hinaus soll die Durchführung der Unterrichtsstunde im Lehr-Lern-Labor-Setting Praxiserfahrungen ermöglichen, die eine Stärkung der Selbstwirksamkeitserwartung und des Kompetenzerlebens der Studierenden bewirken können (Rehfeldt et al. 2020). Aufgrund der fachlichen Systematik werden im Lehr-Lern-Labor-Setting immer Themen aus dem Bereich der Optik bearbeitet. Hier bieten sich vielfältige Möglichkeiten für den Einsatz digitaler Werkzeuge an, die in den didaktischen Überlegungen mit der direkten Beobachtung von optischen Phänomenen in Beziehung gesetzt und gegeneinander abgewogen werden müssen.

Forschungsfragen zum Lehr-Lern-Labor-Setting

In einer Begleitstudie wird die Einstellungsänderungen der Studierenden im Verlauf der Teilnahme zu unterschiedlichen Messzeitpunkt an den verschiedenen Lernarrangements untersucht. Ergänzend dazu werden die Wirkungen der einzelnen Lernarrangements durch teilnehmende Beobachtungen und Auswertung der Studierendenprodukte erfasst. Mit Blick auf das Lehr-Lern-Labor-Setting sind dabei speziell folgende Fragen von Bedeutung:

FF1: Inwieweit gelingt es den Studierenden, das zuvor aufgebaute technologiebezogene Wissen für die Planung und Gestaltung des Lehr-Lern-Labor-Settings zu nutzen?

FF2: Von welchen Erfahrungen berichten Studierende nach der Durchführung einer Unterrichtsstunde, dessen Schwerpunkt auf dem Einsatz digitaler Werkzeuge lag?

Methodik

Um die Argumentationsprozesse und Begründungsmuster zur Gestaltung der Unterrichtsstunde im Rahmen der Vorbereitungen und der Durchführung des Lehr-Lern-Labor-Settings zu erfassen, wurde die Methode der teilnehmenden Beobachtung (Bachmann 2009) eingesetzt. Hierbei diskutierten die Studierenden einzelne Planungsschritte und begründeten die getroffenen Entscheidungen während der Vorbereitungen. Die Argumentationsprozesse wurden im Rahmen einer offenen teilnehmenden Beobachtung von Mitarbeitenden der Didaktik der Physik erfasst. Während der Durchführung der Unterrichtsstunden wurden die Studierenden ebenfalls von Mitarbeitenden der Didaktik der Physik begleitet, um den Unterricht nach der Unterrichtsdurchführung zu reflektieren und einen Abgleich der geplanten Unterrichtsstunde mit dem umgesetzten Unterricht durchzuführen.

Insbesondere wurden hierbei die Rückgriffe der Studierenden auf bekannte Methoden und digitale Werkzeuge aus vergangenen Semestern beobachtet. Der Fokus der Beobachtung lag auch auf der Einbindung der digitalen Werkzeuge in den Unterrichtskontext und die damit verbundene Möglichkeit zur Vermittlung digitaler Kompetenzen.

Während der Unterrichtsdurchführung stand der Umgang der Studierenden mit auftretenden Schwierigkeiten beim Einsatz digitaler Werkzeuge im Fokus der teilnehmenden Beobachtung. Konkret wurde beobachtet, welche Schwierigkeiten aufgetreten sind, wie die Studierenden mit den Schwierigkeiten umgegangen

sind und ob die Hilfestellungen zur Lösung der Schwierigkeit beigetragen haben. Zusätzlich wurden alle Unterrichtsdurchführungen videografiert, um eine detailliertere Auswertung nach Abschluss der Unterrichtsstunden durchzuführen.

Am Ende des Lernsettings füllten alle Schülerinnen und Schüler einen Online-Rückmeldebogen zu den Unterrichtsstunden aus. Der Rückmeldebogen beinhaltete vorgegebene Fragen zu folgenden Aspekten: Aufgabenschwierigkeit, Relevanz der Unterrichtsinhalte für den Regelunterricht und den Alltag, Interesse und Motivation an den Themen und Inhalten, subjektiver Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler sowie die wahrgenommene Kompetenz der Studierenden.

Zusätzlich wurden die Einstellungen und Einschätzungen der Studierenden zur Vermittlung digitaler Kompetenzen und zum Einsatz digitaler Werkzeuge mithilfe teilstrukturierter Interviews (Helfferich 2011) im Prä-Post-Design erfasst, die Fragebogen-Items von Rubach und Lazarides (2019) enthalten. Unter dem Begriff der Einstellungen werden im Rahmen des Projekts folgende Teilfacetten zusammengefasst: Die Selbstwirksamkeitserwartung und Motivation zur Vermittlung digitaler Kompetenzen im Physikunterricht und zum Einsatz digitaler Werkzeuge (Redecker 2017), die wahrgenommene Relevanz digitaler Kompetenzen für Schülerinnen und Schüler (Blömeke 2017) sowie die Einschätzung zur prinzipiellen Umsetzbarkeit zur Integration digitaler Lerngelegenheiten im Physikunterricht. Darüber hinaus wurden die Studierenden zu ihren Erfahrungen befragt, die sie im Rahmen des Lehr-Lern-Labor-Settings gesammelt haben. Der Fokus lag hierbei insbesondere auf dem Umgang mit auftretenden technischen Schwierigkeiten während des Unterrichts, der Reflexion der Unterrichtsplanung sowie der Einschätzung zum Erwerb digitaler Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler.

In der anschließenden Auswertung wurden sowohl die durch die teilnehmende Beobachtung erfassten Daten aufbereitet und mittels induktiv generierter Kategorien auf Grundlage der Studierendenaussagen kategorisiert. Die Kategorienbildung erfolgte mithilfe der induktiven qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2019) und Kuckartz (2012). Die Argumentations- und Begründungsmuster der Studierenden für die manuelle oder digitale Gestaltung des Experimentiersettings werden aus der Beantwortung der fachdidaktischen Fragestellungen im Rahmen der Lernarrangements abgeleitet. Während der Aufgabenbearbeitung (in Zweiergruppen) werden die Studierenden videografiert. Durch die Auswertung und Analyse der Transkripte kann eine Kategorisierung der Begründungsmuster innerhalb der gemeinsamen Diskussion zwischen den Experimentierpaarungen abgeleitet werden.

Ergebnisse der ersten Durchführung des Lehr-Lern-Labor-Settings

Das Lehr-Lern-Labor wurde erstmals im Sommersemester 2022 ($N=8$ Studierende; Alter: $M=21,8$ Jahre, $SD=1,9$ Jahre, 4. Fachsemester, Zweitfach: Mathematik) durchgeführt. Die Studierenden haben sich im Rahmen dieses Lehr-Lern-Labors mit der Vorbereitung und Durchführung von Unterrichtsstunden zu den Themen ‚Simulationen zum Strahlengang einer Sammellinse‘ und ‚Aufnahme des Spektrums einer Glühlampe‘ auseinandergesetzt. Bei der ersten Durchführung nahmen insgesamt 22 Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 10 teil. Im Folgenden werden die Ergebnisse aus der teilnehmenden Beobachtung und den nach dem Abschluss der Gesamtveranstaltung mit allen Studierenden, die eine Unterrichtsstunde im Rahmen des Lehr-Lern-Labors gestaltet haben, geführten Interviews chronologisch anhand des Verlaufs des Lehr-Lern-Labors dargestellt.

Sowohl aus den Beobachtungen als auch in den Interviews wird deutlich, dass bei der Vorbereitung der Unterrichtsstunden der Fokus für die Studierenden stark auf dem Einsatz der digitalen Werkzeuge lag. Dies ist insofern verständlich, da die fachlichen Hintergründe zu den Themen bereits bekannt waren. Alle verwendeten Programme und technischen Geräte wurden im Rahmen der Veranstaltung und vor dem Einsatz im Lehr-Lern-Labor ausprobiert, mögliche Problemquellen identifiziert und Lösungsansätze hierfür bereitgelegt. Bei der Vorbereitung war beobachtbar, dass sich die Studierenden (im Vergleich zu den vorherigen Kurzunterrichten) vertiefter und intensiver mit den digitalen Werkzeugen auseinandersetzten. Da die vorzubereitenden Unterrichtsstunden im Lehr-Lern-Labor eher der Realsituation an einer Schule ähneln, maßen die Studierenden der Unterrichtsvorbereitung nach eigenen Aussagen eine wesentlich höhere Bedeutung bei als bei den zuvor durchgeführten Kurzunterrichten. Neben den vorgegebenen digitalen Werkzeugen suchten viele Studierende nach weiteren Möglichkeiten, um digitale Elemente mit in die Unterrichtsstunde zu integrieren – beispielsweise wurden digitale Umfragetools oder Quiz-Plattformen (Kahoot!) eingesetzt und kollaboratives Arbeiten über gemeinsame Online-Plattformen (OpenMoodle) realisiert.

Während der Durchführung der Unterrichtsstunden war beobachtbar, dass die Studierenden sicher mit den vorbereiteten digitalen Werkzeugen arbeiteten und die Schülerinnen und Schüler bei auftretenden Problemen oder Fragen unterstützen konnten. Hier wurde die intensive Vorbereitung auf den Umgang mit den digitalen Werkzeugen deutlich. Es war jedoch auch zu beobachten, dass die Studierenden für die praktischen Schülerarbeitsphasen mit den digitalen Werkzeugen zu wenig Zeit eingeplant hatten. Dies veranlasste einige Studierende,

die Arbeitsphase kurzfristig anzupassen oder den Abschluss der Unterrichtsstunde zu verkürzen. Viele der Studierenden berichteten im Interview, dass ihnen besonders die Arbeitsphase mit den Schülerinnen und Schülern Freude bereitet hat, da die Arbeitsfortschritte häufig schnell zu erkennen waren. Die Studierenden berichteten jedoch auch von der Erfahrung, dass der Umgang mit einer leistungsheterogenen Gruppe (zum Beispiel in Bezug auf das Vorwissen zur Computerarbeit) herausfordernd und schwierig sein kann. In der Beobachtung wurde deutlich, dass die Studierenden nur wenig Differenzierungsangebote vorbereitet hatten und es damit auch zu einer Über- oder Unterforderung der Schülerinnen und Schüler kam. Bei der wiederholten Durchführung der Unterrichtsstunde konnten die Studierenden von der ersten Durchführung profitieren und Änderungen am Unterrichtssetting vornehmen. In diesem Durchgang fiel der routiniertere und sicherere Umgang der Studierenden mit der Lerngruppe positiv auf. Die Leistungsheterogenität der Schülerinnen und Schüler wurde ebenfalls bedacht, sodass darauf reagiert werden konnte.

Die Rückmeldungen, die durch die Kleingruppen in Feedback-Bögen und in der abschließenden Reflexionsrunde gegeben wurden, geben einen zusätzlichen Eindruck von dem Umgang der Studierenden mit den Schülerinnen und Schülern und der Lehr-Lern-Labor-Arbeit. Insgesamt wurde die Lehr-Lern-Labor-Arbeit in der individuellen Befragung von den Schülerinnen und Schülern als sehr interessant und lehrreich beschrieben. Die Ergebnisse der gemeinsamen Abschlussreflexion bezogen sich größtenteils auf die Gestaltung des Unterrichts und die Einbettung der Experimente. Demnach wünschen sich die Schülerinnen und Schüler für zukünftige Teilnahmen an Lehr-Lern-Laboren mehr Eigenarbeitszeit und die Durchführung von Schülerexperimenten. Ebenso wurde betont, dass die Arbeit mit den digitalen Werkzeugen (insbesondere die Auswertung von Messwerten und das Erstellen von Diagrammen) sowie der Einsatz der Lernplattform Kahoot! besonders motivierend waren.

Insgesamt war die Rückmeldung der Schülerinnen und Schüler konstruktiv und gewinnbringend für die Studierenden. Wenngleich die Lehr-Lern-Labor-Arbeit für die Lerngruppe ein außerschulisches (und damit ein nicht alltägliches Projekt) darstellt, bekamen die Studierenden die Möglichkeit, sich selbst vor einer Lerngruppe auszuprobieren und praktische Erfahrungen im Umgang mit einer Kleingruppe zu sammeln. Im Fokus der Lehr-Lern-Labor-Arbeit stand für die Studierenden die Vermittlung digitaler Kompetenzen und das situative Agieren bei auftretenden (technischen) Problemen.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Arbeit im Lehr-Lern-Labor viele Anknüpfungspunkte bietet, um den Studierenden Möglichkeiten zur praktischen Erprobung von selbstständigem Unterricht zu geben. Die Studierenden

sammelten auch die Erfahrung, dass durch eine intensive Auseinandersetzung mit den digitalen Werkzeugen im Vorfeld sicher und schnell auf auftretende technische Probleme in den Arbeitsphasen reagiert werden kann. Viele der Studierenden waren zudem erstaunt, welche schnellen Lernfortschritte die Schülerinnen und Schüler im Umgang mit digitalen Werkzeugen entwickeln können. Dies motivierte auch die Studierenden und bestärkte sie im Umgang mit den Kleingruppen. Insgesamt wurde den Studierenden bewusst, dass die Unterrichtsstunden nur spezifische Schwerpunktsetzungen (wie den Einsatz digitaler Messwerterfassungssysteme) haben können und keine ganzheitliche Förderung aller Kompetenzfacetten des TPACK-Modells stattfinden kann. Während der Unterrichtsplanung muss eine Abwägung getroffen werden, welche Kompetenzen in der Unterrichtsstunde im Vordergrund stehen und ausgeschärft werden sollen.

Weiteres forschungsmethodisches Vorgehen

Die umfassende Auswertung der mit den Studierenden durchgeführten Abschlussinterviews nach der Teilnahme am Lehr-Lern-Labor steht noch aus. Erst dann wird sich klären, welchen Einfluss die Durchführung des Lehr-Lern-Labors auf die Einstellung der Studierenden zur Vermittlung digitaler Kompetenzen und dem Einsatz digitaler Werkzeuge im Physikunterricht gezeigt hat. Neben den Einstellungen werden die Argumentations- und Begründungsmuster der Studierenden zum Einsatz digitaler Werkzeuge und die Begründungsmuster zur Wahl eines digitalen oder nicht-digitalen Experimentiersettings offengelegt.

Die Ergebnisse werden dazu mit den identifizierten Einstellungsfacetten vorangegangener Interviews aus den Prä-Tests verglichen. Die Interviews werden vor Beginn des ersten und jeweils nach jeder der vier Praktikumsveranstaltungen durchgeführt – bei einer vollständigen Kohorte entspricht dies fünf Interviews für die Studierenden innerhalb von vier Semestern. Dieses forschungsmethodische Vorgehen erlaubt die Abbildung einer möglichen Einstellungsentwicklung über die ersten vier Semester hinweg. Zentral ist hierbei u. a. auch die Identifikation von Schwierigkeiten beim Einsatz digitaler Werkzeuge im fachdidaktischen Experimentierpraktikum sowie bei der Lehr-Lern-Labor-Arbeit. Im abschließenden letzten Schritt werden die Begründungs- und Argumentationsmuster der Studierenden zum Einsatz manueller oder digitaler Experimentiersettings analysiert und mit den Einstellungsfacetten der Studierenden verknüpft.

Eine Verstetigung der vorgestellten Lernarrangements sowie des Lehr-Lern-Labor-Settings in die fachdidaktischen Veranstaltungen der Physik-Lehrmatsausbildung an der Universität Kassel wird angestrebt, um den Erwerb und die

Vermittlung digitaler Kompetenzen in der Lehrkräftebildung nachhaltig zu stärken.

Förderhinweis Das diesem Betrag zugrunde liegende Vorhaben wurde im Rahmen im Rahmen des Teilprojektes ‚Lernen und Experimentieren mit Microcontrollern und Einplatinencomputern‘ des Projekts PRONET-D der Universität Kassel zur gemeinsamen ‚Qualitätsoffensive Lehrerbildung‘ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2012 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor und der Autorin.

Literatur

- Bachmann, G. (2009). Teilnehmende Beobachtung. In: S. Kühl, P. Strodtz & A. Taffertshofer (Hrsg.), *Handbuch Methoden der Organisationsforschung* (S. 248–271). Springer VS.
- 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.
- Bertelsmann Stiftung (Hrsg.) (2017). Monitor Digitale Bildung. Die Hochschule im digitalen Zeitalter. Abgerufen am 10.10.2022 von https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BS/Publikationen/GrauePublikationen/DigiMonitor_Hochschulen_final.pdf.
- Blömeke, S. (2017). Erwerb medienpädagogischer Kompetenz in der Lehrerbildung. Modell der Zielqualifikation, Lernvoraussetzungen der Studierenden und Folgerungen für Struktur und Inhalte des medienpädagogischen Lehramtsstudiums. *Medienpädagogik – Zeitschrift Für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 3, 231–244.
- Dohrmann, R. (2019). *Professionsbezogene Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung. Eine multimethodische Studie zu den professionsbezogenen Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Blockveranstaltung auf Studierende der Bachelorstudiengänge Lehramt Physik und Grundschulpädagogik (Sachunterricht)*. Logos.
- Eickelmann, B., Lorenz, R., & Endberg, M. (2016). Die Relevanz der Phasen der Lehrerbildung hinsichtlich der Vermittlung didaktischer und methodischer Kompetenzen für den schulischen Einsatz digitaler Medien in Deutschland und im Bundesländervergleich. In I. W. Bos, R. Lorenz, M. Endberg, B. Eickelmann, R. Kammerl & S. Welling (Hrsg.), *Schule digital – der Länderindikator 2016. Kompetenzen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I im Umgang mit digitalen Medien im Bundesländervergleich* (S. 148–179). Waxmann.
- Farjon, D., Smits, A., & Voogt, J. (2019). Technology integration of pre-service teachers explained by attitudes and beliefs, competency, access, and experience. *Comput Educ*, 130, 81–93. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.11.010>.

- Hanekamp, G. (2014). Zahlen und Fakten: Allensbach-Studie 2013 der Deutsche Telekom Stiftung. In J. Maxton-Küchenmeister & J. Meßinger-Koppelt (Hrsg.), *Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 21–28). Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Helfferrich, C. (2011). *Die Qualität qualitativer Daten: Manual für die Durchführung qualitativer Interviews*. VS, Verl. für Sozialwiss.
- Initiative D21 e.V. (2016). *Sonderstudie „Schule Digital“*. Lehrwelt, Lernwelt, Lebenswelt: Digitale Bildung im Dreieck SchülerInnen-Eltern-Lehrkräfte.
- Kuckartz, U. (2012). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Beltz Juventa.
- KMK/Kultusministerkonferenz (2017). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. Abgerufen am 08.10.2022 von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF_vom_07.12.2017.pdf.
- Mayring, P., & Fenzl, T. (2019). Qualitative Inhaltsanalyse. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 633–648). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Redecker, C. (2017). *European framework for the digital competence of educators. DigCompEdu*. EUR, Scientific and technical research series, Bd. 28775. Publications Office.
- Rehfeldt, D., Klempin, C., Brämer, M., Seibert, D., Rogge, I., Lücke, M., Sambanis, M., Nordmeier, V., & Köster, H. (2020). Empirische Forschung in Lehr-Lern-Labor-Seminaren – Ein Systematic Review zu Wirkungen des Lehrformats. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 34, 149–169. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000270>.
- Rubach, C., & Lazarides, R. (2019). Eine Skala zur Selbsteinschätzung digitaler Kompetenzen bei Lehramtsstudierenden. Entwicklung eines Instruments und die Validierung durch Konstrukte zur Mediennutzung und Werteüberzeugungen zur Nutzung digitaler Medien im Unterricht. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, 9(3), 345–374. <https://doi.org/10.1007/s35834-019-00248-0>.
- Schmid, M., Krannich, M. & Petko, D. (2020). Technological Pedagogical Content Knowledge. Entwicklungen und Implikationen. *Journal für LehrerInnenbildung*, 20(1), 116–124. https://doi.org/10.35468/jlb-01-2020_10.
- 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. *ZfjDN*, 25(1), 115–129. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6>.
- Weusmann, B., Käpnick, F., & Brüning, A.-K. (2020). Lehr-Lern-Labore in der Praxis: Die Vielfalt realisierter Konzeptionen und ihre Chancen für die Lehramtsausbildung. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 27–45). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_3.



Experimentierfähigkeiten stärken, Diagnostizieren lernen und digitalgestützt Feedback geben

Konzeption eines Lehr-Lern-Labor-Seminars zur
Professionalisierung angehender Biologielehrkräfte

Marit Kastaun und Monique Meier

Theoriebezogene Herleitung

Ein zentraler Bestandteil naturwissenschaftlicher Bildung ist die Förderung von Kompetenzen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, die sowohl bei Lernenden der Mittel- und Oberstufe (KMK 2006, 2020) als auch, weiterführend, bei angehenden Lehrkräften im Laufe ihres fachbezogenen Lehramtsstudiums (KMK 2008) angelegt und ausgebaut werden sollen. Entlang der Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses sollen Schülerinnen und Schüler möglichst aktiv und kooperativ Phänomene beispielsweise experimentell untersuchen. Die eigenständige Anwendung fachlichen und fachmethodischen Wissens sowie die Fähigkeiten und Fertigkeiten beim Experimentieren führen jedoch oft zu Schwierigkeiten bei den Lernenden (u. a. Meier 2016). Der Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung birgt auch für angehende Biologie-Lehrkräfte diverse Herausforderungen. Neben der Anlage und Anwendung fachmethodischer und fachlicher Wissensfacetten müssen bei ihnen auch Kompetenzen zur

M. Kastaun (✉)

Didaktik der Biologie, Universität Kassel, Kassel, Deutschland

E-Mail: m.kastaun@uni-kassel.de

M. Meier

Didaktik der Biologie, Technische Universität Dresden, Dresden, Deutschland

E-Mail: monique.meier@tu-dresden.de

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

M. Meier et al. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung*, Edition Fachdidaktiken, https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_6

zielgerichteten Diagnostik spezifischer Schwierigkeiten der Lernenden beim Experimentieren gefördert werden (Hilfert-Rüppell et al. 2021). Eine individuelle Diagnostik und die Integration von Unterstützungsmaßnahmen, wie (adaptives) Feedback, können Schülerinnen und Schüler in ihrer Lernleistung positiv beeinflussen und Hürden ihrerseits im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess minimieren (Brunner et al. 2011; Wisniewski et al. 2020). Somit sollte das frühzeitige Anlegen von diagnostischen, fachdidaktischen Kompetenzen, einhergehend mit dem Wissen zu und über die Integration von fachbezogenem Feedback, ein Ziel im Rahmen der Lehramtsausbildung sein. Dies wird jedoch als untergeordnet im Laufe der universitären Ausbildung von den Studierenden wahrgenommen (Ziepprecht und Meier 2021; Stannard und Mann 2018).

Mit fortschreitender Digitalisierung eröffnen digitale Werkzeuge neue Potenziale zur Realisierung einer zielgerichteten Diagnose und individuellen Förderung über Feedback im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess (u. a. Mc Dowell 2020; Schluer 2021). Die Konzeption und Integration von digitalen Diagnose- und Feedbacktools ist dabei mit der Anwendung von technologiebezogenen Professionswissensfacetten verbunden (u. a. Huwer et al. 2019), die im Zusammenspiel mit den Wissensfacetten professioneller Handlungskompetenz bei den angehenden Lehrkräften angelegt werden müssen. Eine Möglichkeit, dieses Kompetenzprofil frühzeitig in der Lehrkräftebildung auszubilden, stellt die Integration von Lehr-Lern-Laboren (LLL) in der universitären Lehramtsausbildung dar. Eine praxisnahe Förderung einzelner Komponenten, wie dem Professionswissen (diagnostische Kompetenzen, fachdidaktisches Wissen) oder motivationalen Orientierungen (Selbstwirksamkeitserwartung, Motivation), kann über die Nutzung von unterschiedlichen Lerngelegenheiten im LLL vielseitig angeregt werden (Priemer und Roth 2019) und so auch langfristig einen positiven Einfluss auf die Lernprozesse bei Schülerinnen und Schülern haben (u. a. Depping et al. 2021). In LLL-Seminaren werden authentische, unterrichtsbezogene Anwendungssituationen realisiert, die die angehenden Lehrkräfte in ihrem fachdidaktischen und pädagogischen Handeln stärken (u. a. Fölling-Albers et al. 2004). Über die Anwendung von Vignetten in unterschiedlichen medialen Formaten (z. B. Video- oder Textvignetten) bis hin zu Hospitationen oder selbstgestalteten Praxiseinsätzen kann der Grad an Situierung in LLL-Seminaren vielfältig generiert werden (u. a. Meier et al. 2021). An dieser Stelle knüpft das im Folgenden beschriebene Lehrvorhaben an, in dem der konzeptionelle Gestaltungsspielraum zur Schaffung situierter Lernanlässe über die Kombination von Vignetten, Hospitation und/oder Praxiseinsätzen im LLL ausgestaltet und differenziert in den Blick genommen wird.

Konzeption eines differenziert-situierten LLL-Seminars

In der Gestaltung einer praxisnahen Lehramtsausbildung hat sich seit einigen Jahren das Konzept der LLL-Arbeit an den Hochschulen etabliert (Bosse et al. 2020). Trotz einer zunehmenden Vielgestaltigkeit, bedingt durch fachspezifische Anpassungen zur Integration von LLL in Lehrveranstaltungen und der Einbezug digitaler Lehr-Lernwerkzeuge und -methoden, nehmen drei konzeptionelle Merkmale eine zentrale Bedeutung in der Realisierung von Praxisnähe in LLL ein: Komplexitätsreduktion, Interaktion Studierender mit Lernenden, iterative Praxiserprobung. Das im Rahmen des vorliegenden Projektes konzipierte Seminar ist eingebettet in das LLL des Fachgebiets Didaktik der Biologie der Universität Kassel, die *Experimentier-Werkstatt Biologie (FLOX)* und folgt damit der fachdidaktischen Ausrichtung zur Förderung von naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Biologieunterricht. Eine konzeptionelle Aufarbeitung der angeführten Merkmale zur LLL-Arbeit erfolgt in drei Lehr-Interventionen (I – III; abgeändert nach Kastaun et al. 2020), wobei die mit der Komplexitätsreduktion verbundene Lernaufgabe für die Studierenden über die einzelnen Interventionen hinweg gleich ist. Ziel der Lehr-Interventionen ist es, die angehenden Lehrkräfte darin zu befähigen, digitalgestütztes Feedbackmaterial für eine ausgewählte Phase des Erkenntnisprozesses (z. B. Hypothesenformulierung) zu entwickeln, um dieses in einer realen Lernenden-Gruppe in *FLOX* einzusetzen und zu reflektieren. Im Zuge dieses Einsatzes wird in der Studierenden-Lernenden-Interaktion sowie im iterativen Prozess der Praxiserprobung eine Differenzierung in unterschiedliche Lern- und Reflexionszugänge konzeptionell angelegt, die den Studierenden zur Auswahl gestellt werden.

In *Intervention I* vertiefen die Studierenden ihr fachmethodisches und fachbezogenes Wissen zu den Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses (beim Experimentieren) und treten dabei in einen ständigen Perspektivwechsel zwischen Lernenden und Lehrenden. Eigenständig führen sie zunächst selbst das in dem gesamten LLL-Seminar fachlich-leitende Experiment zum Einfluss der Temperatur auf die Aktivität der Hefe durch. Begleitend dazu diagnostizieren sie anhand von authentischen, im LLL generierten Protokollen und kurzen Videosequenzen von Schülerinnen und Schülern mögliche Hürden in den Experimentierphasen zur Hypothese, zur Planung und zur Interpretation (inkl. Fehleranalyse). Zusätzlich zu jeder dieser Phasen stehen ihnen digitalgestützte Feedbackmaterialien zur Verfügung, die ihnen einen Einblick in die methodische Vielgestaltigkeit von Feedback in Kombination mit digitalen Werkzeugen eröffnet. In der Phase der Hypothesenbildung nutzen die Studierenden ein intelligentes

Lehr-Lernsystem, das die Formulierung von experimentierbezogenen Hypothesen über Wortbausteine und individuelles Feedback unterstützt (Kastaun et al. 2020). In der Planung zum Experiment stehen ihnen digitale Lernunterstützungen zum fachmethodischen Wissen in unterschiedlichen Formaten, wie z. B. als Animation, als Bild-Text Kombinationen oder als (interaktives) Video, zur Verfügung (u. a. Meier und Kastaun 2021). In der Interpretationsphase können die Studierenden zur eigenen Interpretation/Fehleranalyse und der Beurteilung von Schülerinnen- und Schüler-Mitschriften gestufte Lernhilfen in einer text- und videobasierten Form zum fachlichen Hintergrund nutzen.

In *Intervention II* steht die Förderung des pädagogischen Wissens zu Feedback und die Initiierung der Theorie-Praxis-Verknüpfung durch Einbindung realer Unterrichtssettings in oder aus *FLOX* im Zentrum. Nach einer theoretischen Einführung zu den pädagogischen Grundlagen von Feedback, dessen Formen und Arten, reflektieren die Studierenden das digitalgestützte Feedback/-material, das sie in *Intervention I* bereits selbst nutzten. Die anschließende Hospitationsphase in *FLOX* ist methodisch, entsprechend den zum Teil eingeschränkten Möglichkeiten zum Klassenbesuch und den individuellen Lernbedürfnissen der Studierenden, unterschiedlich gestaltet: 1) Im SoSe 21 war eine reale Hospitation von Klassen nicht möglich. Die Studierenden konnten hier entscheiden, ob sie Videovignetten von Lernenden-Kleingruppen zu einer Erkenntnisphase zunächst sichten und analysieren wollen, bevor sie ihr daraufhin abgestimmtes Feedbackmaterial entwickeln. 2) Im WiSe 21/22 konnten die Studierenden ebenfalls eine Analyse von Videovignetten wählen oder in einer Schulklasse der 9. Jahrgangsstufe, die im LLL mithilfe digitalgestützter Feedbackmaterialien (wie in *Intervention I*) eigenständig experimentierte, kriteriengestützt hospitieren. Anschließend konstruierten die Biologie-Lehramtsstudierenden selbst digitalgestütztes (adaptives) Feedback mit dazugehörigen digitalen sowie analogen Materialien (z. B. Feed Forward: digitale Umfrage mit Ergebnisübersicht und Reflexion; Feed Up: Educast zur Fehleranalyse; Feedback: interaktives Video zur Planung mit Feedbackschleifen).

In *Intervention III* erfolgt ein zweimaliger praktischer Einsatz des selbstkonstruierten digitalen Feedbackmaterials mit Schülerinnen und Schülern in *FLOX* und zwischengeschalteter Reflexion. In der hierbei möglichen Gestaltung der Studierenden-Lernenden-Interaktionen wurden den Studierenden sowohl zwischen den Semesterkohorten als auch innerhalb einer Kohorte unterschiedliche Varianten zur Auswahl gestellt. Neben der Anzahl an Praxiserprobungen des eigenen Feedbackmaterials wird eine Unterscheidung zwischen realem, eigenem

Tab. 1 Varianten in der Studierenden-Lernenden-Interaktion

<i>Variante</i>	<i>Beschreibung</i>
<i>SoSe 2021: Auswahl in Anzahl des fremdgesteuerten Einsatzes</i>	
<i>Variante 1</i>	Die Studierenden haben erst eine Videovignette ohne Feedbackmaterial zur Sichtung bekommen, ihr Material entwickelt und dann in einer Klasse einsetzen lassen.
<i>Variante 2</i>	Die Studierenden haben ihr Feedbackmaterial entwickelt und es inkl. Überarbeitung zweimal in einer bzw. zwei Klassen einsetzen lassen.
<i>WiSe 2021/22: Auswahl in Anzahl und Art des Einsatzes</i>	
<i>Variante 1 & 2</i>	s. oben (wie in SoSe 2021)
<i>Variante 3</i>	Die Studierenden haben ihr Feedbackmaterial entwickelt und es inkl. Überarbeitung zweimal in jeweils einer Klasse selbst eingesetzt.
<i>Variante 4</i>	Die Studierenden haben ihr Feedbackmaterial entwickelt und es in einer Klasse selbst eingesetzt, das Material überarbeitet und dann in einer zweiten Klasse einsetzen lassen.

Einsatz durch die Studierenden und fremdgesteuertem Einsatz des Feedbackmaterials durch die Dozierenden konzeptionell differenziert angelegt (Tab. 1).

Sowohl der fremd- als auch der selbstgesteuerte Einsatz der Feedbackmaterialien wurde videographiert und ihnen in Form von Videovignetten als Reflexionsgrundlage zur Verfügung gestellt. Über die Reflexionen wurden die Studierenden angehalten, ihre Feedbackmaterialien zu überarbeiten und u. a. an die Lernenden und ihre Voraussetzungen sowie Bedürfnisse anzupassen.

Forschungsfragen

Eine praxisnahe Förderung und Festigung des fach-/diagnosebezogenen Professionswissens zum Experimentieren (Meier et al. 2018) sowie des pädagogischen Wissens zu und über die Integration von fachbezogenem Feedback und dessen digitalgestützten Gestaltungs- und Einsatzmöglichkeiten stellt eines der zentralen Ziele des Gesamtprojektes dar. Das notwendige Fundament wird über die Konzeption und Evaluation eines praxisnahen LLL-Seminars zum ‚Experimentieren, Diagnostizieren und Feedback geben‘ geschaffen. Im Zuge einer hier anvisierten konzeptionell-differenzierten Situierung werden zwei zentrale Forschungsfragen untersucht:

FF1: Über welche konzeptionellen Elemente (Varianten) kann Praxisnähe und Anwendungsbezug in einem LLL-Seminar geschaffen werden (a) und inwieweit wird die Situierung von den Studierenden als positiv (motivierend) wahrgenommen (b)?

FF2: Inwieweit werden die Studierenden in ihrer motivationalen Orientierung zum Einsatz digitaler Medien (hier digitalgestütztem Feedbackmaterial) im Fachunterricht (Selbstwirksamkeit, Motivation) positiv unterstützt?

Methodik

Design und Stichprobe

Zur Untersuchung der Forschungsfragen wurde begleitend zum LLL-Seminar eine Evaluation im Prä-Post-Design mit zwei Gruppen/Kohorten durchgeführt. Umgesetzt wurde das für fortgeschrittene Biologie-Lehramtsstudierende konzipierte LLL-Seminar im Sommersemester 2021 ($n=23$; $M=8,65$ Fachsemester; $SD=2,20$; ♀=57 % ♂=43 %) und dem sich anschließenden Wintersemester 2021/22 ($n=25$; $M=8,20$ Fachsemester; $SD=1,73$; ♀=84 % ♂=16 %). Insgesamt ($N=48$) nahmen 27 % Studierende des Lehramtes für Haupt- und Realschule sowie 73 % angehende Gymnasiallehrkräfte teil. Im weiteren Verlauf der Analyse werden die Kohorten als Vergleichsgruppen betrachtet, in denen zur Generierung von Praxisnähe den Studierenden bzw. -Tandems individuell variable Zugänge zur Interaktion mit den Lernenden ermöglicht wurden (*Intervention III*). Die grundlegende Konzeption zur Lehrveranstaltung war in beiden Kohorten gleich (Abschn. „[Konzeption eines differenziert-situiereten LLL-Seminars](#)“).

Instrumente

Die individuelle Selbstwirksamkeit zum unterrichtlichen Einsatz digitaler Medien (Salas, 2019; 12 Items, 6-stufige Likert-Skala von *trifft gar nicht zu* (1) bis *trifft völlig zu* (6); $\alpha = ,91$, $N=48$) wie auch die Motivation in Bezug auf den Einsatz digitaler Medien (adaptiert nach Vogelsang et al. 2019; 4 Items, 6-stufige Likert-Skala von *trifft gar nicht zu* (1) bis *trifft völlig zu* (6); $\alpha = ,87$, $N=48$) wurden onlinebasiert Prä-Post erfasst. Die wahrgenommene Situierung der Lehrveranstaltung (Meier et al. 2018; 12 Items, 6-stufige Likert-Skala von *stimme gar nicht zu* (1) bis *stimme völlig zu* (6); $\alpha = ,91$, $N=48$), die veranstaltungsbezogene Lernmotivation (Künsting 2007; 7 Items, 6-stufige Likert-Skala von *stimme gar nicht zu* (1) bis *stimme völlig zu* (6); $\alpha = ,86$, $N=48$) sowie auch die Angaben und

Beurteilungen der Studierenden zu den möglichen Varianten in der Studierenden-Lernenden-Interaktion (Tab. 1) wurden einmalig zum Post-Messzeitpunkt erfasst. In diesem Zusammenhang sollten die Studierenden auch eine Auskunft darüber geben, ob sie sich auch zukünftig für die gewählte Variante entscheiden würden (offenes Kurz-Antwort-Item). Im WiSe sollten sie dann die Varianten hinsichtlich ihrer Lernförderlichkeit begründet beurteilen (Auswahl- und offenes Kurz-Antwort-Item).

Aufgrund fehlender Normalverteilung und der kleinen Stichprobe/n werden zur Datenanalyse verteilungsfreie Verfahren der klassischen Testtheorie angewendet.

Ergebnisse

Varianten in der Praxisnähe

Die Wahlmöglichkeiten im Einsatz des selbstkonstruierten Feedbackmaterials wurden von den Studierenden-Tandems individuell genutzt, wodurch ein unterschiedlicher Grad an Praxisnähe und Interaktion zwischen den beteiligten Akteuren innerhalb und zwischen den Kohorten beschrieben werden kann (F1a). In der Kohorte des SoSe 2021 ($n=23$) haben sich 61 % der Studierenden für die Variante 1 mit einmaligem, fremdgesteuertem Einsatz des Feedbackmaterials nach Analyse einer Videovignette entschieden. Die übrigen 9 Studierenden (39 %) haben im Anschluss von *Intervention II* ihr Feedbackmaterial entwickelt und es in zwei Klassen fremdgesteuert einsetzen lassen (*Intervention III*). Im Vergleich dazu haben die Studierenden der WiSe-Kohorte 2021/22 ($n=25$) Variante 1 nicht gewählt. Anstelle der hier eingebundenen Videovignetten-Analyse konnte im WiSe die Möglichkeit zur Hospitation gegeben werden. Diese wurde von 76 % der Studierenden genutzt. Daran anschließend fiel die Wahl der Studierenden des WiSe in der Entwicklung und dem Einsatz ihrer Materialien annähernd gleichverteilt auf die Variante 2 mit 24 %, Variante 3 mit 36 % und Variante 4 mit 40 %. Diejenigen Studierenden, die sich (im Tandem) für einen zweimaligen eigenen Einsatz entschieden haben, würden sich auch bei einer zukünftigen Auswahloption zum Praxiseinsatz wieder für diese Variante entscheiden. Als wesentliche Gründe wurden die Sammlung praktischer Erfahrungen (u. a. über den Eingriff in den Arbeitsprozess der Lernenden-Gruppe) und die intensivere Reflexion angeführt. Mit einer Ausnahme geben die Studierenden, die sich im WiSe für Variante 2 entschieden haben, an, dass sie zukünftig (auch) einen eigenen zweimaligen Einsatz ihres Materials bevorzugen würden. Bei den Studierenden mit Variante 4 ist das Bild differenter; 40 % würden sich zukünftig für Variante 3 entscheiden und 50

% würden wieder Variante 4 umsetzen wollen. Die zu erkennende Tendenz zur Wahl des ein- oder mehrmaligen eigenen Materialeinsatzes in einer realen Lerngruppe wird durch die Einschätzungen auf die Frage, welche Variante sie am lernförderlichsten beurteilen würden, gestützt. 68 % der Studierenden im WiSe geben hier den zweimaligen eigenen Einsatz (Variante 3) an; für 28 % stellt auch der einmalige eigene Einsatz in Kombination mit einem fremdgesteuerten Einsatz eine lernförderliche Variante dar. Gründe, die aus Perspektive der Studierenden für einen fremdgesteuerten Einsatz sprechen, sind vor allem extrinsisch angelegt und umfassen den Faktor Zeit in der Vorbereitung bzw. Entwicklung und Arbeitsbelastung. Zudem wird das Argument der selbsterklärenden Funktion des Feedbackmaterials angeführt, was einen eigenen Einsatz nicht zwingend erforderlich macht bzw. machen sollte.

Situierung und Lernmotivation

In der Wahrnehmung zur Situierung und eine mit dem Veranstaltungskonzept einhergehenden Lernmotivation werden die beiden Teilstichproben mittels des Mann-Whitney-U Tests auf mögliche Unterschiede untersucht (F1b). Die Ergebnisse zeigen, dass die wahrgenommene *Situierung* ($Mdn_{SoSe21} = 4,91$, $n = 23$; $Mdn_{WiSe21/22} = 5,08$, $n = 25$; $U = 221,00$; $p = ,169$), und die *veranstaltungsbezogene Lernmotivation* ($Mdn_{SoSe21} = 4,00$, $n = 23$; $Mdn_{WiSe21/22} = 4,74$, $n = 25$; $U = 195,50$; $p = ,057$) bei den Studierenden nicht signifikant unterschiedlich ausgeprägt ist. Es lassen sich jedoch mögliche Tendenzen über den jeweiligen Signifikanzwert erkennen. So weisen die Studierenden aus dem WiSe 21/22 eine höhere, aber nicht signifikante Ausprägung in der veranstaltungsbezogenen Lernmotivation im Vergleich zu der Kohorte im SoSe 21 auf. Unter Einbezug der Varianten im fremd- und selbstgesteuerten Einsatz des digitalgestützten Feedbackmaterials zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Ausprägung und Wahrnehmung der veranstaltungsbezogenen Konstrukte (Tab. 2).

Tendenzen lassen sich zwischen den Studierendengruppen aus dem WiSe 21/22 hinsichtlich der wahrgenommenen Situierung erkennen (Abb. 1), welche jedoch der kleinen Stichprobe in allen Varianten unterliegen. Die Ergebnisse zeigen durchweg hohe Situierungswerten sowohl bei diejenigen, die Variante 2 ($M = 5,43$, $SD = ,45$) gewählt haben und ihr Material zweimal fremdgesteuert haben einsetzen lassen, als auch bei diejenigen, die ihr Feedbackmaterial nach Variante 3 ($M = 5,10$, $SD = ,56$) oder nach Variante 4 ($M = 4,90$, $SD = ,45$) eingesetzt haben.

Tab. 2 Gruppenvergleiche zwischen den genutzten Varianten in der Studierenden-Lernenden-Interaktion, Ausprägung zur Situierung und veranstaltungsbezogenen Lernmotivation

	<i>SoSe 21 (n = 23)</i> <i>Mann-Whitney-U Test mit den</i> <i>Varianten 1 & 2</i>				<i>WiSe 21/22 (n = 25)</i> <i>Kruskal-Wallis Test mit</i> <i>den Varianten 2, 3 & 4</i>	
	<i>Mdn_A</i>	<i>Mdn_B</i>	<i>U</i>	<i>p</i>	<i>Chi-Quadrat (2)</i>	<i>p</i>
<i>Situierung</i>	4,96	4,96	47,00	,336	4,345	,114
<i>veranstaltungsbezogene Lernmotivation</i>	4,21	3,71	52,50	,516	1,321	,516

Selbstwirksamkeit & Motivation zum Einsatz digitaler Situierung (WiSe 21/22, N = 25)

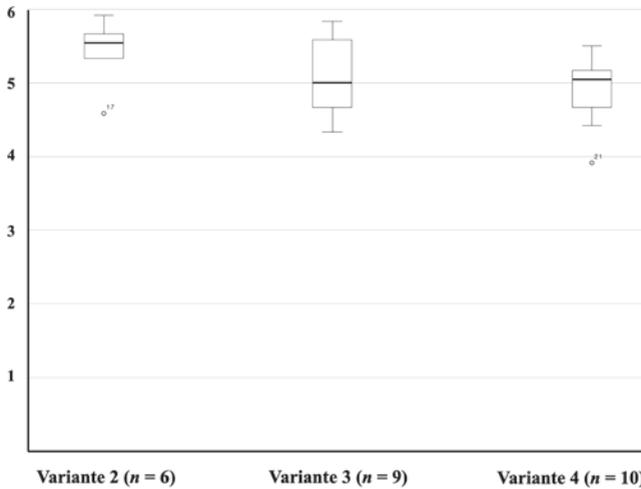


Abb. 1 Gruppenvergleiche zwischen den studentischen Einsatzvarianten des WiSe 21/22 hinsichtlich der wahrgenommenen Situierung

Medien

Mit Blick auf die Förderung von digitalisierungsbezogenen Kompetenzen wurde geprüft, inwiefern die Lehr-Interventionen zum Aufbau der Selbstwirksamkeit sowie Motivation beitragen (F2). Über die Anwendung des verteilungsfreien

Wilcoxon-Tests zeigt sich für die Gesamtstichprobe ($N=48$) im Prä-Post Vergleich, dass sowohl die individuelle Selbstwirksamkeit in Bezug auf den unterrichtlichen Einsatz digitaler Medien ($Mdn_{pre}=4,83$, $Mdn_{post}=5,33$; $z=-,592$; $p=,001$, $N=48$, $r=,66$) als auch die Motivation ($Mdn_{pre}=4,75$, $Mdn_{post}=4,88$; $z=-3,005$; $p=,003$, $N=48$, $r=,43$) signifikant ansteigen. Darüber hinaus wurden die beiden Kohorten hinsichtlich ihrer Ausprägung in den beiden Konstrukten separat betrachtet, um mögliche Unterschiede, die ggf. auf die Varianz der Lehrveranstaltungskonzepte zurückführbar wären, zu untersuchen. Die zweite Kohorte, die die Veranstaltung im WiSe 21/22 mit zum Teil selbstgesteuertem Praxiseinsatz im LLL absolvierte, zeigt ähnliche Effekte wie die Gesamtstichprobe (Selbstwirksamkeit: $Mdn_{pre}=4,83$, $Mdn_{post}=5,25$; $z=-3,67$; $p=,003$, $n=25$, $r=,59$; Motivation: $Mdn_{pre}=4,75$, $Mdn_{post}=5,00$; $z=-2,44$; $p=,004$, $n=25$, $r=,57$), wohingegen die erste Kohorte mit ausschließlich fremdgesteuertem Einsatz aus dem SoSe 21 keinen signifikanten Anstieg in der Motivation ($Mdn_{pre}=4,50$, $Mdn_{post}=4,75$; $z=-1,29$; $p=,153$, $n=23$) aufweist. Die Selbstwirksamkeit in Bezug auf den unterrichtlichen Einsatz steigt aber auch in dieser Kohorte signifikant an ($Mdn_{pre}=4,83$, $Mdn_{post}=5,41$; $z=-3,567$ $p=,001$, $n=23$, $r=,74$). Des Weiteren wurde geprüft, ob mögliche Unterschiede auf die genutzten Varianten zurückzuführen sind oder ob die Varianten zu unterschiedlichen Ausprägungen führen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Variantengruppen nicht signifikant in der Ausprägung der Motivation und Selbstwirksamkeit unterscheiden (Tab. 3).

Ein Blick auf die Befunde bei den Studierendengruppen im WiSe 21/22 lässt wiederum sehr hohe Ausprägungen bzw. Werte erkennen (Abb. 2). Die Studierenden, die zweimal ihr Feedbackmaterial fremdgesteuert eingesetzt haben (Variante 2: $M=5,08$, $SD=1,02$), schätzen ihre Selbstwirksamkeit zum Einsatz digitaler Medien ebenso hoch ein wie diejenigen, die Variante 3 ($M=5,06$, $SD=,51$) oder Variante 4 ($M=4,65$, $SD=,61$) im LLL-Seminar wählten.

Tab. 3 Gruppenvergleiche zwischen den genutzten Varianten in der Interaktion zwischen Studierenden und Lernenden, Motivation und Selbstwirksamkeit

	SoSe 21 ($n=23$) Mann-Whitney-U Test mit den Varianten 1 & 2				WiSe 21/22 ($n=25$) Kruskal-Wallis Test mit den Varianten 2, 3 & 4	
	Mdn_A	Mdn_B	U	p	Chi-Quadrat (2)	p
$Motivation_{post}$	5,00	4,50	54,00	,569	2,564	,277
$Selbstwirksamkeit_{post}$	5,29	5,42	61,00	,926	3,662	,162

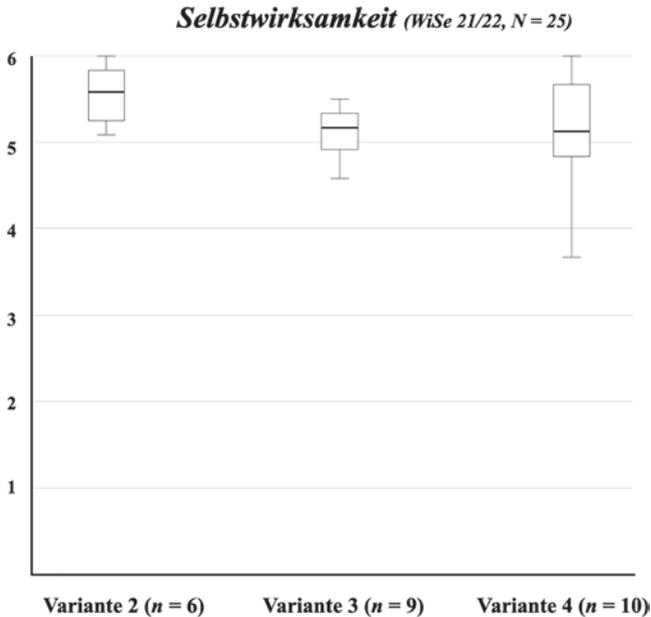


Abb. 2 Gruppenvergleiche zwischen den studentischen Einsatzvarianten des WiSe 21/22 hinsichtlich der individuell eingeschätzten Selbstwirksamkeit

Fazit & Ausblick

LLL bieten in der Kombination mit der Integration digitaler Werkzeuge als Lehr- und Lernmedium einen vielgestaltigen Raum an methodischen Zugängen für eine praxisnahe, universitäre Ausbildung. Vielgestaltigkeit ist in dem vorliegenden Lehrvorhaben zum einen über die Wahl der genutzten digitalen Werkzeuge zur Entwicklung und Ausgestaltung digitalgestützter Feedbacks durch die Lehramtsstudierenden gegeben. Zum anderen konnten die Studierenden zwischen unterschiedlichen Einsatzvarianten ihres Feedbackmaterials in einem LLL-Seminar mit Schülerinnen und Schülern auswählen und hierbei entstandene Videovignetten als Reflexionsmedium nutzen. Grundlegend zeigt sich, dass die Studierenden über das LLL-Seminar hinweg eine Zunahme ihrer Selbstwirksamkeit und Motivation gegenüber dem Einsatz digitaler Medien verspüren. Die anvisierte Praxisnähe wird ebenso erhöht, da die Studierenden beider Semester (und Einsatzvarianten) eine hohe Situierung und veranstaltungsbezogene Lern-

motivation angeben. Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen mit unterschiedlichen Einsatzvarianten des Feedbackmaterials, was sich möglicherweise auf die bereits hohe Einschätzung beider Konstrukte zurückführen lässt (Abb. 1 und 2). Limitierend wirken sich hierbei auch die geringen Gesamt- und Teilstichproben, die fehlende Anlage einer Kontrollgruppe sowie die Variationen, die sich zum Teil aus den unterschiedlichen Möglichkeiten der individuellen Auswahl an Einsatzszenarien des Feedbackmaterials zwischen den Kohorten ergaben, aus. Darüber hinaus konnte den Studierenden, bedingt durch die eingeschränkten, coronabedingten Lehrbedingungen, im SoSe 2021 nur ein fremdgesteuerter Einsatz des Feedbackmaterials angeboten und umgesetzt werden, wobei die Menge des Materials im Ermessen der Studierenden lag (Tab. 1). Jedoch war diese vermeintliche Einschränkung impulsgebend für die Variation von Praxisnähe im LLL. Neben dem Vergleich zwischen einem Einsatz von Videovignetten und einem realen Besuch/einer realen Interaktion im LLL (Meister et al. 2020) konnten weitere Varianten in der Studierenden-Lernenden Interaktion abgeleitet und in das Lehrkonzept als Differenzierungskomponenten eingebracht und erstmalig empirisch beschrieben werden. Für einen fremdgesteuerten Einsatz von studentischen Unterrichtsmaterialien zeigen sich in diesem Lehrvorhaben positive Tendenzen, womit eine weitere Möglichkeit der Initiierung von Lern- und Reflexionszugängen in einer praxisnahen Lehramtsausbildung beschrieben werden kann. Die hier von den Studierenden zur Reflexion und Materialüberarbeitung genutzten Videovignetten stehen konzeptionell zwischen eigenen und fremden Unterrichtsvideos. Einer meist oberflächlichen Analyse eigener Videos gegenüber einer kritisch-konstruktiven Analyse fremder Videos (Kleinknecht et al. 2014) kann hierbei entgegengewirkt werden. Zukünftig bleibt die Wirkung auf den Kompetenzerwerb dieses ‚neuen‘ Reflexionszugangs mit einer größeren Stichprobe und einem experimentellen Design empirisch zu klären. Ebenso bedarf es einer konzeptionellen Ausschärfung hinsichtlich der Eignung zur Umsetzung in universitären Lehrveranstaltungen und der damit an die angehenden Lehrkräfte gestellten Lernaufgaben. Ein fremdgesteuerter Einsatz von Unterrichtskonzepten und Materialien, der durch unterschiedliche Personen (z. B. Dozierende, Mitstudierende, Lehrkräfte) umgesetzt werden kann, gestaltet sich unterschiedlich entsprechend der fachdidaktisch-pädagogischen Leitgedanken zum jeweiligen Unterricht und den organisatorischen Rahmenbedingungen bzw. Grenzen.

Förderhinweis Das diesem Betrag zugrunde liegende Vorhaben wurde im Rahmen des Teilprojektes ‚Professionalisierung durch intelligente Lehr-Lernsysteme‘ des Projekts PRONET-D der Universität Kassel zur gemeinsamen ‚Qualitätsoffensive Lehrerbildung‘

von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2012 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

Literatur

- Bosse, D., Meier, M., Trefzger, T., & Ziepprecht, K. (2020). Lehr-Lern-Labore – universitäre Praxis, empirische Forschung und zukünftige Entwicklung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 13(1), 5–24.
- Brunner, M., Anders, Y., Hachfeld, A. & Krauss, S. (2011). Diagnostische Fähigkeiten von Mathematiklehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 215–234). Waxmann.
- Depping, D., Ehmke, T., & Besser, M. (2021). Aus „Erfahrung“ wird man selbstwirksam, motiviert und klug: Wie hängen unterschiedliche Komponenten professioneller Kompetenz von Lehramtsstudierenden mit der Nutzung von Lerngelegenheiten zusammen? *ZfE*, 24(1), 185–211. <https://doi.org/10.1007/s11618-021-00994-w>.
- Fölling-Albers, M., Hartinger, A., & Mörtl-Hafizovic, D. (2004). Situiertes Lernen in der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 50(5), 727–747.
- Hilfert-Rüppell, D., Meier, M., Horn, D. & Höner, K. (2021). Professional knowledge and self-efficacy expectations of pre-service teachers regarding scientific reasoning and diagnostics. *Educ Sci*, 11(10), 629. <https://doi.org/10.3390/educsci11100629>.
- Huwer, J., Irion, T., Kuntze, T., Schaal, S., & Thyssen, C. (2019). Von TPaCK zu DPaCK: Digitalisierung im Unterricht erfordert mehr als technisches Wissen. *MNU Journal*, 5, 358–364.
- Kastaun, M., Meier, M., Hundeshagen, N., & Lange, M. (2020). ProfiLL – Professionalisierung durch intelligente Lehr-Lernsysteme. In K. Kaspar, M. Becker-Mrotzek, S. Hofhues, J. König & D. Schmeinck (Hrsg.), *Bildung, Schule und Digitalisierung* (S. 357–363). Waxmann.
- Kleinknecht, M., Schneider, J., & Syring, M. (2014). Varianten videobasierten Lehrens und Lernens in der Lehrpersonenaus- und -fortbildung. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 32(2), 210–220.
- KMK/Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister (2006). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. Berlin.
- KMK/Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister (2008). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. Berlin.
- KMK/Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister (2020). *Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife*. Berlin.
- Künsting, J. (2007). *Effekte von Zielqualität und Zielspezifität auf selbstreguliert-entdeckendes Lernen durch Experimentieren*. Dissertation. Universität Duisburg-Essen.
- McDowell, J. (2020). The student experience of video-enhanced learning, assessment, and feedback. In C. Dann & S. O'Neill (Hrsg.), *Technology-enhanced formative assessment practices in higher education* (S. 20–40). Information Science Reference.

- Meier, M. (2016). *Entwicklung und Prüfung eines Instrumentes zur Diagnose der Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern*. Logos.
- Meier, M., Gimbel, K., Roetger, R., & Isaev, V. (2018). Situiertes Lernen in hochschuldidaktischen Lernumgebungen. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Hrsg.), *Lehrer-ausbildung in vernetzten Lernumgebungen* (S. 51–73). Waxmann.
- Meier, M., Horn, D., Kastaun, M., & Wulff, C. (2021). Erleben, Umsetzen, Nutzen & Forschen – praxisnahe und anwendungsbezogene Lehramtsausbildung am Beispiel von Lehr-Lern-Laboren in der Biologiedidaktik. In D. Bosse, R. Wodzinski & C. Griesel (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore der Universität Kassel* (S. 26–47). kassel university press.
- Meier, M., & Kastaun, M. (2021). Lernunterstützungen als Werkzeug individualisierter Förderung im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess. In M. Meier, C. Wulff & K. Ziepprecht (Hrsg.), *Vielfältige Wege biologiedidaktischer Forschung* (S. 95–116). Waxmann.
- Meister, S., Nitz, S., Schwanewedel, J., & Upmeyer zu Belzen, A. (2020). Diagnostische Fähigkeiten Lehramtsstudierender – Förderung mit Videovignetten und Anwendung im Lehr-Lern-Labor. In B. Priemer & J. Roth, J. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 223–247). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_15.
- Priemer, B., & Roth, J. (2019). *Lehr-Lern-Labore – Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung*. Springer.
- Salas, S. D. de. (2019). *Digitale Medien im Unterricht – Entwicklung professionellen Wissens und professionsbezogener Einstellungen durch Coaching*. Dissertation. Pädagogische Hochschule Heidelberg.
- Schluer, J. (2021). Multimodales Feedback lernförderlich gestalten: Möglichkeiten und Herausforderungen für (angehende) Fremdsprachenlehrkräfte. *Zeitschrift für Fremdsprachenforschung*, 32(2), 157–180.
- Stannard, R., & Mann, S. (2018). Using screen capture feedback to establish social presence and increase student engagement: A genuine innovation in feedback. In C. H. Xiang (Hrsg.), *Cases on audio-visual media in language education* (S. 93–116). IGI Global.
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *ZfDN*, 25(1), 115–129.
- Wisniewski, B., Zierer, K., & Hattie, J. (2020). The power of feedback revisited: A meta-analysis of educational feedback research. *Frontiers in Psychology*, 10 (3087), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03087>.
- 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.



Lern – und Erlebnislabor Industrienatur (LELINA)

Digitale Medien in der außerschulischen Bildung
für Nachhaltige Entwicklung in einem Lehr-
Lern-Labor auf einer Industrienaturfläche in der
Metropole Ruhr

Karl-Heinz Otto, Steffen Ciprina, Jan Hohmann, Katja Paulus,
Anna Rath, Ina Jeske und Andreas Keil

K.-H. Otto (✉) · S. Ciprina · J. Hohmann · K. Paulus · A. Rath
Geographiedidaktik, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Deutschland
E-Mail: karl-heinz.otto@rub.de

S. Ciprina
E-Mail: steffen.ciprina@rub.de

J. Hohmann
E-Mail: jan.hohmann@rub.de

K. Paulus
E-Mail: katja.paulus@rub.de

A. Rath
E-Mail: anna.rath-p9n@rub.de

I. Jeske · A. Keil
Geographie und ihre Didaktik/Sozialgeographie, Bergische Universität Wuppertal,
Wuppertal, Deutschland
E-Mail: inajeske@uni-wuppertal.de

A. Keil
E-Mail: akeil@uni-wuppertal.de

Projektziele

Übergeordnetes Ziel des Projektes Lern- und Erlebnislabor Industrienatur (LELINA) ist es, dass möglichst viele Menschen die urbane Industrienatur der Metropole Ruhr kennen und wertschätzen lernen und zu ihrem Erhalt beitragen. Dazu sollen sowohl Schülerinnen und Schüler als auch Studierende und weitere Personengruppen die Industrienatur im Sinne einer Bildung für Nachhaltigen Entwicklung (BNE) mit analogen und digitalen Medien und Methoden forschend und entdeckend erleben. Sie sollen in eigens vor Ort auf Industrienaturflächen eingerichteten Lehr-Lern-Laboren die Komplexität von städtischen Ökosystemen erfahren, die Bedeutung der Erhaltung und des Schutzes der (Industrie-)Natur erkennen sowie die Notwendigkeit einer sozial gerechten Raumentwicklung verinnerlichen und befähigt und motiviert werden, sich selbst aktiv daran zu beteiligen. So sollen das Natur- und Umweltwissen aller beteiligten Lernenden erweitert, natur- und gesellschaftswissenschaftliche Zusammenhänge erkannt und gleichzeitig die Persönlichkeitsentwicklung gefördert sowie das eigene Wohn- und Lebensumfeld aktiv und bewusst wahrgenommen und verstanden werden.

Um dem Anspruch des Nachhaltigkeitsziels (SDG) 4 der Agenda 2030 der Vereinten Nationen gerecht werden zu können, fokussiert das Projekt eine hochwertige Bildung für alle (Beteiligten), die lebenslanges Lernen ermöglicht und insbesondere junge Menschen zu lösungs- und zukunftsorientiertem Denken und Handeln befähigt. Daneben werden durch LELINA auch die SDG 3 (Gesundheit und Wohlergehen), 11 (Nachhaltige Städte und Gemeinden) und 15 (Leben an Land) berücksichtigt (OECD 2020).

Am Projekt partizipieren insgesamt drei Zielgruppen: 1) Schülerinnen und Schüler verschiedenen Alters und unterschiedlicher Schulformen (Abschn. [Zielgruppe Schülerinnen und Schüler: Lern- und Erlebnismodule](#)), 2) Studierende und Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst der Fächer Geographie und Biologie und 3) an der Industrienatur interessierte Personen, die nach Ablauf der Projektzeit die durch LELINA angesprochenen Themen in weiteren Bildungseinrichtungen fortführen möchten. Im vorliegenden Beitrag steht die Zielgruppe der Lehramtsstudierenden im Fokus (Abschn. [Zielgruppe Lehramtsstudierende: Lehr-Lern-Labor](#)).

Industrienatur – Rückgrat der Biodiversität der Metropole Ruhr

Im Ruhrgebiet sind durch den Bergbau und die Montanindustrie des 19. und 20. Jahrhunderts vielerorts Industrieflächen entstanden. Infolge des Strukturwandels der letzten 70 Jahre wurden zahlreiche davon stillgelegt. Auf vielen dieser Flächen

hat sich eine besondere Natur – die Industrienatur – entwickelt. Das kleinflächige Mosaik von anthropogenen Substraten mit unterschiedlichen chemisch-physikalischen Eigenschaften und die unterschiedlichen Sukzessionsstadien bringen eine enorme Vielfalt von Lebensräumen hervor. Sie umfasst Rohböden mit Pioniervegetation, Hochstauden- und Gebüschgesellschaften sowie den Vorwald, der auf solchen Brachflächen Industriegewald genannt wird. Zahlreiche sowohl heimische als auch gebietsfremde Arten lassen sich in der Industrienatur finden, die deshalb ein ‚Hotspot‘ der Biodiversität darstellt (Brosch et al. [im Druck](#)).

Infolge des vor allem durch den Menschen verursachten Rückgangs vieler Lebensräume ist die biologische Vielfalt auch in Deutschland immer häufiger bedroht. Eine nachhaltige regionale Entwicklung und Pflege von Industrienaturflächen kann somit als Beitrag zum Erhalt und Schutz der biologischen Vielfalt im Ruhrgebiet verstanden werden.

Aufgrund ihrer Robustheit und ihrer räumlichen Nähe zu den Schulstandorten im Stadtquartier ist die Industrienatur als außerschulischer Lernort für Umweltbildung und Naturerfahrung in besonderem Maße geeignet (Knapp et al. [2016](#); Schneider und Keil [2018](#)). Deshalb bieten Industrienaturflächen ausgezeichnete Voraussetzungen für das LELINA-Projekt, um diese urbanen Hotspots der Biodiversität und deren besondere Bedeutung für allen Teilnehmenden erfahrbar zu machen und sie auf diese Weise für diese Thematik zu sensibilisieren sowie zu befähigen, aktiv am Biotop- und Artenschutz mitzuwirken.

LELINA soll an insgesamt fünf Standorten im Ruhrgebiet realisiert werden: Halde Sachsen in Hamm, Halde Eickwinkel in Essen, Gleispark Frintrop an der Grenze zu Oberhausen, Landschaftspark Duisburg-Nord und Kokerei Hansa in Dortmund (weitere Informationen unter www.lalina.ruhr).

Didaktisches Konzept von LELINA

Theoretisch-konzeptionelle Rahmung

Nach derzeitigem Stand des Wissens müssen sich Lernende ihr neues Wissen auf der Basis des vorhandenen Wissens eigenständig konstruieren. Lernen ist also kein passives Einlagern und Übernehmen von Lernstoff, sondern ein aktives Aneignen vor dem Hintergrund des bereits Vorhandenen (Duit [2008](#)). Lernen ist damit ein aktiver, konstruktiver, zielgerichteter, situierter und sozial eingebundener Prozess (Reinmann und Mandl [2006](#)). Dies gilt für Lernende jeglichen Alters. Um einen solchen Lernprozess zu initiieren, bieten sich besonders die Konzepte des Entdeckenden und Forschenden Lernens an (Reinmann und Mandl [2006](#); Scholkmann [2016](#)).

Entdeckendes Lernen (discovery learning) ist keine spezielle Methode, sondern ein Sammelbegriff für Lernformen, die folgende Charakteristika aufweisen (Reinmann und Mandl 2006): Die Lernenden setzen sich aktiv mit Problemen auseinander, sammeln selbständig Erfahrungen und führen bei passenden Gelegenheiten u. a. Untersuchungen oder Experimente durch. Sie gewinnen dadurch neue Einsichten in komplexe Sachverhalte und Prinzipien.

Orientiert sich Entdeckendes Lernen an den Prinzipien der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, kann es zum *Forschenden Lernen (research learning)* werden (Otto und Schuler 2012). Forschendes Lernen ist eine spezifische Lernaktivität, bei der sich Lernende mithilfe des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses neben Inhalten auch (Erkenntnis-)Methoden aneignen sollen. Es zeichnet sich durch vier Elemente aus: problemorientiertes Lernen, authentische Kontexte, eigenständiges, selbstgesteuertes und offenes Lernen sowie kooperatives Lernen (Mayer 2020).

Kern des LELINA-Bildungskonzeptes ist die didaktische und dialektische Verschränkung von Beobachtungs- bzw. Erfahrungsraum und Handlungsraum. Mit Beobachtungs- bzw. Erfahrungsraum ist die urbane Industrienatur gemeint, die Teil der Alltags- bzw. Lebenswelt der Kinder, Jugendlichen und Erwachsenen in der Metropole Ruhr ist. Hier lässt sich Biodiversität konkret vor Ort erleben, entdecken und erforschen. Im Gelände aufgeworfene Fragestellungen (z. B. ‚Warum wachsen auf den Industrienaturstandorten viele gebietsfremde Pflanzen aus dem Mittelmeerraum?‘) können dann mit verschiedenen analogen und digitalen Methoden zur Erkenntnisgewinnung ziel- und kompetenzorientiert bearbeitet werden. Die durch die Arbeit in den außerschulischen Lehr-Lern-Laboren resultierenden Forschungsergebnisse liefern Antworten auf die zu Beginn einer Lerneinheit entwickelten Fragestellungen und bieten die Grundlage dafür, die spezielle Biodiversität der Industrienatur wahrzunehmen und ihre Schutzwürdigkeit zu erkennen. Insofern ist der Beobachtungs- bzw. Erfahrungsraum zugleich Lern- und auch Handlungsraum. Er bildet zusammen mit dem Handlungsraum für die Lernenden gleichsam den Realraum ihrer eigenen Alltags- und Lebenswelt. Verknüpft mit dem Forschenden und Entdeckenden Lernen ergibt sich so für die Lernenden ein ‚Reallabor‘, in dem sie an praxisgeleiteten Fragestellungen aktiv arbeiten können.

Insgesamt wird im LELINA-Projekt ein interdisziplinäres, formelles und informelles Lehr-Lern-Konzept umgesetzt, das Lernen und angemessenes Handeln im Stadtraum, d. h. vor Ort im Ruhrgebiet, ermöglicht. Aus didaktisch-methodischer Sicht wird damit ein Ansatz verfolgt, bei dem Alltags- bzw. Lebenswelt und Lernwelt gleichermaßen berücksichtigt werden, sodass die Lernenden angemessene Handlungs- und Gestaltungskompetenzen aufbauen

können. Dadurch wird zugleich auch eine höhere Identifikation der Lernenden mit dem eigenen Lebensraum erreicht.

Zielgruppe Schülerinnen und Schüler: Lern- und Erlebnismodule

Im LELINA-Projekt wurden für Schülerinnen und Schüler inhaltlich und methodisch differenzierte, altersadäquate sowie inklusionsgerechte Lern- und Erlebnismodule entwickelt, die den Beobachtungs- bzw. Erfahrungsraum und den Handlungsraum integrativ miteinander verbinden. In den Modulen spielt neben den charakteristischen Lebensraumtypen (Pioniervegetation, Hochstauden- und Gebüschgesellschaften, Industriegewässer sowie Gewässer) auch die Entwicklungsgeschichte des jeweiligen Projektstandortes von der Industrie zur Industrienatur eine wichtige Rolle. Jedes Lern- und Erlebnismodul beinhaltet folgenden ‚Dreiklang‘:

1. Beobachten, Erkennen, Aufspüren von themenbezogenen Problem- bzw. Fragestellungen = ‚beobachtungs- bzw. erfahrungsräumlicher Ansatz‘
2. Gewinnung von Primärdaten und Erarbeitung von Lösungsansätzen bzw. -strategien im Beobachtungs- bzw. Erfahrungsraum unter Zuhilfenahme eines eigens dafür zusammengestellten Sets von Untersuchungswerkzeugen und -instrumenten = ‚experimentierräumlicher Ansatz‘
3. Bewertung, Reflexion, Diskussion potenzieller Anpassungsstrategien im urbanen Handlungsraum. Dabei wird im Sinne einer BNE eine raumbezogene Handlungskompetenz gefördert, die fachliches Wissen, Volition und Interesse, Bewerten und Handeln miteinander verknüpft = ‚handlungsräumlicher Ansatz‘

Für die Realisierung des Bildungskonzeptes sind diverse Materialien (u. a. Arbeitsblätter, Hinweiskarten und Versuchsanleitungen) und Werkzeuge (u. a. Boden-/Wasserkoffer, Lupen, digitale und analoge Messgeräte, Tablets, diverse Apps sowie eine Drohne) im Einsatz. Die zusammengestellte Ausrüstung steht an jedem LELINA-Standort für den außerschulischen Unterricht zur Verfügung. Bis zum aktuellen Zeitpunkt sind in LELINA 4 Module, angepasst an den jeweiligen Standort und differenziert nach den drei Schulstufen (Grundschule, Sekundarstufen I und II), fertiggestellt.

Die Beschreibung des dritten LELINA-Moduls erfolgt an dieser Stelle, da die Studierendenbefragung im Rahmen der Thematisierung dieses Moduls stattfand. Das Modul 3 ‚Industrienatur als Hotspot der Biodiversität‘ legt einen

Fokus auf die für die Industrienatur charakteristischen Tier- und Pflanzenarten, die in diesem Fall am Standort Halde Eickwinkel vorkommen, sowie auf die dort vorzufindenden natürlichen Faktoren und Prozesse. Darüber hinaus werden methodische Fähigkeiten im Erfassen des Naturinventars geübt. Das Modul ist inhaltlich in drei Teile von je 90 min gegliedert.

Der erste Modulteil ‚Erlebnissafari – Tiere der Industrienatur‘ ermöglicht den Lernenden, geführt durch die App Biparcours, verschiedene Lebensräume der Industrienaturfläche kennenzulernen. Zum einen können die Lernenden mit verschiedenen Fangwerkzeugen und Hilfsmitteln wie Kescher und Becherlupe das Arteninventar der Biotope selbstständig entdecken und erforschen. Zum anderen werden in der App typische Tierarten der verschiedenen Biotoptypen vorgestellt. Mit Informationen, die teilweise über die App bereitgestellt werden, können die gefangenen Tiere auf unterschiedlichen taxonomischen Ebenen bestimmt werden. Dabei steht auch das methodische Vorgehen im Fokus. Vertiefende Aufgaben im Biparcours ermöglichen die Verknüpfung von ökologischen Ansprüchen der vorgestellten Charakterarten mit den unterschiedlichen ökologischen Bedingungen der Biotope auf der Industrienaturfläche.

Im zweiten Modulteil ‚Sukzession – Vegetation im Wandel‘ erkunden die Lernenden die verschiedenen Sukzessionsstadien. Hierzu untersuchen die Lernenden an unterschiedlichen Stationen die Pflanzenhöhe sowie den Lichtgenuss mit analogen und digitalen Messmethoden. Im Anschluss daran vergleichen sie die Messergebnisse der verschiedenen Stationen miteinander und ordnen ihnen anhand von kurzen Sachtexten verschiedene Sukzessionsstadien zu. Sie erkennen außerdem, dass ein so enges räumliches Nebeneinander unterschiedlicher Sukzessionsstadien eine Besonderheit von Industrienaturflächen darstellt, das einerseits durch das (regelmäßige) Eingreifen des Menschen und andererseits durch das zeitversetzte Brachfallen einzelner Flächenabschnitte im Rahmen des Strukturwandels entsteht.

Im dritten Modulteil ‚Der Vielfalt auf der Spur – Kartierung der Vegetation auf Industrienaturflächen‘ steht mit der Durchführung einer Vegetationsaufnahme die Förderung der Methodenkompetenz im Vordergrund. Hierbei wählen die Lernenden mithilfe einer Anleitung eigenverantwortlich zunächst eine geeignete Fläche aus. Anschließend führen sie eine Vegetationsaufnahme durch. Bei dieser werden in einem abgesteckten Areal von 1 m² die vorkommenden Pflanzenarten, die Anzahl der Individuen einer Art sowie der Bedeckungsgrad erfasst. Die Bestimmung der Pflanzenarten erfolgt dann von den Lernenden selbstständig mithilfe der App ObsIdentify.

Zielgruppe Lehramtsstudierende: Lehr-Lern-Labor

Um das LELINA-Projekt auch in der Universität nachhaltig zu implementieren, wurde es im Studiengang Kombinatorischer Bachelor an der Bergische Universität Wuppertal (BUW) und im Master of Education an der Ruhr-Universität Bochum (RUB) in den Fächern Geographie und Biologie curricular verankert. Neben der fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Betrachtung des LELINA-Projektes im Rahmen von Seminarsitzungen wird vor allem darauf Wert gelegt, dass die Studierenden die Lehr-Lern-Labore über verpflichtende Exkursionen vor Ort besuchen und nutzen (Brüning et al. 2020). In diesem Rahmen sollen die Studierenden insbesondere didaktisch-methodische Kompetenzen in der unterrichtlichen Arbeit vor Ort zunächst ohne und danach mit Schülerinnen und Schülern erwerben. Dabei liegt ein Schwerpunkt auch auf der Anwendung von digitalen Medien (u. a. App Biparcours und App ObsIdentify) bei der Geländearbeit.

In einer ersten Phase lernen die Studierenden zunächst den Projekthintergrund kennen und erhalten eine theoretische Einführung darüber, wie BNE und Entdeckendes und Forschendes Lernen im Rahmen von LELINA umgesetzt werden. Anschließend können die Studierenden ein Beispielmodul aus der Lernendenperspektive ausprobieren. Im nächsten Schritt setzen sich die Studierenden aus Lehrendensicht didaktisch-methodisch und kritisch-reflexiv mit dem Beispielmodul auseinander. Dabei stehen vor allem die eingesetzten digitalen Werkzeuge und deren Mehrwert bei Naturerfahrungen im Gelände im Fokus. In einer zweiten Phase führen die Studierenden eines der Lern- und Erlebnismodule, zusammen mit Hauptamtlichen des Projektes, mit Schülerinnen und Schülern durch. Dadurch sollen sie vor allem unterrichtspraktische Erfahrungen vor Ort im Lehr-Lern-Labor sammeln und auf diese Weise Kompetenzen aufbauen, die sie befähigen und dazu motivieren, Lehr-Lern-Labore auch bei ihrer zukünftigen Arbeit als Lehrkräfte aufzusuchen. Das Projekt LELINA stellt den Studierenden ein naturverbundenes Lehr-Lern-Labor zur Verfügung indem sie selbst fachbezogen lernen und zugleich auch im direkten Kontakt mit Schülerinnen und Schülern lernen zu Lehren. Letztendlich geht es im LELINA-Projekt im Bereich der Lehramtsausbildung darum, die Entwicklung von Professionswissen (Baumert und Kunter 2011) und dessen Umsetzung bei der Planung, Durchführung und Evaluation von Unterricht bei den Lehramtsstudierenden zu fördern, deren Reflexionskompetenz zu steigern und deren professionelle Unterrichtswahrnehmung zu verbessern. Durch die Nutzung digitaler Werkzeuge sollen im Sinne des Technological Pedagogical Content

Knowledge (TPACK) auch in dieser Hinsicht das technische, inhaltliche und pädagogische Wissen der Studierenden weiter optimiert werden (Harris und Hofer 2011).

Empirische Studie

Fragestellungen

Ausgehend von der in Abschn. [Zielgruppe Lehramtsstudierende: Lehr-Lern-Labor](#) dargestellten Zielsetzung, das LELINA- Projekt im Rahmen der universitären Lehramtsausbildung zu integrieren, beabsichtigt diese Studie erste Einblicke in die Vorerfahrungen von Studierenden mit Lehr-Lern-Laboren (insbesondere in Kombination mit digitalen Medien) und evaluative Erkenntnisse der durchgeführten Tagesveranstaltung im Lehr-Lern-Labor zu gewinnen. Die empirische Datenerhebung erfolgte mithilfe eines eigens dafür entwickelten Fragebogens, der neben persönlichen Angaben u. a. folgende Forschungsfragen in den Vordergrund rückt:

FF1: Welche Vorerfahrungen haben Studierende im Rahmen von realen Naturerfahrungen mit Lehr-Lern-Laboren?

FF2: Welche Vorerfahrungen haben Studierende im Rahmen von realen Naturerfahrungen mit der Nutzung digitaler Medien?

FF3: Wie bewerten die Studierenden das durchgeführte Lernmodul hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien im Rahmen realer Naturerfahrungen?

FF4: Wie bewerten die Studierenden die Lehrveranstaltung und deren Einbindung in die Lehramtsausbildung?

Design, Stichprobe und Instrument

Insgesamt wurden 27 Einzelitems formuliert. Davon wurden fünf als offene Items gestaltet. Bei den geschlossenen Items wurde für die (Selbst-)Einschätzung der Studierenden hinsichtlich ihrer Erfahrungen mit Lehr-Lern-Laboren und digitalen Medien eine 5-stufige Likert-Skala verwendet. Bei den Bewertungen der durchgeführten Lerneinheit im Lehr-Lern-Labor wurde auf eine 6-stufige Notenskala zurückgegriffen. Der digitalisierte Fragebogen wurde von den Lehramtsstudierenden am Ende des 6-stündigen Veranstaltungstages am Lehr-Lern-Labor vor Ort auf der Halde über einen QR-Code aufgerufen und ausgefüllt.

Die erhobenen Daten wurden – mit Ausnahme der offenen Items – anschließend mithilfe von SPSS statistisch ausgewertet. Die offenen Items wurden qualitativ, inhaltsanalytisch nach Mayring (2015) ausgewertet, inhaltlich gruppiert und in Form von Wortwolken dargestellt. Ergänzt wurden diese Ergebnisse durch Befunde aus einer teil-strukturierten teilnehmenden Beobachtung mit verschiedenen Kategorien (u. a. kooperatives Verhalten bei Partner- und Gruppenarbeiten, Umgang mit Medien und Werkzeugen, Rücksicht gegenüber der Natur, Bewegungsraum im Laufe des Tages) durch begleitende wissenschaftliche Mitarbeitende (Döring und Bortz 2016).

Bei der vorliegenden ersten Erhebung wurden 28 Lehramtsstudierende (21 weiblich, 7 männlich) befragt, davon studieren 15 an der RUB und 13 an der BUW. Aufgrund der geringen Stichprobenzahl und des explorativen Charakters der Studie wurde auf Gruppenvergleiche verzichtet. Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse der Erhebung vorgestellt.

Ergebnisse der quantitativen Befragung

Die Mehrheit der Teilnehmenden (53,6 %) gab an, bisher überhaupt noch keinen Kontakt mit Lehr-Lern-Laboren gehabt zu haben. Von den 46,4 % der Befragten mit Lehr-Lern-Labor-Erfahrungen hat etwa die Hälfte reale Naturerfahrungen in Lehr-Lern-Laboren gesammelt. Der Einsatz von digitalen Medien im Rahmen von realen Naturerfahrungen war bei drei Vierteln der Studierenden unbekannt.

Die Bewertungen der Studierenden hinsichtlich des Konzeptes des außerschulischen Lehr-Lern-Labors LELINA im Rahmen von realen Naturerfahrungen und des Einsatzes digitaler Medien im Rahmen der Lern- und Erlebnismodule sind in Abb. 1 dargestellt.

Die Studierenden bewerteten die Nutzung des Lehr-Lern-Labors im Rahmen von realen Naturerfahrungen äußerst positiv. Bei der teilnehmenden Beobachtung wurde festgestellt, dass die Studierenden vor allem das aktive und eigenständige Lernen im Rahmen der realen Naturerfahrung wertschätzten (Abschn. [Design, Stichprobe und Instrument](#)). Der Einsatz digitaler Medien im LELINA-Projekt wurde von der überwiegenden Mehrheit (89,3 %) als sehr gut bis gut geeignet eingeschätzt. Lediglich 7,1 % der Befragten bewerteten den Einsatz digitaler Medien im Rahmen der Lern- und Erlebnismodule im LELINA-Projekt als weniger geeignet, 3,6 % standen diesem Aspekt neutral (weder noch) gegenüber. Mögliche Erklärungen für die Bewertungen dieser Frage liefern die qualitativen Rückmeldungen in Abb. 3. Die Bewertungen der Verknüpfung von digitalen Medien und realen Naturerfahrungen im Rahmen des durchgeführten Moduls

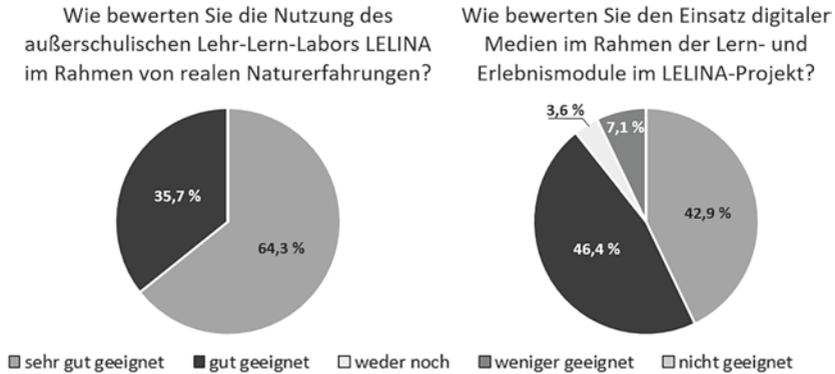


Abb. 1 Bewertung des didaktischen Konzeptes hinsichtlich realer Naturerfahrungen und des Einsatzes von digitalen Medien

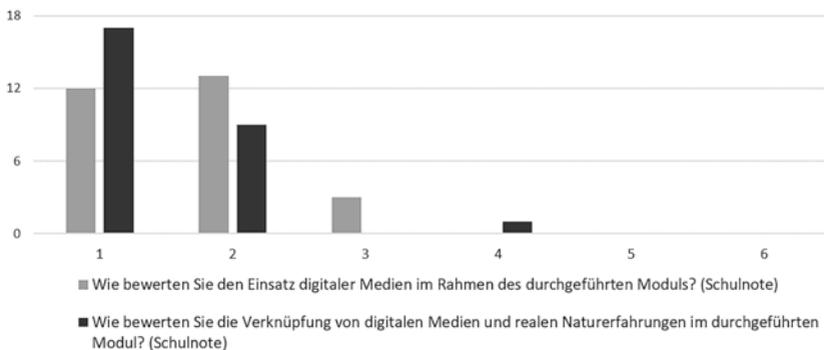


Abb. 2 Bewertung des Einsatzes digitaler Medien und deren Verknüpfung mit realen Naturerfahrungen im durchgeführten Modul

durch die Befragten können Abb. 2 entnommen werden. Demnach haben 17 Studierende die Verknüpfung mit der Note sehr gut (1) und 9 mit gut (2) bewertet. Ihrer Meinung nach besteht dadurch die Möglichkeit, auf der Halbe rasch Zusatzinformationen mit Hilfe der digitalen Medien einzuholen und beim Lernen mit einzubeziehen. Zudem sahen die Studierenden dadurch eine Steigerung der Lernmotivation (Abb. 3). Der Einsatz digitaler Medien im durchgeführten Modul an sich wurde von den Studierenden mehrheitlich mit gut bewertet.



Abb. 3 Ergebnisse zu den Einsatzvorteilen (links) und -nachteilen (rechts) digitaler Medien vor Ort im Gelände

Des Weiteren wurden die Studierenden hinsichtlich ihres Erkenntnisgewinns über den Einsatz von digitalen Medien im Rahmen von realen Naturerfahrungen befragt. 72 % der Teilnehmenden gaben an, viele bis sehr viele neue Erkenntnisse über den Einsatz von digitalen Medien im Rahmen von realen Naturerfahrungen gewonnen zu haben. Dies zeigt, dass die Lehrveranstaltung von den Studierenden als gewinnbringend eingestuft wurde.

Eine Ablenkung von der realen Naturerfahrung durch digitale Medien sah die überwiegende Mehrheit der Studierenden nicht (32 %) oder nur in geringem Maße (57 %). Dies spricht für die Nutzung digitaler Medien im Rahmen von realen Naturerfahrungen.

Die Studierenden bewerteten die theoretische Einbindung des Lehr-Lern-Labors LELINA in Seminar- und Vorlesungskonzepten im Rahmen der Lehramtsausbildung mit der durchschnittlichen Schulnote von 1,92 deutlich positiv. Diese Bewertung spricht für eine obligatorische Einbindung dieser Veranstaltung im Lehramtsstudium der beiden Universitäten, um dadurch die professionelle Vorbereitung auf das Berufsleben einer Lehrkraft durch die im Projekt entwickelten Formate der Naturerfahrung wirksam zu unterstützen.

Ergebnisse der qualitativen Befragung und der teilnehmenden Beobachtung

Die Darstellung der Auswertungsergebnisse der offenen Items des Fragebogens erfolgt in Form von Wortwolken, bei denen ähnliche Antworten übergeordneten Begriffen zugeordnet wurden, die mit wachsender Häufigkeit der Nennungen zunehmend größer dargestellt sind (Abb. 3).

Die größten Vorteile des Einsatzes digitaler Medien vor Ort im Gelände sahen die Studierenden darin, dass sie die Lernumgebung vor Ort mit Zusatzinformationen anreichern können und ihrer Meinung nach die (Lern-)Motivation

gesteigert wird. Interessant ist, dass sie den Einsatz digitaler Medien auch für nachhaltiger ansehen, weil dadurch der Papierverbrauch reduziert werden kann. Als mögliche Nachteile bzw. Probleme des Einsatzes von digitalen Medien vor Ort im Gelände sehen die Studierenden eventuell auftretende Technikprobleme sowie die Netzabdeckung, die möglicherweise an solchen Standorten nicht immer ausreicht. Auch die Wetterabhängigkeit wird als problematisch bewertet (Abb. 3).

Bei der durchgeführten Lehrveranstaltung am außerschulischen Lernort wurden von den Studierenden besonders die Betreuung durch die Dozierenden, das Lernen in der Natur und der Einsatz digitaler Medien positiv hervorgehoben. Auch der vollzogene Perspektivwechsel, der darin bestand, selbst die Rolle der Schülerinnen und Schüler einzunehmen, wurde durchweg als positiv herausgestellt, weil die Studierenden so neue Blickwinkel auf die Planung, Durchführung und Reflexion eigener Lehrvorhaben mit Lernenden an außerschulischen Lernorten gewinnen konnten. Sie erkannten u. a., an welchen Stellen Probleme beim Einsatz von Apps bei den Schülerinnen und Schülern entstehen könnten (z. B. GPS-Signal nicht eindeutig).

Die durchgeführte teilnehmende Beobachtung bestätigt weitgehend die Ergebnisse der quantitativen und qualitativen Befragung. Die Äußerungen der Studierenden in den Reflexionsphasen legen nahe, dass sie sich vor Ort Fachwissen über die Industrienatur als besonderes urbanes Ökosystem aneignen konnten. Hilfreich sei hierbei die Kombination aus realen Naturbegegnungen und digitalen Medien gewesen, z. B. wenn Pflanzen mit Apps bestimmt wurden. Bei der Nutzung der von ihnen als abwechslungsreich bezeichneten digitalen Medien im Gelände waren alle Studierenden sehr lernbegierig, engagiert und kommunikativ, sodass anzunehmen ist, dass die Lernmotivation sehr hoch war. Die in Kleingruppen vorgenommene Arbeit war durch respektvolles Miteinander mit den Studierenden und der Natur geprägt. Außerdem wurden eigene Fragestellungen zum Lerngegenstand entwickelt und kreative Lösungen dafür gefunden. Schließlich wurde das Vorgehen sowohl aus der Sicht der Lernenden als auch aus der Perspektive der Lehrenden gemeinsam intensiv fachdidaktisch reflektiert, indem die zukünftigen Lehrkräfte auch den intendierten Perspektivwechsel (Lernenden- und Lehrendenrolle) vorgenommen haben.

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse der explorativ durchgeführten Befragung deuten an, dass das in der Industrienatur errichtete Lehr-Lern-Labor von der weit überwiegenden Mehrheit der Studierenden als gewinnbringendes Ausbildungselement im Rahmen

des Hochschulstudiums angesehen wird, sowohl als Lern- als auch als Lehrort. Beeindruckt haben die Teilnehmenden gemäß der quantitativen und qualitativen Befragung vor allem die didaktischen Möglichkeiten der Verknüpfung von direkten Naturerfahrungen und digitalen Medien und Methoden. Es zeigt sich, dass das häufig benutzte Argument, digitale Medien würden von der Naturerfahrung ablenken (Ruchter et al. 2010), hier offensichtlich nicht zutrifft. Im Gegenteil, die digitalen Medien eröffnen laut Lehramtsstudierenden Potenziale für eine vertiefte Naturerfahrung. Der Einsatz von digitalen Medien und Methoden vor Ort kann ihrer Meinung nach aber nur dann funktionieren, wenn es keine Technikprobleme gibt, die Netzabdeckung ausreicht und die Wetterverhältnisse dafür geeignet sind. Insgesamt bewerteten die Lehramtsstudierenden das LELINA-Projekt aufgrund des didaktischen Konzeptes als innovative Möglichkeit, digitale Medien mit realen Naturerfahrungen zu verknüpfen. Damit ermöglicht es einen vielversprechenden Zugang, um BNE-Kompetenzen bei Studierenden und Schülerinnen und Schülern aufzubauen. Dies wurde auch bereits in anderen Studien nachgewiesen. So ermittelten beispielsweise Schneider und Schaal (2017) eine gesteigerte Naturverbundenheit bzw. Schaal (2016) eine gesteigerte Wertschätzung der lokalen Biodiversität beim Einsatz von digitalen Medien im Rahmen von realen Naturerfahrungen.

Die Resultate der Fragebogenerhebung verdeutlichen, dass Lehr-Lern-Labore vor Ort in der Natur bisher fast gar nicht in das Lehramtsstudium eingebunden sind, obwohl vielversprechende didaktische Potenziale insbesondere in der Verknüpfung von digitalen Medien und realen Naturerfahrungen bestehen. Demnach wäre eine breitere und intensivere Einbindung von solchen Lehr-Lern-Laboren in die Hochschullehre wünschenswert und sinnvoll (Meier et al. 2021).

Die empirisch erhobenen Bewertungen der zukünftigen Geographie- und Biologielehrkräfte ermöglichen einen ersten und aufgrund der Stichprobenzahl begrenzten Einblick in die didaktisch-methodischen Potenziale eines außerschulischen Lehr-Lern-Labors. Die Weiterentwicklung des Erhebungsinstrumentes und weitere Erhebungen, auch von Schülerinnen und Schülern, sind notwendig, um belastbarere Ergebnisse zu produzieren.

Zukünftig ist geplant, die Studierenden auch nach ihren Erkenntnissen, Erfahrungen und Selbsteinschätzungen zu befragen, wenn sie die Module selbst mit Schülerinnen und Schülern durchgeführt haben.

Förderhinweis Das LELINA-Projekt wird gemeinsam von vier Verbundpartnern, dem Regionalverband Ruhr (RVR, Flächenmanagement), der Ruhr-Universität Bochum (RUB, Entwicklung und Durchführung der Lern- und Erlebnismodule), der Biologischen Station Westliches Ruhrgebiet (BSWR, Monitoring der Flora und Fauna) und der

Bergischen Universität Wuppertal (BUW, Evaluation), umgesetzt. Gefördert wird es im Bundesprogramm ‚Biologische Vielfalt‘ durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV).

Literatur

- Baumert, J., & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenzen von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29–53). Waxmann Verlag.
- Brosch, B., Keil, A., Keil, P., Jeske, I., & Otto, K.-H. (2022). Kind und Stadtnatur – Perspektiven eines Lern- und Erlebnislabs zur Industrienatur in der Metropole Ruhr. In R. Braches-Chyrek, J. Moran-Ellis, C. Röhner, & H. Sünger (Hrsg.), *Handbuch Kindheit, Ökologie und Nachhaltigkeit*. Verlag Barbara Budrich (im Druck).
- Brüning, A.-K., Käpnick, F., Weusmann, B., Köster, H., & Nordmeier, V. (2020). Lehr-Lern-Labore im MINT-Bereich – eine konzeptionelle Einordnung und empirisch-konstruktive Begriffsbezeichnung. 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.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Springer.
- Duit, R. (2008). Zur Rolle von Schülervorstellungen im Unterricht. *geographie heute*, 30(265), 2–6.
- Harris, J.B., & Hofer, M.J. (2011). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in Action: A Descriptive Study of Secondary Teachers' Curriculum-Based, Technology-Related Instructional Planning. *Journal of Research on Technology in Education*, 43(3), 1539–1523.
- Knapp, S., Keil, A., Keil, P., Reidl, K., Rink, D., & H.-J. Schemel (2016). Naturerleben, Naturerfahrung und Umweltbildung in der Stadt. In I. Kowarik, R. Bartz, & M. Brenck (Hrsg.), *Naturkapital Deutschland – TEEB DE: Ökosystemleistungen in der Stadt – Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen*, TU Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (S. 146–169). UFZ, Berlin, Leipzig.
- Mayer, J. (2020). Erkenntnisse mit naturwissenschaftlichen Methoden gewinnen. In H. Gropengießer, U. Harms, & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (12. Aufl., S. 56–61). Aulis Verlag.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. (12. überarbeitete Aufl.). Beltz Verlag.
- Meier, M., Horn, D., Kastaun, M., & Wulff, C. (2021). Erleben, Umsetzen, Nutzen & Forschen – praxisnahe und anwendungsbezogene Lehramtsausbildung am Beispiel von Lehr-Lern-Laboren in der Biologiedidaktik. In D. Bosse R. Wodzinski & C. Griesel (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore der Universität Kassel. Forschungsbasierte Verknüpfung von Theorie und Praxis unter dem Aspekt der kognitiven Aktivierung* (S. 26–47).

- kassel university press. Abgerufen am 15.10.2022 von <https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/13291>.
- OECD (2020). *OECD Lernkompass 2030. OECD-Project Future of Education and Skills 2030*. Abgerufen am 15.10.2022 von https://www.oecd.org/education/2030-project/contact/OECD_Lernkompass_2030.pdf.
- Otto, K.-H., & Schuler, S. (2012). Pädagogisch-psychologische Ansätze. In J.-B. Haversath (Moderator), *Geographiedidaktik. Theorie – Themen – Forschung* (S. 133–164). Westermann.
- Reinmann, G., & Mandl, H. (2006). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In A. Krapp, & W.B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch* (5. Aufl., S. 613–658). Beltz PVU.
- Ruchter, M., Klar, B., & Geiger, W. (2010). Comparing the effects of mobile computers and traditional approaches in environmental education. *Computers & Education*, 54(4), 1054–1067. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.10.010>.
- Schaal, S. (2016). *Die Wertschätzung lokaler Biodiversität mit Geogames fördern – die Bedeutung von spielbezogenem Enjoyment im Spiel „FindeVielfalt Simulation“* [Dissertation]. PH Ludwigsburg.
- Schneider, K., & Keil, P. (2018). Lernen ohne Grenzen – Umweltbildung für Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund im westlichen Ruhrgebiet. In G. Hein, T. Hövelmann, B. Linnemann, M. Menke, F. Wichert & N. Wiersbinski (Hrsg.), *Naturschutz: einladend – sozial – integrativ. Angebote für Menschen mit Migrationshintergrund und Flüchtlinge* (BfN-Skript 499 S. 53–60). Bundesamt für Naturschutz in Zusammenarbeit mit der NABU Naturschutzstation Münsterland und der Natur- und Umweltschutz-Akademie NRW.
- Schneider, J., & Schaal, S. (2017). Location-based smartphone games in the context of environmental education and education for sustainable development: fostering connectedness to nature with Geogames. *Environmental Education Research*, 24(11), 1597–1610. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1383360>.
- Scholkmann A. (2016). Forschend-entdeckendes Lernen: (Wieder-)Entdeckung eines didaktischen Prinzips. Abgerufen am 15.10.2022 von <https://www.researchgate.net/publication/297569270>.



Language Learning Futures

Evaluating the Development of Pre-Service Teachers' TPACK ComPetencies in English as a Foreign Language

Barie Al Masri und Oliver Meyer

Introduction

Educational agendas (OECD 2018; Redecker 2017; Schleicher 2018) have long emphasized the need for new forms of innovative teaching where learners and educators are viewed as stakeholders in digital learning environments. The development of information and communication technology and related economic changes demand refined skills and knowledge young learners need to acquire for life-long learning in the twenty first century (OECD 2015). The need to cultivate and foster 21st century learning skills such as creativity, critical thinking, communication and collaboration is explicitly addressed in the OECD's educational roadmap (Schleicher 2018). Fostering digital literacies, 21st century skills and transferable knowledge requires a shift in pedagogic thinking and centers around the idea of "beginning to see new technologies used in ways that promote deeper learning" (Dede 2014, p. 4). However, educators will only be able to successfully implement these new forms of learning if they possess the skills, commitment and readiness to design rich and authentic digital learning environments (OECD 2015). We can only expect digital learning tools and technologies to offer a higher degree of learner-centeredness and a more

B. A. Masri (✉) · O. Meyer
Department of English and Linguistics, Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
Mainz, Germany
E-Mail: balmasri@uni-mainz.de

O. Meyer
E-Mail: omeyer@uni-mainz.de

explicit focus on learners' needs by providing access to new learning ecosystems if teachers themselves are trained in a similar way (Dede 2014). The use of educational technology and its potential benefit are directly related to the level of expertise of teachers who embrace their roles as mentors in learning partnerships, specifically in the implementation and design processes in which they take special consideration of their students' needs (OECD 2015). Implementing technology effectively in educational contexts transcends pure logistic management challenges and demands the re-engineering of learning processes with sustainable comprehensive strategies that take into consideration educators as change agents.

Teaching-Learning-Lab TEFL

The Master's level seminar 'Language Learning Futures' was designed as a teaching and language learning lab in Teaching English as a Foreign Language to equip students with competencies to design digital learning environments. The focus of this interventional course was on the development of interactive digital textbooks as a way of increasing individual learner engagement and depth of learning inside the EFL classroom. In a first step the pre-service teachers received a specific hands-on-training in a sophisticated authoring software providing the opportunity to develop digital lesson plan artifacts with engaging tasks and multiple interactive widgets for various language learning processes. The hands-on-workshop took place prior to the first seminar session in order to ensure sufficient technological skills of all participants. The training was instructed by technology experts and divided into three phases in which hardware, software and interactive digital widgets relevant for the educational program and crucial for the development of interactive digital textbooks were introduced. The first phase acquainted the participants with the hardware, software and specific properties and features of the authoring software. The second phase offered them the opportunity to use the devices and software to craft a first draft of an interactive digital textbook. In the third and final phase, students could pose the trainers questions, evaluate their progress and troubleshoot potential issues that might had emerged. This preliminary training was followed by the interventional course, in which participants attended sessions on relevant pedagogical, content and technology theories and knowledge for teaching in the EFL classroom. The interventional course shifted pre-service teachers' role from educator to facilitator and implemented principles for innovative learning environments (OECD 2017) such as learner-centeredness, collaboration, creativity and communication

(Trilling and Fadel 2009) in a project-based setting, while at the same time, merging practical and theoretical intake. The seminar was broken down into two course designs with different focuses on the level of pedagogical content knowledge: one had a specific focus on content language integrated learning (CLIL) while the other course focused on a task-based approach to functional grammar. In the teaching and language learning lab, the course participants utilized the authoring software to collaboratively develop interactive digital textbooks addressing multiple functional communicative skills, lexical patterns and task-based approaches for grammar in order to engage learners in various language learning processes. Finally, the digital textbooks were implemented in tablet classes at partner schools so that the pre-service teachers were able to test their lesson plan and to demonstrate their teaching competencies in digital learning environments. The lessons were videotaped providing the opportunity to reflect on teaching and learning processes from various educational and didactic perspectives. Offering pre-service teachers the opportunity to view themselves as stakeholders in digital education and equipping them with the relevant competencies for 21st century (language) learning environments 21st century was realized with the TPACK Framework.

Theoretical Framework

The TPACK Framework (Mishra and Koehler 2006) was used to develop and customize the specific interventional course design for this study since it provides a holistic approach for the integration of educational technology. Expanding Schulman's idea of pedagogical content knowledge with the addition of technology, which is viewed "from within the discipline of teacher education and not imported from psychology, sociology, or cognitive science" (Herring et al. 2016, p. 3), the framework is composed of seven knowledge domains: content knowledge (CK), pedagogical knowledge (PK) and technological knowledge (TK)), the three intersections areas pedagogical content knowledge (PCK) technological content knowledge (TCK), technological pedagogical knowledge (TPK) and the triad of technological pedagogical content knowledge (TPACK). TPACK is the core knowledge domain and "suggests that teachers need to have a deep understanding of each of the above components in order to orchestrate and coordinate technology, pedagogy, and content into teaching" (Koehler et al. 2014, p. 102). The TPACK framework addresses the "necessity of looking past just the technical aspects of educational technology and focusing instead on the overlap between pedagogy, content and technology" (Mishra et al. 2009, p. 51). In order

to develop this understanding, the TPACK framework and its learning technology by design approach were used to orchestrate, balance and implement these various types of knowledge in an integrated fashion while focusing on learning by doing. A learning technology by design approach needs to consider “how technology, pedagogy, and content interrelate, and create a form of knowledge that goes beyond the three separate knowledge bases” (Koehler et al. 2013, p. 2) with an emphasis on “learning by doing, and less so on overt lecturing and traditional teaching” (Mishra and Koehler 2006, p. 1035). Consequently, Language Learning Futures was designed to teach its participants to collaboratively design digital learning experiences for promoting deeper learning processes in the EFL classroom, merging practical and theoretical knowledge into an actual process, in which “design [was] the anchor around which the rest of the class and learning unfold[ed]” (Mishra and Koehler 2006, p. 1035). The strength of such an approach is that content, pedagogy and technology are not addressed separately, but that these aspects are integrated and visible in design activities of digital learning environments. In exploring the affordances and the impact of educational technology, not only are knowledge, skills and competencies important predictors of technology use, but additionally attitudes, beliefs and self-efficacy play a significant role (Ferrari 2013). Various studies (Benton-Borghgi 2016; Dinh 2015; Fanni 2014) embraced the TPACK Framework to investigate factors affecting engagement, technology acceptance, self-efficacy and beliefs about effective technology integration in teaching approaches. The purpose of this study was to measure participants’ perceived TPACK competencies before and after the interventional course addressing the following research question: *How do pre-service teachers perceive their TPACK competencies before and after participating in the interventional course and teaching and language learning lab?*

Methods

In the present study, a quasi-experimental design for two similar interventional course designs Group A and Group B was chosen with the purpose of measuring the impact on participants’ perceived competencies in a pretest-posttest design. For each interventional design a two-tailed paired samples *t*-test was used in order to determine the affordances and effects of the interventions on participants’ perceived competencies in all seven TPACK knowledge domains testing the null hypotheses. At the beginning and at the end of the courses, the data were collected and the emerging scores were examined in regard to their mean score (*M*), standard deviation (*SD*), significance (*p*-value) and effect size (Cohen’s *d_z*).

Instrument

Researchers can apply both qualitative and quantitative methods in order to track the TPACK development and gain a deeper understanding of its nature or its effective integration in teaching approaches. TPACK surveys can be classified in general TPACK surveys for specific technology (Archambault and Barnett 2010), specific pedagogical approaches (Benton-Borghi 2016), specific content area (Baser et al. 2016) and hybrid TPACK surveys (Dinh 2015) adapting TPACK constructs by infusing and merging them with other scales related to demographics, beliefs or teacher attitudes. Reviewing existing TPACK surveys revealed that most assessment instruments “address domain-specific knowledge in rather general terms, thereby making it difficult to measure a teachers’ TPACK in a specific subject domain” (Voogt et al. 2013, p. 119). In many TPACK surveys the boundaries between different TPACK knowledge areas are not precisely defined and a “problem often encountered in TPACK research is the merging of factors during statistical analyses for construct validation” (Chai et al. 2016, p. 101). Specifically, for the intersections, items need to be precise, clearly distinguishing between TPK, PCK, TCK and TPACK in the development process (Baser et al. 2016). Therefore, a general TPACK survey (Schmidt et al. 2009) was transformed into a specific EFL measurement instrument by operationalizing the dimensions of content knowledge (Council of Europe 2018), pedagogical knowledge (Meyer et al. 2018), technology knowledge (Ferrari 2013) technological pedagogical knowledge (Redecker 2017), technological content knowledge (Ferrari 2013) and pedagogical content knowledge (Cambridge English Teaching 2018) thoroughly distinguishing between the knowledge areas as suggested by Chai et al. (2016). Bandura’s guidelines for constructing self-efficacy scales (Bandura 2006) were utilized for the development of the initial item pool in order to assess participants’ self-reported competence perceptions for all knowledge domains on a five-point Likert scale. Measuring TPACK with self-efficacy scales “not only increases predictiveness, but provides guidelines for tailoring programs to individual needs” (Bandura 2006, p. 319). Next, the initial EFL-TPACK survey was reviewed and validated with a random sample of EFL pre-service teachers ($n=294$). The exploratory factor analysis was performed with SPSS 23 and used a principal axis analysis and oblique rotation with Promax rotation method. Kaiser Normalization was applied and only factors based on eigenvalues ≥ 1 were taken into consideration for extraction and data reduction. Thus, 57 items from initially 97 items with satisfactory factor loadings above .4 were extracted and the results indicated a seven-factor structure of the survey in accordance with the TPACK Framework and other findings (Baser 2016; Chai

et al. 2011; Schmidt et al. 2009): The EFL TPACK survey showed a robust content validity, construct validity as well as good values for internal consistency for all seven scales as indicated by their Cronbach's alpha values ranging above .7. The survey items for participants' perceived competencies were initiated with the prompt *I feel competent to* for the primary domains technology knowledge (e.g. layout digital information), pedagogical knowledge (e.g. engage learners in collaborative learning processes) and content knowledge (e.g. demonstrate a wide range of idiomatic English expressions) as well as for the interwoven intersections pedagogical content knowledge (e.g. shape learners' awareness of various English target cultures), technological content knowledge (e.g. enhance my English speaking skills by using digital media), technological pedagogical knowledge (e.g. design digital learning environments to foster student engagement) and technological pedagogical content (e.g. promote EFL speaking skills with authentic digital learning environments).

Participants

The participants were selected from two Master's level seminars 'Language Learning Futures' in TEFL with a different focus on the level of pedagogical content knowledge. While both seminars adopted a Pluriliteracies Approach to Deeper Learning (Doyle and Meyer 2021) course A had a more explicit focus on content language integrated learning (CLIL) while course B focused on a task-based approach to functional grammar. The demographic data is presented in Table 1.

All participants had gained first teaching experiences and about 70% are female; only one participant of each course was older than thirty years. Aside from the content, both instructional interventions followed the same instructional design and used digital technology to instruct the process of designing digital learning environments.

Results

Five assumptions had to be investigated prior to data analysis to define the appropriateness of a paired-samples *t*-test (Cohen et al. 2007). Since the dependent variables were measured on a 5-point Likert scale the assumption of interval scale is met. Next, exploratory data analysis for group A ($n=18$) and B ($n=22$) was performed with SPSS 23 and other than one case of minor deviation

Table 1 Demographic Data, $N=40$, $df=39$ (Group A, $n=18$; Group B, $n=22$)

	Group A CLIL		Group B Grammar	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Gender				
Female	13	72	15	68
Male	5	28	7	32
Age				
21–25	11	61	11	50
26–30	6	33	10	46
31–40	1	6	1	4
Teaching				
Less than 1	10	56	15	68
1–3 years	8	44	4	19
3–5 years	0	0	3	14

in technology knowledge for group A, no outliers were found for any of the seven knowledge domains in both groups. Then, a Shapiro-Wilk test was conducted to check for normal distribution. The differences between the pre-post scores were computed for all seven knowledge domains and the p -value was found larger than ,05 for all seven knowledge domains as assessed by the Shapiro-Wilk test indicating that the data for both groups were normally distributed. Next, the internal consistency of the seven scales was tested and a reliability analysis was conducted in SPSS23 to calculate Cronbach's Alpha. A two-tailed paired samples t -test in a pre-post design was carried out to compare the mean scores (M) of all seven constructs and to determine the significance ($p < ,05$) and the effect size on the basis of Cohen's d_z (Cohen 1988) calculated with G*Power 3.1 based on the mean difference (M) and standard deviation (SD) of the differences. The results are presented in Table 2.

The reliabilities were satisfactory for technology knowledge (TK) with a Cronbach's alpha of above ,7 ($\alpha = ,778$), while pedagogical knowledge (PK) and technological pedagogical content knowledge (TPACK) both had an excellent reliability as assessed by Cronbach's alpha. Content knowledge (CK), pedagogical content knowledge (PCK), technological content knowledge (TCK) and technological pedagogical knowledge (TPK) all had a good internal consistency. The results of the t -test revealed that pre-service teachers' perceived

Table 2 EFL-TPACK t-Test Results of Group A, n = 18; df = 17

Variable	<i>M</i>	<i>SD</i>	α	<i>p</i> *	<i>t</i>	<i>d_z</i>
TK (5)	,97	1,11	,778	,002	3,692	,874
CK (9)	,46	,86	,872	,035	2,295	,535
PK (16)	,79	,70	,923	,000	4,777	1,129
PCK (4)	,59	1,01	,843	,023	2,505	,584
TCK (4)	,93	1,21	,899	,005	3,257	,769
TPK (5)	1,36	1,05	,862	,000	5,546	1,391
TPACK (14)	1,44	1,08	,942	,000	5,636	1,333

Note: All scales are measured on a 5-point Likert scale. SPSS was used for paired samples statistics with $p < ,05$, * two-tailed. Thresholds for Cronbach's alpha: $,7 < \alpha$, satisfactory; $,8 < \alpha$, good; $,9 < \alpha$, excellent

competencies increased for all seven knowledge domains as indicated by all values $p < ,05$ with a significant difference in the pre-post scores. The *t*-test proved that all seven null hypotheses had to be rejected and the alternative hypotheses were adopted due to statistically significant results. The effect sizes were determined with Cohen's d_z (Cohen 1988) and defined as small effect sizes starting from ,2, medium effect sizes from ,5 and large effect sizes from ,8. The highest increase was found for technological pedagogical knowledge (TPK) with a difference between the means $M = 1,36$ and a large effect size $d_z = 1,391$. Large effect sizes were also found for the other knowledge domains of pedagogical knowledge (PK). The lowest gains were found for content knowledge (CK), while the technology domain (TK) technology knowledge was found to have significant increases with $M = ,97$ and an effect size of $d_z = ,874$. The results of the two-tailed paired samples *t*-test for Group B with the focus on a task-based approach to functional grammar are presented in Table 3.

The results for the reliabilities were good for technology knowledge (TK) with a Cronbach's alpha of $\alpha = ,875$, content knowledge (CK) with a Cronbach's alpha of $\alpha = ,821$ and technological content knowledge (TCK) with a Cronbach's alpha of $\alpha = ,817$. Excellent values were achieved in pedagogical content knowledge (PCK), technological pedagogical knowledge (TPK) and specifically in pedagogical knowledge (PK) with a Cronbach's alpha of $\alpha = ,925$ and TPACK with a Cronbach's alpha of $\alpha = ,971$. The results of paired-samples *t*-test indicated

Table 3 EFL-TPACK t-test Results of Group B, $n = 22$; $df = 21$

Variable	<i>M</i>	<i>SD</i>	α	p^*	<i>t</i>	d_z
TK (5)	,93	1,24	,857	,002	3,517	,75
CK (9)	,56	,85	,821	,006	3,064	,659
PK (16)	,86	,90	,952	,001	4,522	,955
PCK (4)	,99	1,14	,910	,001	4,057	,868
TCK (4)	,80	1,40	,817	,012	2,744	,571
TPK (5)	1,22	1,22	,925	,001	4,721	1,00
TPACK	1,11	1,37	,971	,001	3,809	,810

Note: All scales are measured on a 5-point Likert scale. SPSS used for paired samples statistics $p < ,05$, * two-tailed. Thresholds for Cronbach's alpha: $,7 < \alpha$, satisfactory; $,8 < \alpha$, good; $,9 < \alpha$, excellent

that pre-service teachers in group B increased their perceived competencies significantly for all seven knowledge domains as indicated by all values $p < ,05$. The *t*-test revealed that all seven null hypotheses were rejected and due to these statistically significant results, the alternative hypotheses were adopted. The highest increase was found for technological pedagogical knowledge (TPK) and a large effect size $d_z = 1,0$. Large effect sizes were also found for knowledge domains related to pedagogical knowledge: the intervention had large effects on technological pedagogical content knowledge (TPACK) and on pedagogical knowledge (PK) with $d_z = ,955$. The lowest gains were established for content knowledge (CK) with an effect size $d_z = ,745$ followed by pedagogical content knowledge (PCK) with an effect size of $d_z = ,868$.

Discussion

The results suggest that participants of both programs perceived an increase in the desired set of integrated competencies with medium and large effect sizes for all seven knowledge domains of the TPACK Framework. In both groups, the highest differences in means and scores emerged for technological pedagogical knowledge (TPK) and technological pedagogical content knowledge (TPACK) which reflects that the technology intervention in hand-on workshops did in fact appear to positively impact technology knowledge and the intersecting areas. The intervention had effects on participants perceived technological pedagogical

content knowledge (TPACK) with a large effect size indicating that participants felt competent in taking advantage of digital resources that provide various strategies for differentiation and scaffolding to personalize learning experiences for their teaching approaches in the EFL classroom. The highest increase was found for perceived technological pedagogical knowledge (TPK) with largest effect sizes for both interventional groups. Results reported by Chai et al. (2010) state that technological knowledge, pedagogical knowledge and content knowledge significantly predict pre-service teachers' TPACK development. However, their main conclusion is that if "pre-service teachers develop a basic level of PK, they establish a strong knowledge base from which effective technology integration ideas can flourish" (Chai et al. 2010, p. 70). Additionally, the post-course regression model of the same study revealed that technology related competencies were only "increasingly important when teachers gain a certain comfort level with their pedagogical skills" (Chai et al. 2010, p. 70). Similarly, a study on TPACK perceptions of 455 practicing teachers in Singapore revealed the "positive relationship between PK and TPACK [indicating] that teachers' confidence with such kinds of pedagogical practices had positive influence on their TPACK perceptions" (Koh et al. 2013, p. 804). This implies that pedagogical knowledge plays a significant role in developing TPACK competencies. It is also important to note that technology knowledge and its contribution for TPACK development can only have more of an impact if "preservice teachers make stronger connections between TK, PK, CK, and TPACK" (Chai et al. 2010, p. 70). This suggests that if technology knowledge is addressed without an encompassing development of pedagogical and content knowledge, consequently the overall TPACK development will be less effective. Especially if developed in isolation, technological knowledge with "technology literacy as the goal, fail to assist teachers in the development of the educational uses of those tools" (Koehler et al. 2013, p. 5). Similarly, course designs which only "develop pedagogy or content—or even pedagogical content knowledge—do not capture the scope and unique flavor of knowledge needed to effectively teach with technology" (Koehler et al. 2013, p. 5). All in all, the quantitative data showed that the *learning technology by design* approach was able to promote the development of all seven competence domains and pre-service teachers perceived an increase in competencies for fostering learning processes in digital learning environments. We posit that our data support previous finding which suggest that implementing technology to prepare pre-service teachers' for 21st century teaching can be realised effectively only when simultaneously combining technological, pedagogical and content knowledge. However, our data offers no specific data points that would allow us to determine the ideal balance or mix of the various competencies involved in

establishing TPACK in our students. Course monitoring and evaluation along with rethinking and reshaping course design to continually improve quality of learning will therefore remain a vital and ongoing task.

References

- Archambault, L. M., & Barnett, J. H. (2010). Revisiting technological pedagogical content knowledge: Exploring the TPACK framework. *Comput Educ*, 55(4), 1656–1662. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.009>.
- Bandura, A. (2006). Guide for constructing self-efficacy scales. In F. Pajares, & T. C. Urdan (Eds.), *Self-efficacy beliefs of adolescents* (pp. 307–337). IAP – Information Age Pub., Inc.
- Baser, D., Kopcha, T. J., & Ozden, M. Y. (2016). Developing a technological pedagogical content knowledge (TPACK) assessment for preservice teachers learning to teach English as a foreign language. *Comput Assist Lang Learn*, 29(4), 749–764. <https://doi.org/10.1080/09588221.2015.1047456>.
- Benton-Borgi, B. H. (2016). Universal Design for Learning (UDL) infused technological pedagogical content knowledge (TPACK) model prepares efficacious 21st-century teachers. In M. C. Herring, M. Koehler & P. Mishra (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (2nd ed., pp. 143–167). Routledge.
- Cambridge English Teaching (2018). *Framework competency statements*. Cambridge Assessment English. Retrieved 16.10.2022 from <https://www.cambridgeenglish.org/Images/172992-full-level-descriptors-cambridge-english-teaching-framework.pdf>.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C.-C. (2010). Facilitating preservice teachers' development of technological, pedagogical, and content knowledge (TPACK). *J Educ Techno Soc*, 13(4), 63–73.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C.-C. & Tan, L. L. W. (2011). Modeling primary school pre-service teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK) for meaningful learning with information and communication technology (ICT). *Computers & Education*, 57(1), 1184–1193. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.01.007>.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C.-C. (2016). A review of the quantitative measures of technological pedagogical content knowledge (TPACK). In M. C. Herring, M. Koehler & P. Mishra (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (2nd ed., pp. 87–107). Routledge.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). L. Erlbaum Associates.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6th ed). Routledge.
- Council of Europe (Ed.). (2018). *Common European framework of reference for languages: Learning, teaching, assessment—Companion volume with new descriptors*. Cambridge University Press. Retrieved 16.10.2022 from <https://rm.coe.int/cefr-companion-volume-with-new-descriptors-2018/1680787989>.
- Coyle, D., & Meyer, O. (2021). *Beyond CLIL: Pluriliteracies for deeper learning* (1st ed.). Cambridge University Press.

- Dinh, T. B. H. (2015). *Factors influencing English as a foreign language (EFL) teachers' use of information and communication technology (ICT) in classroom practice: A mixed methods study at Hanoi University, Vietnam* [Unpublished Doctoral Dissertation]. Hanoi University, Vietnam. Retrieved 16.10.2022 from <https://researchbank.rmit.edu.au/eserv/rmit:161364/Dinh.pdf>.
- Dede, C. (2014). *The role of digital technologies in deeper learning*. Students at the Center: Deeper Learning Research Series. Jobs for the Future.
- Fanni, F. (2014). *Confidence in technology use: The development and validation of a technological, pedagogical, and content self-efficacy scale for teachers* [Unpublished Doctoral Thesis]. Università della Svizzera italiana, Switzerland. Retrieved 16.10.2022 from <https://core.ac.uk/download/pdf/20663766.pdf>.
- Ferrari, A. (2013). DIGCOMP: A framework for developing and understanding digital competence in Europe. In Y. Punie & B. N. Brečko (Eds.), *JRS scientific and policy reports*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2788/52966>.
- Herring, M. C., Koehler, M. J., Mishra, P., Rosenberg, J., & Teske, J. (2016). Introduction to the second edition of the TPACK handbook. In M. C. Herring, P. Mishra & M. J. Koehler (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (2nd ed., pp. 1–8). Routledge.
- Koehler, M. J. (2012). TPACK explained. *tpack.org*. Retrieved 16.10.2022 from www.matt-koehler.com/tpack2/tpack-explained/.
- Koehler, M. J., Mishra, P., Akcaoglu, M., & Rosenberg, J. (2013). *The technological pedagogical content knowledge framework for teachers and teacher educators* (pp. 2–7). <https://pdfs.semanticscholar.org/8d80/98360cd542c98ac33c47e7b4232919c0a40a.pdf>. Accessed: 16. Oct. 2022.
- Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S., & Graham, C. R. (2014). The technological pedagogical content knowledge framework. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 101–111). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_9.
- Koh, J.H.L., Chai, C.S., & Tsai, C. (2013). Examining practicing teachers' perceptions of technological pedagogical content knowledge (TPACK) pathways: a structural equation modeling approach. *Instr Sci*, 41, 793–809. <https://doi.org/10.1007/s11251-012-9249-y>.
- Meyer, O., Imhof, M., Coyle, D., & Banerjee, M. (2018). Positive learning and pluriliteracies. Growth in higher education and implications for course design, assessment and research. In O. Zlatkin-Troitschanskaia, G. Wittum & A. Dengel (Eds.), *Positive learning in the age of information* (pp. 235–265). Springer Fachmedien.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teach Coll Rec*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>.
- Mishra, P., Koehler, M., & Kereluik, K. (2009). The song remains the same: Looking back to the future of educational technology. *TechTrends*, 53(5), 48–53. <https://doi.org/10.1007/s11528-009-0325-3>.
- OECD (2015). *Students, computers and learning: Making the connection, PISA*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264239555-en>.
- OECD. (2017). *The OECD handbook for innovative learning environments*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264277274-en>.

- OECD (2018). *Education at a glance 2018: OECD indicators*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/eag-2018-en>.
- Redecker, C. (2017). European framework for the digital competence of educators DigCompEdu. In Y. Punie (Ed.), *EUR 28775 EN*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>.
- Schleicher, A. (2018). *World class: How to build a 21st-century school system, strong performers and successful reformers in education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/4789264300002-en>.
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK): The development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *JRTE*, 42(2), 123–149. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782544>.
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times* (1st ed.). Jossey-Bass.
- Voogt, J., Erstad, O., Dede, C., & Mishra, P. (2013). Challenges to learning and schooling in the digital networked world of the 21st century: Learning and schooling in a digital world. *J Comput Assist Learn*, 29(5), 403–413. <https://doi.org/10.1111/jcal.12029>.



Lehr-Lern-Labor-Seminare mit Oberstufenschülerinnen und -schülern

Kooperatives Arbeiten mit digitalen Tools in den
Bildungswissenschaften

Julian Kempf und Dorit Bosse

Lehr-Lern-Labore in den Bildungswissenschaften

Lehr-Lern-Labore sind ein bisher überwiegend im naturwissenschaftlichen Bereich etabliertes hochschuldidaktisches Format, das eine Brücke zwischen theoriebasierten und schulpraktischen Teilen der Lehrkräftebildung schlagen soll. Verglichen mit länger andauernden Praxisphasen gilt bei Lehr-Lern-Labor-Seminaren insbesondere die Komplexitätsreduktion (Marohn et al. 2020) als essenziell. Während alltäglicher Unterricht, auch in den Schulpraktika, aufgrund situativer, sozialer und personaler Verflechtungen von hoher Unbestimmtheit geprägt ist (Czerwenka 2000), werden in Lehr-Lern-Laboren gezielt Reduktionen vorgenommen. Studierende planen keine ganzen Unterrichtsstunden oder gar Doppelstunden mit einem breiten Themenspektrum, sondern konzentrieren sich auf ca. 30-minütige Unterrichtsminiaturen mit einem thematischen Fokus. Die Unterrichtsminiaturen werden nicht mit kompletten Klassen oder Kursen durchgeführt, sondern mit kleinen Schülerinnen- und Schülergruppen an der Universität als einem geschützten Raum außerhalb des regulären Schulbetriebs. Lehr-Lern-Labor-Arbeit ist im Vergleich zu den Schulpraktischen Studien, die

J. Kempf (✉) · D. Bosse

Schulpädagogik mit dem Schwerpunkt Gymnasiale Oberstufe, Universität Kassel,
Kassel, Deutschland

E-Mail: j.kempf@uni-kassel.de

D. Bosse

E-Mail: bosse@uni-kassel.de

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden
GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

M. Meier et al. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung*, Edition
Fachdidaktiken, https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_9

im Feld Schule stattfinden, experimentell angelegt. So gehört Evaluation genuin zu Lehr-Lern-Laboren, um nach der Auswertung der ersten Unterrichtsminiatur eine zweite auf der Grundlage der Evaluationsergebnisse in modifizierter Weise planen zu können. Auch die zweite Unterrichtsminiatur mit einer anderen Lernendengruppe wird wiederum evaluiert und in Abgrenzung zum ersten Durchgang ausgewertet. Teil der Evaluation ist jeweils eine systematische Selbst- und Fremdbeobachtung der stattgefundenen Unterrichtsminiatur sowie die gezielte Beobachtung der Schülerinnen und Schüler unter zuvor festgelegten Kriterien, um die stattfindenden Lernprozesse diagnostizieren zu können (Bosse et al. 2020).

Wissenschaftspropädeutisches Arbeiten und argumentative Kompetenzen

Das Thema *Argumentieren* wurde gewählt, da die Fähigkeit zu argumentieren als eine Schlüsselkompetenz des demokratischen Zusammenlebens in einer wissenschaftsorientierten Gesellschaft gilt. Gerade in einer Zeit zunehmend komplexer werdender digitaler Kommunikations- und Informationsmöglichkeiten (Wessler et al. 2018) kann die Selbstbestimmung des Einzelnen nur aufrechterhalten werden, indem Informationen und Argumente kritisch hinterfragt und bewertet werden. Dies gilt insbesondere für Heranwachsende, die ihr eigenes Wertesystem auch unter dem Einfluss virtueller sozialer Netzwerke entwickeln (Reinicke 2015). Schülerinnen und Schüler benötigen die Fähigkeit zu argumentieren, um sich mit komplexen Problemen auseinandersetzen zu können, Informationen zu verarbeiten und logische Schlüsse zu ziehen. Die Argumentationskompetenz findet sich in den Bildungsstandards und Kerncurricula nahezu aller Schulfächer, wobei das Argumentieren selbst Bildungsziel sein kann, etwa im Fach Deutsch, während es in anderen Fächern vor allem dem Aufbau fachlicher Kompetenzen dient (Budke und Meyer 2015). Auch in der Trias der gymnasialen Oberstufe – der vertieften Allgemeinbildung, der Studierfähigkeit und der Wissenschaftspropädeutik – wird insbesondere hinsichtlich des letzten Ziels der Bezug zu argumentativen Kompetenzen deutlich (Bosse und Kempf 2019). Wissenschaftspropädeutisches Lernen soll auf wissenschaftliches Arbeiten vorbereiten, bei dem wiederum dem Schreiben ein hoher Stellenwert zukommt. Wissenschaftliches Schreiben ist vom Umgang mit Kontroversen geprägt. Studierende sind herausgefordert, sich beispielsweise mit dem Geltungsanspruch von Thesen kritisch auseinanderzusetzen und gegenüber einem Kontrahenten oder einer Kontrahentin begründet Stellung zu nehmen. Entsprechend bedarf es in der Ober-

stufe Methoden und Tools zum gemeinsamen Argumentieren, um mit einem oder mehreren ‚Gegenspielerinnen und Gegenspielern‘ das Prüfen, Entwickeln, Ordnen und Verknüpfen von Thesen, Argumenten, Fakten, Beispielen und Schlussfolgerungen einzuüben (Kempf 2020).

Kooperatives Arbeiten mit digitalen Tools

Kooperatives Lernen ist, adäquate Rahmenbedingungen vorausgesetzt, eine Lehr-Lern-Methode, die in allen Disziplinen und Unterrichtsfächern erfolgreich praktiziert werden kann (Borsch 2018; Kyndt et al. 2013). Durch die Verwendung digitaler Tools können innovative Formen kooperativen Lernens für schulisches Lernen erprobt werden. Der Einsatz digitaler Tools im Unterricht allein bedingt allerdings noch kein erfolgreiches Lernen (Blossfeld et al. 2018). Entscheidend ist, mit welchen didaktischen Funktionen bestimmte Tools in einem spezifischen thematischen Lehr-Lern-Kontext verwendet werden. Um Studierende hinsichtlich dieser pädagogischen und didaktischen Herausforderung zu fördern, werden im vorgestellten Lehr-Lern-Labor Lernszenarien erarbeitet, in denen die Potenziale digitaler kooperativer Lernumgebungen für wissenschaftspropädeutisches Arbeiten und Argumentieren theoriebasiert erarbeitet und handlungsorientiert erprobt werden. Zum Einsatz kommen dabei webbasierte kollaborative Texteditoren (z. B. etherpad.org), Concept-Mapping (z. B. bubbl.us) oder Tools zur Visualisierung von Argumenten (z. B. kialo-edu.com). Die Erprobung profitiert von der geschützten Rahmung eines Lehr-Lern-Labors, denn das Zusammenspiel von Lehren, Lernen und Technik bringt eine hohe Komplexität mit sich und bedarf einer präzisen Gesamtkoordination auf Meta- und Inhaltsebene, um qualitativ wertvolle Lernprodukte hervorzubringen (Erkens et al. 2005; Stahl et al. 2014).

Konzeption des Lehr-Lern-Labors

Das vorgestellte Lehr-Lern-Konzept wird durchgeführt im Teilprojekt *Kooperatives Arbeiten mit digitalen Tools in Lehr-LernLabor-Settings* des Projekts *Professionalisierung im Kasseler Digitalisierungsnetzwerk (PRONET-D)*, Förderung durch BMBF, Laufzeit 03/2020–12/2023). Ziel ist die Professionalisierung von Studierenden, bezogen auf den Einsatz digitaler Tools im Unterricht zum Thema Argumentieren als eine Schlüsselkompetenz für wissenschaftspropädeutisches Arbeiten in der gymnasialen Oberstufe (Bosse und Kempf 2019). Konkret werden entsprechend des Europäischen Rahmens für die digitale

Kompetenz von Lehrenden (Redecker 2017) die pädagogisch-didaktischen und technologischen Fähigkeiten und Fertigkeiten von Lehramtsstudierenden hinsichtlich der Entwicklung, Durchführung und Reflexion digitaler Unterrichtsszenarien adressiert. Realisiert wird das Lehr-Lern-Konzept durch die reflexive Verzahnung von Theorie- und Praxisphasen innerhalb des bildungswissenschaftlichen Teils der Lehrkräftebildung. Dies bedeutet, dass sich Studierende mit dem unterschiedlichen pädagogisch-didaktischen Potenzial digitaler Tools vertieft auseinandersetzen, um darauf aufbauend Unterrichtsminiaturen zu planen, die auf digitale Interaktionsmöglichkeiten beim kooperativen Lernen zum Thema Argumentieren fokussieren. Theoretisch erarbeitet werden vor der Planung der ersten Unterrichtsminiatur folgende Themen: ‚Lehr-Lern-Labor und forschendes Lernen‘, ‚Argumentationskompetenz‘, ‚Argumentieren im Fachunterricht‘, ‚Effektives Unterrichten‘, ‚Aufgabenformate‘ sowie ‚Digitale Tools und Modelle zu deren Einsatz im Unterricht‘.

Zur Durchführung der komplexitätsreduzierten Unterrichtsminiaturen werden kleine Gruppen von fünf bis sieben Oberstufenschülerinnen und -schülern eingeladen, an den entwickelten Lehr-Lernszenarien teilzunehmen, in Präsenz in den Räumen der Universität oder auch digital. Entsprechend den evidenzbasierten Empfehlungen zur Ausgestaltung von Lehr-Lern-Labor-Seminaren (Rehfeld et al. 2020) führen die Studierenden in Zweier- oder Dreierteams zwei Unterrichtsminiaturen durch. Dabei übernehmen die Studierenden unterschiedliche Aufgaben. In einem Dreierteam werden zumeist die Verantwortlichkeiten in folgender Weise verteilt: Unterrichten, kriteriengeleitetes Beobachten und verantwortlich sein für den reibungslosen Einsatz der digitalen Tools. Die Verantwortlichkeit kann bei der zweiten Unterrichtsminiatur dann getauscht werden. Die Gestaltung der zweiten basiert auf der theoriebezogenen Reflexion und dem Feedback der Schülerinnen und Schüler der ersten Unterrichtsminiatur. Fokussiert wird hierbei im Besonderen auf den gewinnbringenden Einsatz der digitalen Tools hinsichtlich der Aufgabenstellung, der Zielsetzung der Unterrichtsminiatur sowie insgesamt der Berücksichtigung der Qualitätsmerkmale effektiven Unterrichts, wie beispielsweise die kognitive Aktivierung der Schülerinnen und Schüler.

Evaluation des Lehr-Lern-Labors

Stichprobe

Insgesamt liegen Daten von 70 Studierenden vor, die während des Wintersemesters 2020/21 und des Sommersemesters 2022 an den Lehr-Lern-Labor-Seminaren teilnahmen. $N=43$ Studierende (Alter: $M=24,92$, $SD=4,47$;

Geschlecht: 0 d, 15 m, 28 w) nahmen an allen Befragungen teil, davon studierten 65 % Lehramt für Gymnasien, 19 % Lehramt für Haupt- und Realschulen und jeweils unter 10 % Lehramt für Grundschulen oder Berufsschulen. Pandemiebedingt wurden alle Seminare wie auch die Unterrichtsminiaturen komplett digital realisiert.

Mehrperspektivische Unterrichtswahrnehmung

Im direkten Anschluss an die im Rahmen der Lehr-Lern-Labor-Seminare durchgeführten Unterrichtsminiaturen füllten sowohl die Studierenden als auch die Schülerinnen und Schüler einen Online-Kurzfragebogen zur Unterrichtswahrnehmung aus. Die enthaltenen Fragen zielen auf Aspekte der Strukturierung (adaptiert nach Wierstra 1999; z. B. ‚In der Unterrichtsminiatur gab es einen roten Faden‘), des Alltagsbezugs (adaptiert nach Baumert et al. 2009; z. B. ‚In der Unterrichtsminiatur hatte die Aufgabe viel mit dem täglichen Leben zu tun‘), der kognitiven Aktivierung (Voss et al. 2014; z. B. ‚In der Unterrichtsminiatur sollten wir unsere Überlegungen genau begründen‘), des Schwierigkeitsgrads der Aufgabenstellung sowie der Eignung der eingesetzten digitalen Tools (Eigenentwicklung; z. B. ‚In der Unterrichtsminiatur passten die digitalen Tools zu den Inhalten‘). Auf dieser Basis erhielten alle Teilnehmenden eine visualisierte Gegenüberstellung der Perspektiven von Lernenden und Lehrenden auf die Unterrichtsminiatur (Abb. 1) sowie eine Einschätzung des Schwierigkeitsgrades und ggf. ergänzende Kommentare. Aus datenschutzrechtlichen Gründen (Gruppengrößen z. T. $< N=5$) konnten diese Daten jedoch nicht auf Individual-ebene analysiert werden.

Erfassen der fachlichen und fachdidaktischen Kompetenzen der Studierenden zum Thema *schriftliches Argumentieren*

Zu Beginn und am Ende der Lehr-Lern-Labor-Seminare wurden die Studierenden zu ihren fachlichen und fachdidaktischen Kompetenzen bezüglich des Themas *schriftliches Argumentieren* (Eigenentwicklung; Kempf 2020) befragt. Das Instrument umfasst inhaltlich aufeinander Bezug nehmende Aufgaben und beginnt mit einer Adaption der Schreibaufgabe *Leserbrief* aus den bundesweiten Vergleichsarbeiten VERA im Fach Deutsch für die 8. Klasse (IQB 2011). Die Aufgabe stellt ein kontroverses Thema (Verhalten von Schülerinnen und Schülern

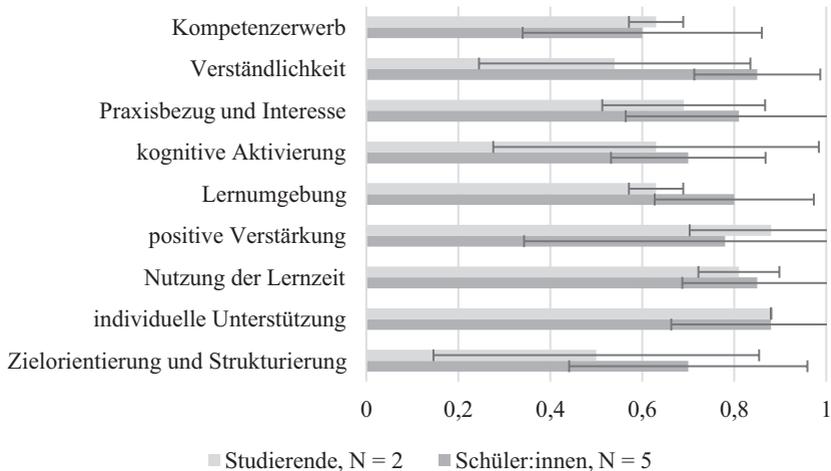


Abb. 1 Beispiel für das mehrperspektivische Feedback zur Wahrnehmung der Unterrichtsminiatur mit Mittelwert (je höher, desto positiver) und Standardabweichung

während einer Busfahrt) dar und fordert auf, dazu schriftlich Stellung zu nehmen (Abb. 2).

So muss zunächst der Leserbrief einer Lokalzeitung gelesen werden, in dem sich eine ältere Dame über das unhöfliche Verhalten von Jugendlichen beschwert. Anschließend sollten von Schülerinnen und Schülern dazu verfasste Antworten benotet werden. Darüber hinaus wurde mittels einer 5-stufigen Likert-Skala abgefragt, welche weiteren Handlungen für ein konstruktives Feedback zu der Aufgabebearbeitung relevant erscheinen (Beispielitem: ‚Stellen Sie sich vor, Sie geben den Schüler:innen konstruktives Feedback zu ihren Leserbriefen. Wie stehen Sie zu der folgenden Aussage? *Ein konstruktives Feedback zu einer von Schüler:innen bearbeiteten Aufgabe legt Entwicklungsmöglichkeiten dar.*‘).

Die Ermittlung der Testergebnisse erfolgte über die Berechnung der absoluten Abweichung der Studierendenantworten von den Mittelwerten vorab befragter Expertinnen und Experten ($N=32$ erfahrene Deutschlehrkräfte). Die interne Konsistenz des Tests zeigt sich auf Basis der bisher vorliegenden Stichprobe für sechs final ausgewertete Items im Posttest akzeptabel ($\alpha=,74$) und im Prätest zweifelhaft ($\alpha=,64$), gilt somit jedoch als ausreichend, um bei einer noch anwachsenden Stichprobengröße Gruppenvergleiche auszuwerten (Lienert und Raatz 1998).

Schüler:innen der Jahrgangsstufe 8 erhielten folgenden Text mit der Aufgabe:

„Schreibe einen Leserbrief, in dem Du zu dem Vorwurf Lina K.s Stellung nimmst.“

Der Anlass zu diesem Brief ist eine Busfahrt, die ich heute gegen 13 Uhr mit der Linie B6 in Richtung Villach unternommen habe. Wieder einmal war ich empört über das ungebührliche und freche Verhalten von Jugendlichen, zumeist Schülern. Schon beim Einsteigen in den Bus drängten sie mich unter Schreien und Toben zu Seite, sodass ich nur mit Mühe eine Fahrkarte lösen konnte. Als ich endlich ins Wageninnere gelangte, dachte natürlich keiner der jungen „Damen und Herren“ daran, mir einen Platz anzubieten, obwohl ich zwei schwere Einkaufstaschen zu schleppen hatte. Die Jugendlichen unterhielten sich und lachten so laut, dass man sein eigenes Wort nicht verstehen konnte.

Als ich mir erlaubte zu sagen, dass es ihnen wohl an guter Kinderstube fehle, bekam ich nur freche Antworten und Gelächter zu hören.

Solches Verhalten hätte es zu meiner Jugendzeit nicht gegeben. Da trat man älteren Menschen noch in höflicher und rücksichtsvoller Weise gegenüber. Diese Verrohung der heutigen Jugend stimmt mich doch sehr bedenklich. Bringen denn die modernen Eltern und Lehrer den Jugendlichen keine Manieren mehr bei?

Lina K.

Ferlach in Kärnten

Gartengasse 3

Bewerten Sie die folgenden Schülerantworten auf einen Leserbrief bitte mit einer Schulnote von 1 bis 6, achten Sie dabei auf folgende Fragen:

- Beachten die Schülerinnen und Schüler die (teils impliziten) Hinweise im Schreibauftrag und im Stimulus hinsichtlich Funktion, Textsorte, Adressat und Inhalten?
- Erkennen sie die Position von „Lina K.“?
- Formulieren sie eine eigene, widerspruchsfreie Position und können sie diese ins Verhältnis zu der Position von „Lina K.“ setzen?
- Gelingt es ihnen, ihre Position sprachlich nachvollziehbar und adressatenorientiert darzustellen?
- Können sie ihre Position argumentativ stützen?
 - a) Ich schreibe den Brief, weil ich finde, dass Lina K. falsch liegt. Sie meint früher wäre alles besser gewesen. Das stimmt nicht. Und warum sollte man den Alten Platz machen? Man kann lieber selber sitzen. Ich kenne die ja nicht und deswegen mache ich denen auch keinen Platz. Auch meint Lina K., dass die Kinder ja so laut lachen. Doch das ist doch normal, oder nicht? Früher haben die Kinder auch gelacht und das werden sie auch hoffentlich immer tun.
 - b) [...]

Abb. 2 Beispielaufgabe ‚Benotung von Schülerinnen- und Schülerantworten‘. (In Anlehnung an IQB 2011)

Erfassen der pädagogischen und technologischen Kompetenzen der Studierenden

Die Erhebung der pädagogischen und technologischen Kompetenzen der Studierenden erfolgte ebenfalls zu Beginn und zum Ende der Lehr-Lern-Labor-Seminare im Rahmen einer Befragung des Gesamtprojekts PRONET-D, die Aspekte zum Einsatz digitaler Medien hinsichtlich Motivation (MOT), Selbstwirksamkeit (SWK) und Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK) erfasste. Eine Übersicht der je 6-stufig Likert-skalierten Fragen kann Tab. 1 entnommen werden.

Erste Ergebnisse

Auf Basis der vorliegenden Stichprobe lässt sich kein signifikanter Kompetenzzuwachs der fachlichen und fachdidaktischen Kompetenzen zum Thema *schriftliches Argumentieren* von Prä- zu Posttest feststellen ($t(42) = -0,80$, $p = ,43$). Hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien im Unterricht geben die Studierenden gegen Ende der Lehr-Lern-Labor-Seminare im Vergleich zum Beginn signifikant höhere Werte bezüglich Motivation und Selbstwirksamkeit an. Insbesondere wird angegeben, über ein deutlich höheres Technological Pedagogical Content Knowledge zu verfügen (Abb. 3).

Weitere Erkenntnisse zu den durchgeführten Lehr-Lern-Labor-Seminaren lassen sich aus Fragen an die Studierenden mit offenem Antwortformat (z. B.

Tab. 1 Übersicht und interne Konsistenz der eingesetzten Skalen

Konstrukt (Quelle)	Items	Beispielitem	α
Motivation (Vogelsang et al. 2019)	4	Mir macht es Freude, mir zu überlegen, wie ich digitale Medien im Unterricht einsetzen kann	prä: ,86 post: ,87
Selbstwirksamkeit (Salas 2019)	4	Ich traue mir zu, beim Einsatz von digitalen Medien im Unterricht den Schülerinnen und Schülern Dinge beizubringen, die sie noch nicht wissen	prä: ,81 post: ,77
TPCK (Übersetzung von Chai et al. 2013; Adaption nach Endberg und Lorenz 2016)	7	Ich kann digitale Medien auswählen, mit denen sich die Fachinhalte im Unterricht besser vermitteln lassen	prä: ,90 post: ,88

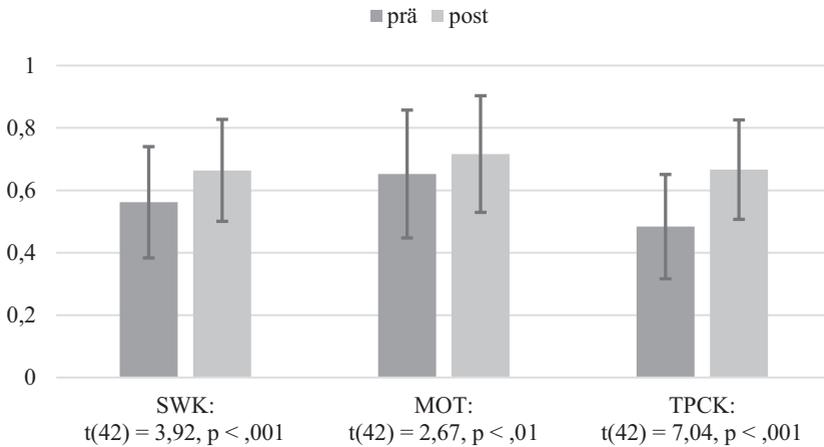


Abb. 3 Einschätzung zum eigenen Einsatz digitaler Medien im Unterricht (Mittelwerte, Standardabweichungen und statistische Kennwerte im Vergleich von Prä- und Posttest)

„Welche Anregungen und Verbesserungsvorschläge haben Sie für diese Lehrveranstaltung in Bezug auf das Thema Digitalisierung?“) sowie aus deren Prüfungsleistungen ableiten, da diese eine persönliche Reflexion des Lehr-Lern-Labor-Seminars beinhalten. Als positiver Aspekt wird vor allem der Praxisbezug, also das Arbeiten mit Schülerinnen und Schülern, hervorgehoben. Die Studierenden bestätigen auch hier, sich nach dem Seminar sicherer im Umgang mit digitalen Tools zu fühlen, aber auch Kompetenzen zur Durchführung argumentativer Lernszenarien erworben zu haben. Ein weiterer Punkt, den die Studierenden positiv hervorheben, ist die gründliche theoretische Erarbeitung von Voraussetzungen, die für die Durchführung der Unterrichtsminiaturen im Rückblick als notwendig erachtet werden (etwa die gemeinsame Textbearbeitung im Seminar zu Themen wie ‚Lehr-Lern-Labor‘, ‚Aufgabenformate‘ oder ‚Merkmale effektiven Unterrichts‘). Es wird immer wieder zurückgemeldet, dass bei diesem Seminarkonzept die Verzahnung von theoretischem Wissen und unterrichtspraktischer Expertise unmittelbar erkennbar und erfahrbar gewesen sei. Außerdem sei das Feedback der Kommilitoninnen und Kommilitonen und Schülerinnen und Schüler nach den beiden Unterrichtsminiaturen ausgesprochen hilfreich zur Erweiterung der eigenen Perspektive auf die selbstgestalteten Lehr-Lern-Situationen. Problematisiert wird, dass die Schülerinnen und Schüler und somit auch deren Kompetenzstand vor der Durchführung der

Unterrichtsminiaturen nicht bekannt sind. Darüber hinaus wird das Zeitlimit für eine effektive Lernzeit von 30 min häufig als zu kurz beschrieben.

Fazit

Lehr-Lern-Labore bieten Lehramtsstudierenden auch in den Bildungswissenschaften eine neue Form der unterrichtspraktischen Erprobung, bei der eine Vielzahl an Unwägbarkeiten des Unterrichtsalltags mit kompletter Klassengröße und komplexer Unterrichtsthematik, eingebunden in den regulären Schulbetrieb, deutlich reduziert ist. Die experimentelle Anlage des Konzepts von Lehr-Lern-Laboren erlaubt es, Unterrichten mit digitalen Tools in einem kooperativen Lernsetting im Sinne forschenden Lernens systematisch zu erproben, zu beobachten und auszuwerten, um die zweite Unterrichtsminiatur gezielt modifizieren zu können. Die bisher vorliegenden Daten zeigen, dass die Studierenden im bildungswissenschaftlichen Teil ihres Lehramtsstudiums das Angebot nutzen konnten, um ihre Motivation zu erhöhen und ihre Kompetenzen im Umgang mit digitalen Medien zu erweitern. Dass hinsichtlich der fachlichen und fachdidaktischen Kompetenzen zum Thema *schriftliches Argumentieren* kein Kompetenzzuwachs festgestellt werden konnte, könnte zum einen durch den Fokus der Seminare auf die eingesetzten Tools und mediendidaktischen Konzepte begründet sein. Zum anderen gilt es jedoch, auch die Antworten der erfahrenen Lehrkräfte zu hinterfragen, deren Überzeugungen sich von denen der Studierenden aufgrund des täglichen Handlungsdrucks, verbunden mit damit einhergehenden Routinen, möglicherweise zwangsläufig unterscheiden müssen. Darüber hinaus könnte auch das Format *Leserbrief* von den Studierenden, verglichen mit den erfahrenen Lehrkräften, als eher veraltet und wenig vertraut wahrgenommen werden. Hinsichtlich der Durchführung der Unterrichtsminiaturen ist zu diskutieren, ob der Zeitrahmen einer effektiven Lernzeit von 30 min erweitert oder im Interesse der Komplexitätsreduktion so beibehalten werden sollte.

Bisher ist noch wenig über die Wirkung unterschiedlicher Unterstützungsformen für Studierende bei der Lehr-Lern-Labor-Arbeit bekannt. Deshalb werden die durchgeführten Lehr-Lern-Labore im Rahmen eines experimentellen Designs dahingehend untersucht, welche Auswirkungen die Komplexitätsreduktion durch eine professionelle Begleitung der Lehr-Lern-Labor-Versuche im Vergleich zu einer weitgehend selbstgesteuerten Erarbeitung, Auswertung und Modifikation auf den Kompetenzzuwachs der Studierenden hat. Hierzu wird variiert, ob die Studierenden bei der Planung, Analyse, Reflexion und Überarbeitung der

Unterrichtsm miniaturen von Dozentinnen und Dozenten unterstützt werden oder ob sie diese Schritte vorwiegend gemeinsam mit ihren Peers auf Basis von fachdidaktischem Material, gegenseitigem Coaching (Becker und Staub 2018) sowie Reflexionsbögen vornehmen.

Förderhinweis Das diesem Betrag zugrunde liegende Vorhaben wurde im Rahmen im Rahmen des Teilprojektes ‚Kooperatives Arbeiten mit digitalen Tools in Lehr-Lernlabor-Settings‘ des Projekts PRONET-D der Universität Kassel zur gemeinsamen ‚Qualitätsoffensive Lehrerbildung‘ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2012 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor und der Autorin.

Literatur

- Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Kunter, M., Löwen, K., Neubrand, M., & Tsai, Y.-M. (2009). *Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz (COACTIV): Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Becker, E. S., & Staub, F. C. (2018). Fortbildung im Fachspezifischen Unterrichtscoaching – Ein Werkstattbericht zur Gestaltung einer Blended-Learning-Lernumgebung. In C. Reintjes, G. Bellenberg & G. im Brahm (Hrsg.), *Mentoring und Coaching als Beitrag zur Professionalisierung angehender Lehrpersonen* (S. 85–102). Waxmann.
- Blossfeld, H. P., Bos, W., Daniel, H. D., Hannover, B., Köller, O., Lenzen, D., McElvany, N., Roßbach, H.-G., Seidel, T., Tippelt, R., & Wößmann, L. (2018). *Digitale Souveränität und Bildung. Gutachten*. Waxmann.
- Borsch, F. (2018). *Kooperatives Lernen: Theorie-Anwendung-Wirksamkeit*. Kohlhammer Verlag.
- Bosse, D., & Kempf, J. (2019). Argumentationskompetenz im Deutschunterricht der Oberstufe und deren Förderung durch digitales Lernen. In U. Steffens & R. Messner (Hrsg.), *Konzepte und Bedingungen qualitätsvollen Unterrichts – Grundlagen der Qualität von Schule (Band 3)* (S. 403–417). Waxmann.
- Bosse, D., Meier, M., Trefzger, T., & Ziepprecht, K. (2020). Lehr-Lern-Labore – universitäre Praxis, empirische Forschung und zukünftige Entwicklung. *LbP* 13(1), 5–24.
- Budke, A., & Meyer, M. (2015). Fachlich argumentieren lernen – die Bedeutung der Argumentation in den unterschiedlichen Schulfächern. In A. Budke, M. Kuckuck, M. Meyer, F. Schäbitz, K. Schlüter & G. Weiss (Hrsg.), *Fachlich argumentieren lernen. Didaktische Forschungen zur Argumentation in den Unterrichtsfächern* (S. 9–28). Waxmann.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C. C. (2013). A review of technological pedagogical content knowledge. *J Educ Techno Soc*, 16(2), 31–51.

- Czerwenka, K. (2000). Abschließende Bemerkungen zum Thema Professionalisierung. In O. Jaumann-Graumann & W. Köhnlein (Hrsg.), *Lehrerprofessionalität – Lehrerprofessionalisierung. Jahrbuch Grundschulforschung* (Bd. 3, S. 63–66). Klinkhardt.
- Endberg, M., & Lorenz, R. (2016). Selbsteinschätzung medienbezogener Kompetenzen von Lehrkräften in Deutschland und im Bundesländervergleich. In W. Bos, R. Lorenz, M. Endberg, B. Eickelmann, R. Kammerl & S. Welling (Hrsg.), *Schule digital – der Länderindikator 2016, Kompetenzen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I im Umgang mit digitalen Medien im Bundesländervergleich* (S. 180–208). Waxmann.
- Erkens, G., Jaspers, J., Prangmsma, M., & Kanselaar, G. (2005). Coordination processes in computer supported collaborative writing. *Comput Human Behav*, 21(3), 463–486. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2004.10.038>.
- IQB (Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen) (2011). *VERA. Beispielaufgaben Deutsch Sek I. Aufgabenbereich: VERA-8 Deutsch Schreibaufgaben*. Abgerufen am 25. November 2018 von <https://www.iqb.hu-berlin.de/vera/aufgaben/de1www.iqb.hu-berlin.de/vera/aufgaben/de1>.
- Kempf, J. (2020). *Argumentieren(d) lernen in den Sekundarstufen zur Vorbereitung wissenschaftlichen Arbeitens* [Dissertation]. Universität Kassel.
- Kyndt, E., Raes, E., Lismont, B., Timmers, F., Cascallar, E., & Dochy, F. (2013). A meta-analysis of the effects of face-to-face cooperative learning. Do recent studies falsify or verify earlier findings? *Educ Res Rev*, 10, 133–149. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.02.002>.
- Lienert, G., & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse*. Psychologie Verlags Union.
- 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-Laboren. Innovative Lehrformate in der Lehrerbildung zum Umgang mit Heterogenität und Inklusion* (S. 17–31). Waxmann.
- Redecker, C. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators*. Publications Office of the European Union.
- Rehfeldt, D., Klempin, C., Brämer, M., Seibert, D., Rogge, I., Lücke, M., Sambanis, M., Nordmeier, V., & Köster, H. (2020). Empirische Forschung in Lehr-Lern-Labor-Seminaren – Ein Systematic Review zu Wirkungen des Lehrformats. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 34, 149–169. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000270>.
- Reinicke, M. (2015). Inklusion als moralische Herausforderung – das Potential der Konstanzer Methode der Dilemmadiskussion®. *Ethics in Progress*, 6(2), 38–49.
- Salas, S. D. de. (2019). *Digitale Medien im Unterricht – Entwicklung professionellen Wissens und professionsbezogener Einstellungen durch Coaching*. [Dissertation]. Pädagogische Hochschule Heidelberg.
- Stahl, G., Koschmann, T., & Suthers, D. (2014). Computer-supported collaborative learning: An historical perspective. In R. K. Sawyer (Hrsg.), *Cambridge handbook of the learning sciences, revised version* (S. 479–500). Cambridge University Press.
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *ZfDN*, 25(1), 115–129. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6>.

- Voss, T., Kunter, M., Seiz, J., Hoehne, V., & Baumert, J. (2014). Die Bedeutung des pädagogisch-psychologischen Wissens von angehenden Lehrkräften für die Unterrichtsqualität. *ZfP*, *60*(2), 184–201.
- Wessler, H., Haffner, P., & Rinke, E. M. (2018). Selbstbestimmung in der digitalen Welt. Über die Vorteile eines ebenenübergreifenden normativen Basiskonzepts für die empirische Erforschung der digitalen Kommunikation. *Medien & Kommunikationswissenschaft*, *66*(4), 395–406.
- Wierstra, R. F., Kanselaar, G., Van Der Linden, J. L., & Lodeewijks, H. G. (1999). Learning environment perceptions of European university students. *Learn Environ Res* *2*(1), 79–98. <https://doi.org/10.1023/A:1009962024666>.

Innovative Lehr-Lernräume für Digitalisierung



Das TUM-DigiLLab: Lehr- Lernraum sowie Forschungs- und Entwicklungsumgebung zur Förderung digitaler Kompetenzen

Arne Bewersdorff und Claudia Nerdel

Theoretischer Hintergrund

Die Digitalisierung führt zu tiefgreifendem Wandel in Beruf und Gesellschaft (Dobischat et al. 2019). Schulen und Hochschulen spielen bezüglich der Vermittlung einer reflektierten und verantwortlichen Nutzung digitaler Technologien eine zentrale Rolle. Die Digitalisierung im Bildungsbereich bietet darüber hinaus neue Möglichkeiten der Gestaltung, Unterstützung und Organisation von Lehr-Lernprozessen. Der Aufbau entsprechender digitaler bildungsbezogener Kompetenzen bei Lehrkräften ist Determinante für einen effektiven Einsatz digitaler Technologien im Unterricht (Sailer et al. 2021). Die Einbettung von Lehr-Lernprozessen in authentischen Anwendungskontexten scheint geeignet, die Lücke zwischen theoretischer Wissensvermittlung und Kompetenzförderung an Schule und Hochschule und der Wissensanwendung in lebensweltlichen oder professionellen Zusammenhängen der Praxis zu schließen (Herrington und Oliver 2000). Befunde legen nahe, dass Lehr-Lern-Labore insbesondere affektive Merkmale wie Motivation und das Interesse am Lerngegenstand fördern können (Guderian und Priemer 2008; Haupt et al. 2013).

A. Bewersdorff (✉) · C. Nerdel
Professur für Fachdidaktik Life Sciences, Technische Universität München,
München, Deutschland
E-Mail: arne.bewersdorff@tum.de

C. Nerdel
E-Mail: claudia.nerdel@tum.de

Das TUM-DigiLLab unterstützt als neu geschaffene Infrastruktur am Department of Educational Sciences den Aufbau von Kompetenzen in Bezug auf die Anwendung digitaler Technologien und ihre Reflexion sowohl allgemein mit Blick auf ihre gesellschaftlichen Implikationen als auch insbesondere für den Beruf als Lehrkraft. Hinzu kommt die Förderung entsprechender didaktisch-pädagogischer Kompetenzen im Umgang mit diesen Technologien im Rahmen authentischer Kontexte.

Zur Förderung dieses facettenreichen Kompetenzaufbaus bezüglich digitaler Technologien bei (angehenden) Lehrkräften erfüllt das TUM-DigiLLab verschiedene Funktionen welche im Folgenden vorgestellt werden.

Lehr-Lernraum

In einem digitalen Klassenzimmer (*Mobile Learning Lab*) und vier digitalisierten beruflichen Szenarien („Spaces“, vorrangig für das Lehramt Berufliche Bildung, Wittmann et al. i. R.) werden digitale Kompetenzen praxisnah (angehenden) Lehrkräften vermittelt. Die Vermittlung digitaler Kompetenzen an Lehramtsstudierende sowie Lehrkräfte an Gymnasien und beruflichen (Ober-)Schulen mit Blick auf ihre allgemeinbildenden Unterrichtsfächer wird vornehmlich durch die Raum- und Hardwareausstattung des *Mobile Learning Labs* unterstützt: Die Dozierenden sowie (angehenden) Lehrkräfte haben in diesem prototypisch ausgestatteten Klassenzimmer die Möglichkeit, eine Vielzahl von Technologien zu erproben, in der Lehre einzusetzen und zu beforschen:

- *Informationsaustausch.* Durch technologiegestützte Kooperation kann eine gemeinsame Wissenskonstruktion mit deutlichem Mehrwert gegenüber individuellen Konstruktionsprozessen initiiert werden (Hartmann et al. 2015; Reimann und Bannert 2018). Über die Mediensteuerung können zwei Beamer und ein SmartTV individuell angesteuert werden. Endgeräte wie Laptops, Tablets und Smartphones können sich über Screen-Sharing mit den Geräten direkt verbinden. Dadurch kann die Partizipation aller Beteiligten am Informationsaustausch niederschwellig angeregt und ein kooperatives Arbeiten (auch in Kleingruppen) gefördert werden. Durch das Teilen von Informationen direkt vom eigenen Endgerät werden Hürden zu einem ganzheitlichen Arbeiten mit digitalen Endgeräten abgebaut.
- *Verschmelzen digitaler und analoger Welten.* Technologien wie Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) werden im Forschungsdiskurs Lernpotenzial zugeschrieben (Hartmann und Bannert 2022). Mit AR-Brillen

(Microsoft Hololens 2) können die Potenziale dieser Medien bezüglich Kooperationsprozessen sowie ihre Wirkung auf Motivation und Lernwirksamkeit an Praxisbeispielen kritisch diskutiert werden.

- *Verschmelzen von Präsenz- und Onlineunterricht.* Die Corona-Pandemie hat eine Vielzahl von hybriden Lehr-Lernformaten hervorgebracht. Die Entwicklung von didaktischen Konzepten hybrider Lehr-Lernformate wird durch die medientechnische Konzeption und räumliche Struktur des *Mobile Learning Labs* gefördert: Durch einen Beamer an der Rückwand des *Mobile Learning Labs* können Lernende der Präsenzlehre zugeschaltet werden. Es können bis zu drei Gruppen von Lernenden parallel und unabhängig von einer physischen Präsenz in Echtzeit in einer virtuellen Lernumgebung kooperieren.

Der physische Lehr-Lernraum wird sukzessive durch ein Onlineangebot an Open Educational Resources (sog. *Knowledge Hub*) ergänzt. Durch die Bereitstellung dieser digitaler Lehr-Lernmaterialien soll ein Beitrag zur Steigerung der Resilienz der universitären Lehre gegen pandemische Auswirkungen geleistet sowie die Reichweite von Lehrkräftebildung und -fortbildung der TU München erhöht werden. Dozierende werden durch die digitalen Lehr-Lernmaterialien im Baukastenprinzip bei der Konzeption innovativer Lehr-Lernkonzepte zu der Zukunftstechnologie Künstliche Intelligenz (KI) unterstützt. Durch eine Kooperation mit dem Schülerforschungszentrum Berchtesgaden soll perspektivisch der Lehr-Lernraum auch für Schülerinnen und Schüler geöffnet werden.

Über eine Schnittstellen- und Netzwerkfunktion bietet das TUM-DigiLLab ein fachübergreifendes Beratungs- und Unterstützungsangebot für Dozierende und Studierende. Die Zusammenarbeit mit universitären und außeruniversitären Partnerinnen und Partnern im Bereich digitaler Bildung wird koordiniert und gefördert.

Forschungs- und Entwicklungsumgebung

Zur Entwicklung, Erprobung und Erforschung von innovativen Lehr-Lernkonzepten mit und über digitale Technologien der beruflichen und gymnasialen Bildung steht eine gute Raumausstattung und vielfältige Hard- und Software zur Verfügung. Schwerpunkt bildet hier die umfangreiche Medien- und Kamertechnik, welche das Aufzeichnen von Unterrichtshandeln zur anschließenden Reflexion bis hin zur wissenschaftlichen Datenerhebung ermöglicht. Außerdem kann die Medientechnik zur Produktion von Lehr-Lernvideos, etwa für den Aufbau von Massive Open Online Courses (MOOC), sowie zur hybriden Lehre eingesetzt werden.

Einen didaktischen Schwerpunkt des TUM-DigiLLabs bildet die Entwicklung innovativer Lehr-Lernkonzepte im Themenfeld der KI. Angehende Lehrkräfte sollen dazu befähigt werden, KI in ihren Grundsätzen zu verstehen und bezüglich gesellschaftlicher, ethischer und rechtlicher Aspekte zu reflektieren, um an den Schulen ebendiese Kompetenzen (sog. AI Literacy) auch an Schülerinnen und Schüler vermitteln zu können. Auch aufgrund des sich abzeichnenden Einsatzes von KI im Lehrberuf selbst (Krüger und Krell 2020) wird bei angehenden Lehrkräften ein Kompetenzerwerb bezüglich dieser Technologie schwerpunktmäßig fokussiert.

Aus der Praxis: KI als Lehr-/Lerngegenstand

Das fachdidaktische Seminar ‚Grundlagen der KI‘ für Masterstudierende wird im Stil des Project-Based Learning (Krajcik und Shin 2014), ergänzt um Phasen des Inputs und der Reflexion, durchgeführt. Motivationaler Einstieg ist die Durchführung eines Drohnenflugwettbewerbs ‚Mensch vs. KI‘ im Labor. Daran anschließend werden grundlegende fachliche Kenntnisse zur KI an Stationen vermittelt. Dies geschieht unter Inanspruchnahme der Infrastruktur: u. a. an einem autonomen Roboter und einer Sprachsteuerung sollen jeweils spezifische Aspekte der KI erfahren und exploriert werden. Die kollaborative Entwicklung einer KI zur Klassifikation von Drohnenaufnahmen an Laptops in Kleingruppen im ‚Maker Spaces‘-Charakter bildet den Kern des Seminars. Hierbei wird wiederum auf die Infrastruktur (Drohnen, Smartboards, Software) des TUM-DigiLLabs zurückgegriffen. Eine Reflexion ethischer und gesellschaftlicher Aspekte findet unter Bezug auf die im Seminar explorierten Systeme statt. Didaktische Herausforderungen und der anschließende Entwurf einer eigenen Unterrichtseinheit im Themenfeld schließen das Seminar ab.

Förderhinweis Das TUM-DigiLLab wird vom Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst sowie dem Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

Literatur

Dobischat, R., Käpplinger, B., Molzberger, G., & Münk, D. (Hrsg.) (2019). *Bildung 2.1 für Arbeit 4.0?*. Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23373-0>.

- Guderian, P., & Priemer, B. (2008). Interessenförderung durch Schülerlaborbesuche – eine Zusammenfassung der Forschung in Deutschland. *PhyDid-A*, 7(2), 27–36.
- Hartmann, C., Angersbach, J., & Rummel, N. (2015). Social Interaction, Constructivism and Application within (CS)CL Theories. *CSCL Proceedings*, 553–556.
- Hartmann, C., & Bannert, M. (2022). Lernen in virtuellen Räumen. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 47, 373–391.
- Haupt, O., Domjahn, J., Martin, Ul., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W., & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. *MNU Journal*, 66(6), 324–330.
- Herrington, J., & Oliver, R. (2000). An instructional design framework for authentic learning environments. *Education Tech Research Dev*, 48(3), 23–48.
- Krajcik, J. S., & Shin, N. (2014). Project-Based Learning. In R. K. Sawyer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (S. 275–297). Cambridge University Press.
- Krüger, D., & Krell, M. (2020). Maschinelles Lernen mit Aussagen zur Modellkompetenz. *ZfDN*, 26(1), 157–172. <https://doi.org/10.1007/s40573-020-00118-7>.
- Reimann, P., & Bannert, M. (2018). Self-Regulation of Learning and Performance in Computer-Supported Collaborative Learning Environments. In D. H. Schunk, & J. A. Greene (Hrsg.), *Handbook of self-regulation of learning and performance* (S. 285–303). Routledge Taylor & Francis Group.
- Sailer, M., Murböck, J., & Fischer, F. (2021). Digital learning in schools: What does it take beyond digital technology? *Teaching and Teacher Education*, 103, 303–346. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103346>.
- Wittmann, E., Rechl, F., Miesera, S., Siegert, J., Heinze, L., Pohley, M., Strikovic, A., Bewersdorff, A., Förster, M., & Nerdel, C. (2022). „Digitale Transformation“ als Gegenstand der beruflichen Lehrkräftebildung – zur Entwicklung eines Lehr-Lern-Labors unter mündigkeitsbezogener Perspektive. *Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online*, 43, 1–23.



Lernräume erfahren und gemeinsam „praktisch“ erleben in der *Didaktischen Werkstatt*

Caroline Burgwald, Michelle Moos, Hasan Ahmet Özenç,
Hannah Spuhler, Melinda Aldemir, Diemut Kucharz und
Juliane Engel

Einleitung

Das seit vielen Jahren an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt bestehende Lehr-Lern-Labor *Didaktische Werkstatt – Arbeitsstelle für Diversität und Unterrichtsentwicklung* am Fachbereich Erziehungswissenschaften war durch die Covid-19-Pandemie vor die Herausforderung gestellt, den bis dahin

C. Burgwald (✉) · M. Moos · H. A. Özenç · H. Spuhler · M. Aldemir · D. Kucharz · J. Engel

Erziehungswissenschaften, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, Frankfurt am Main, Deutschland

E-Mail: Burgwald@em.uni-frankfurt.de

M. Moos

E-Mail: m.moos@em.uni-frankfurt.de

H. A. Özenç

E-Mail: h.oezenc@em.uni-frankfurt.de

H. Spuhler

E-Mail: spuhler@em.uni-frankfurt.de

M. Aldemir

E-Mail: aldemir@em.uni-frankfurt.de

D. Kucharz

E-Mail: kucharz@em.uni-frankfurt.de

J. Engel

E-Mail: j.engel@em.uni-frankfurt.de

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

M. Meier et al. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung*, Edition Fachdidaktiken, https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_11

nahezu ausschließlich analogen Raum um digitale Angebote und Materialien zu erweitern. Das Angebot der Didaktischen Werkstatt zielt auf eine phasen- und institutionsübergreifende Professionalisierung (angehender) Lehrkräfte im Umgang mit Diversität ab; das Unterrichten in inklusiven Lerngruppen steht dabei im Zentrum. Weil den (angehenden) Lehrkräften pandemiebedingt der Zugang zu den Räumen und Materialien des Lehr-Lern-Labors zum Teil verwehrt blieb, wurde ein Konzept entwickelt, welches in der Gestaltung eines hybriden Lehr-Lernraums in Form eines Parcours für inklusives Arbeiten mündete. Im Zentrum des Parcours steht dabei die sogenannte *Fallarbeit*, die Lehramtsstudierenden durch die Kombination von digitalen und analogen Herangehensweisen die Didaktische Werkstatt auch virtuell als praxisnahen Erfahrungsraum erleb- und erfahrbar machen, Professionalisierungsprozesse anregen und eine Verknüpfung von Theorie und Praxis ermöglichen soll.

Didaktische Zielsetzungen

Ziel der Fallarbeit ist die Professionalisierung angehender Lehrpersonen (Schmidt et al. 2020), die Anregung mehrperspektivischer Betrachtungsweisen von Lernendenverhalten und das Aufbrechen eventueller Kategorisierungstendenzen. Für das in diesem Beitrag vorgestellte Konzept ist sowohl der Einsatz von Text- als auch von Videovignetten geplant. Während Textvignetten den jeweiligen Fall in schriftlicher Form präsentieren, ermöglichen Bild- und Videovignetten eine Visualisierung des Falles (Paseka und Hinze 2014). Entsprechende Textvignetten wurden in einer Arbeitsgruppe der Didaktischen Werkstatt entwickelt, die Videovignetten stammen von der moodlebasierten Online-Plattform VIGOR und YouTube. Die digital abrufbaren Videovignetten stellen Ausschnitte aus Unterrichtsstunden dar, in denen pädagogisches Handeln erforderlich wird.

Mit der Etablierung des auf der Fallarbeit beruhenden *Parcours* soll – angesichts antinomischer Handlungsstrukturen des pädagogischen Arbeitsfeldes (Helsper 2004) – ein kritisches Bewusstmachen und reflexives Bearbeiten von Denk- und Handlungsprozessen als elementarer Anteil einer fortwährenden Professionalisierung ermöglicht werden (Berndt et al. 2017; Leonhard 2016). Damit stellt der Parcours einen Weg dar, Reflexionsprozesse in Bezug auf konkrete pädagogische Situationen anzubahnen (Baer et al. 2011; König und Lebens 2012). Ferner sollen im Sinne der digitalen gesellschaftlichen Transformationsprozesse, die auch die Anforderungen an Lehrkräfte verändern (Herzig und Martin 2018), durch den hybriden Aufbau des Parcours digitale Kompetenzen an die Teilnehmenden vermittelt sowie ein Umgang mit digitalen Medien gefördert werden. Dies wird insbesondere durch die Arbeit mit dem

ePortfolio-System Mahara erreicht, welches nach dem neuen hessischen Lehrer- bildungsgesetz (Hessischer Landtag 2022) zukünftig phasenübergreifend zum Einsatz kommen soll. Neben der Sammlung von Belegen über die Teilnahme an Aus-, Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen dient es vor allem der fort- laufenden Reflexion und Dokumentation der Kompetenzentwicklung einer Lehr- kraft. Weitere Vorteile der ePortfolioarbeit sowie anderer digitaler Angebote sind u. a. die zeitliche sowie örtliche Flexibilität des Zugangs zu Inhalten und die Individualisierung von Aufgaben und Lernprozessen.

Hybrider Lehr-Lernraum als Parcours

Den Rahmen für die Fallarbeit stellt ein Parcours dar, der digitale und analoge Stationen beinhaltet und von den Teilnehmenden in einer vorgegebenen Reihen- folge bearbeitet wird. *Station 1* ‚Ein Fall?!‘ ist als digitale Station konzipiert, die in Vorbereitung auf den Besuch der analogen Räume der Didaktischen Werkstatt über QR-Codes von zuhause aus abgerufen werden kann und den Studierenden eine theoretische Einführung in die Fallarbeit bietet. *Station 2* ‚Kein Fall?!‘ stellt ebenfalls über QR-Codes Fälle vor, von denen einige auf den ersten Blick bedeut- sam erscheinen, beim zweiten Blick jedoch keiner pädagogischen Bearbeitung bedürfen. Anhand der ersten beiden Stationen soll ein Bewusstsein und eine Sensibilität für pädagogisch bedeutsame sowie nicht bedeutsame Fälle geschaffen werden. Zudem dienen beide Stationen der Vorbereitung auf die Weiterarbeit. Die *Station 3* ‚Mach aus diesem Fall deinen Fall‘ befindet sich in den analogen Räumen der Didaktischen Werkstatt. Dort werden den Studierenden konkrete Fälle in Form von videographierten Unterrichtssequenzen oder Textvignetten präsentiert, aus denen sie sich einen als aus ihrer Sicht pädagogisch relevant identifizierten Fall zur Bearbeitung aussuchen. Der Parcours ist derart konzipiert, dass die Station 3 alternativ auch rein digital umgesetzt werden kann, indem sowohl die Textvignetten als auch die Videosequenzen über die Plattform VIGOR abrufbar werden. Zur reflexiven Auseinandersetzung mit ‚ihrem‘ Fall sollen die Teilnehmenden auf mindestens zwei der folgenden Angebote der Didaktischen Werkstatt zurückgreifen: Forschungsliteratur oder Ratgeber, die einen professionellen Umgang mit konkreten Situationen aus dem pädagogischen All- tag behandeln und sich in den analogen Räumen des Lehr-Lern-Labors befinden, der dialogische Austausch mit anderen Teilnehmenden oder die Reflexion eigener biografischer Erfahrungen. Die letztgenannten Angebote lassen sich sowohl räumlich analog als auch digital über Videokonferenz-Systeme wie Zoom durch- führen. An der im hybriden Raum durchführbaren *Station 4* ‚Metareflexion‘

sollen die Teilnehmenden die Ergebnisse ihrer Bearbeitung gemeinsam auf einer Metaebene einordnen, reflektieren und schriftlich in Form kurzer Notizen festhalten, um diese an der digitalen *Station 5* ‚Reflexion und Austausch‘ in einem ePortfolio auf der Plattform Mahara einzupflegen. Durch die Veröffentlichung ihrer Ergebnisse erhalten die Studierenden über einen Link Zugriff auf alle bisher ausgearbeiteten Fallreflexionen und somit zusätzliche professionsbasierte Anregungen. Auf das neu hinzugewonnene Wissen können die Studierenden beim nächsten Durchlauf des Parcours zurückgreifen.

Aus der Praxis: Parcours im Einsatz

Der Parcours wurde erstmals im Sommersemester 2022 in einem bildungswissenschaftlichen Blockseminar ($N=33$, Lehramtsstudierende aller Fächer in der SEK I+II) eingebunden, welches die Fallarbeit zum Thema hatte. Weil sich der Parcours noch im Aufbau befand und die Seminarkonzeption bereits zuvor erstellt wurde, konnten in diesem ersten Durchlauf einige Stationen nur teilweise umgesetzt werden. So fehlte an *Station 3* der Zugang zu den Unterrichtsvideos auf der Plattform VIGOR, sodass neben den Textvignetten nur auf zwei kurze Sequenzen der Videoplattform YouTube zurückgegriffen werden konnte. Zudem wurde aufgrund der erfahrungsgemäß anspruchsvollen Einführung der Studierenden in die Arbeit mit ePortfolios *Station 4* mit Print-Portfolios und die *Station 5* analog durchgeführt.

Der Parcours begann in dieser ersten Erprobung mit der theoretischen und reflexiven Auseinandersetzung mit den Themenfeldern Diversität in Schule und Unterricht, insbesondere dem Thema Migration und kulturelle Hintergründe sowie mit der über QR-Codes vermittelten Fallarbeit (*Station 1* und *2*). Mit den hierzu bereit gestellten Texten konnten sich die Studierenden vorbereiten. Anschließend bearbeiteten die Studierenden im Rahmen des Seminars an der *Station 3* in den analogen Räumen einen selbst gewählten Fall unter Rückgriff auf die Angebote und Materialien der Didaktischen Werkstatt. Im Anschluss daran hielten die Studierenden ihre Ergebnisse nach einer metareflexiven Auseinandersetzung (*Station 4*) ebenfalls in den analogen Räumen in ihrem Portfolio fest und besprachen im Seminar ihre Ergebnisse. So erhielten sie Zugriff auf die Reflexionen anderer Studierender (*Station 5*), die sie aufgrund der analogen Umsetzung der Portfolioarbeit vor Ort in dem Lehr-Lern-Labor anschauen, bewerten und diskutieren konnten.

Diskussion und Ausblick

Das bisher ausschließlich analoge Lehr-Lern-Labor „*Didaktische Werkstatt*“ wurde um digitale Angebote und Materialien erweitert. Der in diesem Beitrag vorgestellte hybride Parcours mit integrierter Fallarbeit zum inklusiven Arbeiten stellt das Produkt dieses Prozesses dar. Perspektivisch soll der Parcours um zusätzliche Videovignetten ergänzt und in weitere Lehrveranstaltungen eingebunden werden. Des Weiteren ist auch eine Implementation des Parcours in Fort- und Weiterbildungen für Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst und erfahrene Lehrkräfte denkbar. Schließlich richtet sich das Angebot der Didaktischen Werkstatt an alle drei Phasen der Lehrkräftebildung, welche sich insbesondere durch die Arbeit mit ePortfolios ideal vernetzen lassen.

Literatur

- Baer, M., Kocher, M., Wyss, C., Guldemann, T., Larcher, S. & Dörr, G. (2011). Lehrerbildung und Praxiserfahrung im ersten Berufsjahr und ihre Wirkung auf die Unterrichtskompetenzen von Studierenden und jungen Lehrpersonen im Berufseinstieg. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 14(1), 85–117.
- Berndt, C., Häcker, T., & Leonhard, T. (2017). Editorial. In dies. (Hrsg.), *Reflexive Lehrerbildung revisited: Traditionen – Zugänge – Perspektiven* (S. 9–20). Julius Klinkhardt.
- 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), 3–29.
- Helsper, W. (2004). Pädagogische Professionalität als Gegenstand des erziehungswissenschaftlichen Diskurses. *ZfPäd*, 50(3), 303–308.
- Herzig, B., & Martin, A. (2018). Lehrerbildung in der digitalen Welt. In S. Ladel, J. Knopf, & A. Weinberger (Hrsg.), *Digitalisierung und Bildung* (S. 89–113). Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-18333-2>.
- Hessischer Landtag (2022). *Gesetz zur Änderung des Hessischen Lehrerbildungsgesetzes und anderer schulrechtlicher Vorschriften in der Fassung der Beschlussempfehlung*. Abgerufen am 30.08.2022 von <https://starweb.hessen.de/cache/DRS/20/6/08246.pdf>.
- Leonhard, T. (2016). Reflexion im Portfolio. In S. Ziegelbauer, & M. Gläser-Zikuda (Hrsg.), *Das Portfolio als Innovation in Schule, Hochschule und LehrerInnenbildung* (S. 45–58). Julius Klinkhardt.
- Paseka, A., & Hinzke, J.-H. (2014). Fallvignetten, Dilemmainterviews und dokumentarische Methode: Chancen und Grenzen für die Erfassung von Lehrerprofessionalität. *LbP*, 7(1), 46–63. <https://doi.org/10.25656/01;14747>.
- Schmidt, R., & Wittek, D. (2020). Reflexion und Kasuistik: Systematisierung kasuistischer Lehr-Lern-Formate und deren Zieldimension der Reflexion. *HLZ*, 3(2), 29–44. <https://doi.org/10.4119/hlz-2489>.



Konzeption eines transdisziplinären Makerspace für die Primarstufe an der HU Berlin

Katja Eilerts, Petra Anders, Detlef Pech, Frederik Grave-Gierlinger, Jurik Stiller und Anna-Lena Demi

Einführung

Die Digitalisierung unserer Gesellschaft geht mit einer Veränderung der Anforderungsprofile in allen Bereichen des Lebens einher. Im wissenschaftlichen Diskurs herrscht weitgehend Einigkeit darüber, dass Schülerinnen und Schüler auf diese neuen Anforderungen vorbereitet werden sollten, indem mit Blick und unter Rückgriff auf die Möglichkeiten digitaler Medien verstärkt die Kollaboration, Kommunikation, Kreativität und das kritische Denken gefördert werden („4K“; Chalkiadaki 2018; Mersand 2021). Bedarf besteht darin, Lehrkräfte im Rahmen ihrer universitären und beruflichen Qualifizierung auf das Lernen mit und über digitale Medien im Fachunterricht vorzubereiten.

K. Eilerts (✉) · P. Anders · D. Pech · F. Grave-Gierlinger · J. Stiller · A.-L. Demi
Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin, Deutschland
E-Mail: katja.eilerts@hu-berlin.de

P. Anders
E-Mail: petra.anders@hu-berlin.de

D. Pech
E-Mail: detlef.pech@hu-berlin.de

F. Grave-Gierlinger
E-Mail: frederik.gierlinger@hu-berlin.de

J. Stiller
E-Mail: jurik.stiller@hu-berlin.de

A.-L. Demi
E-Mail: demianna@hu-berlin.de

An der Humboldt-Universität zu Berlin wurde von den grundschulbezogenen Fächern Deutsch, Sachunterricht und Mathematik ein transdisziplinärer Makerspace konzipiert. Unter dem Leitgedanken ‚Vom User zum Maker‘ (Anders 2018) wird Lehrkräften in allen Phasen ihrer beruflichen Qualifizierung ein Raum geboten, in dem sie Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien im Unterricht kennenlernen und Erfahrungen in der gemeinschaftlichen Nutzung digitaler Werkzeuge sammeln können. Making als Prozess bietet ein besonderes Potenzial für erfahrungsorientiertes, konstruktivistisches, selbstgesteuertes, fächerübergreifendes und vernetzendes Lernen (Martinez und Stager 2019) und soll positive Effekte auf höherstufige Bildungsziele wie Chancengleichheit und Partizipationsfähigkeit aufweisen (Barton et al. 2017; Sheffield et al. 2017).

Ziel und Konzeption des Makerspace

Bei der Förderung digitaler Mündigkeit besteht zwischen den drei beteiligten Fächern darüber Einigkeit, dass Mündigkeit die Fähigkeit zu gesellschaftlicher Partizipation umfasst. Fachspezifisch geprägte Unterschiede sollen im Folgenden skizziert werden.

Im *mathematikdidaktischen Diskurs* zur Digitalität stehen die Potenziale digitaler Medien für das Lehren und Lernen von Mathematik und damit das Lernen mit Medien im Vordergrund (Eilerts und Huhmann 2018; Walter 2017). Bereits bestehende Projekte, wie das von Prof. Katja Eilerts initiierte math.media.lab, widmen sich vorrangig der Gestaltung und Bewertung digital unterstützter Lernumgebungen (Möller et al. 2022) und damit verbundener Fragestellungen auf Ebene der Lehrenden, der Lernenden und der Unterrichtsmaterialien.

Für die *Didaktik des Sachunterrichts* nimmt das Lernen über Medien eine zentrale Stellung ein: Schülerinnen und Schüler sollen die sie umgebende Lebenswelt verstehen und sich in dieser orientieren. Eine von Digitalität geprägte Welt verpflichtet den Sachunterricht entsprechend auf eine Auseinandersetzung mit informatischen Inhalten (Goecke et al. 2021). Aus diesem Grund ist bereits in der Primarstufe ein Verständnis für Phänomene anzubahnen, die durch algorithmische Strukturen charakterisiert sind (Stiller und Goecke 2022).

Die *Deutschdidaktik* als eingreifende Kulturwissenschaft (Kepser 2013) fokussiert mit Blick auf digitale Technologien das Lernen mit und über Medien: Schülerinnen und Schüler sollen zur Teilhabe an einer durch Digitalität geprägten kulturellen Praxis befähigt werden, die sich etwa beim Schreiben und Erzählen in Form digitalen Storytellings (Demi und Anders 2020) zeigt. Der Umgang mit

Bildmedien und das eigene Programmieren gehören diesem Ansatz nach zur Literalität von Kindern dazu (Anders 2021).

Die Verschiedenheit aber auch die Gemeinsamkeiten der fachdidaktischen Zugänge spiegelt sich im Facettenreichtum des Begriffs Computational Thinking (Kotsopoulos et al. 2017; Wing 2006) wider, welcher als Dreh- und Angelpunkt der transdisziplinären Zusammenarbeit fungiert.

Einbindung in Aus- und Fortbildungsmaßnahmen für Lehrkräfte

Der Makerspace in der Mitte Berlins dient als Lern- und Denkraum, in dem der praktische Einsatz digitaler Technologien auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse zur Kompetenzentwicklung von Lehrkräften (Jenßen et al. 2021; Grave-Gierlinger et al. 2022) und aus der Perspektive der drei beteiligten Fächer fachdidaktisch fundiert begleitet wird. Für eine fächerverbindende Zusammenarbeit wurden digitalitätsbezogene Inhalte in der Studienordnung der Fächer definiert und aufeinander abgestimmt. Der Raum kann im Rahmen der universitären Qualifizierung und für Lehrkräftefortbildungen genutzt werden. Er ist in verschiedene Design-Thinking-Arbeitsbereiche eingeteilt und wie folgt ausgestattet: Videoproduktion und Coding (Laptops, Tablets); Konstruktion (3D-Drucker, Lasercutter); Robotik und Elektronik (Lernroboter, Mikrocontroller).

Aus der Praxis: Fächerverbindende Lehre

Ein Praxisbeispiel aus einem gemeinsamen Masterseminar veranschaulicht die Zusammenarbeit der drei Fächer: Die Studierenden wählen einen kinderliterarischen Medienverbund aus, z. B. den Stoff ‚Emil und die Detektive‘ von Erich Kästner. Schlüsselszenen werden von den Studierenden dann auf Grundlage der Creative Learning Spiral (Resnick 2017) gemeinsam bearbeitet, wobei sie z. B. mit Lasercutter und 3D-Drucker Szenenbilder erstellen, Textstellen in Scratch animieren und mit Mikrocontrollern und Robotern die Verfolgungsjagd auf dem Berliner Stadtplan nachstellen. Aus mathematischer Perspektive werden dabei Merkmale geometrischer Figuren und Körper genutzt, das räumliche Vorstellungsvermögen gestärkt sowie das problemlösende, algorithmische Denken geschult. Der Sachunterricht reflektiert über den Technikeinsatz vor allem hinsichtlich der Mensch-Maschine-Relation und die im Projekt

sichtbar gewordene Referentialität, Algorithmizität und Gemeinschaftlichkeit als Merkmale unserer Gesellschaft in einer digitalen Kultur (Stalder 2016).

Alle drei Fächer leisten einen Beitrag zum Verständnis eines gemeinsamen, exemplarischen Lerngegenstands und nutzen die vielfältigen Angebote des Makerspace, um die Studierenden auf dem Weg *vom User zum Maker* zu begleiten.

Literatur

- Anders, P. (2018). Vom User zum Maker. Kinder gestalten und erzählen mit Scratch. In H. Dausend & B. Brandt (Hrsg.), *Lernen digital – Fachliche Lernprozesse im Elementar- und Primarbereich anregen* (S. 17–36). Waxmann.
- Anders, P. (2021). Die Kultur der Digitalität und der Deutschunterricht. In U. Hauck-Thum & J. Noller (Hrsg.), *Was ist Digitalität?* (S. 127–143). J.B. Metzler. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-62989-5>.
- Barton, A. C., Tan, E., & Greenberg, D. (2017). The makerspace movement: Sites of possibilities for equitable opportunities to engage underrepresented youth in STEM. *Teach Coll Rec*, 119(6), 1–44. <https://doi.org/10.1177/016146811711900608>.
- Chalkiadaki, A. (2018). A systematic literature review of 21st century skills and competencies in primary education. *Int J Instr*, 11(3), 1–16.
- Demi, A. L., & Anders, P. (2020). Erzählen in der multimodalen Programmierumgebung Scratch. *MiDU-Medien im Deutschunterricht*, 1, 1–22.
- Eilerts, K., & Huhmann, T. (2018). Ein interdisziplinäres Projekt zur Entwicklung und Erforschung digital unterstützter Lehr-Lernumgebungen für den Inhaltsbereich Raum und Form im Mathematikunterricht der Primarstufe. In Fachgruppe Didaktik der Mathematik der Universität Paderborn (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2018* (S. 497–500). WTM-Verlag.
- Goecke, L., Stiller, J., & Schwanewedel, J. (2021). Algorithmusverständnis in der Primarstufe – Eine Studie im Kontext des Einsatzes von programmierbarem Material. In B. Landwehr, I. Mammes & L. Murmann (Hrsg.), *Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule* (Bd. 12, S. 117–132). Julius Klinkhardt.
- Grave-Gierlinger, F., Jenßen, L., & Eilerts, K. (2022). In-Service Primary School Teachers’ Affective-Motivational Dispositions Towards ICT Use in Geometry. In N. Callaos, S. Lunsford, B. Sánchez & A. Tremante (Hrsg.), *Proceedings of the 13th International Conference on Society and Information Technologies* (S. 110–113). Florida: IIC.
- Jenßen, L., Gierlinger, F., & Eilerts, K. (2021). Pre-service teachers’ enjoyment and ICT teaching self-efficacy in mathematics—an application of control-value theory. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 37(3), 183–195. <https://doi.org/10.1080/21532974.2021.1929585>.
- Kepper, M. (2013). Deutschdidaktik als eingreifende Kulturwissenschaft. Ein Positionierungsversuch im wissenschaftlichen Feld. *Didaktik Deutsch*, 34, 52–68.

- Kotsopoulos, D., Floyd, L., Khan, S., Namukasa, I. K., Somanath, S., Weber, J., & Yiu, C. (2017). A pedagogical framework for computational thinking. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 3(2), 154–171. <https://doi.org/10.1007/s40751-017-0031-2>.
- Martinez, S. L., & Stager, G. (2019). *Invent to learn: Making, tinkering, and engineering in the classroom (2nd ed.)*. Constructing Modern Knowledge Press.
- Mersand, S. (2021). The state of makerspace research: A review of the literature. *TechTrends*, 65(2), 174–186. <https://doi.org/10.1007/s11528-020-00566-5>.
- Möller, R., Eilerts, K., Collignon, P., & Beyer, S. (2022). Zur aktuellen Bedeutung von Algorithmen im Mathematikunterricht. In K. Eilerts, R. Möller & T. Huhmann (Hrsg.), *Auf dem Weg zum neuen Mathematiklehren und -lernen 2.0*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-33450-5>.
- Resnick, M. (2017). *Lifelong Kindergarten. Cultivating Creativity through Projects, Passion, Peers, and Play*. MIT Press.
- Sheffield, R., Koul, R., Blackley, S., & Maynard, N. (2017). Makerspace in STEM for girls: A physical space to develop twenty-first-century skills. *EMI Educ Media Int*, 54(2), 148–164. <https://doi.org/10.1080/09523987.2017.1362812>.
- Stalder, F. (2016). *Kultur der Digitalität*. Suhrkamp.
- Stiller, J., & Goecke, L. (2022). Informatische Grundbildung in der Primarstufe – Didaktische Berücksichtigung von Künstlicher Intelligenz (KI) im Leitfach Sachunterricht. In J. Stiller, C. Laschke & L. Goecke (Hrsg.), *Berlin-Brandenburger Beiträge zur Bildungsforschung 2022* (S. 121–135). Peter Lang.
- Walter, D. (2017). *Nutzungsweisen bei der Verwendung von Tablet-Apps*. Springer.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>.



DigiLLabs@JMU an der Professional School of Education der Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Silke Grafe, Thomas Trefzger, Maria Eisenmann, Hans-Stefan Siller, Jens Dreßler, Martin Hennecke, Tina Heurich, Ilona Nord, Sanna Pohlmann-Rother, Christoph Ratz und Tobias Richter

S. Grafe (✉) · T. Trefzger · M. Eisenmann · H.-S. Siller · J. Dreßler · M. Hennecke · T. Heurich · I. Nord · S. Pohlmann-Rother · C. Ratz · T. Richter
Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Würzburg, Deutschland
E-Mail: silke.grafe@uni-wuerzburg.de

T. Trefzger
E-Mail: thomas.trefzger@uni-wuerzburg.de

M. Eisenmann
E-Mail: maria.eisenmann@uni-wuerzburg.de

H.-S. Siller
E-Mail: hans-stefan.siller@mathematik.uni-wuerzburg.de

J. Dreßler
E-Mail: jens.dressler@uni-wuerzburg.de

M. Hennecke
E-Mail: martin.hennecke@uni-wuerzburg.de

T. Heurich
E-Mail: tina.heurich@uni-wuerzburg.de

I. Nord
E-Mail: ilona.nord@uni-wuerzburg.de

S. Pohlmann-Rother
E-Mail: sanna.pohlmann-rother@uni-wuerzburg.de

C. Ratz
E-Mail: christoph.ratz@uni-wuerzburg.de

T. Richter
E-Mail: tobias.richter@uni-wuerzburg.de

Konzeption

Bei den ‚Digitalen Lehr-Lern-Laboren der JMU‘ (DigiLLabs@JMU) handelt es sich um etablierte innovative Lehr-Lernräume. Sie bieten eine fest verankerte digitalisierungsbezogene Lehre für alle Lehramtsstudierenden an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg (JMU) und eine fachbezogene und interdisziplinäre medienbezogene Professionalisierungs- und Unterrichtsforschung. Jeder Lehr-Lern-Raum wird durch ein Fachgruppennetzwerk verantwortet und weist die folgenden gemeinsamen Gestaltungsmerkmale auf (Grafe und Bucher 2018):

- Ausstattung mit einer Bandbreite an digitalen Medien
- rollbares Mobiliar für unterschiedliche Lehr-Lern-Arrangements
- flexibler Zugang zu Strom und LAN
- Einteilung des Raumes in verschiedene Lehr-Lern-Bereiche

Darüber hinaus hat jedes Medienlabor einen spezifischen inhaltlichen Schwerpunkt:

Das *DigiPäd* mit dem Schwerpunkt Pädagogik richtet den Fokus auf kommunikative Formen kooperativen Lehrens und Lernens.

Im *DigiMePäd* mit dem Schwerpunkt Medienbildung mit informatischen Bezügen erfolgt eine Auseinandersetzung mit digitalen Medien aus interdisziplinärer und international-vergleichender Perspektive.

Im *DigiPädPsySo* mit dem Schwerpunkt Sonderpädagogik und Pädagogische Psychologie steht die Produktion von Bild-, Audio- und Videolernumgebungen für Unterricht bei sonderpädagogischem Unterstützungsbedarf, Inklusion, aber auch in Allgemeinbildenden Schulen im Mittelpunkt.

Das *DigiMINT* mit dem Schwerpunkt naturwissenschaftlicher Fachdidaktiken adressiert Medien und Werkzeuge als zentrale Komponenten und bietet die Möglichkeit der digitalen Aufzeichnung von Lehr-Lernprozessen.

Das *DigiPhil* mit dem Schwerpunkt sozial- und geisteswissenschaftlicher Fachdidaktiken dient dazu, interaktiv Lehr- und Lernszenarien zu entwickeln, die hier in pluralen physischen und virtuellen Raumangeboten realisiert und getestet sowie fortentwickelt werden.

Die innovativen Lehr-Lernräume sind strukturell eingebunden in das Kompetenzzentrum für digitales Lehren und Lernen an der Professional School of Education (PSE) der JMU. Durch die Zusammenarbeit von sieben Fakultäten in fünf fachgruppenbezogenen Netzwerken werden die an der Lehrerinnen- und Lehrerbildung beteiligten Fächer und Schulformen vollständig abgedeckt.

Die DigiLLabs@JMU sind eng verzahnt mit weiteren medienbezogenen Laboren und Einrichtungen der JMU, wie z. B. dem MIND-Center, dem MEET@JMU oder der sonderpädagogischen Lern- und Forschungsstelle.

Ziele

Zentrales Ziel ist die Förderung von digitalisierungsbezogenen Kompetenzen aller Lehramtsstudierenden mit einer begleitenden Professionalisierungs- und Unterrichtsforschung. Vor dem Hintergrund etablierter kompetenzorientierter Rahmenvorstellungen und Kompetenzmodelle (z. B. Blömeke 2000; Redecker 2017; Tulodziecki et al. 2021; Sektion Medienpädagogik 2017) wurden mit Partizipation aller an der Lehrerinnen- und Lehrerbildung beteiligten Fakultäten Aufgabenfelder und Kompetenzerwartungen zur Förderung medienbezogener Kompetenzen von Studierenden festgelegt. Durch ein dezentrales, integratives Konzept werden digitalisierungsbezogene Lernmöglichkeiten in den Erziehungswissenschaften, den Fachdidaktiken und den Fachwissenschaften bereitgestellt und curricular etabliert. Die Vernetzung mit der zweiten und dritten Phase der Lehrerinnen- und Lehrerbildung ist eine weitere wichtige Aufgabe.

Die DigiLLabs adressieren an der JMU derzeit ca. 6000 Lehramtsstudierende für Gymnasien, Realschulen, Mittelschulen, Grundschulen und Förderschulen. Weiterhin haben Schülerinnen und Schüler in Begleitung von Studierenden in allen Laboren die Möglichkeit, digitalisierungs- und fachbezogene Kompetenzen zu erwerben. Zudem werden durch die PSE eine hohe Anzahl an Lehrpersonen und Referendarinnen und Referendaren adressiert.

Einbindung

Jedes DigiLLab setzt im Rahmen der Einbindung in die Lehrerinnen- und Lehrerbildung unterschiedliche Schwerpunkte in Forschung und Lehre:

- Das *DigiPäd* eröffnet einen Raum für die Erarbeitung neuer Perspektiven auf Fragen digitalen Lehrens und Lernens aus pädagogischer Sicht. In ihm bündeln die Professuren des Instituts für Pädagogik ihre fachwissenschaftlichen Kompetenzen, um in einer wechselseitigen Verschränkung von Theorie und Praxis innovative Lehr-Lernformate zu verwirklichen. Die Gestaltung des Raumes erlaubt einerseits die Nutzung eines vielfältigen Angebots digitaler Medien in der Lehre. Ein flexibles Raumnutzungskonzept ermöglicht

andererseits die Erprobung von Formen kooperativen Lehrens und Lernens in der Medienbildung. Die digitalen Medien ermöglichen mit der Einbindung externer Akteure auch eine Ausweitung des Lehr-Lernraumes über seine örtlich gesetzten Grenzen hinaus.

- Im *DigiMePäd* mit dem Schwerpunkt Medienbildung mit informatischen Bezügen umfassen Themen beispielsweise das Lehren und Lernen mit und über digitale Medien, den Einsatz von Virtual Reality und Augmented Reality im Unterricht, Medienbildung in der Schule aus internationaler Perspektive. Im Rahmen einer Professionalisierungsforschung werden die Förderung medienpädagogischer Kompetenzen von Lehramtsstudierenden sowie der Einsatz vollimmersiver Lernumgebungen aus der Perspektive der Medienpädagogik und der Mensch-Computer-Interaktion untersucht.
- Das *DigiPädPsySo* fokussiert die Gestaltung und das Design von digitalen Medien im Unterricht. Studierende erwerben und üben hier Kompetenzen bei der Erstellung von Bild- Audio- und Videomaterial, das kostengünstig oder als open source erhältlich ist, damit der Realität in den Schulen entsprochen wird. Durch die sonderpädagogische und (lern-)psychologische Expertise stehen die Details einer individualisierten, lernwirksamen und kognitiv aktivierenden, zugleich sozial integrierenden und fachlich orientierten Gestaltung dieser Medien im Vordergrund. Die Spannbreite der Nutzung der erstellten Unterrichtsmedien reicht vom Einsatz in Praktika bis hin zu Designs innerhalb von Forschungsprojekten, bzw. stellen einen Gegenstand der Unterrichtsforschung dar.
- Das *DigiMINT* ist nicht nur ein Lernort für Studierende, sondern auch für Schülerinnen und Schüler. Die Integration digitaler Komponenten folgt dem „Primat der Pädagogik“ (BMBF 2016, S. 3). Damit wird sichergestellt, dass (vorhandene) Technik nicht bestimmend gedacht wird. Schulgruppen besuchen regelmäßig die Räumlichkeiten und entdecken und erforschen u. a. in digitalen Lernumgebungen Zusammenhänge aus ihrer Umwelt im interdisziplinären MINT-Kontext. Die Einbeziehung von Studierenden als Lernhelfer im Rahmen eines Lehr-Lern-Labors trägt wesentlich zum Schließen der Lücke zwischen Theorie und Praxis in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung bei und ist zentraler Bestandteil fachdidaktisch-evidenzbasierter Forschung der MINT-Fächer an der JMU.
- Im *DigiPhil* mit dem Fokus auf Medienkompetenz in geistes- und gesellschaftswissenschaftlichem Kontext werden derzeit unter besonderer Berücksichtigung der Perspektiven der Fremdsprachendidaktik und der Mensch-Computer-Interaktion durch vollimmersive Lernumgebungen interaktive und soziale Lernkontexte und -formate für interkulturelle Begegnungen

im Fremdsprachenunterricht konzipiert, gestaltet und hinsichtlich der Förderung interkultureller Kompetenzen und sozialer Interaktion evaluiert und kritisch reflektiert. Religionsdidaktische Themen umfassen z. B. diversitätsorientierte digitale Lernansätze, die den Einsatz von Virtual Reality und Augmented Reality im Bereich des (ev.) Religionsunterrichts testen. Auch werden z. B. Praktikumslehrkräfte fortgebildet, indem digitales Lehren angebahnt, fortentwickelt und kritisch konstruktiv evaluiert wird. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit der Mensch-Computer-Interaktion erlaubt es, fachwissenschaftlich sowie fachdidaktisch angepasste Gestaltungsprozesse für das digitale Lernen zu entwickeln.

Forschung und Lehre in den DigiLLabs@JMU werden darüber hinaus in interdisziplinären Forschungsprojekten durchgeführt, wie dem vom BMBF geförderten Projekt ‚Connected Teacher Education‘ (CoTeach). Zudem erfolgt die Ausbildung von sogenannten DigiScouts, die Lehrende, Studierende und Lehrpersonen perspektivisch beim Einsatz von digitalen Medien in Lehr-Lernprozessen unterstützen sollen. Der Kompetenzerwerb kann in einer hochschulweit implementierten E-Portfolio-Software dokumentiert werden. Auf diese Weise hat die JMU eine Profilbildung in der Digitalisierung erreicht, die kontinuierlich weiterentwickelt und vertieft wird.

Förderhinweis Die DigiLLabs@JMU werden durch das Bayerische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst und die Julius-Maximilians-Universität Würzburg gefördert.

Literatur

- Blömeke, S. (2000). *Medienpädagogische Kompetenz*. Kopaed.
- Bundesbildungsministerium (BMBF) (2016). *Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft*. Abgerufen am 02.09.2022 von https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Themen/Digitale-Welt/Bildungsoffensive_fuer_die_digitale_Wissensgesellschaft.pdf.
- Grafe, S., & Bucher, K. (2018). Gestaltung von Media Labs für die Lehrerinnen- und Lehrerbildung am Beispiel des MEET@JMU. *Synergie: Fachmagazin für Digitalisierung in der Lehre*, 6, 56–59.
- Redecker, C. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*. Publications Office of the European Union.
- Sektion Medienpädagogik, DGfE (2017). Orientierungsrahmen für die Entwicklung von Curricula für medienpädagogische Studiengänge und Studienanteile. *Medienpädagogik*, 1–7. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2017.12.04.X>.
- Tulodziecki, G., Hertzog, B., & Grafe, S. (2021). *Medienbildung in Schule und Unterricht* (3. Aufl.). Klinkhardt.



Die digitalen Lehr-Lern-Labore der Universität Bamberg als Bindeglied zwischen Theorie, Praxis und Forschung

Regina Grund, Pauline Schneider und Anja Gärtig-Daug

Das Bamberger Modell zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung in der digitalen Welt

Digitalisierung ist „eine der großen Zukunftsaufgaben in der Bildungspolitik“ (Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus 2020, o. S.) und bringt neue Anforderungen an Lehrkräfte mit sich. Sie stehen vor der Herausforderung, sich die Nutzungsmöglichkeiten der modernen Ausstattung zu erschließen und diese unter didaktisch-methodischen Aspekten zielgerichtet im Unterricht einzusetzen. Zugleich gilt es, Konzepte zu entwickeln, um Lernende zu einem souveränen Agieren in einer Welt der Digitalität zu befähigen (Blossfeld et al. 2018; Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland 2016; Stalder 2021).

Im Zentrum des ‚Bamberger Modells‘ steht die gezielte Verzahnung von Theorie und Praxis (Zentrum für Lehrerinnen- und Lehrerbildung Bamberg 2022). So erfolgt in den Lehrveranstaltungen beispielsweise eine Auseinandersetzung mit Theorien und aktuellen empirischen Erkenntnissen zum Einsatz und

R. Grund (✉) · P. Schneider · A. Gärtig-Daug
Kompetenzzentrum digitales Lehren und Lernen (DigiZ), Otto-Friedrich-Universität
Bamberg, Bamberg, Deutschland
E-Mail: regina.grund@uni-bamberg.de

P. Schneider
E-Mail: pauline.schneider@uni-bamberg.de

A. Gärtig-Daug
E-Mail: anja.gaertig-daug@uni-bamberg.de

zur Wirkung digitaler Medien. Praktische Anwendung und die damit verbundene Entwicklung digitaler Kompetenzen werden an der Universität Bamberg durch digitale Lehr-Lern-Labore ermöglicht. Hier können Studierende und Dozierende Unterrichtsszenarien unter Einbezug digitaler Medien sowie innovativer Lern-technologien entwickeln, Unterrichtskonzepte didaktisch erproben und wissenschaftlich evaluieren. Die Labs tragen damit nicht nur zum Zuwachs digitaler Handlungskompetenzen bei Lehramtsstudierenden bei, sondern leisten auch einen Beitrag zum wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn und der empirisch-fundierte Weiterentwicklung von Lehr-Lern-Settings.

Ziele der Labs

Aktuell verfügt die Universität Bamberg über sieben digitale Lehr-Lern-Labore. Über das Mehrlabor-Konzept wird sichergestellt, dass alle an der Lehramtsbildung beteiligten Fächer mit ihren spezifischen Zugängen einen Beitrag zur Entwicklung medienbezogener Professionskompetenzen leisten.

Das *Elementar-LLab* richtet sich schwerpunktmäßig an Studierende der Schulpädagogik, der Grundschulpädagogik und -didaktik, der Didaktik der Mathematik und Informatik, der Didaktik des Sachunterrichts, der Beruflichen Bildung mit Fachrichtung Sozialpädagogik, der Elementar- und Familienpädagogik sowie der Entwicklungspsychologie. Im Labor erfolgt zum einen eine Auseinandersetzung mit der Frage, wie grundlegende medienbezogene und informatische Kompetenzen bereits im Elementar- und Primarbereich angebahnt werden können. Hierzu werden analoge, haptische Spiel- und Erfahrungsmaterialien sowie kindgerechte Robotik und Programmierumgebungen, wie beispielsweise *ScratchJr* oder *Calliope*, eingesetzt. Zum anderen wird thematisiert, wie mithilfe von digitalen Anwendungen der mathematische, sprachliche und sachunterrichtliche Kompetenzerwerb bei Kindern unterstützt werden kann. Das Elementar-LLab kooperiert dafür eng mit dem *FELI-Lab*, das als gemeinsame Einrichtung der universitären Forschungsgruppe Elementarinformatik (FELI) und der Stadt Bamberg an einer Bamberger Grundschule betrieben wird und die Erprobung der entwickelten Konzepte zusammen mit Lernenden und praktizierenden Lehrkräften ermöglicht.

Demgegenüber richtet sich das *Sprachen-LLab* schulartübergreifend an Studierende von Sprachen. Hier werden digitale Tools für den Fremdsprachenunterricht wie Korpora und Edu-Apps erprobt, kritisch reflektiert und erforscht. Die Ausstattung des Raumes umfasst u. a. fünf interaktive Großbildschirme, Tablets sowie Video- und Soundtechnik.

Das *Berufswelten-LLab* zielt vor allem auf die Ausbildung Studierender ab, die die Fächer Wirtschaft und Beruf, Didaktik der Arbeitslehre für das

Mittelschullehramt, Berufliche Bildung und Soziologie studieren. Im Mittelpunkt der Laborarbeit steht die gezielte Vorbereitung auf den digitalen Wandel in der Berufswelt.

Das *TheoWerk* versteht sich als Arbeitsraum, der verschiedene Werkzeuge sowie reale und digitale Materialien für den Religionsunterricht bereithält. So stehen u. a. 3D-Modelle von religiösen Gebäuden, Orten und Artefakten zur Verfügung, die mittels AR- und VR-Formaten für Analysen und den didaktischen Einsatz zugänglich gemacht werden.

Im *Greenlab* liegt der Schwerpunkt auf der Vermittlung der drei Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik. Es werden insbesondere digital gestützte Kollaborationen unter Live-Einbezug externer Personen und Lehr-Orte sowie Apps mit Ansätzen der Gamification entwickelt und evaluiert.

Ferner setzt sich das *Wirtschaftspädagogik-LLab* mit den Auswirkungen der digitalen Transformation auf die wirtschaftswissenschaftliche, berufliche und betriebliche Bildung auseinander. Hierzu werden u. a. digitale Simulationen betrieblicher und kaufmännischer Abläufe modelliert und die Zusammenhänge von Raum und Technik in Lehr-Lernprozessen erforscht.

Einbindung in die Lehramtsbildung

Die Vielfalt an digitalen Lehr-Lern-Laboren zeigt, dass die Vermittlung digitaler Souveränität als gesamtuniversitäre Aufgabe gesehen wird. Gemäß dem ‚Bamberger Modell‘ widmen Lehramtsstudierende aller Schularten im Laufe ihres Studiums mindestens sechs Semesterwochenstunden (SWS) Kursen rund um Digitalisierung, wobei jeweils zwei SWS auf die Entwicklung folgender Kompetenzen abzielen (Zentrum für Lehrerinnen- und Lehrerbildung Bamberg 2022):

- *Medienbezogene Kernkompetenzen:* Studierende erörtern in der Schulpädagogik Theorie, Praxis und Empirie mit dem Ziel der souveränen und zeitgleich kritischen Nutzung digitaler Medien.
- *Fachspezifische Vertiefungskompetenzen:* In den Kursen des ersten Unterrichtsfachs werden themenbezogene Hard- und Software eingesetzt, wie beispielsweise linguistische Korpora in den studierbaren Sprachen.
- *Erweiterte fachspezifische Kompetenzen:* In den zweiten Unterrichts- bzw. Didaktikfächern evaluieren Studierende durch gemeinsame Unterrichtsplanung den sinnhaften Einsatz digitaler Tools (z. B. VR-Brillen in der Geografie). Anschließend erproben und reflektieren sie den Unterrichtsentwurf in Lerngruppen.

Da das ‚Bamberger Modell‘ Unterrichtspraxis und kritische Reflexion in den Fokus rückt, wird den Lehr-Lern-Laboren als Raum für praktische Erprobung eine besonders wichtige Rolle zuteil (Zentrum für Lehrerinnen- und Lehrerbildung Bamberg 2022). Die Ausstattung der jeweiligen Räume ermöglicht Studierenden, sich im Laufe ihres Studiums kontinuierlich mit Digitalisierung zu befassen, Tools zu erproben, Prozesse kritisch zu hinterfragen und mit breiten digitalen Kompetenzen in den Lehrberuf zu starten.

Aus der Praxis: Lehre im *Sprachen-LLab*

Das Blockseminar ‚Going Digital with Texts and Grammar‘ (Sommersemester 2022, Fachdidaktik Englisch) richtete sich an angehende Englischlehrkräfte verschiedener Schularten. Aufgrund der fachlichen Verortung wurde das *Sprachen-LLab* als Seminarraum gewählt. Inhaltlich beschäftigten sich die Studierenden mit digitalen Tools, den Potenzialen verschiedener Textformen für den modernen Fremdsprachenunterricht, Prinzipien und Methoden des Grammatikunterrichts sowie der gewinnbringenden Integration dieser drei Bereiche. Der Schwerpunkt einer Sitzung lag beispielsweise auf dem Einsatz von Songtexten im Englischunterricht. In Kleingruppen analysierten und evaluierten Studierende Songtexte aus der Perspektive von Schülerinnen und Schülern anhand des Posters ‚Cracking Song Lyrics‘ (Labenz und Summer 2022). Das Poster wurde auf interaktiven Bildschirmen dargestellt, sodass sie ihre Ideen direkt notieren und zeitgleich die Displays erproben konnten. Im Anschluss wurde die Arbeit mit den Displays gemeinsam evaluiert. Derartige *Microteaching*-Szenarien ermöglichen einen kritischen Einblick in die Einsatzmöglichkeiten für die schulische Praxis. Die digitalen Kompetenzen angehender Englischlehrkräfte wurden vor allem inhaltsbezogen durch Praxiserfahrung mit digitalen Tools und durch deren kritische Reflexion gefördert. Diese wurden vor und nach dem Seminar durch Fragebögen erfasst, die basierend auf dem *self-reported technological pedagogical content knowledge (TPACK)*; Schmid et al. 2021) das Zusammenspiel zwischen Technik, Pädagogik und Inhalt abbildeten.

Förderhinweis Die Einrichtung der digitalen Lehr- und Lernlabore an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg wurde gefördert durch die Initiative Bayern Digital II, die Oberfrankenstiftung sowie die Stiftung Innovation in der Hochschullehre.

Literatur

- Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus (2020). *Ausbau der digitalen Bildungsinfrastruktur an bayerischen Schulen*. Abgerufen am 29.08.2022 von <https://www.km.bayern.de/lehrer/meldung/6585/ausbau-der-digitalen-bildungsinfrastruktur-an-bayerischen-schulen.html>
- Blossfeld, H.-P., Bos, W., Daniel, H.-D., Hannover, B., Köller, O., Lenzen, D., et al. (2018). *Digitale Souveränität und Bildung: Gutachten*. Waxmann
- Labenz, S., & Summer, T. (2022). Cracking Song Lyrics [Poster]. *Englisch 5–10*, 58, Materialpaket
- Schmid, M., Brianza, E., & Petko, D. (2021). Self-reported technological pedagogical content knowledge (TPACK) of pre-service teachers in relation to digital technology use in lesson plans. *Computers in Human Behavior*, 115, Artikel 106586. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106586>
- Stalder, F. (2021). Was ist Digitalität? In U. Hauck-Thum & J. Noller (Hrsg.), *Was ist Digitalität?* (S. 3–7). Metzler. https://doi.org/10.1007/978-3-662-62989-5_1
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. Abgerufen am 12.04.2022 von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/Strategie_neu_2017_datum_1.pdf
- Zentrum für Lehrerinnen- und Lehrerbildung Bamberg (2022). *Souverän digital*. Abgerufen am 29.08.2022 von <https://www.uni-bamberg.de/zlb/k-r/digiz/souveraen-digital/>



P18: Vom Seminarraum zum HSE Digital Teaching and Learning Lab

Bernd Hirsch und Timo Holste

Genese und Konzeption

Das HSE Digital Teaching and Learning Lab liegt in direkter Nähe des Heidelberger Universitätsplatzes. Das multifunktional nutzbare Medienraumangebot wurde im Rahmen des durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg geförderten Verbundprojekts *HSE: Go digital! Now* (GDN) für digital gestützte, didaktisch innovative Veranstaltungen in lehramtsbezogenen Studiengängen entwickelt und in Zusammenarbeit mit hochschulinternen Akteurinnen und Akteuren umgesetzt. Zu Beginn des Wintersemesters 2021/22 eröffnet, leistet das Lab einen Beitrag zum Ausbau der digitalen Infrastruktur, unterstützt Dozierende bei der Entwicklung einer Kulturtechnik des versierten und reflektierten Umgangs mit digitalen Medien und fördert die Vermittlung von Informations-, Medien- und Digitalkompetenzen an Studierende.

Maßgeblich für die 2018 einsetzenden Lab-Planungen war die u. a. von Richard Stang formulierte forschungsbasierte Erkenntnis, dass ein hoher Standard an IT-Ausstattung, technischer Infrastruktur und Netzanbindung eine notwendige, keineswegs aber hinreichende Voraussetzung für erfolgreiche Digitalisierungsstrategien im Hochschulbereich ist (Stang et al. 2020). Vielmehr bedarf es flankierend neuer „Raum- und Möblierungskonzepte, die sich an den Erkenntnissen der Lernforschung [...] orientieren. [Es gilt,] Experimentierräume zur

B. Hirsch (✉) · T. Holste

Heidelberg School of Education, Universität Heidelberg, Heidelberg, Deutschland

E-Mail: hirsch@heiedu.uni-heidelberg.de

T. Holste

E-Mail: timo.holste@zegk.uni-heidelberg.de

Verfügung zu stellen, in denen hybride [S]trukturen entwickelt werden können [, die der] Verbindung von Lehre [und] selbstbestimmten Lernen“ (Stang et al. 2020, S. 205 f.) förderlich sind. Dieser Nexus wird im HSE Digital Teaching and Learning Lab durch eine modular-flexible Einrichtung geschaffen, die durch rollbare Tische und Stühle im Verbund mit Raumteilern eine rasche Anpassung des Arrangements an wechselnde Gruppenkonstellationen und Arbeitsweisen erlaubt.

Darüber hinaus war konzeptionell dem Umstand Rechnung zu tragen, dass das Lab aufgrund seiner innerstädtischen Lage primär von den dort heimischen geistes- und sozialwissenschaftlichen Disziplinen (insbesondere Germanistik, Anglistik, Romanistik, Geschichtswissenschaft, Theologie und Erziehungswissenschaft) sowie im Rahmen bildungswissenschaftlicher Lehrveranstaltungen frequentiert werden würde, kaum aber von den auf einem separaten Campus in räumlicher Distanz ansässigen naturwissenschaftlichen Fachbereichen. Entsprechend blieben dezidiert MINT-spezifische Erfordernisse bis dato unberücksichtigt.

Ausstattung und Ziele: Das Lab als Ermöglicheraum

Kernelement der technischen Infrastruktur des Labs ist eine Vielzahl von Schnittstellen, die die schnelle Vernetzung vor Ort wie auch über die Raumgrenzen hinaus gewährleistet. Das Andocken an diverse Touchscreens (wahlweise mit eigenen Endgeräten oder bereit gestellten Tablets bzw. Laptops) ermöglicht überdies die Integration externer Teilnehmerinnen und Teilnehmer via Kamerazuschaltung. Gerade für angehende Lehrkräfte ist es von fundamentaler Bedeutung, sich bereits während des Studiums mit Formen von kollaborativen, kokonstruktiven, digital vernetzten Arbeitsformen vertraut zu machen und sich einen souveränen Umgang mit unterschiedlichen Lehr-/Lern-Methoden und Technologien anzueignen (Sliwka und Klopsch 2020). Das Raumensemble P18 soll dabei als Ermöglicheraum dienen, der die physischen Voraussetzungen dafür schafft, dass Studierende Zukunftskompetenzen im Sinne der ‚4 C’s of 21st Century Skills‘ (Levin-Goldberg 2012) erlangen und Dozierende dafür geeignete Lehrangebote ausbringen können.

Neben kollaborativen Settings ist das Arbeiten in selbstbestimmten Szenarien von zentraler Bedeutung für die Realisierung zeitgemäßer Lernarrangements. Ein gesonderter, an den Hauptraum angrenzender Bereich erfüllt dabei eine doppelte Funktion: Zum einen bietet er in Gruppenlernphasen zusätzlichen Arbeitsraum; zum anderen ermöglicht er durch seine technisch hochwertige Ausstattung (mit

Greenscreen, Kameras, Mikrofonen, Mischpult und Hochleistungscomputern) die Produktion und Nachbearbeitung von digitalen Lehr-/Lernmaterialien, wie Podcasts und Erklärvideos. Komplettiert wird das Hardwareangebot durch Virtual Reality-Brillen, eine 360°-Kamera und einem 3D-Drucker. Tutorials zur Bedienung der Geräte wie auch Anregungen zu deren didaktischer Einbindung in Lehr-Lernszenarien werden digital zur Verfügung gestellt, um den für eine nachhaltige Nutzung erforderlichen Wissenstransfer auch jenseits der Projektlaufzeit von GDN zu unterstützen. Dadurch befördert das HSE Digital Teaching and Learning Lab eine innovative, forschungsgeleitete Hochschullehre, die Studierenden die Möglichkeit eröffnet, fachbezogen digitale Kompetenzen zu erwerben.

Das Raumkonzept fokussiert darauf, die Erfahrung von im Raum Lehrenden und ihren Studierenden zu nutzen, die sich den Raum in einem partizipativen Prozess aneignen und gleichzeitig als Multiplikatorinnen und Multiplikatoren fungieren. Eine zentrale Maßnahme ist die Erprobung von Lehrformaten und kollaborativen, digital gestützten Lernszenarien über Pilotveranstaltungen in diversen Lehramtsfächern und den Bildungswissenschaften, im Rahmen der Vor- und Nachbereitung der Schulpraktika sowie in den HSE-Zusatz- und Querschnittsqualifikationen ‚Informations- und Medienkompetenz‘ und ‚Nachhaltigkeit‘. Die Pilotlehrveranstaltungen repräsentieren verschiedene Veranstaltungsformate und reichen von im wöchentlichen Turnus stattfindenden Veranstaltungen und Blended Learning Blockformaten und Mikroformaten (sowohl sich wiederholende als auch einmalige Workshops) bis zu hybriden Veranstaltungen, z. B. aus dem Kontext der 4EU+Hochschulallianz. Aus den Pilotlehrveranstaltungen werden Beispiele für konkrete Nutzungsszenarien und Use Cases gesammelt und Dozierenden via Moodle als sich dynamisch entwickelnde Good Practice Sammlung zur Verfügung gestellt.

Die Weiterentwicklung der videobasierten Tutorials für die Geräte sowie der Good Practice Sammlung für die Use Cases erfolgt unter aktiver Beteiligung der Lernenden. Dabei sollen insbesondere Studierende eingebunden werden, die im Wintersemester 2022/23 und im Sommersemester 2023 den abschließenden Praxisbaustein der HSE-Zusatzqualifikation ‚Informations- und Medienkompetenz‘ absolvieren und deshalb über die notwendige medientechnische und -pädagogische Expertise verfügen.

Aus der Praxis: Virtual Reality und Geschichtsvermittlung am Beispiel der Geschichte des Nationalsozialismus

Zur Ausstattung des HSE Digital Teaching and Learning Lab gehört neben fünf Head-Mounted Displays vom Typ Oculus Quest 2 auch ein größerer Bestand an Cardboard-Virtual-Reality-Brillen für den Einmalgebrauch, in die Nutzerinnen und Nutzer ihre eigenen Mobiltelefone einsetzen können, weshalb sie für den Unterrichtseinsatz prädestiniert sind. Eine 360°-Kamera vom Typ Insta360 ONE X2 ermöglicht zudem die Erstellung eigener immersiver 360°-Videos und -Ansichten. Derartige digitale Anwendungen spielen eine immer größere Rolle in der Lehramtsausbildung (u. a. Tarantini 2021 sowie Nowotny et al. 2022).

Ausgehend von neuen Forschungen der geschichtsbezogenen Fach- und Mediendidaktik zur Vermittlung einer auf immersive digitale Medien bezogene Medien- und Informationskompetenz (u. a. Bunnenberg 2020) wurden entsprechende Pilotveranstaltungen im HSE Digital Teaching and Learning Lab durchgeführt. Im Wintersemester 2021/2022 erprobte eine Gruppe Studierender in Kooperation mit dem Holocaust-Gedenkprojekt ‚Gegen das Vergessen‘, inwieweit sich 360°-Ansichten und andere digitale Medien zur Geschichtsvermittlung im Schulalltag eignen (HSE 2021). Im Sommersemester 2022 unterzog eine Gruppe Heidelberger Studierender insbesondere dezidiert für den Geschichtsunterricht konzipierte Virtual-Reality-Angebote des WDR zur Vermittlung der Geschichte des Nationalsozialismus einer kritischen Überprüfung (HSE 2022). Im Fokus stand hier vor allem, mit welchen Techniken Bilder der Vergangenheit konstruiert werden und wie wissenschaftlich mit Immersion umzugehen sei. Diese Fragen sind im Kontext der Lehramtsausbildung insbesondere vor dem Hintergrund des Überwältigungsverbots von großer Bedeutung.

Literatur

- Bunnenberg, C. (2020). Mittendrin im historischen Geschehen? Immersive digitale Medien (Augmented Reality, 360°-Film) in der Geschichtskultur und Perspektiven für den Geschichtsunterricht. *geschichte für heute*, 4, 45–58.
- HSE/Heidelberg School of Education (2021). Überlebensbiografien der NS-Verfolgung in der Schule digital vermitteln. Abgerufen am 10.08.2022 von www.hse-heidelberg.de/workshop-ueberlebendenbiografien
- HSE/Heidelberg School of Education (2022). Digital Dark Tourism? Virtuelle Exkursion zu digitalen Gedenkorten der NS-Zeit und der Shoa. Abgerufen am 10.08.2022 von

<https://www.hse-heidelberg.de/events/digital-dark-tourism-virtuelle-exkursion-zu-digitalen-gedenkort-en-der-ns-zeit-und-der-shoah>

- Levin-Goldberg, L. (2012). Teaching Generation TechX with the 4Cs: Using Technology to Integrate 21st Century Skills. *Journal of Instructional Research*, 1, 59–66.
- Nowotny, F., Plötner, K., & Steinke L. (2022). 360-Grad- und Virtual Reality-Anwendungen im Fremdsprachenunterricht Praxiserfahrungen aus einem multimodalen Masterseminar im hybriden Lehrformat (Fremdsprachendidaktik Französisch/ Spanisch). In A. Kienle, A. Harrer, J. Haake & A. Lingnau (Hrsg.), *Die 19. Fachtagung Bildungstechnologien (DELFI), Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik* (S. 85–90). Bonn 2021.
- Sliwka, A., & Klopsch, B. (2020). Disruptive Innovation! Wie die Pandemie die „Grammatik der Schule“ herausfordert und welche Chancen sich jetzt für eine „Schule ohne Wände“ in der digitalen Wissensgesellschaft bieten. *Die Deutsche Schule: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Bildungspolitik und pädagogische Praxis*, Beiheft 16, 216–229. <https://doi.org/10.25656/01:20240>
- Stang, R., Becker, A., Franke, F., Gläser, C., Petschenka, A., Weckmann, H., & Zulauf, B. (2020). Herausforderung Lernwelt Hochschule: Perspektiven für eine zukünftige Gestaltung. In A. Becker & R. Stang (Hrsg.), *Lernwelt Hochschule: Dimensionen eines Bildungsbereichs im Umbruch* (S. 182–210). Walter de Gruyter.
- Tarantini, E. (2021). *Immersives Lernen in der Lehrerbildung. Reflexionsprozesse mit Virtual Reality-Technologie gestalten*. Abgerufen am 16.10.2022 von <https://ibb.unisg.ch/-/media/images-2000x1125/instituteundcenter/ibb/forschung/immersives-lernen-in-der-lehrerbildung.pdf>



Analoger Raum für digitale Bildung an der Martin-Luther-Universität Halle- Wittenberg

Claudia Hoffmann

Allgemeines

Für eine zeitgemäße Bildung in einer zunehmend digitalisierten und vernetzten Gesellschaft braucht es gut ausgebildete Lehrkräfte, die über Medienkompetenz verfügen und entsprechende didaktische Konzepte kennen, um digitale Medien in kreativen und kollaborativen Unterrichtsszenarien gezielt einsetzen zu können.

Vor diesem Hintergrund wurde an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg im Rahmen des BMBF-geförderten Projekts ‚Digital kompetent im Lehramt‘ (DikoLa) ein analoger Raum für digitale Bildung eingerichtet, in dem sich Lehrende und Studierende im Lehramt eigenständig und konstruktiv mit digitalen Medien, Methoden und Konzepten auseinandersetzen können.

Als freiwilliges Zusatzangebot im Lehramtsstudium ist das Digitale Lernlabor ein frei zugänglicher Experimentierraum, der auf dem Konzept des entdeckenden Lernens aufbaut (Schneider 2016). Die bereitgestellten Materialien, digitalen Geräte und digitalen Anwendungen bieten eine anregende Lernumgebung, die die Handlungsorientierung der nutzenden Personen stärkt (Hagstedt 2004). Um das Selbstlernen zu unterstützen, ist der Raum in thematische Stationen untergliedert, an denen digitale Lernmodule zum Vertiefen und Ausprobieren einladen. Der handlungsorientierte Ansatz des Digitalen Lernlabors wird durch verschiedene Angebote ergänzt, in denen sich die Teilnehmenden austauschen, kollaborativ zusammenarbeiten und fachübergreifend Projekte initiieren können.

C. Hoffmann (✉)

Zentrum für Lehrer*innenbildung, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,

Halle (Saale), Deutschland

E-Mail: hoffmannclaudia93@gmail.com

So wird das Digitale Lernlabor für fachdidaktische Seminare mit Studierenden sowie für interdisziplinäre Workshops mit Studierenden oder Lehrenden genutzt und für kooperative Lehr- und Forschungsprojekte mit Partnerschulen geöffnet. Das Lernlabor ermöglicht es ebenfalls, offenen Forschungsfragen nachzugehen. Es bietet somit einen geschützten Raum für das kooperative, phasen- und fachübergreifende Entwickeln, Ausprobieren, Reflektieren und Diskutieren von innovativen Lehr-Lernszenarien. Darüber hinaus steht der mit Hard- und Software ausgestattete Raum allen Fachbereichen der Lehrkräftebildung als Seminar- und Schulungsraum zur Verfügung.

Durch die Angebote des Digitalen Lernlabors soll nicht nur die Medienkompetenz der (angehenden) Lehrkräfte gefördert, sondern auch die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Disziplinen verbessert werden. Neue Konzepte zur digitalen Bildung können gemeinsam erstellt und praktisch erprobt werden.

Ziel

Das Digitale Lernlabor zielt darauf ab, digitalisierungsbezogene Kompetenzen für die eigene Lehre zu fördern. Die thematischen Lernmodule vermitteln dabei didaktisches Grundlagenwissen und unterstützen den Aufbau einer analytisch-reflexiven Grundhaltung. Durch das eigenständige Ausprobieren der digitalen Methoden können didaktische und technische Handlungskompetenzen erworben werden. Denn nur durch eigenes Erleben können Erkenntnisse angeeignet, Bewusstsein und Offenheit für das Lehren und Lernen mit und über digitale Medien geschaffen und Veränderungsprozesse angestoßen werden (Schübler 2008).

Ein weiteres und langfristig gedachtes Ziel des Digitalen Lernlabors liegt in der Etablierung eines nachhaltigen Bildungsangebots, in dem die entwickelten Unterstützungsmaterialien und Konzepte als frei zugängliche Bildungsmaterialien (OER) über die Projekt-Website allen Interessierten zugänglich gemacht werden.

Zielgruppe

Digitale Bildung ist ein fachübergreifendes Thema. Daher richtet sich das Digitale Lernlabor an Lehrende und Lehramtsstudierende aller Fachrichtungen und Schulformen. Die Vielfältigkeit der fachlichen Hintergründe wird dabei als Vorteil gesehen, um die digitalen Methoden aus verschiedenen Fachperspektiven zu reflektieren oder um fachverbindende Projekte zu initiieren.

Aufbau und Ausstattung

Das Raumkonzept orientiert sich an den Erfordernissen des kooperativen, vernetzten und flexiblen Lernens mit digitalen Medien. Entsprechend wurden Arbeitsplätze geschaffen, die, je nach Anordnung, Austausch fördern, konzentriertes Arbeiten in verschiedenen Gruppengrößen ermöglichen und Raum für die kollaborative Produktion von digitalen Lernmaterialien schaffen. Tragbare Papphocker vervollständigen die multifunktionale Ausstattung.

Um einen engen Bezug zur Schulrealität herzustellen, wurde bei der Ausstattung auf einfach handhabbare und für Schulen finanzierbare Technik geachtet. Die digitale Präsentations- und Kollaborationstechnik – mit Tablets verschiedener Hersteller, Dokumentenkamera, Smartboard mit drahtlosem Präsentationssystem und einem digitalen Flipchart – kann für verschiedene Gruppengrößen und Lernaktivitäten genutzt werden. Für das selbstgesteuerte Lernen stehen zusätzliche Arbeitsplätze und frei zugängliche Regale mit Materialien und Literatur bereit. Der dazugehörige Videobereich umfasst einen Greenscreen, Kamera bzw. Tablet mit Stativ, Leuchtboxen und eine selbstgebaute Trickfilmbox. Für die Audioproduktion steht ein gesonderter Arbeitsplatz zur Verfügung, der mit Laptop, Mikrofon und Kopfhörern ausgestattet ist. Zum Programmieren und Coden können Ozobots, Calliope mit Zusatzsensoren, Lego WeDo und Makey Makey genutzt werden. Für immersive Lernerfahrungen stehen Cardboards, Virtualitee-Shirts und diverse interaktive Printmaterialien bereit.

Die technische Ausstattung des Digitalen Lernlabors ist daraufhin konzipiert, dass sie aktualisierbar, erweiterbar und plattformübergreifend kompatibel ist und somit universell für vielfältige Nutzungsmöglichkeiten eingesetzt werden kann.

Abb. 1 zeigt den Aufbau und die Ausstattung des Digitalen Lernlabors.

Evaluation

Ausgewählte Aspekte der Raumnutzung werden mit einem Feedbackbogen evaluiert, der den nutzenden Personen per QR-Code am Ausgang zugänglich gemacht wird. In der Evaluation werden unter anderem Fragen nach Öffnungszeiten, der Ausstattung, der Betreuung und den digitalen Selbstlernangeboten gestellt. Zudem besteht die Möglichkeit, im Freitext Kritik zu äußern oder Anregungen zur Verbesserung zu geben.



Abb. 1 Aufbau und Ausstattung des Digitalen Lernlabors

Aus der Praxis: Selbstlernstationen

Den Kern des Digitalen Lernlabors bilden thematische Selbstlernstationen, an denen Anwendungen, Unterrichtsmaterialien und Einsatzszenarien von digitalen Medien für den schulischen Bereich vorgestellt und selbstständig ausprobiert werden können. Dieses freie Experimentieren ist im Rahmen von sogenannten Praxiswerkstätten möglich. Alle Stationen halten die entsprechende Technik, dazugehörige Materialien und einen Link zu einem digitalen Lernmodul bereit. Das Lernmodul bietet einen Einblick in die didaktischen Potenziale und Herausforderungen der jeweiligen Methode, in die technische Umsetzung mit App-Empfehlungen und in praktische Unterrichtsbeispiele. Ergänzt werden die Stationen um einen Recherche-Platz, der Informationsmaterial und Literatur bereithält. Die Stationen sind nach didaktischen Einsatzszenarien von digitalen Medien unterteilt und bieten Einblicke in folgende Themen:

- Audios produzieren
- Videos produzieren
- Kollaboratives Arbeiten
- Feedback & Umfragen
- Immersives Lernen
- Programmieren & Coden

Neben dem freien Experimentieren können im Rahmen der Praxiswerkstätten individuelle Anliegen mit digitalen Medien vertieft oder eigene Projekte realisiert werden. Beispielsweise nutzen Studierende das Angebot, um sich auf Praxisphasen des Studiums vorzubereiten oder Medienprodukte für verschiedene Seminare anzufertigen. Die Werkstattstunden sind als offenes Dauerangebot organisiert und können einmal wöchentlich ohne vorherige Anmeldung oder an anderen Terminen nach vorheriger E-Mail-Absprache aufgesucht werden. Bei Fragen sind studentische Tutoren und Tutorinnen anwesend, die zum Ausprobieren ermutigen und technische Hilfestellungen geben können.

Förderhinweis Das diesem Betrag zugrunde liegende Vorhaben wurde im Rahmen des Projekts ‚DikoLa‘ der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg zur gemeinsamen ‚Qualitätsoffensive Lehrerbildung‘ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2038 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin.

Literatur

- Hagstedt, H. (2004). Fordernde Lernorte. Lernwerkstätten. *Die Grunschulzeitschrift*, 171, 48–54.
- Schneider, R. (2016). Vom entdeckenden zum forschenden Lernen. In S. Schude, D. Bosse & J. Klusmeyer (Hrsg.), *Studienwerkstätten in der Lehrerbildung* (S. 107–118). Springer Fachmedien.
- Schüßler, I. (2008). Reflexives Lernen in der Erwachsenenbildung – zwischen Irritation und Kohärenz. *Bildungsforschung*, 5(2), 17.



Theorie- und Praxisverzahnung im ilab@KU

Michael Köck

Kontext

Der technologisch-wissenschaftliche Fortschritt auf der einen sowie das Bildungspostulat von der Autonomie individueller Entwicklung auf der anderen Seite lenken den Blick auf Schule und Unterricht und damit unweigerlich auch auf die Ausbildungsinhalte in Lehramtsstudiengängen. Insbesondere die Dominanz digitaler Systeme hat zu einer intensiven Beschäftigung mit technologiebezogenen Kompetenzen von Lehrpersonen geführt (Redecker und Punie 2017; International Society for Technology in Education 2017; Mishra und Koehler 2006).

Für die Ausbildung der Lehramtsstudierenden von besonderer Bedeutung ist dabei die Frage, wie sich entsprechende Inhalte in fach- und mediendidaktische Kenntnisse und Fähigkeiten zur Gestaltung von Lehr- und Lernszenarien überführen lassen, mit deren Hilfe sich Schülerinnen und Schüler Kompetenzen möglichst eigenständig aneignen können. Der Aufbau dieser speziellen technologiebezogenen, fachlich-fachdidaktischen Kompetenzen von Lehrpersonen stellt die Universitäten vor große Herausforderungen, denn Themen wie Robotik, Künstliche Intelligenz oder Gentechnik entziehen sich oftmals der inhaltlichen Systematik einzelner Wissenschaftsdisziplinen oder Fächer. Hinzu kommen erhöhte Ansprüche an die Hochschuldidaktik, die Öffnung der Hochschulen sowie die Verknüpfung von Theorie und Praxis.

M. Köck (✉)

Arbeitslehre und Wirtschaftsdidaktik, Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt,
Eichstätt, Deutschland

E-Mail: michael.koeck@ku.de

Konzeption

Mit dem an der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt eingerichteten iLab@KU wird der Versuch unternommen, das didaktische Potenzial integrierter Fachräume für die Herausforderungen universitärer Lehre und Forschung nutzbar zu machen. Betrieben wird die Einrichtung von verschiedenen Lehrinhalten. Der verbindende konzeptuelle Ausgangspunkt ist dabei der Informationsbegriff, mit dem es sich auch jenseits mediendidaktischer Fragestellungen auseinanderzusetzen gilt. Als Chiffre für das Zeitalter legitimiert er den pädagogischen Anspruch, sich mit Aspekten wie Mündigkeit und Selbstständigkeit zu befassen. Aus Sicht der Wirtschaftsdidaktik sind Informationen als eine Art Währung, Rohstoff, Produktivitäts- oder Machtfaktor für die Analyse arbeits- und wirtschaftsbezogener Strukturzusammenhänge von Bedeutung. Aus der Perspektive naturwissenschaftlicher Didaktiken eröffnet der Informationsbegriff einen epistemischen Zugang zu den stofflichen oder energetischen Aspekten biologisch-chemischer Prozesse.

Raumkonzept

Das Raumkonzept des iLab@KU setzt neben einem flexibel einsetzbaren Mobiliar sowie der Bereitstellung verschiedener *digital devices* auf eine konsequente Verzahnung von Theorie und Praxis. Neben Gerätschaften und digitalen Tools stehen daher verschiedene Lernstationen zur Verfügung, die sich als Best Practice-Beispiele für die schulische Behandlung von MINT- bzw. BNE-Themen in fachdidaktischen und grundschulpädagogischen Veranstaltungen verstehen.

Für den Bereich der Informationstechnik beispielsweise existiert aktuell ein Set von acht inhaltlich aufeinander bezogener Lernstationen (siehe <https://www.ilabku.com/informationstechnik>). Durch ihren stufenweisen Einsatz soll ein konsistentes konzeptuelles Wissen über informationstechnische Zusammenhänge sowie über human-soziale Aspekte der Technik aufgebaut werden.

Zu den Lernstationen wird ein umfangreiches Angebot an Informationen im Internet bereitgestellt. Die Materialien dienen als Vorbereitung für die Arbeit an den Lernstationen sowohl für Lehrende als auch Lernende, bieten Studierenden fachliche und didaktische Zugänge für eigene Projekte und sollen außerdem sicherstellen, dass Stationen und Materialien über den an Hochschulen üblichen Personalwechsel hinaus in Gebrauch bleiben.

Im Rahmen universitärer Lehrveranstaltungen soll der Einsatz der *Hands-on*-Stationen vor allem den Aufbau eines integrierten Wissens unterstützen, welches technologische, allgemeindidaktische, fachwissenschaftliche und fachdidaktische Aspekte beinhaltet. In kombinierter Form fungieren die Lernstationen als Bestandteile eines Lehr- und Lernlabors, als Forschungslabor für die Umsetzung studentischer Qualifikationsarbeiten sowie als Lern- und Experimentierstationen für außeruniversitäre Zielgruppen.

Ziele und Zielgruppen

Vorrangige Ziele des iLab@KU sind der Aufbau medienpädagogischer, medien-didaktischer und auch medieninformatischer Kompetenzen bei Studierenden sowie eine institutionelle Verankerung von MINT- und BNE-Themen im Lehramtsstudium der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt. Als Lehr-Lern-Labor soll das iLab@KU die Qualifizierung von Lehramtsstudierenden mit Lern- bzw. Förderaktivitäten von Schülerinnen und Schülern verknüpfen und so den Erwerb entsprechender Handlungskompetenzen begünstigen (Brüning et al. 2020).

Neben der Nutzung als Lehr-, Experimentier- und Forschungseinrichtung im Rahmen lehramtsbezogener Studiengänge richten sich Vortrags- und Fortbildungsangebote des iLab@KU an Adressaten inner- wie außerhalb der Universität.

Aus der Praxis: Lernstationen zur Informationstechnik

Am Beispiel einer zusammen mit Studierenden geplanten und durchgeführten Veranstaltung für Schülerinnen und Schüler der 10. Jahrgangsstufe eines Gymnasiums im Rahmen einer Woche zur Studien- und Berufsorientierung lässt sich zeigen, wie Raum und Ausstattung zur technikbezogenen fachdidaktischen Ausbildung von Studierenden beitragen sowie zum Ausgangspunkt für Qualifikationsarbeiten werden können.

Mit der an zwei Vormittagen angesetzten Veranstaltung sollte bei den beteiligten Schülerinnen und Schülern ein Kenntnissuwachs in Bezug auf die Transformation von Arbeit und Beruf durch digitale Technologien erreicht werden, um auf diese Weise sowohl Berufswahlkompetenz als auch digitale Kompetenzen zu fördern. Als zentrale Elemente der Lernprozesse sollten die Lernstationen zur Informationstechnik zum Einsatz kommen. Aufgabe der

Studierenden war es, im Rahmen eines Seminars die Lernumgebung theoriegeleitet und organisatorisch vorzubereiten.

Den intentionalen Rahmen für die Arbeit der Schülerinnen und Schüler an den Lernstationen bildeten Anleihen aus den *ISTE-Standards for Students* sowie einzelne Facetten des Konstrukts *Computational Thinking* gemäß der ICILS-Studie 2018 (Senkbeil et al. 2019). Festgelegt werden mussten dann konkrete Ziele und darauf abgestimmte Aufgabentypen, die Organisation der Abläufe (z. B. Gruppenaufteilung, zeitlicher Rahmen), die räumliche Platzierung der Lernstationen sowie die Gestaltung der Materialien (z. B. Arbeitsaufträge, Informations- und Selbstlernmaterialien). Während der Veranstaltung sollten die Schülerinnen und Schüler durch die Studierenden bei der Arbeit an den Lernstationen begleitet, beobachtet und analysiert werden. Dies sollte im Nachgang auch eine Reflexion des eigenen Handelns als Lehrpersonen ermöglichen. Für die Evaluation der Maßnahme wurde eine Bachelorarbeit vereinbart.

Im Verlauf der Veranstaltung erhielten die pro Tag in vier Gruppen und Zeitslots aufgeteilten knapp 90 Schülerinnen und Schüler zunächst eine kurze Einführung in die Grundlagen digitaler Technik. Anschließend teilten sie sich gruppenweise auf die Lernstationen auf und bearbeiteten gemeinsam mit Studierenden verschiedene Probleme. Dabei wurden Algorithmen formuliert, Roboter und Controller programmiert, eine KI mit Daten gefüttert und der Einsatzbereich der jeweiligen Technologien in Beruf und Freizeit reflektiert.

Der Fokus der Evaluation lag auf einem möglichen Zuwachs bei Kompetenzfacetten aus dem Bereich *Computational Thinking*. Auf der Grundlage bestehender Fragebögen wurde ein Set an Aufgaben für eine Vorher-Nachher-Messung konzipiert (Vennemann et al. 2021; Adams et al. 2019; Román-González 2015).

Literatur

- Adams, C., Cutumisu, M., Yuen, C., Hackman, L., Lu, C., & Samuel, M. (2019). *Callysto Computational Thinking Test (CCTt) Teacher Version* [Measurement instrument]. Abgerufen am 15.05.2022 von https://www.callysto.ca/wp-content/uploads/2020/10/Resource_Callysto-CTt_Instrument_Teacher_version-1.pdf
- Brüning, A.-K., Käpnick, F., Weusmann, B., Köster, H., & Nordmeier, V. (2020). Lehr-Lern-Labore im MINT-Bereich – eine konzeptionelle Einordnung und empirisch-konstruktive Begriffskennzeichnung. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore – Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung* (S. 13–26). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_2

- International Society for Technology in Education (2017). *ISTE Standards for Educators*. Abgerufen am 15.05.2022 von <https://www.iste.org/standards/for-educators>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teach Coll Rec*, 108(6), 1017–1054.
- Redecker, C., & Punie, Y. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Román-González, M. (2015). *Computational thinking test: Design Guidelines and content validation*. Proceedings of EDULEARN15 Conference, 2436–2444.
- Senkbeil, M., Eickelmann, B., Vahrenhold, J., Goldhammer, F., Gerick, J., & Labusch, A. (2019). Kapitel III: Das Konstrukt der computer- und informationsbezogenen Kompetenzen und das Konstrukt der Kompetenzen im Bereich ‚Computational Thinking‘ in ICILS2018. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil & J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking* (S. 79–111). Waxmann.
- Vennemann, M., Eickelmann, B., Labusch, A., & Drossel, K. (2021). *Dokumentation der Erhebungsinstrumente der zweiten Computer and Information Literacy Study*. Waxmann.



Experimentelle Escape Games im Lehr-Lern-Labor Ex³-Lab des Fachbereichs Chemie

Isabel Rubner und Sarah Lukas

Einleitung

Das Ex³-Lab stellt ein innovatives Lehr-Lern-Labor dar, in welchem experimentell und digital gearbeitet wird. Exemplarisch wird das dort verortete Projekt *Science 4 Exit* näher aufgeführt, welches im Rahmen eines spielerischen Ansatzes (Game-based Learning) verfolgt, das MINT-Interesse bei Schülerinnen und Schülern zu fördern. Game-based Learning (Wang et al. 2022) findet in der Regel vorwiegend in digitalen Formaten statt. In diesem innovativen Ansatz soll forciert ein Zusammenspiel zwischen experimental praktischer und digitaler Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Inhalten erfolgen. Des Weiteren sammeln Lehramtsstudierende (LA-Studierende) in der Betreuung und Begleitung der Schülerinnen und Schüler praxisbezogene Erfahrungen und stärken relevante Kompetenzen im Hinblick auf Lehrkräfteprofessionalisierung. Im Folgenden werden das Konzept und die Ziele des Projekts *Science 4 Exit* detailliert dargestellt.

I. Rubner (✉) · S. Lukas
Chemie und ihre Didaktik, Pädagogische Hochschule Weingarten,
Weingarten, Deutschland
E-Mail: isabel.rubner@ph-weingarten.de

S. Lukas
E-Mail: lukas@ph-weingarten.de

S. Lukas
Pädagogische Psychologie, Pädagogische Hochschule Weingarten,
Weingarten, Deutschland

Konzeptionelle Beschreibung des Labs

Das Projekt *Science 4 Exit* umfasst die Entwicklung, Erprobung und Evaluation experimenteller Escape Games mit digitaler Anreicherung im Lehr-Lern-Labor. Durch die Gamifizierung wird die intrinsische Motivation angeregt. McGonigal (2011) nennt vier Charakteristika von Spielen: Ziel, Regeln, Feedback-System und freiwillige Teilnahme. Einige dieser Charakteristika können den psychologischen Bedürfnissen nach der Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan (2012) entsprechen: Autonomie, soziale Eingebundenheit und Selbstwirksamkeitserleben. Somit ist es erklärbar, warum sich gamifizierte Lernumgebungen positiv auf die Lernleistung auswirken (Wang et al. 2022).

Klassische Themen des Chemieunterrichts werden hier in einen spielbasierten, narrativen Kontext eingebettet. Ausgangspunkt ist der Besuch von Schülerinnen und Schülern im Lehr-Lern-Labor Ex³-Lab und die Durchführung eines experimentellen Escape Games. Die Betreuung im Ex³-Lab erfolgt durch LA-Studierende des Faches Chemie. Zudem werden Diagnose- und Evaluationsinstrumente eingesetzt und die Betreuung der Studierenden wird im Hinblick auf Aspekte der Lehrkräfteprofessionalisierung wissenschaftlich begleitet und fachlich betreut. Die Studierenden werden im Rahmen der LA-Ausbildung auf die Betreuung im Projekt vorbereitet, erhalten kontinuierlich Feedback und sind des Weiteren in die Entwicklung neuer Escape Games eingebunden. Zudem können Schülerinnen und Schüler sich im Rahmen einer Forscher-AG an der Erstellung weiterer Escape Games beteiligen. Diese Forscher-AGs sind an der Hochschule verankert und werden von wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie Studierenden begleitet. Langfristig soll eine enge Zusammenarbeit mit Schulen wachsen, sodass ein innovativer, kooperierender Kreislaufprozess mit allen beteiligten Ebenen entsteht.

Die Escape Games werden mit einer experimentellen Ausrichtung realisiert, sodass möglichst praktisch im Labor experimentiert wird, um auf Lösungswege zu gelangen. Die Materialien im Escape Game werden digital angereichert erstellt (AR, VR, Erklärvideos, Learning Snacks, virtuelle Experimente etc.). Die Inhalte der Escape Games sind an den Basiskonzepten der Chemie orientiert (KMK 2020) und beziehen sich zudem auf die Bildungspläne der Chemie. Die Escape Games sind derart aufgebaut, dass – eingebettet in einen spielerischen Kontext – in angemessener Zeit eine Lösung für eine Problemsituation gefunden werden muss. Im Escape Game werden die Schülerinnen und Schüler mit Aufgaben konfrontiert, die durch Anwendung von vorhandenem Wissen oder forschendem Experimentieren gelöst werden können. Für komplexere Experimente, die nicht

eigenständig erforschbar sind oder aus Sicherheitsaspekten konkret angeleitet werden müssen, steht für jede Gruppe unterstützend ein ‚Escape Agent‘ (Studierende/r) zur Seite. Das Projekt ist darauf ausgerichtet, dass innerhalb des Projektzeitraums eigene Strukturen aufgebaut werden, sodass die Escape Games im Lehr-Lern-Labor nachhaltig weiter durchgeführt werden können und stetig an der Neu- und Weiterentwicklung gearbeitet wird.

Ziele des Labs

Die Wirkungsziele der Escape Games sind auf die Zielgruppen Schülerinnen und Schüler sowie Studierende ausgerichtet. Für die Schülerinnen und Schüler gilt es, durch die Steigerung von Selbstwirksamkeit auch Interesse und Motivation zu erhöhen (Itzek-Greulich und Vollmer, 2016) und somit die Einstellung gegenüber naturwissenschaftlichen Fächern zu verbessern. Das Projekt *Science 4 Exit* zielt darauf ab, eine innovative, aktivierende und motivierende Lernumgebung zu schaffen, um in beiden Zielgruppen experimentelle und digitale Fähigkeiten und Fertigkeiten zu schulen und zu festigen. Ferner sollen Fachwissen und dessen Kontextualisierung in realistischen und komplexen Situationen vertieft werden. Für die Studierenden werden praktische Erfahrungen sowie das Ziel der Professionalisierung fokussiert. Der Schwerpunkt hinsichtlich digitaler Kompetenzen wird in diesem Projekt auf die Erstellung und den Einsatz innovativer, lernförderlicher, digitaler Unterrichtsmaterialien gelegt. Für die Erstellung der Unterrichtsmaterialien kann der Makerspace *CoLiLab* eingebunden werden (Max et al. 2020). Dieser pädagogische Makerspace ist offen für alle Angehörigen der Hochschule und dient der Förderung digitaler Kompetenzen durch kooperative Projektarbeit. Die Erstellung und Erprobung digitaler Unterrichtsmaterialien wird im Rahmen der Lehramtsausbildung an der PH Weingarten durch diverse Projektseminare im Makerspace kontinuierlich unterstützt. Durch diese kollaborative und explorierende Art zu lernen und dem Fokus auf digitale Kompetenzen werden nicht nur wichtige MINT-Kompetenzen geschult, sondern auch die sogenannten *21st century skills* (van Laar et al. 2017).

Einbindung in die Lehramtsausbildung

Im Rahmen einer MA-Veranstaltung LA-Chemie (Sek I, Pflicht) werden Bausteine für neue Escape Games entwickelt, die, soweit passend, in Escape Games im Ex³-Lab integriert werden. Zudem entwickeln Studierende im Rahmen von

Bachelor- und Masterarbeiten weitere Escape Games. Erste Pilotierungen der neu entwickelten Escape Games werden innerhalb von Studierendengruppen vorgenommen. Es erfolgt kontinuierlich Rückmeldung durch die begleitenden Fach-Dozierenden und durch Peer-Tutoring.

Die Anleitung im Ex³-Lab erfolgt durch LA-Studierende des Faches Chemie ebenfalls im Rahmen einer MA-Pflichtveranstaltung. Diese werden bei der Betreuung der Schülerinnen und Schüler im Ex³-Lab diagnostisch (videographisch, per Diagnosebögen) begleitet. Ferner arbeiten Doktoranden im Rahmen ihres Promotionsvorhabens im Projekt *Science 4 Exit* und entwickeln, erproben und evaluieren weitere Escape Games mit Einbezug der Studierenden.

Aus der Praxis: Baustein eines Escape Games

Ein Escape Game besteht in der Regel aus einer Zusammenstellung verschiedener Bausteine. Im Projekt *Science 4 Exit* werden gezielt experimentelle sowie digitale Aufgaben integriert. Exemplarisch soll ein kleiner Baustein aus einem kriminalistischen Escape Game dargestellt werden. Hier wird im Verlauf der Geschichte, nachdem verschiedene fachbezogene Rätsel gelöst wurden, deutlich, dass es sich um Fingerabdrücke (FA) handelt, die es zu identifizieren gilt. Es liegen einige Metallbleche und Hölzer aus. Ferner stehen drei verschiedene Lösungen (Wasser, Zinksulfat- und Kupfersulfat-Lösung) zur Verfügung. Durch exploratives Experimentieren können die Schülerinnen und Schüler herausfinden, dass beim Eintauchen eines Eisenbleches in die blaue Kupfersulfat-Lösung eine Kupferabscheidung erfolgt. Befindet sich auf dem Eisenblech ein FA, so wird er dadurch sichtbar, da sich an den Stellen des FA (Papillarlinien) kein Metall abscheidet (Negativabdruck). Dieser gewonnene FA wird anschließend aufbereitet, über eine FA-Erkennungssoftware ausgewertet und einer Person zugeordnet. Thematisch ist diese Reaktion den Redoxreaktionen zuzuordnen, die ein großes und relevantes Themenfeld im Chemieunterricht darstellen. Hilfestellungen werden über QR-Codes angeboten, die teilweise mit hinterlegtem Informationsmaterial oder auch mit konkreten Visualisierungen möglicher Reaktionen unterstützen. Über AR-Animationen kann diesbezüglich beispielsweise der Prozess auf Teilchenebene sehr ansprechend dargestellt werden. Studierende agieren begleitend bzw. bei sicherheitsrelevanten Versuchen als Escape Agent unterstützend oder anleitend.

Literatur

- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2012). Self-determination theory. In P. A. M. van Lange, A. W. Kruglanski, & T. E. Higgins (Hrsg.), *Handbook of theories of social psychology* (S. 416–436). SAGE Publications Ltd.
- Itzek-Greulich, H., & Vollmer, C. (2016). Emotional and motivational outcomes of lab work in the secondary intermediate track: The contribution of a science center outreach lab. *J Res Sci Teach*, 54, 3–28. <https://doi.org/10.1002/tea.21334>
- KMK (2020). Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife. Abgerufen am 25.08.2022 von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Chemie.pdf
- Max, A., Schmoll, I., Uhl, P., Huwer, J., Lukas, S., Mueller, W., & Weitzel, H. (2020). Integration of a teaching-learning lab and a pedagogical makerspace into a module for media education for STEAM teacher students. *Proceedings of INTED 2020*. Valencia, Spain, 2050–2059. <https://doi.org/10.21125/inted.2020>
- McGonigal, J. (2011). *Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world*. Penguin Books.
- van Laar, E., van Deursen, A., van Dijk, A., & de Haan, J. (2017). The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. *Computers in Human Behavior*, 72, 577–588.
- Wang, L.-H., Chen, B., Hwang, G.-J., Guan, J.-Q., & Wang, Y.-Q. (2022). Effects of digital game-based STEM education on students' learning achievement: a meta-analysis. *Int J STEM Educ*, 9(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00344-0>



Das DigiLLab der Universität Bayreuth

Christian Seyferth-Zapf, Matthias Ehmann und
Maria Seyferth-Zapf

Ziele und Voraussetzungen

An der Universität Bayreuth wurde 2018 mit der Entwicklung eines fächerübergreifenden Konzepts zur Verankerung von Kompetenzen zum Lehren und Lernen mit und über digitale Medien in der Lehrkräftebildung begonnen. Grundlage für die Planung war die Aufforderung des Staatsministeriums für Wissenschaft und Kunst, an den bayerischen, in der Lehramtsausbildung tätigen Universitäten Kompetenzzentren für digitales Lehren und Lernen mit zugehörigen Lehr-Lern-Laboren (sog. DigiLLabs) einzurichten. Als inhaltliche Ziele wurden die ‚Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt‘ (Schultz-Pernice et al. 2017) vorgegeben, die mediendidaktische, medienpädagogische und zugehörige grundlegende informatische Kompetenzen umfassen.

Das entstandene Lehrkonzept stellt in der ersten Stufe eine fächerübergreifende Basisqualifikation der Studierenden zu Grundlagen des Lehrens und Lernens mit und über digitale Medien sicher. Die zweite Stufe dient der Ausprägung fachspezifischer medienbezogener Kompetenzen zum Lehren

C. Seyferth-Zapf (✉) · M. Ehmann · M. Seyferth-Zapf
Digitales Lehren und Lernen & Didaktik der Informatik, Universität Bayreuth,
Bayreuth, Deutschland
E-Mail: christian.seyferth-zapf@uni-bayreuth.de

M. Ehmann
E-Mail: matthias.ehmann@uni-bayreuth.de

M. Seyferth-Zapf
E-Mail: maria.seyferth-zapf@uni-bayreuth.de

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden
GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

M. Meier et al. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung*, Edition
Fachdidaktiken, https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_19

und Lernen mit und über digitale Medien in der weiteren fachlichen und fachdidaktischen Ausbildung. In beiden Phasen ist Handlungsorientierung ein zentrales Prinzip, um die angehenden Lehrkräfte möglichst frühzeitig mit unterrichtspraktischen Situationen unter Einbezug digitaler Medien zu konfrontieren, diese zu analysieren und passend zu gestalten.

Umsetzung und Labore

Um die geforderten fachspezifischen und fächerübergreifenden medienbezogenen Lehrkompetenzen von Lehrpersonen (Schultz-Pernice et al. 2017) bestmöglich zu fördern, wurde ein Laborkonzept entwickelt, in dessen Rahmen das DigiLLab als ein Zusammenschluss aus vier sich ergänzenden Laborräumen zu verstehen ist.

Das *InnovativeLearningLab*, das aufgrund seiner besonderen Ausstattung als ‚Klassenzimmer der Zukunft‘ angesehen werden kann, ist als fächerübergreifender Multifunktions- und Hybridraum konzipiert, der eine „Integration und gegenseitige Bezüge von physischen und digitalen Lernraumelementen für das Lehren und Lernen“ (Stang et al. 2021, S. 305) ermöglicht. Aufgrund der besonderen Potenziale digitaler Medien für konstruktive und interaktive Lernaktivitäten (vgl. hierzu das ICAP-Modell nach Chi und Wylie 2014) wurden flexible Tische und Stühle sowie Rollcontainer und -schränke angeschafft. Damit eine Vielzahl an Sozial- und Aktionsformen unter Verwendung digitaler Medien umgesetzt werden kann, war es von elementarer Bedeutung, neben flexiblem Mobiliar, multiple und z. T. auch bewegliche Stromquellen sowie ein labor-eigenes, leistungsstarkes Mesh-WLAN zu installieren. Ein hochschuldidaktisches Szenario, das das Zusammenwirken von technischer Infrastruktur, physischer Raumstruktur und digitalen Medien beschreibt, stellt u. a. die Erkundung virtueller Explorationswelten mithilfe von Head-Mounted-Displays (VR-Brillen) dar. Hierbei werden durch Rollcontainer unabhängige und kollisionsfreie Raumsegmente festgelegt. Neben immersiven Medienangeboten verfügt das InnovativeLearningLab über ein großes Spektrum weiterer aktueller und zukunftsweisender Technologien (z. B. 360°-Kameras, Action-Cams, Tablets, interaktive Whiteboards), die diverse fachspezifische und fächerübergreifende Anwendungsszenarien ermöglichen. Die Möglichkeit, dass Studierende sich mobile Geräte, z. B. für Praktika in der Schule oder für die Entwicklung eigener digitaler Lehr-Lernszenarien zu Hause, ausleihen können, ist dabei expliziter Konzeptbestandteil des InnovativeLearningLabs. Auf diese Weise wird eine nahtlose Integration digitaler Medien in verschiedene Lernsettings und -kontexte im Sinne des ‚Mobile Seamless Learning‘ (Wong und Looi 2011) angestrebt.

Angesichts der Bedeutsamkeit von Online- und Erklärvideos für Schule und Unterricht wurde mit dem *VideoLab* ein weiterer Raum geschaffen, der die Produktion von Lehrfilmen durch Lehramtsstudierende aller Fächer und Schularten ermöglichen soll. Ausgerüstet ist der Raum mit basaler Video- und Beleuchtungstechnik (z. B. Greenscreen, Kamera, Mikrofon, Teleprompter) sowie einem PC mit unterschiedlich komplexen Softwareanwendungen zur Postproduktion der Videos. Wenngleich das VideoLab bisher vorrangig unter medienpädagogischen Gesichtspunkten von Studierenden genutzt wird, soll der Raum perspektivisch auch für Schülerinnen und Schüler geöffnet werden, sodass das videotechnische Equipment zur Erschließung eigener medialer Partizipationsmöglichkeiten verwendet werden kann.

Der Besuch von Schülerinnen- und Schülergruppen ist gleichsam ein wesentlicher Bestandteil der Konzeption des *InformatikLabs* und findet aktuell durch die Einbindung in das ‚TAO-Schülerforschungszentrum Oberfranken‘ regelmäßig statt. Dieser Raum ist mit vielfältigen Systemen aus den Bereichen Physical Computing, Robotik, Vernetzte Systeme, Smart Home und CAD/CAM ausgestattet, die Studierenden und Schülerinnen und Schülern eine De- und Rekonstruktion digitaler Medien als Gegenstand des Informatikunterrichts ermöglichen. Aufgrund der Verfügbarkeit zahlreicher digitaler Werkzeuge, aber auch des besonderen Werkstattcharakters, besitzt der Raum zahlreiche Attribute, die ihn als ‚Maker Space‘ klassifizieren (Schön et al. 2020). Einerseits wird das InformatikLab als Lernraum für Schülerinnen und Schüler eingesetzt, andererseits dient es als Raum für die formale Ausbildung Lehramtsstudierender.

Das *SensorLab* dient als Experimentier- und Unterrichtsraum für die Fächer Biologie, Chemie und Physik. Es ist mit mobilen Systemen zur Messwert-erfassung und -verarbeitung ausgestattet. Damit besteht auch die Möglichkeit, die Technik in schulpraktischen Veranstaltungen außerhalb der Universität zu nutzen.

Aus der Praxis: Lehre im InnovativeLearningLab

Die bisherigen Ausführungen verdeutlichen, dass das InnovativeLearningLab in räumlicher und technischer Hinsicht im Laborverbund des DigiLLabs eine zentrale Stellung einnimmt. Dies gilt im übertragenen Sinn auch für die universitären Lehrveranstaltungen im Bereich der Lehramtsstudiengänge, die in diesem Raum angeboten werden. Hervorzuheben ist die zu Beginn skizzierte Basisqualifikation zum Lehren und Lernen mit und über digitale Medien. Dabei handelt es sich um ein für Lehramtsstudierende aller Fächer und Schularten verpflichtendes Seminar (3 ECTS), das im Zusammenhang mit der Einrichtung des

DigiLLabs in den jeweiligen Studien- und Prüfungsordnungen modular verankert wurde. Inhaltlich deckt das Seminar die Bereiche Mediendidaktik, Medienerziehung bzw. -bildung und Informatik ab und adressiert damit die Ausbildung der eingangs geschilderten Kompetenzen. Um die medientechnische Ausstattung des InnovativeLearningLabs bestmöglich zu nutzen, fußt das Seminarkonzept auf den Prinzipien des ‚Flipped Classroom‘. Demnach werden jene Lernaktivitäten in den kursbegleitenden E-learning-Bereich ausgelagert, die der eigenständigen Erarbeitung von Grundlagen dienen. In der Präsenzphase des Seminars hingegen erfolgt eine Anwendung des Gelernten unter Einbezug der multimedialen Raumausstattung. Beispielsweise erwerben die Studierenden im Bereich der Mediendidaktik Kenntnisse zum unterrichtlichen Einsatz digitaler Medien. Diese wenden sie anschließend im Rahmen der Konzeption fachspezifischer Unterrichtsentwürfe, z. B. unter Verwendung des interaktiven Whiteboards (inkl. der über das Seminar hinaus verfügbaren SMART Learning Suite-Software) oder unter Zuhilfenahme der ebenfalls durch das DigiLLab lizenzierten interaktiven Lernumgebungssoftware ‚ThingLink‘, an. Analog dazu erfolgt die handlungsorientierte Auseinandersetzung mit weiteren Medienangeboten auf Basis informatischer Grundlagen und vor dem Hintergrund der Medienbildung bzw. -erziehung.

Ausblick

In Zukunft sollen die Labore des DigiLLabs auch verstärkt für Aktivitäten der zweiten und dritten Phase der Lehrkräftebildung genutzt werden. Erste, stark nachgefragte Angebote gab es bereits im Kontext der Coronakrise, wobei die initiierte Fortbildungsreihe zum digital gestützten Fernunterricht ausschließlich online stattfand. Fortan soll das Veranstaltungsangebot zu Themen des digitalen Lehrens und Lernens ausgebaut und die Durchführung wieder in den Laboren des DigiLLabs stattfinden.

Förderhinweis Die Labore des DigiLLabs der Universität Bayreuth werden vom Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst gefördert.

Literatur

- Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Educ Psychol*, *49*(4), 219–234. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>
- Schön, S., & Ebner, M. (2020). Ziele von Makerspaces: Didaktische Perspektiven. In V. Heinzel, T. Seidl & R. Stang (Hrsg.), *Lernwelt Makerspace: Perspektiven im öffentlichen und wissenschaftlichen Kontext* (S. 33–47). De Gruyter.
- Schultz-Pernice, F., von Kotzebue, L., Franke, U., Ascherl, K., Hirner, C., Neuhaus, B., et al. (2017). Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt. *merz medien + erziehung*, *4*, 65–74.
- Stang, R., Petschenka, A., Gläser, C., & Becker, A. (2021). Der physische Raum im Kontext der Digitalisierung. Perspektiven für Lehr- und Lernraumkonstellationen an Hochschulen. In Hochschulforum Digitalisierung (Hrsg.), *Digitalisierung in Studium und Lehre gemeinsam gestalten: Innovative Formate, Strategien und Netzwerke* (S. 301–316). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32849-8_18
- Wong, L.-H., & Looi, C.-K. (2011). What seams do we remove in mobile assisted seamless learning? A critical review of the literature. *Comput Educ*, *57*(4), 2364–2381. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.06.007>



DigiLLab der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Melanie Stephan, Cindy Bärnreuther und Rudolf Kammerl

Konzeptionelle Beschreibung

Die Professionalisierung von Lehrkräften mit Blick auf den digitalen Wandel nimmt als ein aktueller gesamtgesellschaftlicher Transformationsprozess an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) einen besonderen Stellenwert ein. Demnach ist Digitale Bildung einer von drei überfachlichen Profilschwerpunkten (neben Umgang mit Diversität und Kompetenzen sowie Rolle der Lehrkraft) innerhalb der Lehrkräftebildung der FAU (Zentrum für Lehrerinnen- und Lehrerbildung der FAU 2017). Es gilt daher, dieses Angebot kontinuierlich auszubauen und wesentliche medienpädagogische Grundlagen obligatorisch im gesamten Lehramtsstudium zu etablieren. Im Rahmen der Initiative Bayern Digital II (Bayerische Staatskanzlei 2017) wurde 2019 das Labor für digitales Lehren und Lernen (DigiLLab: <https://www.digillab.fau.de/>) eröffnet. Die Konzeption sieht eine personelle, infrastrukturelle und räumliche Ausstattung an der FAU vor. Die Umsetzung der Konzeption erfolgt in enger Kooperation mit internen wie auch externen Expertinnen und Experten sowie mit Partnereinrichtungen.

M. Stephan (✉) · C. Bärnreuther · R. Kammerl
Lehrstuhl für Pädagogik mit dem Schwerpunkt Medienpädagogik,
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Nürnberg, Deutschland
E-Mail: melanie.stephan@fau.de

C. Bärnreuther
E-Mail: cindy.baernreuther@fau.de

R. Kammerl
E-Mail: rudolf.kammerl@fau.de

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

M. Meier et al. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung*, Edition Fachdidaktiken, https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_20

Zielstellungen

Die wesentlichen Zielstellungen des DigiLLabs der FAU gliedern sich in vier Bereiche: Lehren und Lernen, Räume und Equipment, Service und Beratung sowie Forschung und Vernetzung.

Angebote zum Lehren und Lernen mit und über Medien ausbauen und verankern: Die Vermittlung medienpädagogischer und -didaktischer Kompetenzen für alle Lehramtsstudierende und die zu deren Sicherstellung notwendige curriculare Verankerung ist eine wesentliche Zielstellung, die durch eigene Lehrveranstaltungen und Unterstützung der Dozierenden der FAU verfolgt wird. Darüber hinaus finden auch Fortbildungen für Lehrkräfte aus dem Schuldienst statt.

Räume und Equipment bereitstellen: Zu den Räumlichkeiten des DigiLLabs der FAU gehört am Standort Nürnberg ein ‚Digital Learning Laboratory‘ sowie zukünftig ein „Maker Space-Labor“ und am Standort Erlangen ein Labor zum Mobilen Lernen. Zum technischen Equipment zählen unter anderem Klassensätze von Tablets und Laptops sowie Dokumentenkameras, eine 3D-Kamera, Stative, Videokonferenzsysteme und Lernroboter. Zukünftig werden zudem VR-Brillen sowie ein Eye-Tracking System das Repertoire ergänzen. Weiterhin ermöglicht die flexibel einsetzbare Möblierung die Umsetzung vielfältiger Lernszenarien.

Service und Beratung anbieten: Für die Schaffung eines niedrighschweligen Angebotes können Lehramtsstudierende und Dozierende auf die Unterstützung in Form von online verfügbaren Informationsangeboten, Fortbildungsveranstaltungen, persönlicher Beratungen sowie Ausleihservices zurückgreifen. Zudem wird auf Anschaffungswünsche eingegangen. Ziel ist es, dass die Serviceleistungen Lehrenden einen vorteilhaften Einsatz digitaler Medien ermöglicht.

Forschung und Vernetzung: Die Entwicklung von Konzepten für das Lehren und Lernen unter den Bedingungen der Digitalität im (Fach-)Unterricht soll forschungsbasiert erfolgen. Das DigiLLab der FAU steht hierfür mit digitalen Lehr-Lern-Laboren anderer Standorte im Austausch. Die standortübergreifende Umsetzung von Forschungsvorhaben wird ebenso angestrebt wie gemeinsame Publikationen und Veranstaltungen.

Einbindung des DigiLLabs der FAU in die Lehrkräftebildung

Das DigiLLab der FAU koordiniert in Abstimmung mit dem Zentrum für Lehrerinnen- und Lehrerbildung ein Angebot, welches sich an alle ca. 4800 Lehramtsstudierende unabhängig von studierter Schulart und Fächerkombination sowie an die in der Lehrkräftebildung eingebundenen Fachkräfte richtet. Für die inhaltliche Ausgestaltung und die Festlegung von Kompetenzerwartungen in der bayerischen Lehrkräftebildung bieten neben der Lehramtsprüfungsordnung I, verschiedene Rahmenpapiere Orientierungspunkte, beispielsweise die ‚Standards für die Lehrerbildung‘ (KMK 2019), die Ausarbeitungen von ‚Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt‘ (Forschungsgruppe Digitaler Campus Bayern 2017), die Beschreibung medienbezogener Kompetenzen im Kompetenzrahmen DigCompEdu Bavaria (mebis-Redaktion 2021) sowie das Strategiepapier zur ‚Bildung in einer digitalen Welt‘ (KMK 2017). Hierauf basierend werden innerhalb der Lehrkräftebildung der FAU medienpädagogische Inhalte in der Allgemeinen Pädagogik, der Schulpädagogik, der Psychologie wie auch innerhalb der Fachdidaktiken integrativ und obligatorisch als Querschnittsaufgaben eingebunden. Darüber hinaus können Lehramtsstudierende im freien Bereich Vertiefungsangebote der Erziehungswissenschaften bzw. Fachdidaktiken wählen. Mit der Zielstellung, medienpädagogische Inhalte verstärkt einzubinden und zu systematisieren, wurde die Modulstruktur des universitären Curriculums angepasst. Der Erweiterungsstudiengang Medienpädagogik bietet eine zusätzliche Qualifikationsmöglichkeit für Studierende aller Lehrämter sowie für Lehrkräfte, die eine Multiplikatorenfunktion im Schulsystem übernehmen wollen. Zwischen den obligatorischen Inhalten, den Wahlpflichtbereich und dem Erweiterungsstudiengang Medienpädagogik wird zudem ab Sommersemester 2023 ein Zertifikat im Umfang von 15 Leistungspunkten zur ‚Allgemeinen und fachbezogenen Bildung in der digitalen Welt‘ geschaffen. Für eine breitenwirksame Etablierung von Kompetenzen für eine Bildung in einer digitalen Welt liegt der Fokus nicht nur auf Dozierenden und Lehramtsstudierenden, es wird auch der Praxisbezug zu Schulen gesucht. Diesbezüglich verfügt die FAU über ein FAU-Schulnetz, welches zur Etablierung professioneller Lerngemeinschaften, bestehend aus Studierenden, Lehrkräften und Forschenden, beiträgt. Zukünftig soll die Einrichtung von Universitätsschulen eine produktive Verzahnung von Wissenschaft und Praxis ermöglichen.

Aus der Praxis: Onlinemodule

Für eine konkrete Ausgestaltung und nachhaltige Implementierung medienpädagogischer Inhalte werden einerseits fachdidaktisch ausgerichtete Onlinemodule und andererseits Lernbausteine zu ‚Aktuellen erziehungswissenschaftlichen Fragestellungen in einer mediatisierten und globalisierten Welt‘ zur Verfügung gestellt. Im zwei-Jahres-Turnus entwickeln und evaluieren wissenschaftliche Mitarbeitende fachdidaktische Onlinemodule (beispielsweise Geographiedidaktik oder Deutschdidaktik). Hierbei gelingt eine bereichernde Zusammenarbeit zwischen den Expertinnen und Experten aus den Fachdidaktiken und der Medienpädagogik, wobei die genannten Rahmenpapiere wesentliche Orientierungspunkte bieten. Die entwickelten und evaluierten Onlinemodule werden anschließend publiziert.

Die Lernbausteine wurden vonseiten des Lehrstuhls für Pädagogik mit dem Schwerpunkt Medienpädagogik aufwendig erarbeitet. Sie dienen der fachübergreifenden verbindlichen Integration medienpädagogischer Inhalte im erziehungswissenschaftlichen Studium und der Sicherstellung eines einheitlichen Begriffsverständnisses. Die online abrufbaren Lernbausteine setzen sich aus Modulen im Umfang von 90 Min. zu den Themen ‚Schulische Medienbildung‘, ‚Schulische Medienerziehung‘, ‚Mediatisierung und Sozialisation‘ sowie ‚Medienwirkung‘ zusammen. Eine Spezifität der Lernbausteine ist, dass diese flexibel und ohne notwendige Vorkenntnisse vonseiten der Dozierenden im Gesamten oder in Teilen in deren Lehrveranstaltungen integriert werden können. Sie sind Grundlageneinheiten und setzen somit weder vonseiten der Dozierenden noch von Seiten der Lehramtsstudierenden Vorwissen voraus. Langfristig soll somit die erreichte curriculare Verankerung medienpädagogischer Inhalte im Lehramtsstudium inhaltlich konsistent und konsequent sichergestellt werden.

Förderhinweis Das DigiLLab der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg wurde im Rahmen des Masterplans Bayern Digital II verankert und wird aus Mitteln der Hightech Agenda Bayern (Säule Hochschulreform) finanziert.

Literatur

Bayerische Staatskanzlei (2017). *Bayern Digital II: Investitionsprogramm für die digitale Zukunft Bayerns*. Abgerufen am 27.05.2022 von https://www.regierung.oberfranken.bayern.de/mam/regierungsbezirk_oberfranken/digitalisierung/bayern_digital_investitionsprogramm_digitale_zukunft.pdf

- Forschungsgruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern (2017). Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt. *Merz Medien + Erziehung: Zeitschrift für Medienpädagogik*, 4, 65–74.
- KMK/Kultusministerkonferenz (2017). *Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt. Fassung vom 07.12.2017*. Abgerufen am 21.08.2022 von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf
- KMK/Kultusministerkonferenz (2019). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019*. Abgerufen am 27.05.2022 von https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf
- mebis-Redaktion (2021). *DigCompEdu Bavaria –Digitale und medienbezogene Lehrkompetenzen*. mebis – Landesmedienzentrum Bayern. Abgerufen am 23.05.2022 von <https://www.mebis.bayern.de/p/71502>
- Zentrum für Lehrerinnen- und Lehrerbildung der FAU (2017). *Schwerpunkte der FAU Lehrerinnen- und Lehrerbildung 2017*. FAU Erlangen-Nürnberg. Abgerufen am 27.05.2022 von <https://zfl.fau.de/people/?target=Leitbild#strategie>



The Basement – ein Klassenraum der Zukunft am Leibniz-Institut für Bildungsmedien

Maren Tribukait und Janina Becker

Konzeption und Zielsetzung

The Basement, das 2021 eröffnete Digital Lab des Leibniz-Instituts für Bildungsmedien (GEI), ist ein innovativer Raum, der mit diverser Hard- und Software ausgestattet und für viele verschiedene Szenarien eingerichtet ist. Er ist konzipiert in drei Dimensionen: (1) als *Research Space*, der Forschenden unterschiedlicher Disziplinen mit Interesse an digitalen Medien in der Bildung als Forschungsinfrastruktur zur Verfügung steht, (2) als *Teaching and Learning Space* für (angehende) Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler, die den Raum als Experimentierfeld nutzen können, und (3) als *Creative Space* für alle Interessierten, z. B. aus Politik, Wirtschaft und Kultur, die über digitale Bildung in Austausch kommen möchten. Der Fokus des *Basements* liegt auf den Veränderungen, die sich aus der ‚Kultur der Digitalität‘ (Stalder 2016) für Unterricht, Schule und Bildungsprozesse ergeben, beispielsweise in Hinblick auf Partizipationsmöglichkeiten, Rollenverständnisse und Datenflüsse. Somit steht das Lab an der Schnittstelle von kulturwissenschaftlicher Forschung und schulischer Praxis und versteht sich als Ergänzung zu Lab-Formaten, die primär auf kognitionspsychologische Lehr-Lern-Forschung ausgerichtet sind. Das Ziel ist, die Potenziale digitaler Medien für die gesellschaftswissenschaftlichen

M. Tribukait (✉) · J. Becker
Leibniz-Institut für Bildungsmedien | Georg-Eckert-Institut, Braunschweig,
Deutschland
E-Mail: tribukait@gei.de

J. Becker
E-Mail: janina.becker@gei.de

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

M. Meier et al. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung*, Edition Fachdidaktiken, https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_21

Fächer zu erkunden, gleichzeitig die gesellschaftspolitischen Implikationen des Prozesses der ‚Digitalisierung‘ sichtbar zu machen und über Alternativen zu den gängigen Angeboten nachzudenken. *The Basement* kann für Forschungs- oder Lehrzwecke, u. a. im Rahmen der Lehramtsausbildung an der Technischen Universität Braunschweig, gebucht werden. Zur Unterstützung bietet das Team medientechnische und -pädagogische sowie forschungspraktische Beratung und ein Veranstaltungsprogramm mit Workshops, Open Spaces etc. an.

Das kulturwissenschaftliche Profil

Der Ausgangspunkt der Konzeption ist die Erkenntnis zahlreicher am GEI durchgeführter Forschungsprojekte, dass Bildung in der digital vernetzten Welt nicht nur die Erweiterung und Handhabung technologischer Infrastruktur bedeuten kann (z. B. Macgilchrist 2019). Da digitale Technologien in unsere Kultur eingebettet und mit uns auf komplexe Weise verwoben sind, richtet sich das Interesse aus einer postdigitalen Perspektive auf das Zusammenspiel von Bildung und digitaler Technologie im gesellschaftlichen Kontext (Fawns 2019). Im *Basement* können Lehramtsstudierende Prozesse des Lernens und der Aneignung digitaler Medien als situierte, soziomaterielle Praktiken sowie den Einfluss digitaler Technologien auf Schule und Unterricht im Rahmen von Fortbildungsveranstaltungen, Seminaren oder eigenen Unterrichtsversuchen erkunden. Diese Prozesse können zudem im *Basement* etwa im Rahmen von partizipativer Forschung, Design-Based-Research oder mit den Methoden der Software Studies (Decuypere 2021) erforscht werden. Folgende Erfahrungen aus der Forschungspraxis am GEI sind in die Konzeption des Labs eingegangen:

- (1) Bei Forschungen zur Aneignung digitaler Medien ergab sich häufig das Problem, dass digitale Medien in der Schule nur selten und häufig nicht innovativ verwendet wurden, beispielsweise wurden Notebooks vor allem für Internetrecherchen eingesetzt (Bock und Probst 2018). Im *Basement* ist es nun möglich, kreative Lernszenarien zu konzipieren und zu erforschen, da zum einen Hard- und Software vorhanden ist, die in vielen Schulen noch nicht zur Verfügung stehen, und zum anderen die Gestaltung des Raumes neue Interaktionsformen jenseits üblicher Unterrichtsrouninen anregt.
- (2) Eine weitere Herausforderung lag für diese Forschungen auf methodischer Ebene: Im Rahmen von Unterrichtsbeobachtungen war es schwierig zu erfassen, wie Schülerinnen und Schüler digitale Medien konkret nutzten, also welche Seiten sie etwa aufrufen und wie sie sie lesen. Das Lab

erleichtert den Einsatz von Erhebungsinstrumenten wie Screencastsoftware oder Videographie.

- (3) In Forschungsprojekten zu Erinnerungspraktiken im Geschichtsunterricht (z. B. Memory Practices, Teaching the Cold War) standen Schulbücher im Mittelpunkt, weil diese vor allem in den beobachteten Lerngruppen genutzt wurden (z. B. Ahlrichs 2020). Das Lab ermöglicht es, Schülerinnen und Schüler mit digitalen Medien in Kontakt zu bringen, die gleichzeitig alternative erinnerungskulturelle Angebote darstellen, da sie nicht den Kompromisscharakter von Schulbüchern haben, weniger eurozentrisch angelegt sind oder transnationale Perspektiven auf historische Schlüsselereignisse eröffnen, wie etwa polnische oder tschechische Serious Games zum Zweiten Weltkrieg (My Memory of Us, Attentat 1942).

Die Einrichtung des *Basements* trug den Forschungsansätzen Rechnung, indem eine Bandbreite an Software und weitgehend mobiler Hardware zur Verfügung gestellt wird. Ein mit den Methoden der partizipativen Architektur entwickeltes Raumkonzept mit flexibler Ausstattung für unterschiedliche Szenarien ermöglicht vielfältige Modi der Interaktion, der Exploration und des informellen Austausches.

Verbindendes Lernen

Für Lehrkräfte und Lehramtsstudierende werden Fortbildungen angeboten, die exemplarische Lehrkonzepte zur Diskussion stellen, Impulse für den Unterricht geben und die gemeinsame Reflexion über die Rolle digitaler Medien im Unterricht ermöglichen, z. B. werden Inhalte und Strukturen von Social Media analysiert und umgenutzt. Zentral dabei ist ein reziproker Ansatz, der die Expertise von (angehenden) Lehrkräften mit den aktuellen kultur- und sozialwissenschaftlichen Erkenntnissen aus der Bildungsmedienforschung zusammenbringt. Partizipative und hierarchiearme Methoden finden sich auch in Angeboten des *Basements* wieder, die Konzepte der Liberating Structures (Steinhöfer 2021) und des Connected-Learning (verbindendes Lernen) (Ito et al. 2013) einbeziehen. Der Connected-Learning-Ansatz, der auf die Verbindung persönlicher Interessen junger Menschen, förderlicher sozialer Beziehungen und Möglichkeiten, sich zu engagieren, zielt, bildet den Kern des didaktischen Konzepts des *Basements*. Es geht darum, Lernende zu ermutigen und zu unterstützen, sich mit der Welt um sie herum zu verbinden und aus Neugier und eigenem Interesse einen Beitrag zu gesellschaftlichen, politischen, kulturellen oder ökonomischen Fragen leisten zu

wollen. So hat zum Beispiel eine Informatik-AG bei Projekttagen im *Basement* ein Spiel entwickelt, das Schülerinnen und Schüler unterstützt, sich bei der Kurswahl in der Oberstufe zu orientieren.

Der Raum kann auch von Lehrkräften und Lehramtsstudierenden gebucht werden, um mit der eigenen Lerngruppe Projekte durchzuführen. Weitere Angebote wie Praxisseminare für Lehramtsstudierende werden mit der 2022 geplanten Besetzung der gemeinsamen Professur ‚Didaktik der Bildungsmedien mit dem Schwerpunkt Geschichte‘ der Technischen Universität Braunschweig und des GEI entstehen.

Aus der Praxis: Über Social Media lernen

Im Rahmen des Veranstaltungsprogramms fand im Februar 2022 ein zwei-stündiger Workshop ‚#stories@lessons – Wissensvermittlung durch Social Media Profile‘ statt, an dem sechs Lehramtsstudierende des Faches Geschichte teilnahmen. Instagram und TikTok sind überaus beliebt bei Kindern und Jugendlichen und stellen für viele zentrale Elemente von Identitätsstiftung, Sozialisationsprozessen und Teilhabe dar (Hajok und Zerbin 2015). Das Ziel des Workshops war es, die Faszination, die diese Plattformen ausüben, genauer zu beleuchten und die Mechanismen, die von erfolgreichen Influencerinnen und Influencern bei der Erstellung ihrer Profile genutzt werden, für schulische Inhalte nutzbar zu machen.

Zu Beginn erhielten die Studierenden zwei Inputs zur Faszination von Social Media und zur Methode des Digital Storytelling, welche zunehmend auch für soziales oder kommunales Engagement genutzt wird (Lambert 2013) und ebenfalls in zwei ausgewählten Beispielprofilen (@ichbinsophiescholl und @evastories) Anwendung findet, außerdem ein Analyseinstrument für bereits existierende Profile sowie einen Vorschlag, wie die Methode im Unterricht angewendet werden kann. In der anschließenden Praxisphase analysierten die Studierenden die genannten Profile. Ziel war es, die verwendeten Storytelling-Elemente aufzudecken und Strategien erfolgreicher Profile, die versuchen, den Instagram-Algorithmus zu beeinflussen, herauszuarbeiten. In einem zweiten Schritt erstellten die Teilnehmenden selbst einen Instagram-Beitrag. Um den Datenschutz zu gewähren und einen tieferen Blick in das System zu ermöglichen, wurden hierfür Accounts bereitgestellt.

Die Teilnehmenden diskutierten Vor- und Nachteile der Nutzung von Social Media und die beiden Profile @ichbinsophiescholl und @evastories für den Geschichtsunterricht. Neben der Angemessenheit der Darstellung historischer

Persönlichkeiten in modernen Medien wurden auch die Designs der Profile und, damit zusammenhängend, Formen aktueller Erinnerungskultur besprochen. Positiv stellten die Studierenden das ganzheitliche Konzept aus Handhabung und Analyse eines sozialen Netzwerkes in Verbindung mit historisch relevanten Inhalten heraus, da diese an Alltagspraktiken anschlussfähig und auf andere Inhalte übertragbar seien.

Förderhinweis *The Basement* wurde mit Mitteln des Niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur aufgebaut.

Literatur

- Ahlrichs, J. (2020). *Die Relevanz des Beiläufigen*. Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-28896-9>
- Bock, A., & Probst, L. (2018). *Digitales Lehren und Lernen. Wissenschaftliche Begleitforschung zur Einführung mobiler Endgeräte in Niedersächsischen Schulklassen der Sek I/Level 2 ISCED*. Eckert. Dossiers 19.
- Decuypere, M. (2021). The Topologies of Data Practices: A Methodological Introduction. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 10(1), 67–84. <https://doi.org/10.7821/naer.2021.1.650>
- Fawns, T. (2019). Postdigital Education in Design and Practice. *Postdigital Science and Education*, 1, 132–145. <https://doi.org/10.1007/s42438-018-0021-8>
- Hajok, D., & Zerbin, F. (2015). Identitätsbildung im Netz: Selbstdarstellung weiblicher Heranwachsender auf Foto- und Videoplattformen. *TV-Diskurs*, 19(2), 64–67.
- Ito, M., Gutiérrez, K., Livingstone, S., Penuel, B., Rhodes, J., Salen, K., et al. (2013). *Connected Learning*. BookBaby
- Lambert, J. (2013). *Digital storytelling*. Routledge.
- Macgilchrist, F. (2019). Digitale Bildungsmedien im Diskurs: Wertesysteme, Wirkkraft und alternative Konzepte. *Aus Politik und Zeitgeschichte*, 69, 18–23.
- Stalder, F. (2016). *Kultur der Digitalität*. Suhrkamp Verlag.
- Steinhöfer, D. (2021). *Liberating Structures*. Vahlen.

Digitale Transformation von Lehr-Lern-Laboren



Entwicklung und Einsatz von VR-Lernszenarien für den Lehrkompetenzaufbau

Klassenraumsimulationen mit Virtual Reality

Laura Glocker, Sebastian Breitenbach, Miriam Hansen,
Julia Mendzheritskaya und Melissa Lê-Hoa Vö

Einleitung

Heutzutage ist Digitalität nicht mehr aus der Lehr-Lernpraxis wegzudenken. Die rasch voranschreitende Technik, insbesondere in Bereichen wie Virtual Reality (VR), ermöglicht es, Konzepte wie Lehr-Lern-Labore gänzlich neu zu denken und zu konzipieren. Schon seit Langem ist bekannt, dass die Kombination aus Theorie und Praxis essenziell für den Lehrkompetenzerwerb ist (Hascher und de Zordo 2015; Schoen 1983). Eine erfolgreiche Art, diese Verbindungen zu etablieren, sind Lehr-Lern-Labore, in denen Lehramtsstudierende ihre Kenntnisse

L. Glocker (✉) · S. Breitenbach · M. Hansen · J. Mendzheritskaya · M. Lê-Hoa Vö
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, Frankfurt am Main,
Deutschland

E-Mail: glocker@psych.uni-frankfurt.de

S. Breitenbach

E-Mail: S.Breitenbach@em.uni-frankfurt.de

M. Hansen

E-Mail: hansen@paed.psych.uni-frankfurt.de

J. Mendzheritskaya

E-Mail: mendzheritskaya@psych.uni-frankfurt.de

M. Lê-Hoa Vö

E-Mail: mlvo@psych.uni-frankfurt.de

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden
GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

M. Meier et al. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung*, Edition
Fachdidaktiken, https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_22

in direktem Kontakt zu Lernenden erproben können (Sorge et al. 2020). Lehr-Lern-Labore basieren auf dem Konzept des forschenden Lernens, bei dem die Lernenden in zyklischen, repetierenden und sich anknüpfenden Phasen zwischen Theorie und Praxis alternieren, um ihren Erkenntnisgewinn zu maximieren (Brüning et al. 2020; Roth und Priemer 2020).

Im universitären Kontext zeichnen sie sich durch ein aktives Erproben des Umgangs mit Lernenden und dem damit verbundenen Kompetenzerwerb Lehramtsstudierender aus (Haupt und Hempelmann 2015). Sie können hierbei als „eine spezifisch gestaltete, aber dennoch authentische Lernumgebung sowohl für Schülerinnen und Schüler als auch für Studierende“ (Brüning et al. 2020, S. 16) definiert werden. Sie unterscheiden sich hierbei essenziell von normalen Schulpraktika, da sie eine Situation bieten, die um ihre Komplexität reduziert und gleichzeitig durch ihre Anwendungsmöglichkeit von im Studium akquirierten Wissen bereichert ist (Sorge et al. 2020). Nach Brüning et al. (2020) zeichnen sich Lehr-Lern-Labore vor allem dadurch aus, dass sie eine besondere Organisationsform darstellen, an der die Studierenden aktiv teilnehmen. Häufig werden Lehr-Lern-Labore im Bereich der MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) eingesetzt (Völker und Trefzger 2010). Für erfolgreiches Lernen im Lehr-Lern-Labor müssen die Partizipierenden in der Lage sein, ihre theoretischen Kompetenzen dort aktiv anzuwenden und zu reflektieren (Roth und Priemer 2020). Bei der Bewertung von analogen Lehr-Lern-Laboren zeigte sich, dass Studierende sich eine verstärkte Verzahnung von Theorie und Praxis, klare Verbindung von den thematischen Inhalten mit den begleitenden Lehrveranstaltungen sowie eine Förderung der eigenen Reflexionsfähigkeit wünschen (Sorge et al. 2020). Der Einsatz von VR erlaubt, an diesen Punkten anzusetzen und erweitert Lehr-Lern-Labore um eine neue, immersive Komponente, für deren Erfolg es in einigen Studien im universitären Kontext bereits Anhaltspunkte gibt (Hamilton et al. 2021; Radiani et al. 2020).

Im Folgenden wird eine Lehrveranstaltung für Lehramtsstudierende an der Goethe Universität Frankfurt am Main vorgestellt. Die Lehrveranstaltung gliederte sich in fünf Themenblöcke und beinhaltete den Besuch eines VR-Lehr-Lern-Labors, in dem die Lernenden virtuell an einer Klassenzimmersituation teilnahmen. Mit Hilfe von verschiedenen Lernaufgaben wurden die Teilnehmenden des Seminars bei der Reflexion von während der Lehrveranstaltung gewonnen Erkenntnissen unterstützt.

Theoriebezogene Herleitung

Digitale Medien und Lehr-Lern-Labore werden zunehmend miteinander kombiniert und mit Präsenzlehre verzahnt. So werden beispielsweise digitale Medien in Lehr- und Lernprozesse integriert und obwohl Studierende den Einsatz als nützlich empfinden, zeigt es sich, dass es stetigen Bedarf gibt, Lehrende besser digital auszubilden (Bond et al. 2018). Die Inkorporation von VR-Elementen in Lehrprozesse, wie etwa in Lehr-Lern-Laboren, stellt hier eine Besonderheit dar.

In anderen Bereichen, wie z. B. der Weiterbildung von Medizinerinnen und des Militärs, ist VR schon seit Jahren gut etabliert (Pallavicini et al. 2016; Wiederhold et al. 2006). Anfänglich noch unter einer geringen Immersion leidend, hervorgerufen durch niedrige Auflösungen (Zheng et al. 1998), ermöglichen VR-Anwendungen durch die Weiterentwicklung der head mounted displays (HMDs) im Bereich des Trackings und der Pixeldichte mittlerweile hochimmersive Erfahrungen (Hamilton et al. 2021; Rianti et al. 2020). Dies wiederum ermöglicht eine höhere Immersion und Präsenz und kann somit zu einem besseren Lernerfolg führen (Chavez und Bayona 2018; Krokos et al. 2019; Persky et al. 2009). Der Begriff *Immersion* wird in der Wissenschaft unterschiedlich definiert. Im Folgenden bezeichnet er die Fähigkeit, Umgebungsreize auszublenden und sich durch Eintauchen in die VR-Umgebung vollständig auf die aktuelle Aufgabe fokussieren zu können (Freina und Ott 2015; Zheng et al. 1998). Ist der Grad an Immersion besonders hoch, wird auch von *Präsenz* gesprochen. Präsenz beschreibt das Gefühl, körperlich anwesend zu sein in der dreidimensionalen Welt der VR-Anwendung (Persky et al. 2009).

VR bietet ein breites und vielseitiges Einsatzspektrum, etwa im Pilotentraining oder der Medizinausbildung (Chavez und Bayona 2018; Köhler et al. 2013). Bezüglich einer Einbindung in die Lehre wird davon ausgegangen, dass der Theorie-Praxis-Transfer von Schülerinnen und Schülern bei der Anwendung von VR erhöht ist (Chavez und Bayona 2018; Krokos et al. 2019). In der Hochschullehre hingegen wird das versatile Potenzial von VR noch nicht zur Gänze ausgeschöpft. Wird VR in den Ingenieurs- oder Computerwissenschaften bereits häufig eingesetzt (Hamilton et al. 2021; Rianti et al. 2020), wird es in Deutschland inzwischen vermehrt auch in die Lehrforschung integriert (Lugrin et al. 2016; Stavroulia et al. 2018).

Auch Lehr-Lern-Labore könnten von VR immens profitieren. Der Einsatz von VR in der Lehre kann den handlungsnahen Kompetenzerwerb fördern und gelingendes Lernen ermöglichen (Chavez und Bayona 2018; Köhler et al. 2013;

Radiani et al. 2020). Insbesondere die intrinsische Motivation der Studierenden kann positiv beeinflusst werden, wenn genügend individuelle Bezugspunkte geschaffen und Sachverhalte möglichst realistisch dargestellt werden, die in der Anwendung selbständig erkundet und, wenn möglich, beeinflusst werden können (Hellriegel und Čubela 2018; Köhler et al. 2013; Martín-Gutiérrez et al. 2017). Von den vier Ebenen gelingenden Lernens (Arnold 2012) kann VR die Ebene der Selbststeuerung adressieren, denn in VR-Anwendungen kann den Partizipierenden die Möglichkeit geboten werden, sich selbstbestimmt durch die Anwendung zu bewegen und Handlungsoptionen auszuwählen. Damit können VR-Anwendungen mehr Interaktionsleistungen bieten als es konventionelle Lernmaterialien können, wie z. B. Stift und Papier (Martín-Gutiérrez et al. 2017).

VR erlaubt zudem, dass Situationen exploriert werden können, zu denen unter normalen Umständen kein Zugang besteht, wie etwa das Üben von schwierigen Flugmanövern (Hamilton et al. 2021), und wird auch in der Behandlung von psychischen Störungen wie Posttraumatische Belastungsstörungen oder Phobien eingesetzt, um sicher angstbesetzte Situationen zu explorieren (Wiederhold et al. 2006). Diese Erfahrungen können durch VR erlebbar und in realen Bezug gestellt werden (Martín-Gutiérrez et al. 2017; Radiani et al. 2020). Damit VR auch als sozialer Prozess verstanden werden kann, sollten die virtuelle Umgebung und die in ihr enthaltenen Kommunikationsmöglichkeiten möglichst realistisch gestaltet werden. Gelingt dies, hat VR auch das Potenzial, zwischenmenschliche Interaktionen und Kommunikation zu fördern (Hellriegel und Čubela 2018; Radiani et al. 2020).

Auch in der Lehre werden VR-Anwendungen genutzt, um grundlegende Interaktionen zu ermöglichen sowie realistische Umgebungen zu simulieren und prozedurales und deklaratives Wissen zu stärken, beispielsweise durch Hilfestellung beim Memorieren oder Internalisieren von Prozeduren (Hamilton et al. 2021; Radiani et al. 2020). Studierende, die mittels VR-Anwendungen lernten, weisen, verglichen mit Studierenden, die sich weniger oder nicht immersiver Mittel bedienten (Rupp et al. 2019), eine positivere Lernerfahrung sowie gesteigertes Interesse und Wissen über das behandelte Thema auf. Kann die lernende Person also möglichst handlungsnah auf die Situation in dem virtuellen Lernszenario reagieren, können Lernprozesse optimal gefördert werden (Chavez und Bayona 2018; Radiani et al. 2020).

Konzeption zum Lehr-Lern-Labor(-Seminar)

Um dabei zu helfen, zukünftige Lehrende besser digital zu schulen, wurde das VR-Lehr-Lern-Labor ‚Classroom Simulator in Virtual Reality‘, kurz ‚CLASIVIR 1.0‘ entworfen und in eine Lehrveranstaltung integriert. Im Folgenden wird zunächst die Konzeption zu ‚CLASIVIR 1.0‘ beschreiben, um daran angebunden die Einbindung in eine Lehrveranstaltung zu veranschaulichen.

Die VR-Klassensimulation ‚CLASIVIR 1.0‘

CLASIVIR 1.0 besteht aus einer virtuellen Unterrichtssequenz (Abb. 1), in der die Studierenden mit einem Konflikt zwischen zwei Lernenden, die während des Unterrichts körperlich aneinandergeraten, konfrontiert werden. Die Studierenden müssen anschließend in ihrer virtuellen Lehrendenrolle die Handlungsoption als Reaktion auswählen, die ihnen am angemessensten erscheint – basierend auf den Erkenntnissen und Kompetenzen, die sie während des Seminars erlernt haben (Abschn. ‚[VR-Lehr-Lern-Labor-Seminar mit ‚CLASIVIR 1.0‘](#)‘). Je nach Auswahl werden sie mit einem sich daran anschließenden Szenario konfrontiert. Insgesamt gibt es drei Mal die Option, eine Handlung zu wählen.

CLASIVIR 1.0 zeichnet sich zudem dadurch aus, dass es den Teilnehmenden ein möglichst immersives Erlebnis bietet, das zu einem Gefühl der aktiven, realen Partizipation führen kann (Zheng et al. 1998). Dieses gesteigerte Präsenz-erleben von VR wird in Zusammenhang gestellt mit dem Erwerb von handlungsnahen Kompetenzen (Chavez und Bayona 2018) und erlaubt, Lernsituationen wirklichkeitsgetreu und optimal für die Lernförderung zu kreieren (Andreasen und Haciomeroglu 2009). Dies ist, nach den Erkenntnissen der ‚embodied cognition‘- und ‚embodied emotion‘-Forschung, essenziell. Sie besagt, dass das



Abb. 1 VR-Simulation des Klassenzimmers mit Schülerinnen und Schülern

Zusammenspiel zwischen Emotionen, Denken und dem Körper das Lernen und Lernprozesse beeinflusst (Niedenthal und Barsalou 2009). Auch können Lernfortschritte in VR-Szenarien gut getrackt, standardisiert und somit repliziert werden. Gleichzeitig erlaubt VR, individuelle und kontrollierte Lernumgebungen zu entwerfen, in denen Komplexität und Handlungsvariabilität in unterschiedlicher Ausprägung simuliert werden können (Hernandez-Serrano et al. 2000). Es bietet sich demnach an, Lernprozesse effektiv durch eine möglichst reelle Lernsituation zu unterstützen, die mittels VR geschaffen werden kann, und diese auch in bildungswissenschaftlichen Kontexten zu fördern (Dede 2009; Persky et al. 2009).

VR-Lehr-Lern-Labor-Seminar mit ‚CLASIVIR 1.0‘

CLASIVIR 1.0 wurde in ein Seminar eingegliedert, welches sich in fünf Inhaltsbereiche unterteilt: digitale Lehrkompetenzen von Lehrkräften (Baumert und Kunter 2011), Klassenführung (Classroom Management) als Dimension guten Unterrichts (Helmke 2012; Klieme 2019; Kunter und Trautwein 2013), Emotionsregulationsstrategien (Gross 1998; Hochschild 1990), Anwendung von VR in der Bildung und abschließende Teilnahme an einer virtuellen Lehr-Lern-Situation. Durch den Einsatz der virtuellen Situationen können die Studierenden in einem geschützten Rahmen eine schwierige Situation (hier: eine Auseinandersetzung zwischen zwei Lernenden) erleben und verschiedene Handlungsoptionen erproben. Hiermit kreiert CLASIVIR 1.0 einen komplexitätsreduzierten Rahmen in einer dennoch authentischen Lernsituation. Das Seminar mit Pilotstudie fand im Wechsel aus synchronen und asynchronen Lehrveranstaltungen per Zoom statt, in der die Studierenden in Einzel- und Gruppenarbeiten begleitend zu den Sitzungsterminen die Themen erarbeiteten und ihren Kompetenzerwerb reflektieren konnten. Im Rahmen des letzten Themenbereiches entwickelten die Studierenden eine eigene, theoretische VR-Lernsituation, bevor sie an CLASIVIR 1.0 teilnahmen (Abb. 2).

Grundlegend für die Konzeption des Seminars und die in ihm vermittelten Kompetenzen sind die Dimensionen guten Unterrichts (für eine ausführliche Auseinandersetzung s. Klieme 2019), insbesondere die Förderung von affektiven und kognitiven Regulationsprozessen im Zusammenhang mit kognitiver Aktivierung, konstruktiver Unterstützung und guter Klassenführung (Kunter und Trautwein 2013).

Das Seminar knüpft zusätzlich an verschiedene Anschlusspunkte zum DOIT-Modell (Horz und Schulze-Vorberg 2017) sowie dem TPACK-Modell (Mishra

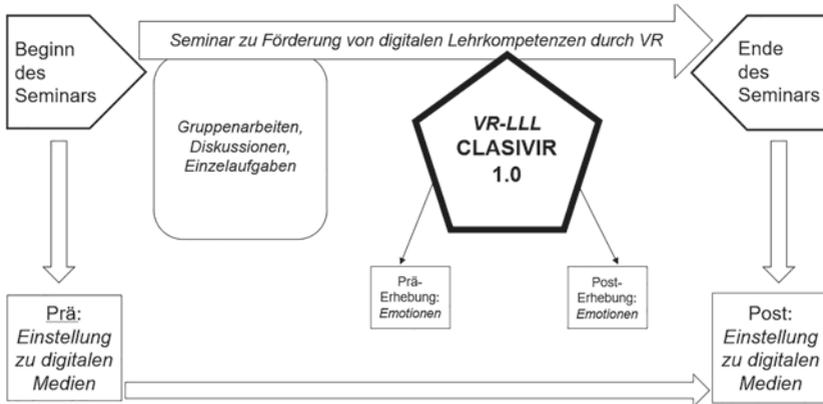


Abb. 2 Aufbau des Seminars und Einbindung von ‚CLASIVIR 1.0‘

und Koehler 2006) an. Während das TPACK-Modell das kumulative Professionswissen von Lehrenden umfasst, welches im Rahmen des Seminars aktiv gefördert und reflektiert wird, deckt das Seminar zusätzlich die drei Ebenen des DOIT-Modells ab. Durch die Anwendung von neuen technischen Möglichkeiten (T), in diesem Falle VR, wird aktiv an der Didaktik (D) und der Verbesserung der individuellen Kompetenzen (I) der angehenden Lehrkräfte gearbeitet.

Pilotierung und Erste Befunde zu CLASIVIR 1.0

Ziel der Pilotstudie war zu überprüfen, ob der Besuch des Seminars inklusive CLASIVIR 1.0 zu einer positiveren Einstellung gegenüber digitalen Medien seitens der Studierenden führt. Des Weiteren sollte die Pilotstudie Aufschluss darüber geben, inwiefern die Teilnahme an CLASIVIR 1.0 einen Einfluss auf die Leistungsemotionen hat.

Design und Stichprobe

Die Versuchspersonen trugen während der Teilnahme ein Vive Pro HMD, wie sie häufig in der aktuellen VR-Forschung an Universitäten genutzt wird (David et al. 2021; Hamilton et al. 2021; Radianti et al. 2020). Insgesamt nahmen 32 Versuchspersonen (19 weiblich, 13 männlich; Alter $M=22,43$ Jahre, $SD=2,45$; Fachsemester $M=5,28$, $SD=1,77$) an dem rund fünfminütigen Szenario teil.

Vor und nach CLASIVIR 1.0 füllten die Probanden einen Fragebogen aus, bestehend aus einer Kombination des ‚Achievement Emotion Questionnaires‘ (AEQ, Pekrun et al. 2011) und der deutschen Version des ‚Positive and Negative Affect Schedules‘ (PANAS; Krohne et al. 1996), der ihre Leistungsemotionen erhob. Zu Beginn und zum Ende des Seminars erhielten die Studierenden zusätzlich einen Fragebogen bezüglich ihrer Einstellung zu digitalen Medien im MINT-Unterricht (Vogelsang et al. 2018). Letzterer wurde für das angestrebte Vorhaben und den Kontext einer generellen Lehrerfahrung angepasst. Insgesamt ergaben sich hierbei nur vollständige Prä-Post-Datensätze von 10 Studierenden (vier weiblich, sechs männlich; Alter $M=23,20$, $SD=4,66$; Fachsemester $M=6,56$, $SD=5,57$).

Erste Befunde der Pilotstudie

Um herauszufinden, wie sich der Einsatz von CLASIVIR 1.0 auf Leistungsemotionen auswirkt, wurde eine MANOVA mit Messwiederholung (Prä- und Posterhebungszeitraum) berechnet. Die ersten Ergebnisse konnten zeigen, dass CLASIVIR 1.0 einen signifikanten Effekt des Prä-Post Vergleichs auf Emotionen auf multivariater Ebene hat. Die MANOVA wurde mit $F(8,24)=2,62$, $p=,032$, $\eta_p^2=,466$, statistisch signifikant ($N=32$). Ebenso zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Erhebungszeitpunkten bezüglich der gemessenen Leistungsemotionen *freudig erregt*, ($F(1,31)=7,03$, $p=,012$, $\eta_p^2=,185$), *hoffnungsvoll*, ($F(1,31)=8,39$, $p=,007$, $\eta_p^2=,213$) und *gelangweilt*, ($F(1,31)=6,51$, $p=,016$, $\eta_p^2=,174$). Hierbei ist anzumerken, dass für die genannten Emotionen in der Prä-Erhebung höhere Werte gemessen wurden als in der Post-Erhebung (Tab. 1).

Auch die Prä-Post-Erhebung bezogen auf den Zeitraum des Seminars ($N=10$), die die Einstellung der Teilnehmenden zu digitalen Medien erfasste, maß höhere Werte in der Post-Erhebung als in der Prä-Erhebung in den erhobenen Dimensionen ‚Einstellung zu digitalen Medien im Unterricht‘ (DMU) und ‚Motive zum Einsatz von digitalen Medien‘ (ME) (Tab. 2).

Die Pilotstudie zeigt, dass CLASIVIR 1.0 signifikanten Einfluss auf das emotionale Erleben der Versuchspersonen hatte. Die höheren Werte in der Prä-Erhebung bei *freudig erregt* und *hoffnungsvoll* können Indikatoren für ein hohes Interesse an dem Thema und Motivation für die Auseinandersetzung damit sein. Ursprünglich wurde aufgrund der Steuerbarkeit der Lernaktivität und einer möglichen hohen persönlichen Relevanz mit einem Rückgang von Langeweile gerechnet. Es zeigte sich jedoch, dass *gelangweilt* in der Post-Erhebung höhere

Tab. 1 Emotionen in der Prä- und Posterhebung

	Prä	Post
	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>
Freudig erregt	2,59 (1,01)	3,19 (,78)
Hoffnungsvoll	2,06 (,91)	2,53 (1,11)
Gelangweilt	1,34 (,60)	1,66 (,83)

Tab. 2 DMU und ME in der Prä- und Posterhebung

	Prä	Post
	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>
DMU	2,90 (,33)	4,45 (,49)
ME	1,20 (,00)	1,29 (,27)

Werte aufwies. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die VR-Situation mit nicht einmal fünf Minuten noch sehr kurz ist. Es zeigte sich hingegen, dass der Einsatz von CLASIVIR 1.0 im Rahmen des Seminars die Einstellung der Teilnehmenden zu digitalen Medien und ihrem Einsatz im Unterricht positiv beeinflusste.

Implikationen und Ausblick

Im Jahr 2016 besaßen über fünf Prozent aller 14-Jährigen in Deutschland ein VR-Endgerät (Bitkom 2016) und bis Ende 2022 sollen es dreimal so viele sein (IDC 2018). Im Jahr 2019 berichteten fast alle Universitäten in Großbritannien, Augmented Reality oder VR aktiv in ihrer Lehre einzusetzen (Hamilton et al. 2021). Diese Zahlen geben einen ersten Einblick, wohin sich die Lehr-Lern-Welt die nächsten Jahre bewegen wird. Lehre kann schon lange nicht mehr ohne Digitalität gedacht werden und die vermehrte Anwendung von VR erweitert und bereichert das bisherige Verständnis von Lernwelten (Hamilton et al. 2021).

In Deutschland stellt sich die Situation ein wenig differenzierter da. Gerade einmal vier Prozent aller Schulen in Deutschland sind mit VR-Medien ausgestattet (Hellriegel und Čubela 2018) und der Einsatz von VR in Lehre und Forschung steckt noch in den Kinderschuhen – obwohl Forschungsergebnisse zum Lernen mit VR vielversprechend sind (Hamilton et al. 2021; Chavez und Bayona 2018; Radiani et al. 2020). Der Einsatz von VR in der Lehrkräfteausbildung war besonders beim Thema ‚Auseinandersetzung mit störendem

Verhalten von Lernenden‘ von Vorteil (Lugrin et al. 2016). Zudem gaben Lehrkräfte an, dass sie es bevorzugen würden, virtuelle Elemente in ihre Ausbildung zu integrieren (Stavroulia et al. 2018). Auch der Einsatz von CLASIVIR 1.0 konnte zeigen, dass die Einstellung der Studierenden zum Einsatz von digitalen Medien im Unterricht nach der Teilnahme positiver war als davor.

Dennoch gibt es einige Punkte, die beim Einsatz von VR in Lehr-Lern-Laboren zu beachten sind. Noch ist nicht zur Gänze erforscht, inwiefern die Anwendung von VR Soft-Skills, wie etwa Kommunikation oder Empathie, angemessen fördern kann (Radianti et al. 2020; Stavroulia et al. 2018). Es ist jedoch zu vermuten, dass diese Komponenten sich bei gesteigerter Präsenz in Kombination mit adäquaten didaktischen Settings ebenfalls positiv entwickeln und ein Lerneffekt auftreten kann.

Gleichzeitig sind VR-Anwendungen noch immer ein hoher Kostenpunkt. HMDs sowie benötigte leistungsstarke Rechner und exzellente Grafikkarten zur Ausführung der VR-Lehr-Lern-Labore sind kostspielig (Radianti et al. 2020) und können daher nicht flächendeckend bereitgestellt werden. Für den langfristigen Erfolg von digitaler Lehre ist eine konstante Weiterentwicklung der digitalen Lehrkompetenzen von zukünftigen Lehrkräften unabdingbar (Bond et al. 2018; Göbel et al. 2021), was durch VR-Lehr-Lern-Labore adressiert werden kann. Mittels Konzepte wie CLASIVIR 1.0 können Studierende eine virtuelle Welt explorieren, die es ihnen erlaubt, seltene und damit in realen Hospitationen, schulischen Praxissemestern oder Microteachings nicht oft vorkommende Schul-situationen sicher zu explorieren und aus ihnen zu lernen. Sie bieten Studierenden somit einzigartige Chancen, ihre erworbenen Kompetenzen aktiv anzuwenden und zu reflektieren sowie die Möglichkeit, ihre eigenen digitalen Kompetenzen zu testen und zu erweitern.

Die vorliegende Studie kann als Start einer tiefer gehenden Exploration der Potenziale von VR-Lehr-Lern-Laboren für den Einsatz in der Lehre gesehen werden. Weitere Forschung mit unterschiedlichen VR-Lehr-Lern-Laboren und mit mehreren, differenzierten Simulationen kann hoffentlich in Zukunft nuancierte Ergebnisse über den Erfolg von VR-Lehr-Lern-Laboren liefern. Schon jetzt lässt der Stand der Forschung darauf hoffen, dass VR-Lehr-Lern-Labore nicht nur ein fester Bestandteil von Lehr-Lern-Laboren werden, sondern sich auch signifikant positiv auf den Lernerfolg auswirken können.

Förderhinweis Das diesem Betrag zugrunde liegende Vorhaben wurde im Rahmen des Teilprojektes ‚Förderung des Theorie-Praxis-Transfers in der Lehrkräftebildung durch Einsatz von VR-Lernsituationen‘ des Projekts Digi_Gap der Universität Frankfurt zur gemeinsamen ‚Qualitätsoffensive Lehrerbildung‘ von Bund und Ländern mit Mitteln

des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2025 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und dem Autor.

Literatur

- Andreasen, J. B., & Haciomeroglu, E. S. (2009). Teacher Training in Virtual Environments. In S. L. Swars, D. W. Stinson & S. Lemons-Smith (Hrsg.), *Proceedings of the 31st annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (S. 1317–1324). Georgia State University.
- Arnold, R. (2012). Independent study reloaded – Angeleitete Selbstlernen als Widerspruch, der einen professionellen Anspruch markiert? *Wirtschaft und Erziehung*, 3, 1–7.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften* (S. 29–53). Waxmann.
- Bitkom (2016). *Prognose zum Umsatz mit Virtual Reality in Deutschland von 2016 bis 2020 (in Millionen Euro)*. Abgerufen am 4. Mai 2022 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/604199/umfrage/prognose-zum-umsatz-mit-virtual-reality-in-deutschland/>
- Bond, M., Marín, V.I., Dolch, C., Bedenlier, S., & Zawacki-Richter, O. (2018). Digital transformation in German higher education: Student and teacher perceptions and usage of digital media. *Int J Educ Technol High Educ*, 15(48). <https://doi.org/10.1186/s41239-018-0130-1>
- 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* (S. 13–26). Spektrum Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_2
- Chavez, B., & Bayona, S. (2018). Virtual reality in the learning process. In À. Rocha, H. Adeli, L. Reis & S. Costanzo, (Hrsg.), *Trends and advances in information systems and technologies. WorldCIST'18 2018. Advances in intelligent systems and computing* (Vol 746, S. 1345–1356). Springer.
- David, E. J., Beitner, J., & Vö, M. L.-H. (2021). The importance of peripheral vision when searching 3D real-world scenes: A gaze-contingent study in virtual reality. *J Vis*, 21(7), 3. <https://doi.org/10.1167/jov.21.7.3>
- Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, 323(5910), 66–69. <https://doi.org/10.1126/science.1167311>
- Freina, L., & Ott, M. (2015). *A Literature Review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives*. „Carol I“ National Defence University. Abgerufen am 24. April 2022 von <https://www.proquest.com/conference-papers-proceedings/literature-review-on-immersive-virtual-reality/docview/1681252932/se-2?accountid=10957>
- Göbel, K., Makarova, E., Neuber, K., & Kaqinari, T. (2021). Der Übergang zur digitalen Lehre an den Universitäten Duisburg-Essen und Basel in Zeiten der Corona-Pandemie. In U. Dittler & C. Kreidl (Hrsg.), *Wie Corona die Hochschullehre verändert – Erfahrungen und Gedanken aus der Krise* (S. 351–374). Springer Gabler.

- Gross, J. J. (1998). Antecedent- and response-focused emotion regulation: Divergent consequences for experience, expression, and physiology. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74, 224–237.
- Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: A systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8(1), 1–32. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>
- Hascher, T., & de Zordo, L. (2015). Langformen von Praktika. Ein Blick auf Österreich und die Schweiz. *Journal für LehrerInnenbildung*, 1, 22–32.
- Haupt, O. J., & Hempelmann, R. (2015). Eine Typensache! Schülerlabore in Art und Form. In LernortLabor – Bundesverband der Schülerlabore e. V. (Hrsg.), *Schülerlabor-Atlas* (S. 14–21). Klett MINT.
- Hellriegel, J., & Čubela, D. (2018). Das Potenzial von Virtual Reality für den schulischen Unterricht – Eine konstruktivistische Sicht. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 58–80. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X>
- Helmke A. (2012) *Unterrichtsqualität und Lehrprofessionalität*. Klett.
- Hernandez-Serrano, J., Choi I., & Jonassen, D. H. (2000). Integrating constructivism and learning technologies. In J. M. Spector & T. M. Anderson (Hrsg.), *Integrated and holistic perspectives on learning, instruction and technology: Understanding complexity* (S. 103–128). Springer.
- Hochschild, A. R. (1990). *Das gekaufte Herz. Zur Kommerzialisierung der Gefühle*. Campus.
- Horz, H., & Schulze-Vorberg, L. (2017). Digitalisierung in der Hochschullehre. In Konrad-Adenauer-Stiftung e. V. (Hrsg.), *Analysen & Argumente: Digitale Gesellschaft* (Ausgabe 283, S. 1–12). Konrad-Adenauer-Stiftung.
- IDC (2018). *Demand for augmented reality/virtual reality headsets expected to rebound in 2018*. Abgerufen am 29. April 2020 von <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=p rUS43639318>
- Klieme, E. (2019). Unterrichtsqualität. In M. Harring, C. Rohlf's & M. Gläser-Zikuda (Hrsg.), *Handbuch Schulpädagogik* (S. 393–408). Waxmann.
- Köhler, T., Münster, S., & Schlenker, L. (2013). Didaktik virtueller Realität: Ansätze für eine zielgruppengerechte Gestaltung im Kontext akademischer Bildung. In G. Reinmann, M. Ebner & S. Schön (Hrsg.), *Hochschuldidaktik im Zeichen von Heterogenität und Vielfalt: Doppelfestschrift für Peter Baumgartner und Rolf Schulmeister* (S. 97–110). Books on Demand Norderstedt.
- Krohne, H., Eglöff, B., Kohlmann, C.-W., & Tausch, A. (1996). Untersuchungen mit einer deutschen Version der „Positive and Negative Affect Schedule“ (PANAS). *Diagnostica*, 42, 139–156. <https://doi.org/10.1037/t49650-000>
- Krokos, E., Plaisant, C., & Varshney, A. (2019). Virtual memory places: immersion aids recall. *Virtual Real*, 23, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0346-3>
- Kunter, M., & Trautwein, U. (2013). *Psychologie des Unterrichts*. Schöningh UTB.
- Lugin, J.-L., Latoschik, M. E., Habel, M., Roth, D., Seufert, C., & Grafe, S. (2016). Breaking bad behaviours: A new tool for learning classroom management using virtual reality. *Front ICT*, 3, 1–21. <https://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fict.2016.00026>
- Martín-Gutiérrez, J., Mora C. E., Añorbe-Díaz, B., & González-Marrero, A. (2017). Virtual technologies trends in education. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(2), 469–486. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00626a>

- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teach Coll Rec*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.0068>
- Niedenthal, P. M., & Barsalou, L. W. (2009). Embodiment. In D. Sander & K. S. Scherer (Hrsg.), *Oxford companion to the handbook of affective sciences* (S. 140). Oxford University Press.
- Pallavicini, F., Argenton, L., & Mantovani, F. (2016). Virtual reality applications for stress management training in the military. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 87(12), 1–10. <https://doi.org/10.3367/AMHP.4596.2016>
- Pekrun, R., Goetz, T., Frenzel, A. C., Barchfeld, P., & Perry, R. P. (2011). Measuring emotions in students' learning and performance: The Achievement Emotions Questionnaire (AEQ). *Contemp Educ Psychol*, 36, 36–48.
- Persky, S., Kaphingst, K.A., McCall, C., Lachance, C., Beall, A.C., & Blascovich, J. (2009). Presence relates to distinct outcomes in two virtual environments employing different learning modalities. *Cyberpsychol Behav*, 12, 263–268
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Roth, J., & Priemer, B. (2020). Das Lehr-Lern-Labor als Ort der Lehrpersonenbildung – Ergebnisse der Arbeit eines Forschungs- und Entwicklungsverbands. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 1–12). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_1
- Rupp, M. A., Odette, K. L., Kozachuk, J., Michaelis, J. R., Smither, J. A., & McConnel, D. S. (2019). Investigating learning outcomes and subjective experiences in 360-degree videos. *Computers & Education*, 128, 256–268. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.015>
- Schoen, D. (1983). *The reflective practitioner. How professionals think in action*. Basic Books.
- Sorge, S., Neumann, I., Neumann, K., Parchmann, I., & Schwanewedel, J. (2020). Lehr-Lern-Labore als Vorbereitung auf den Lehrberuf – die Perspektive der Studierenden. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 285–298). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_18
- Stavroulia, K. E., Baka, E., Lanitis, A., & Magnenat-Thalmann, N. (2018). Designing a virtual environment for teacher training: Enhancing presence and empathy. *Proceedings of Computer Graphics International (CGI)*, 273–282. <https://doi.org/10.1145/3208159.3208177>
- Vogelsang, C., Laumann, D., Thyssen, C., & Finger, A. (2018). Der Einsatz digitaler Medien im Unterricht als Teil der Lehrerbildung – Analysen aus der Evaluation der Lehrinitiative Kolleg Didaktik:digital. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg* (S. 236). Universität Regensburg.
- Völker, M., & Trefzger, T. (2010). Lehr-Lern-Labore zur Stärkung der universitären Lehramtsausbildung. *Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG- Frühjahrstagung*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/viewFile/173/275>

-
- Wiederhold, B. K., Bullinger, A. H., & Wiederhold, M. D. (2006). Advanced technologies in military medicine. *Nato Security through science series e human and societal dynamics*, 6, 148.
- Zheng, J. M., Chan, K. W., & Gibson, I. (1998). Virtual reality. *IEEE Potentials: the magazine for engineering students*, 17(2), 20–23.



„Es erschien mir eine unüberwindbare Mauer zu sein.“

Das Entwickeln und Erproben digital gestützter
Lerneinheiten im ‚Lernlabor Wattenmeer‘

Corinna Hößle und Holger Winkler

Ozeane digital im Lernlabor Wattenmeer erforschen

Unsere Ozeane sind als größtes Ökosystem der Erde nicht nur faszinierende Lebensräume für Tiere und Pflanzen, sie sind gleichzeitig die Basis unseres Lebens auf der Erde. Erschreckend ist jedoch, dass dieses Ökosystem ernsthaft bedroht ist. Übersäuerung, Erwärmung, Überfischung und Verschmutzung sind nur einige Folgen des häufig unreflektierten menschlichen Verhaltens, das zur Gefährdung der Ozeane führt. Die im *Lernlabor Wattenmeer* (Universität Oldenburg) angebotenen Bildungselemente greifen diese Themen auf. Im Rahmen von Seminaren und Abschlussarbeiten werden die Lerneinheiten von Meereswissenschaftlerinnen und Meereswissenschaftlern, Biologiedidaktikerinnen und Biologiedidaktikern, aber auch von Studierenden des Lehramtes und der Marinen Umweltwissenschaften konzipiert und mit Lernenden im Labor erprobt und optimiert. Ziel ist es, den Interessierten die Vielfältigkeit und Komplexität ökologischer Systeme nahe zu bringen und sie für den verantwortungsvollen und

C. Hößle (✉)

Didaktik der Biologie, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Oldenburg,
Deutschland

E-Mail: corinna.hoessle@uni-oldenburg.de

H. Winkler

Institut für Chemie und Biologie des Meeres, Carl von Ossietzky Universität
Oldenburg, Oldenburg, Deutschland

E-Mail: holger.winkler@uni-oldenburg.de

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden
GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

M. Meier et al. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung*, Edition
Fachdidaktiken, https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_23

nachhaltigen Umgang zu sensibilisieren. Die Qualität der Angebote wird durch didaktische Begleitforschung sichergestellt und stetig verbessert (z. B. Höble et al. 2020; Saathoff und Höble 2020).

Um jedoch nicht nur Lernenden, die an Nord- und Ostsee wohnen, die faszinierenden Phänomene der Ozeane sowie nachhaltiges menschliches Urteilen und Handeln zu vermitteln, sondern auch Bildungslandschaften weltweit anzusprechen, wird das Lehr- und Lernangebot in Zukunft digital gestützte Elemente zur Verfügung stellen. Damit leistet dieses Lehr-Lern-Labor einen Beitrag zur Stärkung der internationalen digitalen Kompetenzen angehender Lehrkräfte und Jugendlicher. Diese Notwendigkeit der Digitalisierung wird im Bildungsbericht 2020 betont: „Über Bildungsbereiche hinweg verfügt ein beträchtlicher Teil der Kinder, Jugendlichen oder Erwachsenen bislang allenfalls über rudimentäre digitale Kompetenzen“ (S. 16).

In mit dem *Lernlabor Wattenmeer* verbundenen Lehrveranstaltungen wurden von Studierenden erste Lernsequenzen konzipiert, in Schulen implementiert und hinsichtlich ihrer Eignung geprüft. Im Fokus standen die zwei Fragen, wie Studierende den Zugewinn digitaler Kompetenzen und die Wirksamkeit digitaler Medien im Unterricht einschätzen. In diesem Beitrag werden Einblicke in a) Struktur und Inhalt dieser ausgewählten Lehrveranstaltung, b) die digital gestützten Lerneinheiten und c) die flankierende Forschung gegeben.

Struktur des Seminars

Studierenden des Lehramtes digitale Kompetenzen im Sinne des DiKoLAN-Orientierungsrahmen (Becker et al. 2020) und dem TPACK-Modell (Mishra und Koehler 2006) zu vermitteln, ist Ziel der Lehramtsausbildung. Gleichzeitig stellt es Studierende, die erst am Anfang des Unterrichtens stehen, vor große Herausforderungen. Gerthofer und Schneider (2021) konnten in diesem Zusammenhang nachweisen, dass die mediale Umwelt, Erfahrungen im Umgang und Meinungen im Umfeld als Variablen gelten, die Einfluss auf den medialen Habitus angehender Lehrkräfte haben. Wie kann es gelingen, den medialen Habitus zu stärken? Glade (2021) verweist darauf, dass eine Komplexitätsreduktion der Unterrichtssituation, wie sie z. B. im Lehr-Lern-Labor hergestellt werden kann, Einfluss auf den medialen Habitus haben kann. Diesem Ansatz folgend sollen Studierende im *Lernlabor Wattenmeer* in einer komplexitätsreduzierten Lehr- und Lernumgebung (Sorge et al. 2020) Erfahrungen im Umgang mit digitalen Medien sammeln und so an die Prozesse der Digitalisierung herangeführt werden. Wie schätzen die Studierenden den Zuwachs an digitalen und didaktischen

Kompetenzen und die Wirksamkeit der digitalen Medien im Unterricht ein? Diese Fragen sollen im Anschluss an das Seminar Beantwortung finden. Damit leistet die Studie einen Beitrag zur bisherigen Lehr- und Lern-Labor-Forschung (Priemer und Roth 2020).

Das Seminar ‚Lehren und Lernen im Lernlabor Wattenmeer‘ richtete sich an alle Lehramtsstudierende des Faches Biologie, die sich im Masterstudium befinden und Erfahrungen in der Konzeption von Lernsequenzen aufweisen. Als Leistung wurden die Entwicklung, Erprobung und Optimierung einer digitalen Lerneinheit gefordert.

Das Seminar lässt sich in vier Phasen unterteilen und folgt dem Ansatz des zyklisch-forschenden-Lernens (Höbtle 2014; Smoor und Komorek 2020; Sorge et al. 2020): 1. Theoriephase, 2. Entwicklungsphase, 3. Praxisphase und 4. Reflexions- und Optimierungsphase. Dabei wird die letzte Phase dreimal durchlaufen. Gestartet wird mit einem *theoretischen Input*, der drei Bereiche betrifft: a. Hintergründe zum Thema ‚Ozeane in Gefahr‘, b. Schritte des hypothesengenerierenden Experimentierens nach Nawrath (2014), c. Einführung in die digitale Lernwelt *Topia* und in diverse digitale Tools.

In der *Entwicklungsphase* sind die Studierenden in Kleingruppen aufgefordert, eine digital gestützte 90-minütige Lerneinheit zu entwickeln, die in die digitale Lernwelt *Topia* integrierbar ist und in deren Zentrum das hypothesengenerierende Experimentieren zu einem meeresbiologischen Thema stehen sollte. Die Lernsequenzen fokussieren zunächst Schülerinnen und Schüler der 6., anschließend der 7. und abschließend der 9. Jahrgangsstufe und sollen entsprechende Differenzierungsmöglichkeiten aufweisen. Der Lernstand orientiert sich an den nach dem entsprechenden Curriculum zu erwartenden Kenntnissen. In Form eines Micro-Teachings erfolgt eine Generalprobe, in der die Studierenden die Rolle der Lernenden übernehmen und prüfen, inwieweit sich sowohl die ausgewählten digitalen Tools als auch die damit verbundenen Lernaufgaben eignen. Im Anschluss können Überarbeitungen vorgenommen werden.

Die *Praxisphase* erfolgt in der Schule: Die Studierenden begleiten und beobachten die Lernenden beim digital gestützten Lernen. Dabei wechseln sich zwei Phasen ab: Zum einen treten Phasen auf, in denen die Lehrkraft aktiv den Unterricht gestaltet sowie Impulse und Rückmeldungen gibt. Zum anderen sind Phasen möglich, in denen die Lernenden selbstständig unter Einbeziehung der digitalen Tools arbeiten. Die Studierenden prüfen parallel dazu Schwierigkeiten im Umgang mit den Tools und die Wirksamkeit des digital gestützten Lernens unter Berücksichtigung vorgegebener Fragen (z. B. Welche Lernfortschritte bzw. -schwierigkeiten waren erkennbar?). Im zyklischen Verfahren durchlaufen die Studierenden drei Praxisphasen. Zwischen den Phasen erfolgt eine Adaption

der Lerneinheiten an die jeweiligen Lernstände der Schülerinnen und Schüler, über die die Lehrkraft vorab informiert hat. Gleichzeitig wird geprüft, ob eine Adaption der digitalen Tools nötig ist.

In der abschließenden vierten *Phase zur Reflexion* erfolgt eine letzte Optimierung der Lerneinheiten, sodass diese zukünftig im Rahmen von Internationalisierungsprozessen eingesetzt werden können, um Lernende der Partnerschulen in Südafrika/Kapstadt in einem digitalen Konferenzraum 2023 unterrichten zu können.

Topia als virtueller Praktikumsraum mit integrierbaren digitalen Tools

Bei der Auswahl des virtuellen Praktikumsraums ist zu berücksichtigen, dass vorab definierte formale und inhaltliche Elemente eines analogen Lernarrangements digital abgebildet werden sollten. Zunächst ist ein motivierender Rahmen (Framework) erforderlich, der die institutionellen und formalen Bedingungen des digital durchgeführten Unterrichts widerspiegelt und die Lernenden durch das Setup leitet. Dieser Rahmen sollte zugleich die Möglichkeit zur Kommunikation und Interaktion der Lernenden untereinander sowie zwischen Lernenden und Lehrenden eröffnen. Ferner sollten die einzelnen Unterrichtsschritte digital abbildbar sein, sodass Methoden und Medien angemessen integrierbar sind und schrittweise angeboten werden können. Die digitale Welt *Topia* erfüllt diese Kriterien. Darüber hinaus folgt die virtuelle Welt *Topia* dem ‚Sandbox‘-Prinzip, da es den Nutzerinnen und Nutzern ermöglicht, eigene Welten nach ihren Bedürfnissen zu gestalten. Das Material der zur Verfügung stehenden Welt kann nach den eigenen Vorstellungen in die richtige Form gebracht werden. *Topia* selbst bringt keine eigenen digitalen ‚Lerntools‘ mit. Die kontextspezifische Interaktivität der virtuellen Welt kann jedoch durch die Einbettung externer Links erweitert werden. Folgende externe Tools wurden den Studierenden im Seminar zur Einbettung in *Topia* vorgestellt:

- **Book Creator:** Mithilfe dieser Plattform bzw. webbasierten Anwendung können digitale Bücher erstellt werden und eingebettete Videos, Links oder Quizfragen eine interaktive Beschäftigung mit dem Lerngegenstand ermöglichen. Die so erstellten eBooks lassen sich per Link teilen und problemlos in die digitale Welt *Topia* einbinden.

- **Padlets:** Die auf der herkömmlichen Nutzung von Flipcharts basierenden *Padlets* können als interaktive Online-Pinnwände betrachtet werden. Sie ermöglichen das Einbinden und Anlegen von Kommentaren, Videos, Bildern und Links, mithilfe derer Lernende sich austauschen, aber auch Informationen präsentieren können. Dabei können die Lernenden unabhängig voneinander gleichzeitig an einer Pinnwand arbeiten, Einträge kommentieren und die Entwicklung live verfolgen.
- **Word (online):** Mithilfe von *Word*-Dateien, die auf einem externen Server gelagert sind, können Dateien geteilt werden, auf die alle Lernenden gleichzeitig Zugriff haben. Über einen Link gelangt man zu der kollaborativ genutzten Datei, die den Lernenden die (sowohl synchrone als auch asynchrone) Zusammenarbeit am Dokument ermöglicht. So kann auf Informationen zugegriffen, Antworten können direkt eingegeben und an einem gemeinsamen Versuchsergebnis gearbeitet werden.

Um die *Topia*-Welt möglichst interaktiv zu gestalten, lassen sich zusätzlich Quiz- und Feedbackformate einbinden. Die Formate ermöglichen neben Lernstandskontrollen auch die Erhebung von Feedback.

- **learningapps.org:** Die Plattform ermöglicht das Erstellen unterschiedlicher Quizformate, die per Link eingebunden werden. Neben der Möglichkeit, kontextspezifische Aufgaben, Anwendungen und Lernzielkontrollen zu erstellen, lässt sich über eine Bibliothek auf bestehende Inhalte zugreifen.
- **Mentimeter:** Das Tool wird für Meinungsumfragen und Blitzlichter eingesetzt.

Die hier vorgestellten Tools wurden von den Studierenden in die virtuell gestalteten Themenwelten integriert (Tab. 1). Im Folgenden wird ein Einblick in zwei ausgewählte Lerneinheiten gegeben.

Erprobte Lerneinheiten unter besonderer Berücksichtigung der digitalen Tools

Plastik in unseren Ozeanen

Ziel der ersten Lerneinheit ist es, das Bewusstsein der Lernenden hinsichtlich der weltweiten Plastikbelastung der Ozeane zu sensibilisieren sowie das Verhältnis zwischen Dichte und Verteilung von Plastik in der Wassersäule experimentell zu erschließen. Abschließend werden drei Lebensräume (Pelagial, Strand und Luft)

Tab. 1 Nutzungsweisen und Bewertung der digitalen Tools

Virtuelle Welt ‚Topia‘	
<i>Nutzungs-weise</i>	Lernwelt erstellen, in die Tools eingebettet werden können. Der Einstieg erfolgte häufig über Bilder und Videos
<i>Kompetenzen</i>	Informationsentnahme, Motivation
<i>Didaktische Bewertung</i>	<p><i>Topia:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • noch nicht ausgereifte Version bedingt langsame Bewegungen der Avatare und zeitaufwendiges Öffnen der Tools • technisch einfach anzuwenden <p><i>Videos oder Fotos; Zeitungsartikel:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Präsentation von Realgegenständen aus der Lebenswelt der Lernenden motivierender als integrierte Fotos • Videos häufig komplex im Inhalt; sollten adaptiert werden • keine Vorteile gegenüber am Smartboard präsentiertem Text
Digitale Pinnwand mit ‚Padlet‘	
<i>Nutzungs-weise</i>	Anleiten und Protokollieren der Experimentierschritte; zur Gestaltung und Informationsentnahme eingefügter Texte, Abbildungen
<i>Kompetenzen</i>	Fachwissen, Kreativität, Informationsentnahme, Präsentations-, Experimentier- und Dokumentationsfähigkeit
<i>Didaktische Bewertung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • leitet selbstständiges Experimentieren an, stellt sicher, dass alle Experimentierschritte eingehalten und dokumentiert werden • für Präsentationen geeignet, da Kreativität gefördert wird • technisch einfach anzuwenden
Informationsvermittlung per eBook: ‚BookCreator‘	
<i>Nutzungs-weise</i>	Erschließen von Sachinformationen unter Einbezug von Abbildungen und Kurzvideos
<i>Kompetenzen</i>	Informationsentnahme
<i>Didaktische Bewertung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • technisch einfach, dient nur Informationsentnahme • wirkt aufgrund der Gestaltbarkeit motivierend
Interaktive Quiz- und Feedbackformate: <i>learning-apps.org</i>, <i>Mentimeter</i>	
<i>Nutzungs-weise</i>	Erheben von Fachwissen, Einstellungen, Alltagsvorstellungen sowie Unterrichtsreflexion
<i>Kompetenzen</i>	Informationsentnahme
<i>Didaktische Bewertung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bearbeitung erfolgt selbstständig • Medium wirkt motivierend durch Gestaltungsmöglichkeiten

(Fortsetzung)

Tab. 1 (Fortsetzung)

Ergänzenden Ablaufsteuerung mit QR-Codes	
<i>Nutzungs-weise</i>	Eingebettete QR-Codes schaffen die Möglichkeit, Funktionen einzubinden und Unterrichtsschritte anzureichern
<i>Didaktische Bewertung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • ist vollständig vom hinterlegten Medium abhängig, wirkt jedoch motivierend durch direkte Anbindung an die digital-geprägte Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler
Auf Server hinterlegte ‚Word‘-Datei	
<i>Nutzungs-weise</i>	Experimentieranleitungen zur Verfügung stellen und kollaboratives Arbeiten ermöglichen
<i>Kompetenzen</i>	Informationsentnahme und Dokumentationsfähigkeit
<i>Didaktische Bewertung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • vom W-LAN der jeweiligen Schule abhängig • Bearbeitung der Dateien für Ungeübte zeitaufwendig

und dort vorkommende exemplarische Tierarten (Fische, Einsiedlerkrebs und Basstölpel) hinsichtlich der Plastikbelastung betrachtet sowie nachhaltige Handlungsmöglichkeiten in Bezug auf das eigene Plastikkonsumverhalten abgeleitet.

Die Erprobung der Lerneinheit hat gezeigt, dass die Einführung in das Thema Plastik durch eine direkte Konfrontation mit Plastikverpackungen, die aus dem Alltag der Lernenden stammen und in den Unterricht gebracht werden, besser geeignet ist als ein Video. Dieses ist zwar problemlos in die digitale Lernwelt *Topia* integrierbar und weist auf die Plastikproblematik hin, kann jedoch die Lebendigkeit und den motivationalen Charakter des direkten Unterrichtsgesprächs, an dem sich alle Lernenden zu einem alltagsrelevanten und aktuell diskutierten Thema beteiligen können, nicht ersetzen. Die sich aus dem Plenumsgespräch generierende Problempäsentation (Wie verteilt sich Plastik im Ozean?) entlässt die Lernenden in den selbstständigen Prozess des hypothesengenerierenden Experimentierens. Ein den Experimentierprozess begleitendes Forscherbuch wurde zunächst als eBook (*Book Creator*) gestaltet und im zweiten Erprobungslauf von den Studierenden aufgrund der besseren Bearbeitungsmöglichkeiten durch ein *Padlet* ausgetauscht, in das Fotos und Videos zur Dokumentation der Experimentierphase eingefügt werden konnten. Dieser Austausch erwies sich jedoch als wenig lernförderlich und wurde erneut durch ein bereits vorgestaltetes *Padlet* ersetzt, das in dieser Nutzungsweise auch in anderen Gruppen lernförderlich zum Einsatz kam, da es die einzelnen Schritte des hypothesengenerierenden Experimentierens einzeln abbildete und zur selbstständigen Bearbeitung aufforderte.

Als gewinnbringend erwies sich der Einsatz des eBooks (*Book Creator*) zur Erschließung von Sachinformationen, die in der zweiten Erarbeitungsphase zur Verfügung gestellt wurden, um die Lebensräume und Lebensweisen ausgewählter Meeresbewohner sowie deren Gefährdungen kennenzulernen.

Ein weiteres *Padlet* wurde abschließend eingesetzt, um die entnommenen Informationen zusammengefasst darzustellen und nachhaltige Handlungsoptionen abzuleiten. In diesem Fall konnten die Lernenden die *Padlets* problemlos und selbstständig kreativ gestalten, da sie bereits zu Beginn der Doppelstunde Erfahrungen gesammelt hatten und ihre eigenen Ideen nun anschaulich darzustellen wussten.

Öl im Meer

Jährlich fließen mehrere Tonnen Rohöl in die Ozeane. Zum einen gelangt Öl auf natürliche Weise aus unterirdischen Quellen in das Meer und zum anderen ist die Ölbelastung auf menschliches Handeln zurückzuführen. Ziel der Unterrichtseinheit ist es, die Aufmerksamkeit der Lernenden auf die Auswirkungen von Öl im Meer zu lenken sowie nachhaltige Handlungsweisen im Umgang mit ölbasierten Konsumgütern zu fördern. Als Einstieg in das Thema wurde von den Studierenden ein in *Topia* eingefügter fiktiver Zeitungsartikel gewählt, der die Ölkatastrophe ‚Deepwater Horizon‘ als unterrichtsbegleiteten Kontext vorstellt. Zur vertiefenden Informationsentnahme über die Funktion von Bohrinseln und die Nutzung von Erdöl wurde im weiteren Schritt ein Forschungsheft im Tool *Book Creator* entwickelt, das zusätzlich eine Anleitung für das erste Experiment (Verhalten von Öl in Meerwasser) enthielt. Abschließend wurden die Lernenden aufgefordert, die Folgen einer Ölkatastrophe auf die Vogelwelt zu antizipieren. Während das eBook hervorragend zur Informationsentnahme geeignet war, erwies sich die mangelnde Interaktivität des Tools bei der Bearbeitung im Unterricht als nachteilig. Der Gestaltungsaufwand steht nur im geringen Zusammenhang mit dem Nutzen des Tools, der in der ausschließlichen Informationsentnahme liegt.

Nach der Erarbeitungsphase wurden die Lernenden in zwei Gruppen unterteilt, von denen eine die Aufgabe erhielt, in Öl getränkte Vogelfedern zu reinigen und diese mit ‚gesunden‘ Federn hinsichtlich Struktur und Funktion zu vergleichen. Parallel dazu befasste sich die zweite Lerngruppe mit experimentellen Möglichkeiten, die Folgen einer Katastrophe zu beheben, indem z. B. Öl von der Meeresoberfläche abgeschöpft wird. Beide Gruppen arbeiteten in dieser Phase mit vorbereiteten *Word*-Dateien, die auf dem Server der Universität hinterlegt waren.

Diese Arbeitsweise erwies sich als ungünstig, da die Lernenden insbesondere in den unteren Jahrgangsstufen sehr viel Zeit benötigten, um die Experimente in diesem digitalen Protokollformat zu verschriftlichen. Das Hochladen der Dateien aufgrund langsamer Schulserver und das Tippen auf dem Tablet erwiesen sich für Ungeübte als zeitintensiv. Als Folge wurde die Word-Datei im zweiten Durchlauf durch ein vorbereitetes *Padlet* ersetzt, das durch seine gestalterischen Elemente motivierender auf die Lernenden wirkte und eine schnellere Bearbeitung zuließ. Gleichzeitig konnte die abschließende Ergebnispräsentation übersichtlicher erfolgen. Auch die Tatsache, dass alle Lernenden Zugriff auf dasselbe *Padlet* hatten und somit beide Experimente dokumentiert vorlagen, erwies sich als Vorteil.

Studierende reflektieren digitale Medien und Kompetenzen – ein Ergebnisauszug

Die Auswertung der vier Gruppeninterviews, die im Anschluss an das Seminar durchgeführt wurden, sollen Auskunft darüber geben, wie Studierende a) die Lernwirksamkeit der digitalen Tools einschätzen und b) welchen digitalen Kompetenzzuwachs sie für sich wahrnehmen konnten. Dazu wurden vier Gruppeninterviews mit jeweils vier Studierenden auf Basis eines halbstrukturierten Leitfadens durchgeführt, anhand dessen sichergestellt werden sollte, dass die im DiKoLAN-Rahmen verankerten digitalen Kompetenzen durch eine Selbsteinschätzung der Studierenden erhoben werden (z. B. Frage zur Erfassung des Zweckes digitaler Tools: Schildern Sie kurz, welche digitalen Medien Sie zu welchen Zwecken in Ihre Einheit eingebaut haben?) Zur Erfassung der im TPACK-Modell verorteten vier Wissensdomänen wurden ebenfalls Fragen formuliert (z. B. Frage zum technologischen Wissen: Welche technologischen Erkenntnisse bezüglich des Umgangs mit digitalen Medien haben Sie im Seminar gewonnen?) Im Anschluss wurden die Interviews transkribiert und eine qualitative Inhaltsanalyse von zwei Personen des Autorenteams unabhängig voneinander durchgeführt (Mayring 2015). Die in den DiKoLAN- und TPACK-Modellen beschriebenen Kompetenzen wurden als deduktive Kategorien herangezogen und um induktive, aus dem Datenmaterial abgeleitete Kategorien, ergänzt.

1. Welche Tools eignen sich aus Sicht der Studierenden zur Förderung von Kompetenzen im *Lernlabor Wattenmeer* und welche sind eher ungeeignet?

Eine Voraussetzung des digital gestützten Unterrichts war die Verfügbarkeit schuleigener Tablets, auf denen die Welt *Topia* sowie die eingesetzten Tools geöffnet und bearbeitet werden konnten. Die Studierenden weisen darauf hin, dass die Nutzung von Tablets im Unterricht voraussetzt, dass die Lernenden geübt im Umgang sind. Tablets dienen dann als sinnvolles Medium für die Dokumentation und zur Informationsentnahme: *In geübten Klassen hatte das Tablet eine ganz andere Funktion und einen anderen Stellenwert. Es war für die Schüler ein normales Mittel zum Lernen und es war selbstverständlicher mit dem Tablet zu arbeiten als in der Vergleichsschule, in der viel Zeit für das Schreiben verloren ging* (St 1). Darüber hinaus wurde in den ungeübten Klassen wiederholt festgestellt, dass die Lernenden das Tablet auch zu nicht-schulischen Zwecken nutzten und abgelenkt waren. Es wurde deutlich, dass die häufige Nutzung digitaler Medien zu routiniertem Lernen führen kann, das in dieser Form gewinnbringend für den Unterricht ist und eine hervorragende Ergänzung im *Lernlabor Wattenmeer* darstellt.

Hinsichtlich der Bewertung der digitalen Tools, die in die *Topia*-Welt integriert wurden, konnten Padlets als Gewinner hervorgehen: Der Prozess der Ergebnis-sicherung ging mit dem Padlet so viel schneller und man kann es gar nicht mehr mit früher vergleichen, als man erst noch die Dokumentenkamera einstellen musste oder die Folie auf dem OHP-Projektor bearbeitet hat. Jetzt wurde ein Foto integriert und die Schüler hatten die Möglichkeit, immer wieder darauf zuzugreifen. Dadurch hatten wir viel Zeit gewonnen (St 2). Darüber hinaus ließ das Padlet viel Raum für Kreativität und selbstständiges Arbeiten und Präsentieren.

Als weitere hilfreiche Tools wurden *Mentimeter*, integrierte Videos und *learning-apps* von den Studierenden genannt. Die Bearbeitung dieser Medien konnte relativ problemlos und selbstständig durch die Lernenden erfolgen und führte häufig zu einer Motivationssteigerung.

2. Welche digitalen und fachdidaktischen Kompetenzen konnten bei Studierenden in Anlehnung an den DiKoLAN-Rahmen und das TPACK-Modell gefördert werden?

Zu Beginn des Seminars lag eine sehr heterogene Ausgangslage in Bezug auf die Studierenden vor: So fühlten sich einige Studierende durch die zusätzliche Anforderung, digitale Medien in eine zu entwickelnde Lernsequenz zu integrieren, überfordert: *Für uns stellt ja schon die Entwicklung einer normalen Stunde eine große Herausforderung dar. Nun auch noch digitale Medien zu integrieren, schien mir eine unüberwindbare Mauer zu sein. Am Ende war ich*

dann aber doch richtig stolz, dass es so gut geklappt hatte (St 1). Andere äußerten keine Bedenken.

Entsprechend der im DiKoLan-Rahmen genannten digitalen Kompetenzen betonten die Studierenden, dass sie sich insbesondere hinsichtlich der Informationsentnahme und der Dokumentation im Umgang mit digitalen Medien besser auf den Unterricht vorbereitet fühlen und diese Kompetenzen aus ihrer Sicht auch bei den Schülerinnen und Schülern gefördert wurden.

Hinsichtlich der erworbenen technologischen, fachdidaktischen und pädagogischen Kompetenzen, die im TPACK-Modell beschrieben werden, waren sich die Studierenden einig: Die praktische Erprobung der digitalen Tools im Unterricht, die mit vielen, nicht direkt planbaren technischen Herausforderungen einhergeht (z. B. zusätzliche Nutzung der schuleigenen Smartboards, um die *Padlets* zu präsentieren oder das Begleiten der Lernenden beim Hochladen der Dateien oder Einfügen von Fotos), führte bei allen zu mehr Sicherheit im Umgang mit diesen Medien: *Wenn ich digitale Medien in den Unterricht integriere, dann muss ich mich anders vorbereiten als bisher. Ich muss überlegen, an welchen Stellen ich die Tools sinnvoll einsetzen und an welcher Stelle ich darauf verzichten kann* (St 7). Die Ergebnisse bestätigen die Beobachtung von Gerthofer und Schneider (2021), dass der Umgang mit digitalen Medien den digitalen Habitus stärkt. Insbesondere das dreimalige Unterrichten der gleichen Lernsequenz (unter Berücksichtigung der jahrgangsspezifischen Leistungen) trug nach Meinung der Studierenden dazu bei, dass a) der Umgang mit digitalen Medien zu mehr Sicherheit führte und eine stetige Integration dieser in den Unterricht gewährleistet wird und b) das offene Experimentieren von Schülerinnen und Schülern von Mal zu Mal mehr zugelassen wurde: *Langsam erkannte ich, dass man den Schülern mehr zutrauen und sie loslassen kann. Sie können viel mehr als ich dachte* (St 5). *Zu erfahren, dass die Schüler viel mehr wussten und gerade auch beim Experimentieren mehr konnten als ich gedacht hatte, war für mich sehr wichtig.* (St 9). In diesem Zusammenhang wurden weitere Vorzüge der praktischen Erprobung benannt, die die Faktoren Zeitmanagement (*Zeitmanagement lernt man durch Praxis* (St 8)) und Sicherheit betonen (*Du hast zwar alles vorbereitet, aber man weiß nie, ob es auch klappt. Das kann man nur durch Praxis lernen* (St 4)). Damit bestätigen die Ergebnisse die Beobachtung von Sorge et al. (2020), dass die Erfahrungen im Lehr-Lern-Labor als „Bereicherung für die spätere Praxis erlebt wird“ (S. 286).

Hinsichtlich des Erwerbs fachlichen Wissens betonten die Studierenden, dass zu vielen Themen bereits Alltagsvorstellungen vorlagen, die jedoch weiter ausdifferenziert wurden: *Dass wir ein weltweites Plastikproblem haben, war mir klar, aber dass derart große Plastikinseln im Pazifik in der gesamten Wassersäule*

schwimmen, war mir nicht bewusst. Das hat mich schon nachdenklich gestimmt (St 8).

3. An welchen Stellen ist es ratsam, dass die Lehrkraft präsent ist und an welchen Stellen können digitale Tools diese ersetzen?

Induktiv konnte aus dem Datenmaterial eine weitere Kategorie abgeleitet werden, die die Frage beantwortet, an welchen Stellen die Lehrkraft im Unterricht unersetzlich ist: Die Studierenden der Thematik Plastik ersetzten nach dem ersten Durchlauf einen digital geplanten Unterrichtseinstieg durch die Präsentation realer Plastikgegenstände und einem gemeinsamen Gespräch. Dies wurde folgendermaßen kommentiert: *Wir haben gemerkt, dass das Betrachten der Plastikgegenstände und vor allem das gemeinsame Gespräch viel motivierender und lebendiger sind als ein Zeitungsartikel, den sich jeder auf seinem Tablet allein durchliest und dann weitermacht* (St 11). Es wird deutlich, dass der gemeinsame Austausch und die persönliche Kommunikation im Unterricht nicht zu kurz kommen sollten, um das Staunen und Aha-Erlebnisse sowohl für die Lernenden als auch für die Lehrkraft zu ermöglichen. Auch das reale Experimentieren wird als unverzichtbar bewertet: *Man hat gesehen, dass Schülern das Testen der unterschiedlichen Kunststoffplättchen in der Wassersäule viel Spaß machte und sie sich zum Beispiel beim konstant Halten der Variablen immer wieder gegenseitig korrigiert haben. Davon lebt der Unterricht* (St 11).

Auf der anderen Seite gibt es Themen, die anhand der digitalen Mittel vollständig im Homeschooling zu bearbeiten wären. Eine Studierende, die zur Thematik Öl im Ozean unterrichtet hat, gelangt zu folgendem Schluss: *Zuerst konnte ich mich mit den digitalen Mitteln gar nicht anfreunden, aber dann habe ich gemerkt, dass im Homeschooling auch alles ohne uns möglich gewesen wäre* (St 3).

Zusammenfassend gelangen die Studierenden zu dem Schluss, dass a) die Erfahrungen der Lernenden im Umgang mit Tablets und digitalen Methoden, b) der thematische Unterrichtsgegenstand und die Unterrichtsziele sowie c) die Qualität der digitalen Mittel darüber entscheiden, inwieweit die Präsenz der Lehrkraft im Unterricht nötig ist. Eine Mischung aus beiden Anteilen, Präsenz und Integration digitaler Tools, scheint die beste Variante von Unterricht zu sein und ist eine gute Vorbereitung auf das Leben in einer zunehmend digitalisierten Welt.

Lehr-Lern-Labor digital und analog im Vergleich

Beim Experimentieren auch mal ins Leere laufen zu lassen hilft, es beim nächsten Mal besser zu machen (St 9). Anhand dieses Zitats wird deutlich, dass das Begleiten des offenen Experimentierens von Lernenden ein ganz wesentlicher und wichtiger Bestandteil der Ausbildung für angehende Lehrkräfte ist und somit den Kern des *Lernlabors Wattenmeer* darstellt, der nicht problemlos durch das individuelle Experimentieren im Homeoffice ersetzt werden kann. Das Staunen der Lernenden, das beim gemeinsamen offenen Experimentieren beobachtet werden konnte, welches nicht nur die Lernenden, sondern auch die Lehrkraft motiviert, kann nicht in einer rein digitalen Welt vermittelt werden und wird als essentiell für Unterricht bewertet: *Ich hätte nicht gedacht, dass die Schüler doch so viel allein beim Experimentieren schaffen und ich sie tatsächlich loslassen kann (St.9).* Folglich wurde es als nicht lernförderlich bewertet, alle Unterrichtsschritte zu digitalisieren und die direkte Begegnung mit dem biologischen Phänomen und das gemeinsame Forschen zu ersetzen.

Dennoch wird der Umgang mit digitalen Medien sowohl aufseiten der Studierenden als auch aufseiten der Lernenden als gewinnbringend bewertet, sodass eine Mischung aus digitalen und analogen Anteilen als beste Variante des *Lernlabors Wattenmeer* identifiziert werden kann: *Insgesamt konnte ich beobachten, dass die Schüler motivierter waren, wenn die Tablets eingesetzt wurden. Und ich selbst hatte totalen Spaß in der Vorbereitung und das kann ja nur ansteckend sein (St 3).* Allerdings wurde von einer angehenden Förderschullehrkraft folgende, eklatante Lücke in der Bildungslandschaft beklagt, die es zentral zu diskutieren gilt: *Leider fehlt an den Förderschulen die technische Ausstattung komplett, obwohl es dort so wichtig wäre! (St 7).*

Ausblick

Die im *Lernlabor Wattenmeer* erprobten digitalen Lerneinheiten finden ihre Anwendung nun im Rahmen des vom Land Niedersachsen geförderten Projektes ‚Internationalisierung in der Lehrerbildung durch Konzeption und Implementation digitaler Lernsequenzen‘, indem Studierende die Lernenden der südafrikanischen Muizenberg Highschool/Kapstadt an das Thema Ozeane heranführen. Insgesamt zeigte die Evaluation des Seminars, dass sich Studierende mehr Angebote in der Lehramtsausbildung wünschen, die eine unbenotete, unterrichtliche Erprobung digitaler Medien ermöglichen.

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.
- Gerthofer, L., & Schneider, J. (2021). Fallkonstellationen zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht. Eine qualitative, lehrendenzentrierte Betrachtung. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 16, 281–315. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb16/2021.04.29.X>
- Glade, E.-V. (2021). *Die Wahrnehmung der beruflichen Rolle schulischer Lehrkräfte unter dem Einsatz digitaler Medien im Unterricht – Eine qualitative Analyse zum beruflichen Selbstverständnis von Lehrkräften*. DataCite. <https://doi.org/10.26204/KLUEDO/6306>
- Höble, C. (2014). Lernprozesse im Lehr-Lern-Labor Wattenmeer diagnostizieren und fördern. In A. Fischer, C. Höble, H. Kieper, J. Michaelis & M. Komorek (Hrsg.), *Diagnostik für lernwirksamen Unterricht* (S. 144–157). Schneider Verlag Hohengehren.
- Höble, C., Kuhlemann, B., Rathje, W., Saathoff, A., Weusmann, B., & Winkler, H. (2020). Einblicke in das Potenzial Biologie didaktischer Lehr- und Lernlabore. In M. Komorek, C. Gorr, L. Beyer, S. Selle, P. Röben & C. Kather (Hrsg.), *Orte und Prozesse außerschulischen Lernens erforschen und weiterentwickeln* (S. 327–339). LIT Verlag.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Beltz.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teach Coll Rec*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Nawrath, D. (2014) Experimentieren lernen und lehren im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe I. *Lynx*, 2, 5–15.
- Priemer, B., & Roth, J. (Hrsg), *Lehr- und Lern-Labore*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7>
- Saathoff, A., & Höble, C. (2020). Teaching & Learning laboratories in biology teacher education: analysis of teaching reflections. In B. Puig, P.B. Anaya, M.J.G. Quílez & M. Grace (Hrsg.), *Biology Education Research. Contemporary topics and directions (ERIDOB)* (S. 309–322). Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza.
- Smoor, S., & Komorek, M. (2020). Zyklisches Forschendes Lernen im Oldenburger Studienmodul „Physikdidaktische Forschung für die Praxis“. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg), *Lehr- und Lern-Labore* (S. 263–285). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_17
- Sorge, S., Neumann, I., Neumann, K., Parchmann, I., & Schwanewedel, J. (2020). Lehr- und Lern-Labore als Vorbereitung auf den Lehrerberuf-die Perspektive der Studierenden. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg), *Lehr- und Lern-Labore* (S. 285–299). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_18



Das Seminar ‚Digitale Aufgaben‘

Konzeption und Ergebnisse eines digitalen Lehr-Lern-Labors

Annabelle Speer und Andreas Eichler

Einleitung

Die fortschreitende Digitalisierung in unserer Gesellschaft (Fraillon et al. 2020) sorgt für neue Anforderungen an Schulen. Heutzutage ist ein Ziel der schulischen Ausbildung, dass die Schülerinnen und Schüler digitale Kompetenzen erwerben, um effektiv an der digitalen Gesellschaft teilzuhaben (Fraillon et al. 2020). Schulische Lehr-Lern-Prozesse müssen deshalb im Sinne der Digitalisierung überdacht werden (Redecker 2017), weshalb auch im Mathematikunterricht die Bedeutung von digitalen Technologien wächst (Clark-Wilson et al. 2014). Wie die Forschung zeigt, kann das Einbinden digitaler Technologien in den Mathematikunterricht das Lernen positiv beeinflussen (Hillmayr et al. 2020). Insbesondere intelligente Tutorensysteme, in denen Feedback als essentieller Bestandteil angesehen werden kann, können einen großen Einfluss auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler haben (Hillmayr et al. 2020). Die digitale Technologie STACK (System for Teaching and Assessment using Computer Algebra Kernel, Sangwin 2013) bietet die Möglichkeit, digitale mathematische Aufgaben zu erstellen, diese zu randomisieren und individualisiertes Feedback für unterschiedliche Eingaben zu vergeben. Daher kann STACK als intelligentes Tutorensystem und somit als vielversprechende digitale Technologie für den

A. Speer (✉) · A. Eichler
Didaktik der Mathematik (Schwerpunkt Sekundarstufe II), Universität Kassel,
Kassel, Deutschland
E-Mail: annabelle.speer@mathematik.uni-kassel.de

A. Eichler
E-Mail: eichler@mathematik.uni-kassel.de

Mathematikunterricht angesehen werden, die einen positiven Einfluss auf das Lernen haben könnte.

Es zeigt sich jedoch, dass digitale Technologien ihr Potenzial nicht von alleine entfalten, sondern ein didaktisch sinnvoller Einsatz wichtig ist (Jankvist et al. 2019). In diesem Zusammenhang werden Fortbildungen von Lehrkräften als notwendig angesehen (Jankvist et al. 2019; Hillmayr et al. 2020). Tatsächlich setzen Lehrkräfte in Deutschland digitale Technologien weniger häufig im Unterricht ein und beurteilen das Potenzial digitaler Technologien geringer als Lehrkräfte in anderen Ländern (Fraillon et al. 2020). Aus diesen Gründen scheint es wichtig zu sein, den Umgang mit digitalen Technologien bereits in der universitären Ausbildung von Lehrkräften zu verankern und somit die digitalen Kompetenzen, die als Teil der professionellen Handlungskompetenzen von Lehrkräften gelten (Redecker 2017), stärker in den Fokus zu nehmen. Ein vielversprechendes Konzept, um angehenden Lehrkräften professionelle Kompetenzen auch im Umgang mit digitalen Technologien zu vermitteln, scheinen Lehr-Lern-Labore zu sein. Im Sinne der Digitalisierung können universitäre Lehrkonzepte, wie auch Lehr-Lern-Labore, weitergedacht und mit digitalen Technologien so angereichert werden, dass dadurch eine digitale Transformation von Lehr-Lern-Laboren stattfinden kann. Da Lehr-Lern-Labore allerdings ein „sehr junger Zweig der fachdidaktischen Forschung“ (Priemer 2020, S. 167) sind, gibt es kaum Forschung zu Lehr-Lern-Laboren, die durch den Einsatz digitaler Technologien transformiert werden. Zu diesem Forschungsfeld wird in dieser Arbeit mit der Vorstellung des digital transformierten Lehr-Lern-Labors ‚Digitale Aufgaben‘ an der Universität Kassel ein Beitrag geleistet.

Theoretische Rahmung

Der studentische Wunsch nach mehr Praxis in der Lehramtsausbildung ist mehrfach belegt (Rehfeldt et al. 2018). Es zeigt sich allerdings, dass praktische Studienanteile die universitäre Ausbildung von Lehrkräften nicht uneingeschränkt verbessern, da die Studierenden innerhalb der reinen Praxisphasen ihr theoretisch fundiertes fachliches und fachdidaktisches Wissen nicht anwenden, „weil subjektive Theorien oder Lehrmeinungen dominieren“ (Schellenbach-Zell et al. 2019, S. 164). Es kann zudem ein sogenannter Praxis- bzw. Realitätsschock (Dicke et al. 2016) eintreten, da die Erwartungen und Ideale der Studierenden, die während der universitären Lehramtsausbildung entwickelt wurden, nach den ersten praktischen Erfahrungen mit der Schulwirklichkeit zusammenbrechen (Dicke et al. 2016). Aufgrund dessen scheint es besonders effizient zu sein „die

erlebte Praxis direkt mit der Vermittlung von Theorie zu verbinden“ (Brüning und Käpnick 2020, S. 174), was der Grundidee des universitären Lehrkonzepts der Lehr-Lern-Labore entspricht. Ein weiteres Charakteristikum von Lehr-Lern-Laboren ist die „Verzahnung der Arbeit dreier Personengruppen“ (Auhagen et al. 2020, S. 64). Innerhalb von Lehr-Lern-Laboren sollen Schülerinnen und Schüler gefördert werden, Studierende professionelle Handlungskompetenzen erwerben und Forschende Praxismaterialien und Konzepte entwickeln und evaluieren, ebenso wie Begleitforschung betreiben (Auhagen et al. 2020). Lehr-Lern-Labore lassen sich demnach definieren als „eine spezielle Organisationsform der Lehramtsausbildung, in der schulisches Lernen und studentische Lehramtsausbildung unter einer ganzheitlichen Perspektive miteinander verknüpft werden. Im Unterschied zu Vorlesungen, Seminaren oder Übungen in üblicher Form bieten LLL [Lehr-Lern-Labore] den Studierenden die Möglichkeit, in authentischen, aber komplexitätsreduzierten Lernumgebungen – je nach Schwerpunktsetzung – besondere Diagnose-, Förder- bzw. Handlungskompetenzen sowie Professionswissen zu erwerben“ (Brüning 2016, S. 1274).

Rehfeldt et al. (2018) haben den Ablauf von Lehr-Lern-Laboren in einem Modell, bestehend aus fünf Schritten, zusammengefasst:

1. Die theoriegeleitete Entwicklung von Lernumgebungen und -materialien.
2. Die komplexitätsreduzierte Praxissituation mit Schülerinnen und Schülern, die innerhalb der Lernumgebung die erstellen Materialien bearbeiten.
3. Das Erfassen von Lernprozessen der Schülerinnen und Schüler.
4. Das Reflektieren der Praxiserfahrungen.
5. Das Optimieren der Lernumgebungen und -materialien, welches durch die Reflexion veranlasst wird.

Dabei wird der zyklische Charakter des Lehr-Lern-Labors betont, sodass die adaptierten Materialien aus dem Schritt (5) erneut in einer Praxissituation eingesetzt werden (Rehfeldt et al. 2018).

Die Forschung zum Kompetenzerwerb der Studierenden fokussiert sich auf traditionelle Lehr-Lern-Labor-Settings und liefert die Befunde, dass Lehr-Lern-Labore einen positiven Einfluss auf das Wissen und die Selbstwirksamkeitserwartung der Studierenden hinsichtlich Planung, Durchführung und Reflexion von Unterrichtsprozessen (Dohrmann und Nordmeier 2020; Rehfeldt et al. 2020) haben können.

Das Lehr-Lern-Labor-Seminar ‚Digitale Aufgaben‘

Das Lehr-Lern-Labor-Seminar ‚Digitale Aufgaben‘ wurde im Sommer 2020 im Rahmen der *Qualitätsoffensive Lehrerbildung* konzipiert und ist seit dem Wintersemester 2020/2021 ein Wahlpflichtmodul in der Lehramtsausbildung für Gymnasien und Berufsschulen an der Universität Kassel. Die Zielgruppe des Seminars sind Studierende ab dem 5. Semester. Innerhalb des Lehr-Lern-Labor-Seminars wird mit der digitalen Technologie STACK gearbeitet.

Die digitale Technologie STACK

STACK (System for Teaching and Assessment using Computer algebra Kernel, Sangwin 2013) ist eine digitale Open Source Technologie für die Lernmanagementsysteme ILIAS (<https://www.ilias.de/>) und Moodle (<https://moodle.org/>), die die Erstellung und Gestaltung von digitalen mathematischen Aufgaben ermöglicht. Durch digitale STACK-Aufgaben kann der Aufbau von Wissen auch durch die Verwendung verschiedener Repräsentationsformen (symbolisch, textlich, bildlich und interaktiv, Bruner et al. 1971) ermöglicht werden. Da STACK das Computeralgebra-System Maxima nutzt (Sangwin 2013), wird es möglich, eine Eingabe nicht nur zeichenweise mit einer hinterlegten Musterlösung zu vergleichen, sondern diese Eingabe auf mathematische Eigenschaften und typische Fehlkonzepte algebraisch zu überprüfen. Dazu gibt es die Möglichkeit, sogenannte Rückmeldebäume (potential response tree, Sangwin 2013) zu programmieren. Ein Rückmeldebaum besteht aus unterschiedlichen Knoten, an denen eine Eingabe jeweils auf mathematische Eigenschaften und typische Fehlkonzepte algebraisch überprüft werden kann. Für die Konzeption des Rückmeldebau und die Gestaltung des Feedbacks sind die Aufgabenerstellerinnen und Aufgabensteller verantwortlich.

Struktur und Ziele des Lehr-Lern-Labor-Seminars ‚Digitale Aufgaben‘

Das einsemestrige Lehr-Lern-Labor-Seminar ‚Digitale Aufgaben‘ besteht aus sieben Phasen, die im Folgenden genauer erläutert werden.

1. Aufbau fachdidaktischer Theorie: Innerhalb der ersten Phase des Seminars erwerben die Studierenden in einem Literaturstudium fachdidaktisches Wissen zur Aufgaben- und Feedbackkonstruktion und zum Umgang mit Fehlern.

1.1. Aufgaben und Aufgabenkonstruktion: Aufgaben konstituieren Mathematikunterricht (Leuders 2015). Deshalb sollten Studierende bereits in der universitären Ausbildung einen „Perspektivwechsel vom Aufgabenbearbeiter zum Aufgabenkonstrukteur und -evaluator“ vollziehen (Leuders 2015, S. 451). Um diesen Perspektivwechsel im Seminar zu unterstützen, erarbeiten sich die Studierenden theoretische Grundlagen zur Aufgabenkonstruktion sowie zur Charakterisierung einer Mathematikaufgabe anhand ihrer didaktischen Merkmale (Leuders 2015). Dazu zählen die didaktische Funktion (z. B. Aufgaben zum Üben oder Erkunden), die Offenheit oder das Differenzierungspotenzial einer Aufgabe (z. B. paralleldifferenzierende oder natürlich differenzierende Aufgaben). Im Seminar diskutieren die Studierenden auf Grundlage ihres fachdidaktischen Wissens zu Mathematikaufgaben und deren Konstruktion die Relevanz und Gestaltung von Aufgaben im Unterricht. Darüber hinaus beurteilen und verändern sie unterschiedliche Mathematikaufgaben anhand der didaktischen Merkmale.

1.2. Konstruktion von Feedback: Feedback kann als Information angesehen werden, die sich auf Leistung und Verständnis fokussiert (Hattie und Timperley 2007) und als effektive Maßnahme gilt, um Lernprozesse zu unterstützen und zu verbessern (Wisniewski et al. 2020). Dabei können verschiedene Arten von Feedback unterschieden werden. Feedback, das Informationen über aufgetretene Fehler, Erklärungen zu genutzten Fachbegriffen und Informationen zum „self-regulation level“ (Wisniewski et al. 2020, S. 12) enthält, kann als lernförderlicher angesehen werden als ein einfaches Lob (Wisniewski et al. 2020). Die Studierenden diskutieren im Seminar die unterschiedlichen Formen sowie die Gestaltung und die Relevanz von Feedback im Unterricht. Auf dieser Grundlage erörtern die Studierenden die Problematik, dass Lehrkräfte ihren Schülerinnen und Schülern im Unterricht eher wenig und undifferenziertes Feedback geben (Voerman et al. 2012). Davon ausgehend erarbeiten die Studierenden Vor- und Nachteile von digitalem Feedback, wie beispielsweise das sofortige Erscheinen des Feedbacks für alle Lernenden noch während des Bearbeitungsprozesses.

1.3. Eingehen auf Fehler: Im Unterricht herrscht oftmals eine Fehlervermeidungskultur, obwohl eine didaktisch sinnvolle Auseinandersetzung mit Fehlern den Lernprozess positiv beeinflussen kann (Moschner 2017). Lehrkräfte sollten deshalb „eine hohe Bereitschaft für die Auseinandersetzung mit Fehlern“ zeigen (Moschner 2017, S. 358). Anhand von fehlerhaften Aufgabebearbeitungen und Literatur zu empirisch geprüften Fehlern und Fehlkonzepten in einem mathematischen Themengebiet, beschäftigen sich die Studierenden im

Seminar intensiv mit typischen Fehlkonzepten. Dabei erörtern sie Fehler, suchen Ursachen und diskutieren den Umgang mit Fehlern, auch unter Bezugnahme von Feedback.

2. *Lernen mit STACK*: Die Studierenden lernen die digitale Technologie STACK zunächst aus der Lernenden-Perspektive kennen, um die Bedeutung von STACK beim individuellen Lernen von Mathematik zu erleben. Dazu werden den Studierenden digitale STACK-Aufgaben zu unterschiedlichen mathematischen Themengebieten und in unterschiedlichen Repräsentationsformen zur Verfügung gestellt, mit denen sie sich intensiv auseinandersetzen. Anschließend beurteilen die Studierenden ihren Lernprozess, der durch die digitale Technologie STACK unterstützt wurde und diskutieren aus der Lernenden-Perspektive über wahrgenommene Möglichkeiten und Grenzen des Systems. Sie wechseln anschließend die Perspektive vom Lernenden zum Lehrenden und evaluieren mithilfe des erworbenen fachdidaktischen Wissens die bearbeiteten Aufgaben und das Feedback, das sie während des Bearbeitungsprozesses erhalten haben und formulieren Kriterien für gute und lernförderliche digitale STACK-Aufgaben.

3. *Konzeption einer Aufgabe und Diskussion*: In der dritten Phase des Seminars konzipieren die Studierenden theoriegeleitet eine Mathematikaufgabe zur Analysis für Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe oder zur Algebra für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I. Die Studierenden antizipieren typische Fehler, die während der Aufgabenbearbeitung auftreten können und erstellen zu diesen Fehlern ein entsprechendes Feedback. Die didaktischen Entscheidungen, die die Studierenden im Erstellungsprozess getroffen haben, die antizipierten Fehler und das Feedback werden im Seminar vorgestellt und diskutiert. Die Gesamtgruppe des Seminars erörtert Optimierungsmöglichkeiten der Lernumgebung und gibt eine Rückmeldung zu der erstellten Aufgabe. Mit den Anmerkungen der Gesamtgruppe und der Rückmeldung der Dozierenden überarbeiten die Studierenden ihre Aufgabe, bevor sie diese in die digitale Technologie STACK programmieren.

4. *Technische Einführung und Gestalten der digitalen Aufgabe*: Die Studierenden erhalten von den Dozierenden des Seminars eine technische Einführung in die Entwicklung einer digitalen STACK-Aufgabe. Während der Einführung bearbeiten die Studierenden bereits vorhandene digitale STACK-Aufgaben, indem sie beispielsweise Knoten in den Rückmeldebaum hinzufügen und Feedback zu Fehlkonzepten gestalten. In der technischen Einführung erwerben die Studierenden technisches Wissen zur digitalen Technologie STACK, das sie bei der Programmierung ihrer eigenen Aufgabe in STACK anwenden. Die Dozierenden des Seminars begleiten den Prozess der technischen Implementierung und stehen den Studierenden bei Fragen zur Verfügung.

5. *Komplexitätsreduzierte Praxissituation:* Die Studierenden suchen sich für die Praxissituation selbstständig eine Gruppe von drei bis fünf Schülerinnen und Schülern, die ihre digitale STACK-Aufgabe bearbeiten. Eine Einführung in das System und alle Instruktionen organisatorischer und inhaltlicher Art geben die Studierenden der Gruppe in digitaler Form über ein Video-Konferenztool. Die Schülerinnen und Schüler lernen anschließend zeit- und ortsunabhängig mit der digitalen STACK-Aufgabe. Die Studierenden können den Lern- und Bearbeitungsprozess zeitlich asynchron beobachten, indem sie die von den Schülerinnen und Schülern getätigten Eingaben und das jeweils vergebene Feedback innerhalb einer von der Plattform Moodle automatisiert erstellten Tabelle nachvollziehen. Abschließend führen die Studierenden ein digitales Interview über ein Video-Konferenztool mit den Schülerinnen und Schülern, bei dem diese ihren Eindruck von der digitalen Lernumgebung und eine Rückmeldung über aufgetretene Probleme, die sowohl inhaltlicher, als auch technischer Art sein können, geben.

6. *Reflexion der Praxissituation:* In dieser Phase des Seminars reflektieren die Studierenden ihre digitale STACK-Aufgabe, das Feedback und die Praxissituation auch unter Berücksichtigung der Rückmeldung der Schülerinnen und Schüler. Dabei beziehen sich die Studierenden auf Möglichkeiten zur Optimierung der Aufgabe (z. B. durch Beseitigung sprachlicher Hürden), des Rückmeldebaums (z. B. Implementierung noch nicht antizipierter Fehler) und des Feedbacks. Darüber hinaus reflektieren sie die Möglichkeit, digitale STACK-Aufgaben im regulären Unterricht in der Klassenstufe der Schülerinnen und Schüler einzusetzen. Anschließend werden in Kleingruppen innerhalb des Seminars die digitalen STACK-Aufgaben der Kommilitoninnen und Kommilitonen bearbeitet und eine erneute konstruktive Rückmeldung zu Optimierungsmöglichkeiten gegeben. Zum Abschluss des Seminars findet eine Reflexion der Gesamtgruppe über den Einsatz und die Möglichkeiten und Grenzen der digitalen Technologie STACK statt.

7. *Seminarhausarbeit:* Im Rahmen der Seminarhausarbeit entwickeln die Studierenden eine zweite digitale STACK-Aufgabe unter Berücksichtigung von typischen Fehlkonzepten und entsprechendem Feedback, setzen diese in der gleichen Gruppe von drei bis fünf Schülerinnen und Schüler ein und reflektieren den Einsatz erneut.

Die Ziele des vorgestellten Lehr-Lern-Labor-Seminars ‚Digitale Aufgaben‘ sind somit

1. der Erwerb und die Erweiterung des fachdidaktischen Wissens (Koehler et al. 2013), durch dessen Anwendung dem „Problem des trägen Wissens“ entgegengewirkt werden kann (Gruber und Renkl 2000),
2. der Erwerb und die Anwendung von technologischem Wissen zur digitalen Technologie STACK (Koehler et al. 2013),
3. das Verknüpfen des fachdidaktischen mit dem technologischen Wissen (Koehler et al. 2013),
4. das Sammeln von Praxiserfahrungen in komplexitätsreduzierten Praxis-situationen und
5. die anschließende Reflexion der eigenen Praxiserfahrungen, sowie der Erfahrungen der Kommilitoninnen und Kommilitonen und die gemeinsame konstruktive Auswertung.

Ergebnisse des Lehr-Lern-Labors: Eine digitale STACK-Aufgabe einer Studentin und ihre Reflexion

Im Folgenden betrachten wir eine digitale STACK-Aufgabe einer Studentin aus dem Seminar, das im Wintersemester 2021/2022 stattfand. Die digitale Aufgabe wurde für Schülerinnen und Schülern der 10. Klasse entwickelt und behandelt das mathematische Themengebiet der Potenzgesetze (Abb. 1).

Die Studentin hat einen Rückmeldebaum bestehend aus zehn Knoten entworfen, von denen im ersten Knoten überprüft wird, ob die eingegebene Lösung mathematisch korrekt vereinfacht wurde. In den weiteren Knoten werden Fehler überprüft, die bei der Vereinfachung des Terms auftreten können und die von der Studentin im Erstellungsprozess der Aufgabe antizipiert wurden, wie beispielsweise die fehlerhafte Umformung des ersten Faktors $\frac{a^4}{a^2} = a^{4+2} = a^6$. Abb. 2 zeigt das Feedback, welches die Studentin für eine Eingabe, die die fehlerhafte Umformung des ersten Faktors enthält, entworfen hat.

Aufgabe

Vereinfache den Term $\frac{a^4}{a^3} \cdot d^3 \cdot a^2 \cdot b^4 \cdot d^{-8}$ unter Verwendung der Potenzgesetze soweit wie möglich.

Beachte bei deiner Eingabe die Syntax: Verwende für das Malzeichen ein \cdot , als Bruchstrich bzw. Divisionszeichen ein $/$ und bei Potenzen ein $^$.

Bsp.: Für $a \cdot d$ gibt man $a \cdot d$ ein, für $\frac{b}{c}$ wird b/c verwendet und für b^3 muss b^3 eingegeben werden.

Prüfen

Abb. 1 Digitale Aufgabe einer Studentin zu Potenzgesetzen

Deine Antwort ist zum Teil richtig. Du hast das Potenzgesetz Multiplikation bei gleicher Basis richtig angewendet, indem du die Exponenten der Variable d addiert hast. Bei der Variable a hast du die Exponenten bereits bei dem Ausdruck $\frac{a^4}{a^2}$ addiert, was leider nicht richtig ist. Überlege noch einmal, welcher Unterschied zwischen diesem Ausdruck und dem Ausdruck mit der Variable d vorliegt, welches Potenzgesetz demnach bei $\frac{a^4}{a^2}$ verwendet werden sollte und wie sich dieses vom Potenzgesetz Multiplikation bei gleicher Basis unterscheidet. Solltest du nicht weiterkommen, kannst du den den aufklappbaren Hinweis 1 öffnen.

▼ Hinweis 1
Bei dem Ausdruck $\frac{a^4}{a^2}$ muss das Potenzgesetz Division bei gleicher Basis Anwendung finden, d.h. die Exponenten müssen subtrahiert werden.
Allgemeine Definition: $\frac{a^x}{a^y} = a^{x-y}$

Wenn du die allgemeine Definition des Potenzgesetzes nicht versteht, kannst du den Hinweis 2 öffnen.

▼ Hinweis 2
Zahlenbeispiel zum Potenzgesetz Division bei gleicher Basis: $\frac{3^4}{3^2} = 3^{4-2}$

▼ Hinweis: Potenz, Basis, Exponent
Eine Potenz ist eine abkürzende Schreibweise für die wiederholte Multiplikation eines Faktors: $x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \dots \cdot x_n = x^n$. x^n heißt Potenz.
Das x in x^n heißt Basis oder auch Grundzahl der Potenz.
Das n in x^n heißt der Exponent oder auch Hochzahl der Potenz.
Beispiel: $3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = 3^4$. 3^4 ist hier die Potenz, 3 ist die Basis und 4 ist der Exponent.

Abb. 2 Feedback zu der Eingabe $a^8 \bullet b^4 \bullet d^{-5}$

Im Feedback gibt die Studentin zunächst über die Richtigkeit der Eingabe Auskunft (knowledge of result, Narciss 2018). Darüber hinaus hat sie den Fehler lokalisiert (knowledge about mistakes, Narciss 2018) und von richtigen Lösungskomponenten abgegrenzt. Dadurch wird implizit ein Korrekturhinweis gegeben. Die unter dem Feedback stehenden Hinweise wurden von der Studentin über einen HTML-Code programmiert, sodass sie ausklappbar und somit optional zu öffnen sind. In Hinweisfeld 1 wird das strategische Wissen, welches für den Bearbeitungsprozess relevant ist, geliefert (knowledge on how to proceed, Narciss 2018). In Hinweisfeld 2 wird ein Zahlenbeispiel genannt, während in Hinweisfeld 3 das konzeptuelle Verständnis angesprochen wird, indem die Begriffe Potenz, Basis und Exponent genauer erläutert werden (knowledge about concepts, Narciss 2018).

Nach der Praxissituation, bei dem drei Schülerinnen und Schüler die digitale STACK-Aufgabe der Studentin bearbeitet haben, stellt sie anhand der beobachteten Lernprozesse fest, dass Fehler während der Bearbeitung aufgetreten sind, die sie im Voraus nicht antizipiert hat: *Ein Fehler, welcher z. B. gemacht wurde und noch eingefügt werden könnte, ist, dass $a^4 \bullet b^4$ als $(a + b)^4$ zusammengefasst wurde.* Eine Optimierung der Aufgabe, die aus dem Hinzufügen weiterer Fehler in den Rückmeldebaum besteht, sei in ihren Augen notwendig. Weiterhin reflektiert die Studentin, auch unter Einbeziehung des von ihr beobachteten Leistungsniveaus der Schülerinnen und Schüler, das Anforderungsniveau der Aufgabe, welches von den Lernenden als leicht empfunden wurde: *Dabei ist zu berücksichtigen, dass die drei SuS [Schülerinnen und Schüler] zu den leistungsstärksten SuS der Klasse gehören.* Aus dieser Beobachtung zieht sie Rückschlüsse

auf die Gestaltung und Grenzen des digitalen Feedbacks: *Es kann sein, dass gerade leistungsschwächere SuS genau dieses ausführliche, gestufte Feedback benötigen oder auch trotz der Hilfen mit der für sie schwierigen Aufgabe überfordert sind. Deshalb schätze ich es als schwer ein, ein für alle SuS angemessenes Anforderungsniveau einer STACK-Aufgabe zu schaffen.* Um der angesprochenen Heterogenität der Lerngruppe gerecht zu werden, reflektiert die Studentin verschiedene Möglichkeiten der Differenzierung innerhalb digitaler STACK-Aufgaben, wie beispielsweise, dass das Feedback *im großen Maß durch Hinweise, Repräsentationswechsel u. Ä. angereichert werden kann.* In diesem Zusammenhang diskutiert die Studentin die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler selbstreguliert zu lernen. Ihrer Meinung nach, ist eine *gute Kompetenz im Bereich der Selbstregulation* essentiell für den Umgang mit dem *gestuften, elaborierten Feedback der STACK-Aufgaben, in dem teilweise selbst entschieden werden muss, welche Hilfen man annimmt/benötigt und welche nicht.* Außerdem setzt sich die Studentin kritisch mit der Abwesenheit einer menschlichen Person im Bearbeitungsprozess einer digitalen STACK-Aufgabe auseinander: *Es gibt sicherlich SuS, die besser mit Erklärungen der Lehrkraft oder anderer SuS arbeiten können, die konkret auf die Fragen zu den entstandenen Schwierigkeiten eingehen.*

Es kann festgehalten werden, dass Studierende in der Lage sind, auch ohne vorherige Programmierkenntnisse digitale STACK-Aufgaben zu entwickeln, einige typische Fehler zu antizipieren und Feedback zu gestalten. Die Praxis-situation, ebenso wie die Rückmeldungen der Schülerinnen und Schüler können die Reflexionsfähigkeit der Studierenden begünstigen (Speer und Eichler 2022), die sich auch kritisch mit ihrer gestalteten Lernumgebung und der genutzten digitalen Technologie auseinandersetzen.

Diskussion und Fazit

Diskussion der konzeptionellen Besonderheiten

In Lehr-Lern-Laboren geht es vor allem um die Interaktion zwischen drei Personengruppen: Schülerinnen und Schüler, Studierende und Forschende (Auhagen et al. 2020). In dem digital transformierten Lehr-Lern-Labor-Seminar ‚Digitale Aufgaben‘ findet zwischen Studierenden und Forschenden, wie auch in klassischen Lehr-Lern-Laboren, eine direkte Interaktion statt. In Zeiten der Distanzlehre ist die Interaktion zwischen Studierenden und Forschenden rein digital, kann aber in Zeiten der Präsenzlehre auch analog und ‚real‘ stattfinden.

Die Interaktion zwischen Studierenden und Schülerinnen und Schülern ist, anders als in klassischen Lehr-Lern-Laboren, rein digital. Teile dieser digitalen Interaktion sind direkt, indem die Studierenden mit den Schülerinnen und Schülern über ein Video-Konferenztool interagieren. Andererseits kann die digitale Interaktion auch indirekt sein. Statt der unmittelbaren und ‚realen‘ Beobachtung der Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung mathematischer Lernumgebungen wie in klassischen Lehr-Lern-Laboren, findet im digital transformierten Lehr-Lern-Labor eine zeitlich asynchrone Erfassung der Lernprozesse statt. Der Fokus des klassischen Lehr-Lern-Labors, der die intensive Begleitung und Beobachtung von Lernprozessen und eine damit einhergehende Förderung der Handlungskompetenzen der Studierenden umfasst, scheint sich somit zu verschieben. Der Hauptfokus im Lehr-Lern-Labor-Seminar ‚Digitale Aufgaben‘ liegt auf der Entwicklung und Evaluation digitaler Lernumgebungen mit der digitalen Technologie STACK. Anders als in Lehr-Lern-Laboren, die in Zeiten der Distanzlehre stattgefunden haben und bei denen es um die alleinige Entwicklung von Fördermaterialien für Schülerinnen und Schüler geht (Auhagen et al. 2020), können die Studierenden in dem digital transformierten Lehr-Lern-Labor-Seminar ebenfalls Diagnose- und Handlungskompetenzen erwerben, indem sie den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler zeitlich asynchron beobachten, analysieren und reflektieren.

Die Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-Laboren kann auf vielfältige Weise realisiert werden (Weusmann et al. 2020). In dem digital transformierten Lehr-Lern-Labor-Seminar ‚Digitale Aufgaben‘ ist die Komplexität reduziert, da wie in klassischen Lehr-Lern-Laboren die Lernumgebung lediglich an einer kleinen Gruppe von Lernenden eingesetzt wird. Darüber hinaus ist die Interaktion zwischen Studierenden und Schülerinnen und Schülern reduziert, indem die Studierenden die Lernprozesse zeitlich asynchron beobachten, wodurch ein selbstreguliertes Arbeiten der Schülerinnen und Schüler und eine intensive Beobachtung und Analyse der Lernprozesse aufseiten der Studierenden ermöglicht wird.

Rehfeldt et al. (2018) haben in ihrem Modell den zyklischen Charakter von klassischen Lehr-Lern-Laboren betont, indem die nach den Reflexionsprozessen adaptierten Lernmaterialien erneut in derselben Gruppe von Schülerinnen und Schülern eingesetzt werden. In der Praxis kann dieses Charakteristikum jedoch variiert werden, wie Weusmann et al. (2020) diskutieren. Zum einen könnte eine andere Lerngruppe eingeladen werden, um die adaptierten Lernmaterialien zu bearbeiten, „die sich allerdings auf jeden Fall von der ersten unterscheiden wird, sodass die Diagnose der Denk- und Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler [...] nur eingeschränkt für die zweite Gruppe gilt“ (Weusmann et al. 2020, S. 29).

Zum anderen ist es möglich, die gleiche Lerngruppe einzuladen, was allerdings die Entwicklung neuer Lernumgebungen und -materialien erfordert. Diese Vorgehensweise eignet sich besonders, wenn die entwickelten Lernmaterialien und die Wirkung dieser auf die Schülerinnen und Schüler analysiert und reflektiert werden sollen (Weusmann et al. 2020). Innerhalb des Lehr-Lern-Labor-Seminars ‚Digitale Aufgaben‘ wurden die Lernumgebungen bei der gleichen Lerngruppe zweimal eingesetzt, sodass die Studierenden für die zweite Praxissituation eine neue digitale STACK-Aufgabe mit antizipierten Fehlern und gestalteten Feedback entwickelten, wobei die Reflexionsergebnisse der ersten Praxissituation stets berücksichtigt wurden.

Fazit und Ausblick

Das in diesem Beitrag vorgestellte digital transformierte Lehr-Lern-Labor-Seminar ‚Digitale Aufgaben‘ an der Universität Kassel beinhaltet einige konzeptionelle Besonderheiten, wie beispielsweise die zeitlich asynchrone Analyse der Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler, wodurch verdeutlicht wird, dass Lehr-Lern-Labore „in der Realität äußerst individuelle Konstrukte“ (Weusmann et al. 2020, S. 45) sind. Das digital transformierte Lehr-Lern-Labor-Seminar ‚Digitale Aufgaben‘ scheint einen positiven Einfluss auf verschiedene Wissensfacetten ebenso wie auf die Reflexionsfähigkeit der angehenden Lehrkräfte zu haben (Speer und Eichler 2022), auch wenn der Fokus im Vergleich zu klassischen Lehr-Lern-Laboren verschoben ist. Dabei sind besonders die drei Komponenten des Seminars *Lernen*, *Konzipieren* und *Reflektieren* hervorzuheben, deren Einfluss bereits in einer qualitativen Studie individuell nachgewiesen werden konnte (Speer und Eichler 2022). Es kann angenommen werden, dass sich die Konzeption des Lehr-Lern-Labor-Seminars ‚Digitale Aufgaben‘ mit diesen drei Komponenten auch auf andere Seminarsettings in anderen Fachbereichen mit anderen digitalen Technologien übertragen lässt. An dieser Stelle wäre weitere Forschung wünschenswert, sodass auch zukünftig Lehr-Lern-Labor-Formate konstruktiv und optional digital weitergedacht werden.

Förderhinweis Das diesem Betrag zugrunde liegende Vorhaben wurde im Rahmen des Teilprojekts ‚LeReKo – Lernen, Reflektieren, Konzipieren – Digitale Aufgaben mit Feedback als Kernelement eines mathematischen Lernkonzepts‘ des Projekts PRONET-D der Universität Kassel zur gemeinsamen ‚Qualitätsoffensive Lehrerbildung‘ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2012 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin und dem Autor.

Literatur

- Auhagen, W., Beckmann, S., Beumann, S., Dixel, T., Radünz, L., Tiedke, A., et al. (2020). Lehr-Lern-Labore auf Distanz? Ein Erfahrungsbericht aus der Mathematikdidaktik. *Die Materialwerkstatt. Zeitschrift für Konzepte und Arbeitsmaterialien für Lehrer*innenbildung und Unterricht*, 2(1), 63–86. <https://doi.org/10.4119/dimawe-3974>
- Brüning, A.-K. (2016). *Untersuchungen zur Profilbildung und Evaluation von Lehr-Lern-Laboren im Entwicklungsverbund „Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore“ der DTS*. Gesellschaft für Didaktik der Mathematik. <https://doi.org/10.17877/DE290R-17614>
- Brüning, A.-K., & Käpnick, F. (2020). Professionalisierung angehender Lehrkräfte durch die Verzahnung von Theorie und Praxis in Lehr-Lern-Laboren: Evaluation des mathematikdidaktischen Lehr-Lern-Labors „Mathe für kleine Asse“ an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 173–190). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_12
- Bruner, J.S., Olver, R.R., & Greenfield, P.M. (1971). *Studien zur kognitiven Entwicklung: Eine kooperative Untersuchung am „Center for Cognitive Studies“ der Harvard-Universität*. Ernst Klett Verlag.
- Clark-Wilson, A., Robutti, O., & Sinclair, N. (2014). *The mathematics teacher in the digital era: An international perspective on technology focused professional development*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4638-1>
- Dicke, T., Holzberger, D., Kunina-Habenicht, O., Linninger, C., & Schulze-Stocker, F. (2016). „Doppelter Praxischock“ auf dem Weg ins Lehramt? Verlauf und potenzielle Einflussfaktoren emotionaler Erschöpfung während des Vorbereitungsdienstes und nach dem Berufseintritt. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 63(4), 244. <https://doi.org/10.2378/peu2016.art20d>
- Dohrmann, R., & Nordmeier, V. (2020). Die Verknüpfung von Theorie und Praxis im Lehr-Lern-Labor-Blockseminar als Unterstützung der Professionalisierung angehender Lehrpersonen. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 191–208). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_13
- Fraillon, J., Ainley, J., & Schulz, W. (2020). *Preparing for Life in a Digital World: IEA International Computer and Information Literacy Study 2018 International Report*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-38781-5>
- Gruber, H., & Renkl, A. (2000). Die Kluft zwischen Wissen und Handeln: Das Problem des trägen Wissens. In G.H. Neuweg (Hrsg.), *Wissen – Können – Reflexion: Ausgewählte Verhältnisbestimmungen* (S. 155–174). Studien Verlag.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>
- Hillmayr, D., Zierwald, L., Reinhold, F., Hofer, S.I., & Reiss, K.M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Comput Educ*, 153, 103897. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897>
- Jankvist, U.T., Misfeldt, M., & Aguilar, M.S. (2019). What happens when CAS procedures are objectified? The case of “solve” and “desolve”. *Educ Stud Math*, 101(1), 67–81. <https://doi.org/10.1007/s10649-019-09888-5>

- Koehler, M.J., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *J Educ*, 193(3), 13–19. <https://doi.org/10.1177/002205741319300303>
- Leuders, T. (2015). Aufgaben in Forschung und Praxis. In R. Bruder (Hrsg.), *Handbuch der Mathematikdidaktik* (S. 435–460). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35119-8_16
- Moschner, B. (2017). Lern- und Leistungsförderung im Unterricht. In M.K. Schweer (Hrsg.), *Lehrer-Schüler-Interaktion: Inhaltsfelder, Forschungsperspektiven und methodische Zugänge* (S. 347–363). Springer Science and Business Media; Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-15083-9_15
- Narciss, S. (2018). Feedbackstrategien für interaktive Lernaufgaben. In H.M. Niegemann & A. Weinberger (Hrsg.), *Lernen mit Bildungstechnologien: Praxisorientiertes Handbuch zum intelligenten Umgang mit digitalen Medien* (S. 1–24). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54373-3_35-1
- 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. 159–172). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_11
- Redecker, C. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. Publications Office. <https://doi.org/10.2760/178382>
- Rehfeldt, D., Klempin, C., Brämer, M., Seibert, D., Rogge, I., Lücke, M., Sambanis, M., Nordmeier, V., & Köster, H. (2020). Empirische Forschung in Lehr-Lern-Labor-Seminaren: Ein Systematic Review zu Wirkungen des Lehrformats. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 34(3–4), 149–169. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000270>
- 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: interdisziplinäre Zeitschrift für Hochschule und Lehre*, 4, 90–114. <https://doi.org/10.17169/REFUBIUM-1702>
- Sangwin, C. (2013). *Computer Aided Assessment of Mathematics*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199660353.001.0001>
- Schellenbach-Zell, J., Wittwer, J., & Nückles, M. (2019). Das Theorie-Praxis-Problem in Praxisphasen der Lehramtsausbildung: Ansätze und mögliche Perspektiven. In M. Degeling, N. Franken, S. Freund, S. Greiten, D. Neuhaus & J. Schellenbach-Zell (Hrsg.), *Herausforderung Kohärenz: Praxisphasen in der universitären Lehrerbildung: Bildungswissenschaftliche und fachdidaktische Perspektiven* (S. 160–171). Verlag Julius Klinkhardt. <https://doi.org/10.25656/01:17272>
- Speer, A., & Eichler, A. (2022). Developing Prospective Teachers' Beliefs about Digital Tools and Digital Feedback. *Mathematics*, 10(13), 2192. <https://doi.org/10.3390/math10132192>
- Voerman, L., Meijer, P.C., Korthagen, F.A., & Simons, R.J. (2012). Types and frequencies of feedback interventions in classroom interaction in secondary education. *Teaching and Teacher Education*, 28(8), 1107–1115. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2012.06.006>

-
- Weusmann, B., Käpnick, F., & Brüning, A.-K. (2020). Lehr-Lern-Labore in der Praxis: Die Vielfalt realisierter Konzeptionen und ihre Chancen für die Lehramtsausbildung. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 27–45). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_3
- Wisniewski, B., Zierer, K., & Hattie, J. (2020). The Power of Feedback Revisited: A Meta-Analysis of Educational Feedback Research. *Front Psychol*, *10*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03087>



Fach- und mediendidaktische Verschränkung digitaler Lern- und Arbeitsmittel

Entwicklungs- und Evaluationsaspekte eines
Seminarconceptes der Wirtschaftspädagogik

Marian Thiel de Gafenco und Jens Klusmeyer

Medienkompetenzanforderungen an Berufsschullehrkräfte

Digitale Technologien gewinnen für den Unterricht an beruflichen Schulen bereits seit einiger Zeit an Bedeutung. Neben methodisch-didaktischen Argumentationslinien zur Effizienz- und Effektivitätssteigerung von Lehr-Lernprozessen (Seufert und Scheffler 2017) finden sich Gründe für ihre verstärkte Einbindung auch in einer zunehmend digitalisierten Arbeitswelt, die mit ihren zum Teil sehr spezifischen (Medienkompetenz-)Anforderungen (z. B. Härtel et al. 2018) in den Ordnungsmitteln der beruflichen Ausbildung Eingang findet (Frommberger und Lange 2018). Für die Berufsbildung ergibt sich aus der Verschränkung dieser beiden Bezugspunkte, ergänzt um digitale Technologien in der Rolle von Alltagsinstrumenten in der Lebenswelt von jungen Erwachsenen, der Impuls für eine Kompetenzbestimmung und -entwicklung bei Auszubildenden anhand technologiespezifischer Anforderungen (z. B. Programmierkenntnisse) und mit

M. Thiel de Gafenco (✉) · J. Klusmeyer
Wirtschaftspädagogik mit Schwerpunkt Berufliches Lehren und Lernen, Universität
Kassel, Kassel, Deutschland
E-Mail: thiel.de.gafenco@uni-kassel.de

J. Klusmeyer
E-Mail: klusmeyer@uni-kassel.de

Bezug auf die Technologieanwendung sowie ihre Folgen (Euler und Wilbers 2020). Lehrende an berufsbildenden Schulen sind vor dem Hintergrund dieses komplexen Beziehungsgefüges mediendidaktisch nur unzureichend ausgebildet (Weidenhiller und Miesera 2019).

Das Lernen und Lehren mit digitalen Medien findet sich in einer Reihe von Kompetenzmodellen in unterschiedlicher Granularität wieder (z. B. im European Framework for Digital Competence of Educators, Redecker 2017). Die diesem Beitrag zugrunde liegende Forschungs- und Entwicklungsarbeit basiert zu Teilen auf dem TPACK-Modell (Mishra und Koehler 2006), das aufgrund seiner Fokussierung auf instrumentelle Mediennutzung durch Lehrkräfte und der Abstrahierung der Vielfalt digitalisierungsbezogener Teilkompetenzen (Schmid und Petko 2020) präferiert wird. In diesem Modell werden, aufbauend auf dem Konstrukt des pedagogical content knowledge nach Shulman (1987), die Wissensgrundlagen zu Lerninhalten (CK), Pädagogik (PK) und Technologie (TK) sowie die Interaktion bzw. Schnittstellen dieser Bereiche hervorgehoben (Seufert und Scheffler 2017).

Virtuelle Klassenräume als Lerninstrumente

Als Lerninstrument ermöglicht der Einsatz digitaler Technologien den Lehrkräften grundsätzlich das Ersetzen bzw. Anreichern bestehender methodischer Unterrichtskonzepte (Euler und Wilbers 2020). Mit der Vielfalt an Präsentations-, Kommunikations- und Selbstlernmedien ist jedoch auch der Anspruch verbunden, die Technologien sinnvoll und in Abhängigkeit des komplexen unterrichtlichen Anwendungskontextes zu kombinieren, um die Potenziale für die Gestaltung und den Vollzug von Lehr-Lernprozessen zu heben (Euler und Wilbers 2020; Seufert und Scheffler 2017).

Technologien zur Unterstützung synchroner Kommunikation und Interaktion sind seit 2010 immer häufiger im unterrichtlichen Einsatz, wobei die Notwendigkeit zum Distanzunterricht im Zuge der COVID-19 Pandemie diese Entwicklung noch beschleunigte. Im Weiteren wird für diese Technologien der Sammelbegriff ‚virtuelle Klassenräume‘ angesetzt, mit denen eine Reihe von lernprozessförderlichen Kommunikations- und Kollaborationsmöglichkeiten assoziiert werden können (Ferdinand und Heckmann 2012; Köhlmann 2016). Willermark und Gellerstedt (2022) führen anhand der affordance theory (Gibson 1977) Unterschiede in der Unterrichtsgestaltung mit virtuellen Klassenräumen auf die heterogene Wahrnehmung des Handlungsspielraums zurück, der Lehrkräften durch die Technologie geboten wird. Der nicht immer offensichtliche

Angebotscharakter digitaler Medien (Bannan et al. 2016; Holmberg 2014), die Diskrepanz zwischen Erwartungen und tatsächlichen Gestaltungsmöglichkeiten, die Rahmung dieser Einflussfaktoren durch den komplexen unterrichtlichen Anwendungskontext und schlussendlich die Medienkompetenz der einzelnen Lehrkraft, beeinflussen Unterrichtsplanung und -durchführung in hohem Maße (Willermark und Gellerstedt 2022). Die theoretische Auseinandersetzung als auch das handelnde Erleben von Unterricht im virtuellen Klassenraum gestaltet sich in der universitären Ausbildung von Berufsschullehrkräften dementsprechend herausfordernd. Eine Medienkombination, wie sie im berufsschulischen Unterricht angestrebt wird, bedingt in diesem Beitrag die Wahl einer erweiterten Definition des ‚virtuellen Klassenraumes‘. In Anlehnung an Tullius und Hertkorn (2021) wird er hier als ein System zum Webconferencing für die synchrone Kommunikation und Kollaboration verstanden, das situationsbedingt um unterschiedliche Medien- und Präsentationsformen sowie entsprechende Interaktionselemente ergänzt wird. Hierzu gehören obligatorische Merkmale virtueller Klassenräume wie der Einsatz von Audio- und Videokanälen oder gemeinsame Whiteboards (de Witt und Czerwionka 2013). Hinzu kommt die Ermöglichung des Austausches untereinander und der Auseinandersetzung mit geteiltem Lernmaterial (Nistor 2013).

Enterprise-Resource-Planning Software als Arbeits- und Lerninstrument

Der Anspruch innerhalb der beruflichen Ausbildung auch solche Technologien im Unterricht zu thematisieren und einzusetzen, deren Relevanz sich aus der zunehmend digitalisierten Arbeitsrealität der Auszubildenden speist, muss zwangsläufig mit der Erwartung an eine Medienkombination von Arbeitsinstrumenten (der tätigkeitsspezifischen Software) (Euler und Wilbers 2020) und Lerninstrumenten, wie dem virtuellen Klassenraum, einhergehen. Exemplarisch kann hier auf die zunehmende Bedeutung von Enterprise-Resource-Planning (ERP) Software in schulischen Ausbildungskontexten hingewiesen werden (Häuber 2009), die in Unternehmen für die Planung und Steuerung von Geschäftsprozessen zum Einsatz kommt und im Unterricht vom Arbeitsinstrument zum Lerngegenstand und Lerninstrument wird (Frötschl 2015).

Geschäftsprozesse sind der Ausgangspunkt der curricularen und unterrichtlichen Entwicklungsarbeit in der beruflichen Bildung. Sie beschreiben „Leistungsprozesse von Unternehmungen als zweck- und zielgerichtete Vorgangsketten bzw. Folgen betrieblicher Aktivitäten“ (Tramm 2009, S. 78) und

beinhalten die Integration verschiedener Unternehmensfunktionen bzw. -bereiche (Spener und Schumann 2021). Die Einnahme einer Geschäftsprozessperspektive ist besonders für den Unterricht in kaufmännisch-verwaltenden Ausbildungsberufen relevant (Schlicht 2016). Die ansteigende Komplexität der über die eigene Arbeit hinausgehenden Geschäftsprozesse liefert neben der zunehmenden Relevanz von ERP-Software in Schule und Ausbildungsbetrieb den Impuls, verstärkt digital-gestützte Unterrichtsformen einzusetzen (Pongratz 2009). Der unterrichtliche Einsatz von ERP-Systemen bleibt jedoch gerade bei der Einführung des Systems häufig auf eine ‚Klickschulung‘ begrenzt, mit der diese Technologie auf einen Lerngegenstand reduziert wird (Frötschl 2015). Eine Kombination mit anderen digitalen Medien bleibt bisher eine Idealvorstellung.

Systematische Entwicklung eines medienkompetenzfördernden Seminarconzeptes

Methodologischer Zugang auf Projektebene

Die skizzierten Herausforderungen in der Medienkompetenzentwicklung von Berufsschullehrkräften wurden zum Anlass genommen, ein Seminarconzept zu entwickeln, das die geschäftsprozessorientierte makro- und mikrodidaktische Planung ERP-gestützten Unterrichts unter Rückgriff auf einen virtuellen Klassenraum thematisiert und damit zur Ausbildung fachlicher, technischer und pädagogisch-didaktischer Kompetenzen der Studierenden beitragen soll. Das Seminarconzept und dessen Evaluation ist Teil des Forschungsprojektes PRONET-D (TP6) am Lehrstuhl Wirtschaftspädagogik mit Schwerpunkt Berufliches Lehren und Lernen der Universität Kassel. Die Entwicklung des Konzeptes folgt einem Ansatz des Design-Based Research (Design-Based Research Collective 2003), der innerhalb der Lehr-Lernforschung der iterativen Entwicklung theoretisch fundierter Lösungsansätze didaktischer Praxisprobleme dient. In Anlehnung an Brahm und Jenert (2014) wurden nach einer Problemdefinition, welche u. a. die theoretischen Bezüge zu Interpretations- und Handlungsspielräumen im virtuellen Klassenraum umfassten, ein erstes Seminarconzept entwickelt (unter Einbindung des Schulungsanbieters SAP4school IUS; graue Schraffur) und im Wintersemester 2021/2022 im Masterstudiengang Wirtschaftspädagogik der Universität Kassel pilotiert (mit Material des Anbieters und dessen Infrastruktur; graue Hinterlegung) (Abb. 1), wobei perspektivisch Berufsschulklassen als Teil eines Lehr-Lern-Laborsettings eingebunden werden sollen.

Lehr-Lern-Labore sind in der universitären Ausbildung von Berufsschullehrkräften nur wenig verbreitet. Studiengänge für die gewerblich-technische



Abb. 1 Design-Prozess in Anlehnung an Brahm und Jenert (2014)

Lehrkraftausbildung, die einen starken Bezug zu den naturwissenschaftlichen Fachdisziplinen aufweisen, fallen an dieser Stelle positiv auf (z. B. die Technikdidaktik an der Technischen Universität Darmstadt und verschiedene Fachdidaktiken an der Technischen Universität Kaiserslautern). Mit Lehr-Lern-Laboren werden im Kontext der Forschungs- und Entwicklungsarbeit die Möglichkeiten zur Komplexitätsreduktion, der theoriegeleiteten Entwicklung von Lernumgebungen und der Verzahnung von Theorie und Praxis genutzt (Roth und Priemer 2020). Gleichzeitig bietet sich den Studierenden ein Raum für die Erprobung verschiedener digitaler Technologien (Hofhues und Schiefner-Rohs 2017). Gegenwärtig liegt der Schwerpunkt auf dem Einbezug vorhandener Materialien aus dem SAP4school IUS Curriculum, der gemeinsamen Übung mit Studierenden (Weusmann et al. 2020) und der Funktion des Lehr-Lern-Labors als ‚Forschungslabor‘ (Roth und Priemer 2020).

Erster Prototyp des Seminarkonzeptes

Für die Entwicklung des Seminarkonzeptes wurde das TPACK-Modell zur Bestimmung der zu entwickelnden Medienkompetenzen der Studierenden zugrunde gelegt (Seufert und Scheffler 2017). Es steht damit zunächst der Aufbau einer relevanten, für die universitäre Lehrerbildung kennzeichnenden wissenschaftlichen, handlungsvorbereitenden und rechtfertigenden Wissensbasis im Vordergrund (Söll und Klusmeyer 2022). Mit der iterativen Entwicklung soll der Frage nachgegangen werden, welche Rolle die theoretischen Bezugsrahmen im

Seminar für den Aufbau von TPK, dem Technologisch-pädagogischem Wissen spielen. Vor dem Hintergrund der Verschränkung digitaler Lern- und Arbeitsmittel umfasst das TPK Wissen über verschiedene Technologien und ihre Eigenschaften, ihren Einsatz in Lehr-Lern-Settings und die begründete Technologieauswahl (Mishra und Koehler 2006).

Der erste Prototyp des Seminarkonzeptes umfasst, ohne Einführungsveranstaltung, drei Phasen:

1) Die theoretischen Bezugsrahmen, die für den Aufbau einer relevanten Wissensbasis im Fokus des Design-Prozesses stehen. Behandelt werden Grundlagen des Distanzunterrichts und des Video-Conferencing mittels unterschiedlicher Tools (webex, Zoom, BigBlueButton) sowie eine Rechercheaufgabe über die Unzulänglichkeiten des Distanzunterrichts gegenüber dem Lernen in Präsenz (1. Termin). Zudem wird die theoretische Fundierung des Blended Learning, der Einsatz von Classroom Management Systemen und eine Aufgabe zum Mehrwert digitaler Technologien bearbeitet (2. Termin). Die Phase schließt mit einer Veranstaltung zum Status quo des ERP-Einsatzes im berufsschulischen Unterricht und einer längeren Gruppenarbeit zur Entwicklung möglicher Lernsituationen unter Berücksichtigung qualifikatorischer Dimensionen (3. Termin); 2) die SAP4school Schulung mittels einer didaktisch reduzierten Variante eines existierenden Grundlagenmoduls; 3) die Präsentationsphase, in der Studierenden eine geplante Unterrichtsstunde mit den übrigen Studierenden als fiktive Schülerinnen und Schüler simulieren. Ziel der Präsentation war es, eine prototypische Unterrichtsstunde als Seminartermin zu realisieren, die inhaltlich Arbeitsbereiche aus dem Basismodul des SAP4school Curriculums für berufliche Schulen umfasst. Die Umsetzung sollte dabei einerseits auf der Einbindung der SAP-Plattform und den dazugehörigen analogen Lernmaterialien in ein virtuelles Klassenraumsetting beruhen, andererseits, in Anbetracht der thematischen Vielfalt und fiktiver Ausgangssituationen in Berufsschulklassen, weitere digitale Tools mit einbeziehen. Abb. 2 skizziert die Seminarstruktur des ersten Durchgangs.

Methodisches Vorgehen der ersten (Teil-)Evaluation

Mit einem Fokus auf den Erwerb einer TPACK-wirksamen Wissensbasis zum Thema 'Unterrichten im virtuellen Klassenraum', kamen für die formative Evaluation des Seminars Concept Maps zum Einsatz (Novak und Gowin 1984), mit denen das begriffliche, deklarative TPK der Studierenden vor und nach der ersten Seminarphase gegenübergestellt werden (Abb. 2). Concept Maps stellen grafische Repräsentationen von Wissensstrukturen in Form von Begriffsnetzen

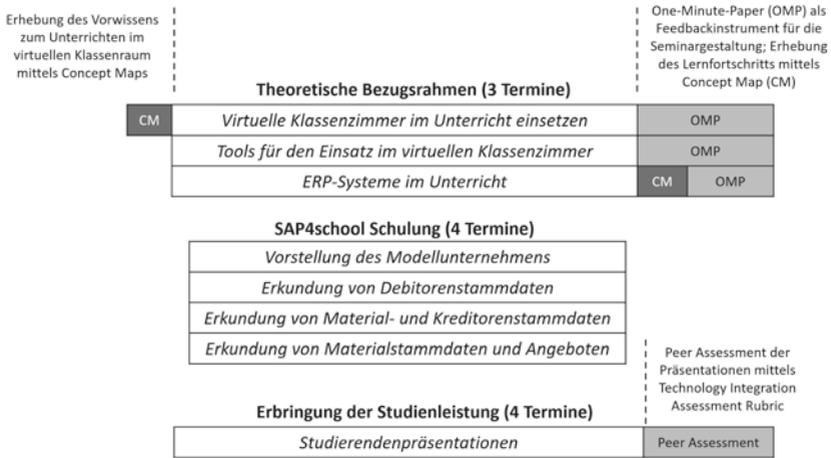


Abb. 2 Seminarstruktur des ersten Prototyps (90 min je Termin)

dar, die einem hierarchischen Aufbau folgen und sich für Lern- und Assessmentzwecke einsetzen lassen (Fürstenau 2011; Ruiz-Primo und Shavelson 1996).

Für eine Kohorte von 13 Masterstudierenden der Wirtschaftspädagogik, die an der Pilotierung teilnahmen, wurde am ersten Erhebungszeitpunkt (zu Beginn der ersten thematisch relevanten Veranstaltung) nach einer Einweisung in die Methode die Aufgabe gestellt, ohne weitere Hilfsmittel eigenständig eine Concept Map zum genannten Thema in Einzelarbeit zu erstellen. Die Bearbeitung erfolgte innerhalb einer 30-minütigen Arbeitsphase im Paper-Pencil-Format. Im Anschluss wurden die Concept Maps mittels der Softwareumgebung Cmap Cloud von der Seminarleitung digitalisiert.

Nach Abschluss des letzten Seminartermins der ersten Phase wurden die Studierenden zur Überarbeitung ihrer Concept Maps aufgefordert. Es wurde ihnen freigestellt, ob sie mit der digitalisierten Concept Map weiterarbeiten, eine neue digitale Concept Map anfertigen, ihre analoge Map weiterführen oder eine neue Map im Paper-Pencil-Format anfertigen. Für das zur Verfügung gestellte Tool Cmap Cloud erhielten die Studierenden eine Einweisung.

Für die erste Auswertung wurde ein holistisches Scoring (Besterfield-Sacre et al. 2004) durch die Seminarleitung angelegt. Interrater Agreement wurde mittels Bewertung von einem Viertel aller Concept Maps nach der zweiten Erhebung durch zwei Rater (Beschäftigte des Fachgebietes) hergestellt. Es wurden drei Attribute untersucht: ‚Comprehensiveness‘ dient als Beschreibung

des Umfangs und der Vollständigkeit des explizierten Wissens. Mit diesem Attribut lassen sich unterrepräsentierte oder von Studierenden in ihrer Bedeutung falsch eingeschätzte Lerninhalte identifizieren (Besterfield-Sacre et al. 2004). Dies zeigt sich z. B. in einer Reduzierung auf die technischen Eigenschaften von Tools, ohne deren unterrichtliche Einbindung in der Concept Map abzubilden (Graham et al. 2012); ‚Organization‘ ist ein Indikator für Systematisierungsversuche. Es lassen sich mit diesem Attribut auch Aussagen über die Rolle des Vorwissens von Studierenden machen, indem die Beziehung zwischen Inhalten aus dem Seminar in Bezug auf die übrigen Konzepte und Relationen der Concept Map untersucht wird (Besterfield-Sacre et al. 2004). Dies zeigt sich z. B. in einer wenig ausgeprägten Integration bisher unbekannter Technologien wie ERP-Systeme in das Begriffsnetz durch fehlende ‚Cross-Links‘ (Jacobs-Lawson und Hershey 2002); ‚Correctness‘ beschreibt den Grad der Übereinstimmung mit Fakten der drei thematischen Bezugsebenen. Dieses Attribut dient der Identifikation von naiven bzw. falschen Annahmen über inhaltliche Zusammenhänge (Besterfield-Sacre et al. 2004). Wird z. B. mit dem Einsatz synchroner Konferenzsysteme die Ermöglichung individueller Lernzeiten assoziiert, sollten auch die dafür notwendigen Einzelfallbedingungen skizziert werden. Die Attribute beschreiben damit qualitative Eigenschaften mentaler Repräsentationen und können für Einschätzungen zum TPK herangezogen werden. Für jedes der drei Attribute werden die drei Leistungsebenen (1–3, s. Text nach Tab. 1) mit ihren entsprechenden Entscheidungshilfen angesetzt.

Ergebnisse der Evaluation

Ergebnisse der ersten Evaluation sind in Tab. 1 aufgeführt, für die im Folgenden je Attribut eine Gesamteinschätzung abgegeben und ein Verweis auf prägnante Beispiele ergänzt wird.

Comprehensiveness (Skalierung: 1=geringe Abdeckung des Themas ‚Unterrichten im virtuellen Klassenraum‘; 2=mit Einschränkungen adäquate Abdeckung des Themas; 3=adäquate Abdeckung des Themas mit höchstens einem fehlenden, relevanten Teilbereich): Die Mehrheit der Studierenden wies zu Beginn des Seminars nur eine geringe Abdeckung zentraler Aspekte des Unterrichts im virtuellen Klassenraum auf. Der Idealfall würde sich in der Berücksichtigung aller drei thematischen Bezugsebenen der ersten Seminarphase ausdrücken. Zum Teil lassen sich die dokumentierten Konzepte auf Erfahrungen aus universitären Lehrveranstaltungen während der COVID-19 Pandemie zurückführen (ID 4). Zum zweiten Erhebungszeitpunkt wiesen die Concept

Tab. 1 Vergleich der Attributperformance der Studierenden im Concept Mapping vor und nach der ersten Seminarphase

Studierenden ID	<i>Comprehensiveness</i>		<i>Organization</i>		<i>Correctness</i>	
	CM1	CM2	CM1	CM2	CM1	CM2
ID 1	1	1	1	2	1	1
ID 2	1	1	1	2	1	1
ID 3	1	2	2	2	2	2
ID 4	1	3	1	3	1	3
ID 5	1	2	2	3	2	2
ID 6	2	3	1	3	2	3
ID 7	2	2	2	2	2	2
ID 8	1	1	1	1	1	1
ID 9	1	1	2	2	1	1
ID 10	1	1	2	2	1	1
ID 11	2	3	1	2	2	2
ID 12	1	3	2	2	2	3
ID 13	1	3	1	2	1	3

Anmerkungen. Die Studierenden ID dient der Anonymisierung. CM1 und CM2 dienen der Unterscheidung zwischen dem ersten und zweiten Erhebungszeitpunkt.

Maps eines Großteils der Gruppe eine Zunahme an relevanten Konzepten auf. Besonders stark verbesserten sich ID 4, ID 5, ID 6, ID 12 und ID 13, die die drei thematischen Schwerpunkte des Seminars eingebunden und zum Teil in einem hohen Detailgrad aufgenommen haben (ID 13). Als defizitär kann die Aufnahme von Konzepten zu Bedingungsfaktoren der Lehr-Lern-Prozessgestaltung beschrieben werden. Die Studierenden zeigen vor allem die Möglichkeiten, weniger die Grenzen der Technik für den unterrichtlichen Einsatz auf, was sich negativ auf die begründete Medienauswahl auswirken kann.

Organization (1 = lineare Organisation, keine oder nur wenige Verbindungen zwischen Hierarchien (einzeln, längerer Ketten von Konzept-Relation-Konzept-Gruppen); 2 = adäquate Organisation mit einigen Verbindungen innerhalb von Hierarchien und dazwischen; 3 = gute Organisation durch anspruchsvolle Integration der Hierarchien): Bis auf ID 7 und ID 8 konnten die Studierenden die Organisation ihrer Begriffsnetze verbessern. So wiesen die Concept Maps zu Beginn der ersten Seminarphase häufig eine nur geringe Verknüpfung einzelner Hierarchien auf. Zum zweiten Erhebungszeitpunkt lässt sich sowohl

innerhalb von Hierarchien als auch hierarchieübergreifend die Ausweisung neuer Relationen feststellen (ID 5; ID 6). Als defizitär lässt sich vor allem aus fachdidaktischer Perspektive die Einordnung des geschäftsprozessorientierten Unterrichts beschreiben, welches als zentrale Eigenschaft kaufmännischen Unterrichts an bestehende Konzepte andockt und mit dem übergeordneten Konzept ‚Unterrichten im virtuellen Klassenraum‘ nicht direkt assoziiert wird.

Correctness (1 = ungenaue oder falsche Vorstellung vom Thema, Verwendung ungeeigneter oder falscher Begriffe; 2 = wenige Ungenauigkeiten in der Darstellung des Themas; 3 = präzise Darstellung des Themas): Für das Map-Attribut der inhaltlichen Korrektheit zeigten die Studierenden eine ähnlich verbesserte Leistung wie bei der Comprehensiveness der Concept Maps. Naive oder falsche Vorstellungen über das Thema ‚Unterrichten im virtuellen Klassenraum‘, wie z. B. bei ID 4 (Zoom als Softwarelösung als einziges Konzept mit Verbindung zum Unterricht im virtuellen Klassenraum) oder ID 10 (Digitalisierung als eigene Hierarchie, an die keine weiteren Begriffe geknüpft wurden) beobachtet werden konnte, traten im Nachgang der ersten Seminarphase weniger häufig auf, stellen jedoch weiterhin ein Defizit bei den Teilnehmenden dar.

Diskussion und weiteres Vorgehen

Für die Weiterentwicklung des Seminarkonzeptes finden drei zentrale Entwicklungen in den Concept Maps eine entsprechende Berücksichtigung, um die Entwicklung von TPK innerhalb der ersten Seminarphase zu fördern: 1) Fach- und mediendidaktische Entscheidungen zur Ausgestaltung der Lehr-Lernprozesse müssen als Abwägung der Möglichkeiten und Barrieren verstanden werden. Für die Weiterentwicklung des Seminars bedeutet dies, auch unter Berücksichtigung des Lerninhalts (CK), Seminarteilnehmende Auswahlentscheidungen früh treffen, erörtern und kritisch reflektieren zu lassen. 2) Die Verknüpfung zwischen Hierarchien ist einigen Studierenden zwar gelungen, bleibt insgesamt aber auf einem eher niedrigen Niveau. Hierbei fallen vor allem der geschäftsprozessorientierte Unterricht und der Einsatz von ERP-Systemen negativ auf. Aufgrund ihrer Relevanz für die Unterrichtsplanung bedeutet diese Entwicklung für das Seminarkonzept eine zukünftig stärkere Herausstellung der Geschäftsprozessorientierung als Ordnungsrahmen. 3) Für die noch defizitäre inhaltliche Korrektheit, die sich vor allem aus naiven Vorstellungen des Unterrichts im virtuellen Klassenraum speist, werden verstärkt kollaborative Arbeitseinheiten und Peer-Assessments in die erste Seminareinheit integriert, die Diskussions- und Reflexionsanlässe liefern.

Des Weiteren wird der Einsatz der Concept Maps sowie deren Auswertung teils neu konzipiert, um konkrete Planungs- und Durchführungsaspekte des ERP-gestützten Unterrichts im virtuellen Klassenraum erfassen und evaluieren zu können. Hierfür wird u. a. ein dritter Erhebungszeitpunkt am Ende der Präsentationsphase angesetzt und Auswertungsverfahren (z. B. in Anlehnung an Kinchin et al. 2019) verwendet, in denen die handlungsvorbereitende Funktion der Wissensbasis in den Fokus rückt.

Eines der emergenten Ziele des Projektes, das Seminarkonzept als Lehr-Lern-Labor mit Schülerinnen und Schülern durchführen zu können, stellt vor dem Hintergrund der bisher von Studierenden erworbenen handlungsvorbereitenden Wissensbasis eine angestrebte Möglichkeit zur Theorie-Praxis-Verknüpfung dar. In einem solchen Konzept wäre die Entwicklung von TPACK in einem komplexitätsreduzierten Rahmen weiterzuführen und die Integration sowohl digitaler Lern- als auch Arbeitsmittel prototypisch in den weiterhin primär analogen kaufmännisch-verwaltenden Unterricht zu fördern.

Förderhinweis Das diesem Betrag zugrunde liegende Vorhaben wurde im Rahmen des Teilprojektes ‚Wirtschaftsberufliche Unterrichtsgestaltung und -reflexion mittels ERP-basierter Lernsituationen im virtuellen Klassenraum‘ des Projekts PRONET-D der Universität Kassel zur gemeinsamen ‚Qualitätsoffensive Lehrerbildung‘ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2012 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Literatur

- Bannan, B., Cook, J., & Pachler, N. (2016). Reconceptualizing design research in the age of mobile learning. *Interactive Learning Environments*, 24(5), 938–953. <https://doi.org/10.1080/10494820.2015.1018911>
- Brahm, T., & Jenert, T. (2014). Wissenschafts-Praxis-Kooperation in designbasierter Forschung: Im Spannungsfeld zwischen wissenschaftlicher Gültigkeit und praktischer Relevanz. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* (Beiheft Nr. 27), 45–62.
- Besterfield-Sacre, M., Gerchak, J., Lyons, M.R., Shuman, L. J., & Wolfe, H. (2004). Scoring Concept Maps: An Integrated Rubric for Assessing Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, 93(2), 105–115. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00795.x>
- de Witt, C., & Czerwionka, T. (2013). *Mediendidaktik*. wbv.
- Design-Based Research Collective (2003). Design-Based Research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educ Res*, 32(1), 9–13.

- Euler, D., & Wilbers, K. (2020). Berufsbildung in digitalen Lernumgebungen. In R. Arnold, A. Lipsmeier, & M. Rohs (Hrsg.), *Handbuch Berufsbildung* (S. 427–438). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-19312-6_34
- Ferdinand, P., & Heckmann, P. (2012). Plattformen. In J. M. Haake (Hrsg.), *CSCL-Kompodium 2.0: Lehr- und Handbuch zum computerunterstützten kooperativen Lernen* (S. 163–186). Oldenbourg. <https://doi.org/10.1524/9783486716825>
- Frötschl, C. (2015). *Enterprise Resource Planning Systeme im kaufmännischen Unterricht*. Dissertation. University of Bamberg Press.
- Frommberger, D., & Lange, S. (2018). *Zur Ausbildung von Lehrkräften für berufsbildende Schulen: Befunde und Entwicklungsperspektiven*, Working Paper Forschungsförderung, No. 060. Abgerufen am 17. Februar 2022 von <https://d-nb.info/1155499395/34>
- Fürstenau, B. (2011). Concept Maps im Lehr-Lern-Kontext. *DIE Zeitschrift für Erwachsenenbildung*, 18(1), 46–48. <https://doi.org/10.3278/DIE1101W046>
- Gibson, J.J. (1977). The theory of affordances. In R. Shaw & J. Bransford (Hrsg.), *Perceiving, acting, and knowing* (S. 67–82). Lawrence Erlbaum Associates.
- Graham, C.R., Borup, J., & Smith, N.B. (2012). Using TPACK as a framework to understand teacher candidates' technology integration decisions. *J Comput Assist Learn*, 28(6), 530–546. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2011.00472.x>
- Härtel, M., Awerbeck, I., Brüggemann, M., Breiter, A., Howe, F., & Sander, M. (2018). *Medien- und IT-Kompetenz als Eingangsvoraussetzung für die berufliche Ausbildung*. Verlag Barbara Budrich.
- Häuber, G. (2009). Prozessorientierte Wirtschaftsdidaktik und Einsatz von ERP-Systemen im kaufmännischen Unterricht: Supportstrukturen für berufliche Schulen: ERP-Unterstützung beruflicher Schulen in Baden-Württemberg. In H. Pongratz, T. Tramm & K. Wilbers (Hrsg.), *Prozessorientierte Wirtschaftsdidaktik und Einsatz von ERP-Systemen im kaufmännischen Unterricht* (S. 195–204). Shaker Verlag.
- Hoffhues, S., & Schiefner-Rohs, M. (2017). Vom Labor zum medialen Bildungsraum: Hochschul- und Mediendidaktik nach Bologna. In C. Igel (Hrsg.), *Bildungsräume. Proceedings der 25. Jahrestagung der Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft* (S. 32–43). Waxmann.
- Holmberg, J. (2014). Studying the process of educational design – revisiting Schön and making a case for reflective design-based research on teachers' 'conversations with situations'. *Technology, Pedagogy and Education*, 23(3), 293–310. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2014.942748>
- Jacobs-Lawson, J.M., & Hershey, D.A. (2002). Concept Maps as an Assessment Tool in Psychology Courses. *Teach Psychol*, 29(1), 25–29. https://doi.org/10.1207/S15328023TOP2901_06
- Kinchin, I.M., Möllits, A., & Reiska, P. (2019). Uncovering Types of Knowledge in Concept Maps. *Educ Sci*, 9(2), 1–14. <https://doi.org/10.3390/educsci9020131>
- Köhlmann, W. (2016). *Zugänglichkeit virtueller Klassenzimmer für Blinde*. Logos Verlag.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teach Coll Rec*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Nistor, N. (2013). Virtuelle Praxisgemeinschaften in der Hochschullehre: Das mobil-virtuelle Klassenzimmer. In T. Köhler & N. Kahnwald (Hrsg.), *GeNeMe*, 13, Dresden (S. 273–280). Technische Universität Dresden

- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press.
- Pongratz, H. (2009). Integration von ERP-Systemen an beruflichen Schulen als ein umfassendes Projekt der Schulentwicklung. In H. Pongratz, T. Tramm & K. Wilbers (Hrsg.), *Prozessorientierte Wirtschaftsdidaktik und Einsatz von ERP-Systemen im kaufmännischen Unterricht* (S. 113–147). Shaker Verlag.
- Redecker, C. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. Publications Office of the European Union.
- Roth, J., & Priemer, B. (2020). Das Lehr-Lern-Labor als Ort der Lehrpersonenbildung: Ergebnisse der Arbeit eines Forschungs- und Entwicklungsverbundes. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 1–10). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_1
- Ruiz-Primo, M. A., & Shavelson, R. J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *J Res Sci Teach*, 33(6), 569–600. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199608\)33:6<569::AID-TEA1>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199608)33:6<569::AID-TEA1>3.0.CO;2-M)
- Schlicht, J. (2016). Handeln in Geschäftsprozessen als Forschungs- und Lehr-Lern-Gegenstand. In J. Seifried, S. Seeber & B. Ziegler (Hrsg.), *Jahrbuch der berufs- und wirtschaftspädagogischen Forschung 2016* (S. 91–106). Verlag Barbara Budrich.
- Schmid, M., & Petko, D. (2020). <Technological Pedagogical Content Knowledge> als Leitmodell medienpädagogischer Kompetenz. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 121–140. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.04.28.X>
- Seufert, S., & Scheffler, N. (2017). Medienkompetenzen in der Berufsschule: Neue Medienkurse für Lehrpersonen oder neue Ansätze der Lehrerbildung? In K. Mayrberger, J. Fromme, P. Grell & T. Hug (Hrsg.), *Jahrbuch Medienpädagogik 13: Vernetzt und entgrenzt – Gestaltung von Lernumgebungen mit digitalen Medien* (S. 97–116). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-16432-4_7
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harv Educ Rev*, 57(1), 1–23.
- Söll, M., & Klusmeyer, J. (2022). Akademisches Lernen und Reflexion bei der Förderung von Unterrichtsplanungskompetenz in der Wirtschaftsdidaktik. In J. Klusmeyer & D. Bosse (Hrsg.), *Konzepte reflexiver Praxisstudien in der Lehrer*innenbildung* (S. 73–114). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-35483-1_4
- Spener, C., & Schumann, S. (2021). Wissenseffekte des ERP-Einsatzes in der kaufmännischen Berufsschule. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 117(3), 395–430. <https://doi.org/10.25162/zbw-2021-0018>
- Tramm, T. (2009). Von der Geschäftsprozess- zur Lernprozessperspektive: Das Zusammenspiel von Prozessorientierung, systemischer Perspektive und prozessübergreifender Kompetenzentwicklung im lernfeldstrukturierten Berufsschulunterricht. In H. Pongratz, T. Tramm & K. Wilbers (Hrsg.), *Prozessorientierte Wirtschaftsdidaktik und Einsatz von ERP-Systemen im kaufmännischen Unterricht* (S. 77–101). Shaker Verlag.
- Tullius, G., & Hertkorn, P. (2021). Interaktives Lehren und Lernen im virtuellen Klassenzimmer. In J. Noller, C. Beitz, D. Kugelmann, S. Sontheimer & S. Westerholz (Hrsg.), *Studierendenzentrierte Hochschullehre: Von der Theorie zur Praxis* (S. 229–245). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32205-2_14
- Weidenhiller, P. & Miesera, S. (2019): Digitalisierung in der Lehrerbildung – Förderung der Medienkompetenz durch den Einsatz von Lehrvideos in der Lehrerbildung. 20.

- Hochschultage Berufliche Bildung an der Universität Siegen* (S. 1–15). Abgerufen am 17.10.22. von https://www.berufsbildung.nrw.de/cms/upload/hochschultage-bk/2019beitraege/ws12_digitalisierung-lehrerbildung_weidenhiller-miesera.pdf
- Weusmann, B., Käpnick, F., & Brüning, A.-K. (2020). Lehr-Lern-Labore in der Praxis: Die Vielfalt realisierter Konzeptionen und ihre Chancen für die Lehramtsausbildung. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 27–48). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_3
- Willermark, S., & Gellerstedt, M. (2022). Facing Radical Digitalization: Capturing Teachers' Transition to Virtual Classrooms Through Ideal Type Experiences. *Journal of Educational Computing Research*, 60(6), 1–22. <https://doi.org/10.1177/07356331211069424>

Lehr-Lern-Laborarbeit unter Bedingungen der Corona-Pandemie



Mathe ist mehr @everywhere

Eine empirische Interventionsstudie zum Vergleich von virtuellen und vor-Ort Laborbesuchen

Susanne Digel und Jürgen Roth

Lehr-Lern-Labore als Impulsgeber für Mathematikunterricht in Distanz

Die pandemiebedingten Einschränkungen im Schulbetrieb haben einige Schwächen, bezogen auf digitale Unterrichtsstrategien im Bildungssystem, verdeutlicht. Die Lernzuwächse während des ersten Lockdowns in Deutschland waren trotz intensiver Bemühungen vieler Schulen im Mittel vergleichbar mit den Sommerferien (Hammerstein et al. 2021). Dies lässt sich teilweise auch auf insgesamt weniger schulbezogene Aktivitäten während des Lockdowns – etwa 3,6 h Beschäftigung mit Schule insgesamt pro Schultag – zurückführen (Wößmann et al. 2021). Bezogen auf Mathematik lassen sich auch weitere Gründe identifizieren. Die jährliche Schulleistungsstudie in Baden-Württemberg stellte deutliche Lerndefizite gegenüber den Vorjahren vor allem bei den operativen, mathematischen Kompetenzen fest, während die arithmetischen (kalkülbezogenen) Kompetenzen auf dem Niveau der Vorjahre lagen (Schult et al. 2021). Dies kann ein Indikator für vorwiegend arithmetisch geprägten Distanzunterricht in Mathematik sein. Eine

S. Digel (✉)

Didaktik der Mathematik (Sekundarstufe), Pädagogische Hochschule Ludwigsburg, Ludwigsburg, Deutschland

E-Mail: susanne.digel@ph-ludwigsburg.de

J. Roth

Didaktik der Mathematik (Sekundarstufen), Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau, Landau, Deutschland

E-Mail: j.roth@rptu.de

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

M. Meier et al. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung*, Edition Fachdidaktiken, https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_26

Studie zu digitalen Lernumgebungen (bettermarks) zeigte zwar Leistungszuwächse vergleichbar zu Vorjahren (Spitzer und Musslick 2021), jedoch lassen sich die Lernumgebungen auch eher dem arithmetischen Bereich zuordnen (Weich et al. 2021). Insgesamt ist also eine niedrigere Kompetenzentwicklung bei operativen und konzeptuellen Inhalten während der Pandemie zu erwarten. Differenziert nach Kompetenzniveaus hat Distanzlernen die Unterschiede deutlich verstärkt, wozu eine geringere Lernzeit bei Leistungsschwächeren einerseits und erschwerte Lernbedingungen in bildungsfernen Haushalten andererseits potenziell beigetragen haben (Wößmann et al. 2021). Darüber hinaus boten die Angebote mit überwiegend arithmetischem Fokus in Distanz möglicherweise wenig Möglichkeiten, auf unterschiedlichen Niveaus erfolgreich zu lernen.

Durch die geringere Problem- und Handlungsorientierung in Distanz- und Wechselunterricht kommt der Rolle der Lehr-Lern-Labore als Impulsgeber eine besondere Bedeutung zu, fachdidaktisch fundierte Lehr-Lernkonzepte für den Distanzunterricht zu entwickeln, zu erproben und an die Schulen zu bringen. Gleichzeitig ergeben sich durch die pandemiebedingten Einschränkungen auch deutlich erschwerte Rahmenbedingungen für die Arbeit der Labore. Anhand der Lernumgebung *Das Baumhaus-Projekt* wurden unterschiedliche Varianten für Distanz- und Wechselunterricht konzipiert und in einer wissenschaftlichen Begleitstudie evaluiert. Die hier vorgestellten Varianten der Lernumgebung erzielten in einer Begleitstudie vergleichbare Lerneffekte für ein tragfähiges Funktionskonzept in Präsenz und Distanz, sowohl in der leistungsstarken Gymnasial-Stichprobe als auch in der heterogenen Gesamtschul-Stichprobe (Digel und Roth 2022).

Auch auf den zweiten Schwerpunkt des Lehr-Lern-Labors, der universitären Lehrkräftebildung, wirken sich die Kontaktbeschränkungen und Schulschließungen nachhaltig aus. Die Möglichkeiten der Lehramtsstudierenden, Praxiserfahrung zu sammeln, wurden ausgehebelt. Selbst in verbindlichen Praktika gab es keinen direkten Kontakt mit Schülerinnen und Schülern. Auch nach Ende der Schulschließungen stellten Schulen sehr zurückhaltend Fachunterricht für Studierende zur Erprobung von Unterrichtskonzepten zur Verfügung. Präsenzunterricht ist kostbar. Gerade Praxisnähe zeichnet das Lehramtsstudium am Campus Landau aus. Deshalb wurden Förderkurse zu pandemiebedingten Lernschwierigkeiten, kombiniert mit einem hybriden Lehr-Lern-Praktikum, für Lehramtsstudierende initiiert (Engelhardt et al. 2023), die gleichzeitig Unterrichtspraxis ermöglichen und problem- und handlungsorientiert individuellen Lernrückständen von Schülerinnen und Schülern begegnen. Die Ergebnisse und Erfahrungen mit den Varianten der Lernumgebung *Das Baumhaus-Projekt* fließen in dieses Handlungsfeld des Lehr-Lern-Labors über den konkreten Einsatz der Lernumgebung hinaus auch als Baustein zur Förderung digitaler Unterrichtskompetenzen der Lehramtsstudierenden ein.

Lernumgebung zu funktionalen Zusammenhängen

Der Funktionsbegriff stellt einen der schwierigsten mathematischen Begriffe der Sekundarstufe dar. Trotz seiner durchgängigen Präsenz im Schulunterricht zeigen Lernende häufig Fehlvorstellungen und Schwierigkeiten im Umgang mit Funktionen, wie etwa den Graph-als-Bild-Fehler oder die illusion of linearity (Hofmann und Roth 2021). Ohne ein grundlegendes Verständnis funktionaler Zusammenhänge ist eine Vertiefung, die große Anteile des Mathematikunterrichtes der nachfolgenden Mittelstufenjahre einnimmt, sowie die Analysis in der Oberstufe nicht bewältigbar. Pandemiebedingte Lernschwierigkeiten wirken hier besonders intensiv nach. Daher bietet dieser Lerngegenstand das Potenzial, durch ein fachdidaktisch fundiertes, evaluiertes Lehr-Lern-Konzept für den Distanz- und Präsenzunterricht einen hohen, nachhaltigen Lernertrag zu generieren.

Ein Konzept zu Funktionen entwickeln

Breidenbach et al. (1992) nutzen die Theorie des *Action-Process-Object*-Schemas (APOS) als Entwicklungsperspektive auf das Funktionenkonzept. Auf der untersten Stufe (*Action*) konzeptualisieren Lernende Funktionen über reale bzw. mentale Handlungen. Es werden etwa Werte eingesetzt und damit Funktionswerte berechnet. Eine dynamischere Konzeptualisierung von Funktionen (*Process*) ermöglicht es Lernenden, einen Zusammenhang über ein Kontinuum zu betrachten. In Abhängigkeit von Variationen des Arguments werden dabei Veränderungen des Funktionswerts reflektiert. Auf der höchsten Stufe (*Object*) konzeptualisieren Lernende Funktionen als eigenständige Objekte, die transformiert werden können. Ein elaboriertes Funktionenkonzept beinhaltet schließlich alle drei Stufen und die Fähigkeit, passend zu der mathematischen Situation auf die jeweilige Stufe zugreifen zu können (Dubinsky und Wilson 2013).

Die APOS-Stufen lassen sich in etwa mit den Grundvorstellungen zum Funktionenbegriff – *Zuordnung*, *Kovariation* und *Objekt* (Vollrath 1989) – in Einklang bringen. Man könnte nun mit APOS folgende Lernreihenfolge für das Funktionenkonzept ableiten: Zuerst die Zuordnung fokussieren, dann auf Kovariation erweitern und schließlich Funktionen als Objekte thematisieren. Jedoch induziert der Zuordnungsaspekt eine eher statische Sichtweise auf Funktionen. Für eine Auseinandersetzung mit dem Kovariationsaspekt ist aber eine dynamische Perspektive Voraussetzung (Johnson 2015). Thompson und

Carlson (2017) führen dementsprechend Schwierigkeiten mit dem Funktionskonzept auf mangelnde Fähigkeit sowie Gelegenheit, dynamisch über Kovariation zu argumentieren, zurück.

Experimente fördern funktionales Denken

Experimente zu funktionalen Zusammenhängen haben sich als besonders lernförderlich erwiesen. Simulationen und gegenständliche Materialien fördern in experimentbasierten Lernumgebungen (mit den Phasen Hypothesen bilden, Experimentieren, Analysieren) das funktionale Denken (FD) auf unterschiedliche Weise (Lichti und Roth 2020): Simulationen ermöglichen systematische Variation, veranschaulichen Veränderung und fördern eine dynamische Sicht sowie den Kovariationsaspekt. Messprozesse an gegenständlichen Materialien induzieren eine statische Sicht, basierend auf Werten und Zuständen, die den Zuordnungsaspekt unterstützt. Gleichzeitig stimulieren gegenständliche Materialien Modellierungsprozesse, die die Realsituation in Beziehung zur mathematischen Beschreibung setzen, während Simulationen bereits ein Situationsmodell beinhalten. Werden Simulationen als Multi-Repräsentationssystem genutzt, illustrieren sie Verbindungen und Übersetzungen zwischen unterschiedlichen Repräsentationen (z. B. Graph, Modell, Tabelle).

Konzeptentwicklung auf zwei unterschiedlichen Wegen

Eine Kombination aus Simulationen und gegenständlichen Materialien kann potenziell die unterschiedlichen Lernvorteile für die Förderung funktionalen Denkens vereinen. Zur Frage, wie dies gelingen kann, werden für *Das Baumhaus-Projekt* zwei unterschiedliche Ansätze verfolgt:

Ein *numerisches Setting* folgt sequenziell den APOS-Stufen und setzt, wie auch häufig im Schulkontext, den Messprozess ins Zentrum der Experimentierphase. Dadurch wird der Fokus auf den Zuordnungsaspekt gelegt. Die Annäherung an den Kovariationsaspekt in der Analysephase wird durch eine Simulation unterstützt, in der eine digitale Version des gegenständlichen Experiments mit einer tabellarischen sowie einer graphischen Darstellung verbunden ist.

Im zweiten *qualitativen Setting* wird der Zusammenhang zwischen den beteiligten Größen durchgängig dynamisch beleuchtet. Nach einer ersten Hypothesenbildung mithilfe des gegenständlichen Materials werden in der Simulation (digitale Version des Experiments) Veränderungen in den Blick genommen. Der

Fokus dieses Settings liegt dadurch auf dem Kovariationsaspekt. Für die Analysephase wird die Simulation um die graphische Darstellung des funktionalen Zusammenhangs ergänzt. Erst im Anschluss daran werden am gegenständlichen Material Messwerte generiert und in die Simulation übertragen, um die bisherigen Ergebnisse zum Zusammenhang experimentell zu überprüfen. In beiden Lernumgebungen werden identische Kontexte, Materialien und Simulationen eingesetzt. Die Arbeitsaufträge sind gemäß dem Fokus für das jeweilige Setting adaptiert.

Das Baumhaus-Projekt

Eingebettet sind beide Settings (Abschn. 2.3) in eine alltagsnahe Geschichte. Die Lernenden helfen als Baumhaus-Architektinnen und -Architekten (qualitatives Setting) bzw. Baumhaus-Ingenieurinnen und -Ingenieure (numerisches Setting) den Protagonisten Sarah und Max bei deren Projekt, ein Baumhaus zu bauen. Die Lernumgebung dient als Einstieg in das Thema Funktionen (Leitidee funktionaler Zusammenhang) in den Klassenstufen 7 bzw. 8 und erstreckt sich über sechs Unterrichtsstunden.

Die Lernenden erkunden in Partnerarbeit erst einen linearen, dann einen quadratischen und schließlich einen variierenden Zusammenhang zwischen zwei Größen in Kontexten (Abb. 1). Je zwei Architekt:innen- bzw. Ingenieur:innenpaare arbeiten an unterschiedlichen, aber verwandten Kontexten. In den Austauschphasen mit dem anderen Paar werden durch Ver- und Abgleich der Entdeckungen Gemeinsamkeiten identifiziert und eine verallgemeinerte Vorstellung des Änderungsverhaltens entwickelt. Eine detaillierte, fachdidaktische Diskussion der Lernumgebungen findet sich bei Digel und Kollegen (im Druck).

Die Varianten des Lehr-Lern-Labors

Sowohl das *numerische* als auch das *qualitative* Setting werden in den Varianten ‚@Uni‘, ‚@School‘, ‚@home‘ sowie ‚@GeoGebra‘ genutzt. Die Lernenden arbeiten mit den folgenden gegenständlichen Materialien: Holzscheiben, Nagelpäckchen, Würfel, Streichhölzer, Gefäße sowie den dazu passenden Simulationen. In der rein digitalen Variante ‚Mathe ist mehr digital‘ arbeiten die Lernenden ausschließlich mit Simulationen (*digitales* Setting, Details s. Lichti und Roth 2018). Die gegenständlichen Materialien sind in Experimentierboxen

Länge des Seils um den Baum

Durchmesser: 8 cm
Höhe: 25.13 cm

Umfang

Diameterverteilung

Rechner

Würfelboxen für Treppe

Anzahl Würfel: 21

Rechner

Farbe aus Gefäß aufteilen...

Füllmenge in ml mit 200°C

20 cm

Gefäßhöhe

Rechner

variierender Zusammenhang

quadratischer

Linearer

7 cm

Rechner

Anzahl Balken: 63

Rechner

Gewicht

Anzahl

Gewichtswerte: 1.5

Rechner

... in Eimer und Schüssel

Balken für Fachwerk

Anzahl der Nägel im Päckchen

Abb. 1 verwandte Kontexte mit Materialien und Simulationen

zusammengestellt. Die Simulationen sind auf der Webseite des Mathematik-Labors frei zugänglich. Arbeits- und Hilfehefte begleiten die Lernenden bei der eigenständigen Bearbeitung des Baumhaus-Projekts. Betreut werden die Vierergruppen vor Ort bzw. per Videokonferenz jeweils von einem Studierenden als Coachin und Coach. In der Variante ‚@GeoGebra‘ sind die Inhalte der Hefte integriert in eine Online-Selbstlernumgebung, die durch die Webapp GeoGebra-Classroom zu einem kooperativen, virtuellen Klassenzimmer wird. Dort kann die coachende Person die Bearbeitungsstände der Schülerinnen und Schüler zu den einzelnen Aufgaben und Simulationen live einsehen und in der begleitenden Videokonferenz direkt Hilfestellung geben. Für die Varianten ‚@school‘ und ‚@home‘ stehen mehrere Klassensätze der Experimentierboxen zur Ausleihe bereit.

Die Arbeits- und Hilfehefte, Simulationen sowie eine Lehrerhandreichung finden sich auf der Webseite des Mathematik-Labors (www.mathe-labor.de/baumhaus-2020/), die Selbstlernumgebungen für den virtuellen Klassenraum sind auf der Webseite von GeoGebra (Architekten: <https://www.geogebra.org/m/ptgjzqy9>; Ingenieure: <https://www.geogebra.org/m/tuwudwpv>) zu finden.

Vorteile und Hürden der Varianten

Bevor im Folgenden die Ergebnisse der empirischen Begleitstudie dargestellt werden, erfolgt an dieser Stelle eine Sammlung von Rückmeldungen und Beobachtungen zu Vor- und Nachteilen aus den praktischen Durchläufen: Neu und außergewöhnlich für die Lehrkräfte und vor allem die Lernenden war in den neuen Varianten die Portierung des Erlebnisses eines Lehr-Lern-Labor-Besuchs nach Hause bzw. in die Schule sowie die Verknüpfung mit einer digitalen Kleingruppenbetreuung per Videokonferenz (‚@home‘). Die Experimentierboxen waren insbesondere zuhause für die Lernenden sehr attraktiv und motivierend. Die Kombination mit dem virtuellen Coaching durch Lehramtsstudierende hat eine Win-Win-Situation geschaffen. Einerseits vermittelte das Coachingkonzept in Kleingruppen den Schülerinnen und Schülern Unterstützung und Wertschätzung in dem teilweise noch ungewohnten und eher passiv genutzten Unterrichtsmedium Videokonferenz, sodass sich auch hier eine hohe Aktivierung der Lernenden zeigte. Andererseits förderte die intensive Auseinandersetzung mit den Lernumgebungen und das Coaching der Gruppen praxisorientiert digitale, unterrichtsbezogene Handlungskompetenzen der Lehramtsstudierenden, wie etwa die fachdidaktisch fundierte Konzeption und Nutzung digitaler Unterrichtselemente und Lernräume.

Die Verteilung der Experimentierboxen an Lernende während der Schulschließungen war organisatorisch etwas aufwendig, wurde aber in großen Teilen von den Lehrkräften geleistet. Den Lernenden in Quarantäne wurden die Boxen von universitären Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern nach Hause gebracht, was äußerst positive Reaktionen hervorrief (*fast wie Weihnachten*). Die übrigen Lernenden, die ihre Boxen in bestimmten Zeitslots an der Schule abholten, taten dies sehr eifrig und freudig. Die Boxen vermittelten eine physische Verbindung der Lernenden zur Schule. Dieses positive Framing wirkte sich auch motivatorisch auf die virtuellen Durchführungstermine aus. Es gab kaum Verspätungen und so gut wie kein Fernbleiben bei den Videokonferenzen. Bei technischen Schwierigkeiten wurde aktiv und über mehrere Kanäle Hilfe erbeten. Es wurde intensiv und kollektiv nach Lösungen gesucht, sodass solche Probleme schnell ausgeräumt werden konnten. Die fehlende räumliche Nähe der Schülerinnen und Schüler zueinander führte fast zwangsläufig dazu, Beobachtungen und Manipulationen zu verbalisieren, um kooperieren zu können, was sich positiv auf die Kompetenz ‚mathematisch kommunizieren‘ auswirkte. Viele Lernende setzten dies von Beginn an eigenständig um und reflektierten durch die vermehrte Verbalisierung ihre Erkenntnisse auch intensiv. Dort wo die Kooperation nicht in dieser Art von allein stattfand, waren die Coaches besonders wichtig, um die Kommunikation anzustoßen und zu moderieren. An diesen Stellen konnten die coachenden Personen selbst ihre Kompetenzen als Moderatorinnen und Moderatoren weiterentwickeln und Erfahrungen mit Videokonferenzen aus der Perspektive der Lehrenden sammeln. Andere zentrale Entwicklungspunkte für die coachenden Lehramtsstudierenden waren inhaltliche Schwierigkeiten (etwa gegensätzliche Erkenntnisse von Gruppenmitgliedern; übereinstimmende, aber inhaltliche falsche Erkenntnisse; ausbleibende Erkenntnisse), die ihre professionelle Handlungskompetenz förderten. Der Laborbesuch wirkte nach Auskunft der Lehrkräfte auch auf den nachfolgenden Unterricht positiv nach, inhaltlich, aber auch motivatorisch. Rückgemeldet wurden zudem im weiteren Unterrichtsgang vermehrte Kommunikation untereinander über Erkenntnisse und Lösungswege und größere Eigenständigkeit im Lernprozess in Distanz, insbesondere in Kleingruppen (in breakout-Räumen).

Der erhöhte Betreuungsaufwand in den Videokonferenzen stellt sicherlich eine zentrale Hürde der Varianten ‚@home‘ sowie ‚Mathe ist mehr digital‘ als Distanzangebot dar, das gerade in der ersten Unterrichtsstunde, in der die Arbeit in der Lernumgebung etabliert wird, ein gewisses Maß an Erfahrung im Unterricht per Videokonferenz und breakout-Räumen von den Lehrkräften fordert. Darüber hinaus ist beim Verteilen der Experimentierboxen in der Variante ‚@home‘ organisatorisches Geschick gefragt. Die digitale Einbettung ‚@GeoGebra‘

kann bei einigen Lernenden zu einer weniger vertieften Auseinandersetzung führen („Durchklicken“), insbesondere wenn es ihnen Schwierigkeiten bereitet, die digitalen Eingabefelder zu füllen. Wird diese Variante mit ‚Mathe ist mehr digital‘ kombiniert, verschärft sich diese Problematik durch den fehlenden Wechsel zum gegenständlichen Material. Auch die Variante ‚@Uni‘ geht mit erhöhtem Organisationsaufwand einher, da Hygienekonzepte permanent adaptiert und auf die Vorgaben an den Schulen angepasst werden müssen. Ferner müssen ausreichend personelle und räumliche Kapazitäten vorhanden sein. Darüber hinaus treffen ansonsten eher wenig überlappende Kontaktkreise (Studierende und Schulklassen) aufeinander, sodass der Übertragungsprävention besondere Aufmerksamkeit gebührt.

Empirische Begleitstudie

Eine Pilotstudie bestätigt die Vergleichbarkeit von *numerischem* und *qualitativem* Setting hinsichtlich Zeitbedarf und Schwierigkeit (Digel und Roth 2020b). Die gesamte Begleitstudie ist als Prä-Post-Intervention über drei Doppelstunden angelegt, in denen die Lernenden in Vierergruppen selbstständig arbeiten. Die Wirksamkeit der Settings (*numerisch*, *qualitativ*, *digital*) für das funktionale Denken wird mit einem Test zum funktionalen Denken (FD-short) evaluiert (27 Items, Test-Pilotierung s. Digel und Roth 2020a). In der Hauptstudie zeigt sich insgesamt, dass alle Settings das funktionale Denken sowohl an Gymnasien als auch an Gesamtschulen, in Distanz- und Präsenzunterricht signifikant fördern. Der qualitative Zugang ist dabei stets signifikant am wirksamsten (Details s. Digel und Roth 2022 sowie Digel und Kollegen im Druck). Die hier vorgestellte Teilstudie nimmt die Varianten der Laborbesuche in den Fokus, um folgende Forschungsfragen zu beantworten:

FF1: Lassen sich mit den Laborbesuchen in Distanz vergleichbare Lerneffekte bezüglich FD erzielen wie in Präsenz?

FF2: Unterscheidet sich die Lernwirksamkeit der Laborbesuche in Distanz an Gymnasien und Gesamtschulen?

FF3: Unterscheidet sich die Lernwirksamkeit der Laborbesuche in Distanz abhängig davon, ob Experimentierboxen eingesetzt werden oder rein digital experimentiert wird?

FF4: Ändern sich die Lerneffekte in Bezug auf FD wenn die Lernumgebung anstatt mit Hilfe- und Arbeitsheften als digitaler Lernpfad ausgestaltet ist?

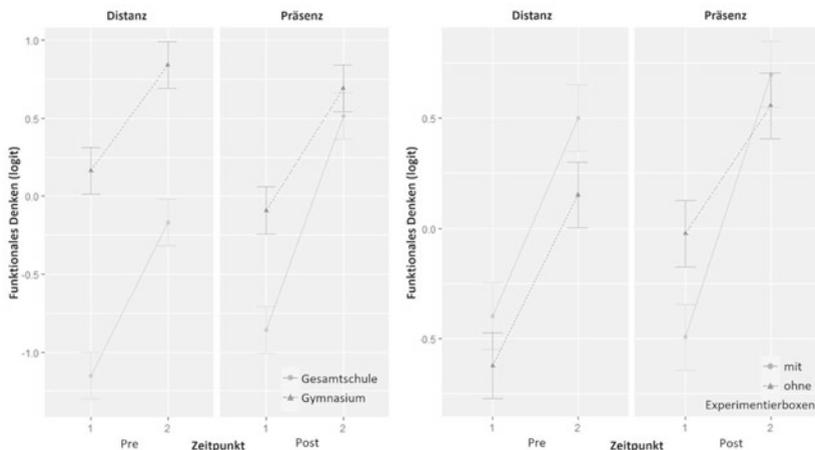


Abb. 2 Lernzuwächse in FD nach Schulform, Unterrichtsart und Setting (Gymnasium/Gesamtschule, Präsenz/Distanz, mit/ohne Experimentierboxen)

Stichprobe und Auswertungsmethoden

Die Substichprobe der Teilstudie ($N=173$, Alter $M=13,2$, $SD=5,3$, 69 w, 103 m, Klassenstufe 6–8 vor Thema Funktionen) verteilt sich, wie in Tab. 1 dargestellt, auf das Setting mit Experimentierboxen (qualitatives Setting), das digitale Setting („Mathe ist mehr digital“), auf Gesamtschule (GS) sowie Gymnasium (GY) und auf Präsenz („@School“, „@Uni“) sowie Distanz („@home“). Eine weitere Teilstudie stellt mit einer Subgruppe ($n=87$, Alter $M=12,4$, $SD=0,7$, 25 w, 62 m, Klassenstufe 7, GY/GS, Präsenz, „@School“, Sommer 2020) die Variante „@GeoGebra“ der Nutzung von Arbeits- und Hilfeheft (AH/HH) gegenüber. Die Daten werden mit Item-Response-Theorie ausgewertet. Mit dichotomer, eindimensionaler Raschmodellierung mit virtuellen Personen werden die Itemschwierigkeiten geschätzt und zur Bestimmung der Personenfähigkeiten fixiert. In mehreren mixed ANOVA (between: Setting, Unterrichtsart, Schulform, Einbettung; within: Zeitpunkt) und post-hoc paarweisen t-Tests werden Unterschiede zwischen den Gruppen untersucht.

Ergebnisse der Begleitstudie

Die Rasch-Modellierung zeigt gute Reliabilitäten in Prä- und Posttest, sowohl für die Substichprobe der ersten Teilstudie ($WLE-Rel_{pre} = ,85$ und $WLE-Rel_{post} = ,84$) als auch für die der Teilstudie ($WLE-Rel_{pre} = ,81$ und $WLE-Rel_{post} = ,80$). Tab. 1 listet den Umfang der Subgruppen und die Effektstärken der Lernzuwächse (FD-short Prä/Post) auf.

Zu FF1: Lerneffekte in Distanz und Präsenz: Die mixed ANOVA (between Unterrichtsart; within Zeitpunkt) zeigt einen signifikanten Haupteffekt des Zeitpunkts ($F(1, 171) = 129,67, p < ,01, \eta_{ges}^2 = ,13$), aber keine signifikante Interaktion (Zeitpunkt x Unterrichtsart). In beiden Unterrichtsarten bewirkt der Laborbesuch einen signifikanten Lernzuwachs (Tab. 1), der in Präsenz jedoch etwas höher ausfällt.

Zu FF2: Unterschiede in Distanz bzgl. Schulform: Die mixed ANOVA (between Unterrichtsart, Schulform; within Zeitpunkt) zeigt sowohl einen signifikanten Haupteffekt des Zeitpunkts ($F(1, 169) = 140,05, p < ,001, \eta_{ges}^2 = ,15$), als auch der Schulart ($F(1, 169) = 28,5, p < ,001, \eta_{ges}^2 = ,12$). Darüber hinaus zeigt sich eine signifikante Interaktion zwischen Unterrichtsart und Schulart mit kleinem Effekt ($F(1, 169) = 5,11, p < ,01, \eta_{ges}^2 = ,03$). Die Lernenden am Gymnasium sind in Distanz und in Präsenz vor der Intervention signifikant besser im FD als die an der Gesamtschule, letztere zeigen allerdings sowohl in Distanz als auch in Präsenz den größeren Lernzuwachs (s. Abb. 2 links). Während der Laborbesuch am Gymnasium in Präsenz und Distanz einen vergleichbaren Lern-

Tab. 1 Stichprobengrößen n und Effektstärken Cohens d der Lernzuwächse (Prä/Post)

	Qualitatives Setting		Digitales Setting		Kumuliert beide Settings	
	n	d	n	d	n	d
Gesamt	96	,55***	76	,27***	173	,40***
GS	39	,62***	27	,34**	66	,46***
GY	57	,53***	50	,29**	107	,41***
Distanz	36	,46***	38	,36*	74	,42***
Präsenz	60	,64***	39	,33**	99	,51***
AH/HH	22	k.A	22	k.A	44	,45***
@GeoGebra	21		22		43	,24*

Anmerkung: k.A.: keine Angabe, GS: Gesamtschule, GY: Gymnasium, AH/HH: Arbeits- und Hilfeheft, Signifikanzcodes: *** $p < ,001$, ** $p < ,01$, * $p < ,05$.

zuwachs hervorbringt, liegt an der Gesamtschultabe der Lernzuwachs in Distanz unter dem in Präsenz (Tab. 1).

Zu FF3: Unterschiede in Distanz mit bzw. ohne Experimentierboxen: Bezogen auf die Umsetzung des Laborbesuchs mit Experimentierboxen oder rein digitalen Experimenten zeigen sich bei den Lernzuwächsen lediglich in Präsenz deutliche Unterschiede (s. Abb. 2 rechts), die Lernenden entwickeln ein besseres Verständnis von FD mit den Experimentierboxen. Die ANOVA (between Unterrichtsart und Setting; within Zeitpunkt) ergibt neben dem signifikanten Haupteffekt des Zeitpunkts ($F(1, 169)=123,16, p < ,001, \eta_{ges}^2=,12$) einen kleinen signifikanten Interaktionseffekt von Zeitpunkt und Setting ($F(1, 169)=5,64, p < ,01, \eta_{ges}^2=,06$).

Zu FF4: Unterschiede in der Einbettung: Die Subgruppen unterscheiden sich nicht vor der Intervention (Parallelisierung). Die mixed ANOVA (between Einbettung; within Zeitpunkt) ergibt einen signifikanten Haupteffekt des Zeitpunkts ($F(1, 85)=40,08, p < ,001, \eta_{ges}^2=,11$), sowie eine signifikante Interaktion (Zeitpunkt x Einbettung) mit kleinem Effekt ($F(2, 85)=3,65, p < ,05, \eta_{ges}^2=,02$). Die Lernzuwächse beim Laborbesuch mit Arbeits- und Hilfeheft sind signifikant höher als bei den digitalen Lernumgebungen (s. Tab. 1). Beide Varianten nutzen identische Aufgabenstellungen und Experimentierboxen.

Diskussion der Ergebnisse

Lernzuwächse bei den Laborbesuchen in vergleichbarer Größenordnung für Distanz und Präsenz kontrastieren die Ergebnisse zum Distanzunterricht in der Pandemie. Sie unterstreichen die beschriebenen motivationalen Einflüsse durch den Laborbesuch. Zusätzlich haben eine höhere kognitive Aktivierung durch Handlungs- und Problemorientierung sowie die vertiefte Auseinandersetzung durch den permanenten Austausch, bei dem Lösungsansätze verbalisiert und diskutiert werden, den Lernprozess im Laborbesuch gegenüber anderen Distanzangeboten potenziell begünstigt.

Besonders erfreulich ist der signifikant höhere Lernzuwachs der Lernenden an Gesamtschulen beim Laborbesuch sowohl in Präsenz als auch in Distanz, der dem häufig zu beobachtenden Schereneffekt (Guill et al. 2017) und Ergebnissen zu geringen Lerneffekten insbesondere bei Lernschwachen im Distanzunterricht (Wößmann et al. 2021) entgegensteht. Sie lassen sich unter Umständen mit einer hohen Aktivierung durch das forschend-entdeckende beim Laborangebot erklären, das den Lerngegenstand auf unterschiedlichen Kompetenzniveaus zugänglich macht. Die individuelle Betreuung und intensive Interaktion mit

anderen Lernenden ermöglichen darüber hinaus produktive Ko-Konstruktionsprozesse.

Überraschenderweise resultieren die von den Lernenden als besonders motivierend rückgemeldeten Experimentierboxen bei den Laborbesuchen in Distanz nicht in einem größeren Lerneffekt verglichen mit rein digitalem Experimentieren. In Präsenz sind die Erträge mit Experimentierboxen demgegenüber deutlich. Eine Erklärung könnte die fehlende Unterstützung vor Ort beim Experimentieren zuhause sein, sei es durch andere Lernende oder durch coachende Studierende. Fehlerhaftes bzw. kognitiv wenig nutzbares Experimentieren ist in Distanz schwieriger zu beobachten und Hilfestellungen bleiben auf verbaler Ebene.

Die signifikant höheren Lerneffekte mit Arbeits- und Hilfeheften gegenüber der digitalen Lernumgebung (@GeoGebra) lassen sich möglicherweise durch die limitierte Dokumentationsmöglichkeit in den digitalen Eingabefeldern erklären, die das für den Lernprozess beim Experimentieren zentrale Reflektieren durch Protokollieren und Darstellen (Roth et al. 2016; Schnotz et al. 2011) deutlich einschränken. Darüber hinaus könnte eine zusätzliche Belastung des visuellen Kanals (Plass et al. 2009) durch die digitale Umsetzung der Arbeitsaufträge und Hilfen den Lernprozess negativ beeinflusst haben, insbesondere da diese gegenüber den Simulationen kaum weitere Interaktionsmöglichkeiten bieten, um in produktiver, mentaler Anstrengung (Hegarty 2004) zu resultieren. Zu betonen ist hierbei, dass in beiden Varianten gegenständliche Materialien (Experimentierboxen) genutzt werden, lediglich die Aufgabenstellung und -bearbeitung sind digital implementiert.

Fazit

Trotz der arbeitsintensiven und wechselhaften Rahmenbedingungen in den Schulen durch die Pandemie bieten die vorgestellten Varianten des *Baumhaus-Projekts* empirisch belegt sowie aus Sicht der Lehrkräfte deutliche Erträge, sie wurden und werden sehr gut angenommen. Auch wenn der Betreuungsschlüssel durch die coachenden Lehramtsstudierenden höher ist als im regulären Unterricht, geben die Laborbesuche nützliche Impulse für einen handlungsorientierten Distanzunterricht und für den Einsatz digitaler Medien und Unterrichtselemente in digitalen Lehr-Lern-Laboren.

Die Ergebnisse der Begleitstudien zeigen dabei einige Prinzipien auf, mit denen digitale Angebote vergleichbare Lernzuwächse erreichen können: 1) Laborangebote sollten handlungs- und problemorientiert gestaltet sein, um unter-

schiedliche Kompetenzniveaus anzusprechen und kognitiv zu aktivieren. 2) In Präsenz bietet die Kombination aus gegenständlichem und digitalem Material deutliche Vorteile. 3) Laborangebote in Distanz sollten intensiv begleitet werden, um die Auseinandersetzung mit dem Angebot und die Interaktion der Lernenden untereinander zu unterstützen. 4) Digitale Experimentier- und Lernangebote sollten wiederum von handschriftlichen Protokollaktivitäten begleitet sein, um die Reflexion des Experimentierens zu initiieren.

Mit den fünf Varianten wurden im Zeitraum Juni 2020 bis Mai 2022 auch im Lockdown an 110 Terminen 38 Schulklassen mit insgesamt 804 Lernenden erreicht. Darüber hinaus wurde 48 Lehramtsstudierenden wertvolle Unterrichtspraxis ermöglicht, die durch die Pandemiesituation anderweitig erheblich eingeschränkt war.

Förderhinweis Die Experimentierboxen sowie die Begleitstudie wurden durch die Deutsche Telekom Stiftung gefördert.

Literatur

- Breidenbach, D., Dubinsky, E., Hawks, J., & Nichols, D. (1992). Development of the process conception of function. *Educ Stud Math*, 23, 247–285. <https://doi.org/10.1007/BF02309532>
- Digel, S., Engelhardt, A., & Roth, J. (in Druck). Digital gerahmte Experimentierumgebungen als dynamischer Zugang zu Funktionen. In J. Roth, M. Baum, K. Eilerts., G. Hornung & T. Trefzger (Hrsg.), *Die Zukunft des MINT-Lernens – Band 2: Digitale Tools und Methoden für das Lehren und Lernen*. Springer.
- Digel, S., & Roth, J. (2022). Selbstgesteuertes Lernen in Experimentierumgebungen zu funktionalen Zusammenhängen – Vergleich der Wirksamkeit für die Entwicklung funktionalen Denkens in Präsenz- und Distanzunterricht. In F. Reinhold & F. Schacht (Hrsg.), *Digitales Lernen in Distanz und Präsenz: Herbsttagung 2021 des Arbeitskreises Mathematikunterricht und digitale Werkzeuge in der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik am 24.09.2021* (S. 143–150). DuEPublico.
- Digel, S., & Roth, J. (2020a). A qualitative-experimental approach to functional thinking with a focus on covariation. In A. Donevska-Todorova, E. Faggiano, J. Trgalova, Z. Lavicza, R. Weinhandl, A. Clark-Wilson & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Proceedings of the 10th ERME Topic Conference on Mathematics Education in the Digital Age (MEDA) 2020a* (S. 167–174). Johannes Kepler University.
- Digel, S., & Roth, J. (2020b). Ein qualitativ-experimenteller Zugang zum funktionalen Denken mit dem Fokus auf Kovariation. In H.-S. Siller, W. Weigel & J. F. Wörlner (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2020* (S. 1141–1144). WTM-Verlag.
- Dubinsky, E., & Wilson, R.T. (2013). High school students' understanding of the function concept. *JMB*, 32(1), 83–101.

- Engelhardt, A., Ossadnik, H., Digel, S. & Roth, J. (2023). Hybrides Lehr-Lern-Praktikum – Grundvorstellungsbasiertes Lehren und Lernen mit digitalen Medien. In M. Meier, G. Greefrath, M. Hammann, R. Wodzinski & K. Ziepprecht (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung* (S. XX). Springer.
- Guill, K., Lüdtke, O., & Köller, O. (2017). Academic tracking is related to gains in students' intelligence over four years: Evidence from a propensity score matching study. *Learn Instr*, 47, 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.10.001>
- Hammerstein, S., König, C., Dreisörner, T., & Frey, A. (2021). Effects of COVID-19-Related School Closures on Student Achievement-A Systematic Review. *Front Psychol*, 12, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.746289>
- Hegarty, M. (2004). Dynamic visualizations and learning: Getting to the difficult questions. *Learn Instr*, 14(3), 343–351. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2004.06.007>
- Hofmann, R., & Roth, J. (2021). Lernfortschritte identifizieren – Typische Fehler im Umgang mit Funktionen. *Mathematik lehren*, 226, 15–19.
- Johnson, H. L. (2015). Together yet separate: Students' associating amounts of change in quantities involved in rate of change. *Educ Stud Math*, 89(1), 89–110. <https://doi.org/10.1007/s10649-014-9590-y>
- Lichti, M., & Roth, J. (2020). Wie Experimente mit gegenständlichen Materialien und Simulationen das funktionale Denken fördern. *ZMFP*, 1, 1–35.
- Lichti, M., & Roth, J. (2018). How to Foster Functional Thinking in Learning Environments: Using Computer-Based Simulations or Real Materials. *Journal for STEM Educ Res*, 1(1-2), 148–172. <https://doi.org/10.1007/s41979-018-0007-1>
- Plass, J., Homer, B., & Hayward, E. (2009). Design factors for educationally effective animations and simulations. *J Comput High Educ*, 21(1), 31–61. <https://doi.org/10.1007/s12528-009-9011-x>
- Roth, J., Schumacher, S., & Sitter, K. (2016). (Erarbeitungs-)Protokolle als Katalysatoren für Lernprozesse. In M. Grassmann & R. Möller (Hrsg.), *Kinder herausfordern – Eine Festschrift für Renate Rasch* (S. 194–210). Franzbecker.
- Schnotz, W., Baade, C., Müller, A., & Rasch, R. (2011). Kreatives Denken und Problemlösen mit bildlichen und beschreibenden Repräsentationen. In R. Sachs-Hombach & R. Totzke (Hrsg.), *Bilder – Sehen – Denken* (S. 204–252). Halem Verlag.
- Schult, J., Mahler, N., Fauth, B., & Lindner, M. A. (2021, March 11). *Did Students Learn Less During the COVID-19 Pandemic? Reading and Mathematics Competencies Before and After the First Pandemic Wave*. PsyArXiv.
- Spitzer, M. W. H., & Musslick, S. (2021). Academic performance of K-12 students in an online-learning environment for mathematics increased during the shutdown of schools in wake of the COVID-19 pandemic. *PLOS ONE*, 16(8), e0255629. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255629>
- Thompson, P. W., & Carlson, M. P. (2017). Variation, covariation, and functions: Foundational ways of thinking mathematically. In J. Cai (Hrsg.), *Compendium for research in mathematics education* (S. 421–456). National Council of Teachers of Mathematics.
- Vollrath, H.-J. (1989). Funktionales Denken. *Journal für Mathematikdidaktik*, 10(1), 3–37.
- Weich, A., Deny, P., Priedigkeit, M., & Troeger, J. (2021). Adaptive Lernsysteme zwischen Optimierung und Kritik. Eine Analyse der Medienkonstellationen bettermarks aus

- informatischer und medienwissenschaftlicher Perspektive. *MedienPädagogik* 44, 22–51. <https://doi.org/10.21240/mpaed/44/2021.10.27.X>
- Wößmann, L., Freundl, V., Grewenig, E., Lergetporer, P., Werner, K., & Zierow, L. (2021). Bildung erneut im Lockdown: Wie verbrachten Schulkinder die Schulschließungen Anfang 2021? *Ifo Schnelldienst*, 74(5), 36–52.



„Man kann beim Experimentieren nicht über die Schulter schauen.“

Potenziale und Herausforderungen eines volldigitalen Lehr-Lern-Labor-Seminars

Markus Elsholz, Wolfgang Lutz und Thomas Trefzger

Einleitung

Es ist ein zentrales Ziel schulisch gerahmter Bildungsprozesse, Kinder und Jugendliche beim Auf- und Ausbau ihrer Digitalkompetenzen zu unterstützen. In ihrer Strategieschrift ‚Bildung in der digitalen Welt‘ (KMK 2017) definiert die Kultusministerkonferenz (KMK) zentrale Kompetenzbereiche. Eine wichtige Voraussetzung für den Aufbau entsprechender Kompetenzen bei den Schülerinnen und Schülern ist die Fähigkeit der Lehrpersonen, die Kompetenzbereiche durch qualitativ hochwertigen, digital angereicherten Unterricht zu adressieren und zu fördern. So fordert die KMK, dass alle „Lehrkräfte [...] selbst über allgemeine Medienkompetenz verfügen [müssen] und in ihren fachlichen Zuständigkeiten zugleich ‚Medienexperten‘ werden“ müssen (KMK 2017, S. 24).

M. Elsholz (✉) · W. Lutz · T. Trefzger
Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik, Julius-Maximilians-Universität Würzburg,
Würzburg, Deutschland
E-Mail: markus.elsholz@uni-wuerzburg.de

W. Lutz
E-Mail: wolfgang.lutz@uni-wuerzburg.de

T. Trefzger
E-Mail: thomas.trefzger@uni-wuerzburg.de

Allerdings zeigen Studien, dass unterrichtsrelevante Aspekte der Nutzung von digitalen Medien noch nicht ausreichend und systematisch in die Lehramtsstudiengänge integriert sind (Tiede 2020). Erhebungen unter Lehramtsstudierenden zu Lerngelegenheiten während des Studiums bezüglich der Nutzung digitaler Medien (Jäger-Biela et al. 2020) bzw. zum Mediennutzungsverhalten (Vogelsang et al. 2019) untermauern diesen Befund. Entsprechend fühlen sich Lehrpersonen nicht ausreichend auf die Herausforderungen des digitalen Medieneinsatzes im Unterricht vorbereitet (Tondeur et al. 2017). Folgerichtig zeigt sich beispielsweise für die Pandemiezeit, dass ein relevanter Anteil der Lehrpersonen nur unzureichend durch den Einsatz digitaler Medien auf die Herausforderungen des Distanzunterrichts reagieren konnte (König et al. 2020). Vor diesem Hintergrund plädieren Pozas und Letzel (2021) unter Bezug auf das SDQ-Rahmenmodell von Tondeur et al. (2012) dafür, angehenden Lehrkräften im Rahmen der ersten Phase der Lehrerbildung konkrete fachspezifische Lerngelegenheiten für den Einsatz digitaler Medien zu bieten. Die Lerngelegenheiten sollten die Planung von Lehr-Lern-Settings sowie deren praktische Erprobung beinhalten, damit angehende Lehrkräfte reflektierte Erfahrungen mit dem Einsatz digitaler Medien in authentischen, unterrichtsnahen Settings sammeln können.

Lerngelegenheiten im Lehr-Lern-Labor

Das Lehr-Lern-Labor-Seminar (kurz: LLLS) kann als hochschuldidaktisches Format vielen Rahmenbedingungen des SDQ-Modells von Tondeur et al. (2012) zur gelingenden Vorbereitung von angehenden Lehrkräften für die Nutzung digitaler Medien im Unterricht genügen. Das LLLS vereint „die Potenziale der Konzeptionen Schülerlabor, Lernwerkstatt und Microteaching“ (Brüning et al. 2020, S. 25). Ungeachtet unterschiedlicher Implementierungsansätze (Weusmann et al. 2020) lässt sich als Gemeinsamkeit der Anspruch feststellen, mit dem LLLS reflektierte berufsfeldbezogene und praxisnahe Lernmöglichkeiten für Studierende zu schaffen, die sich in ihren Rahmenbedingungen insbesondere durch Komplexitätsreduzierung von anderen Praxisformen abgrenzen lassen (Bosse et al. 2020). Oftmals folgen die LLLS einem iterativen Prozess aus Planung, Durchführung (im Sinne einer Interaktion zwischen Studierenden und einer schulischen Lernendengruppe), Reflexion und Adaption der Lernsettings (Rehfeldt et al. 2018).

Zunehmend werden auch Aspekte der Professionalisierung der Studierenden im Hinblick auf die Nutzung digitaler Medien in LLLS berücksichtigt (Röwekamp et al. 2022), beziehungsweise erste Erfahrungen mit volldigitalen LLL gesammelt (Syskowski 2021). Dadurch bietet sich den Studierenden die Möglichkeit, das Potenzial von digitalen Medien für die Unterstützung von Lehr-

Lernprozessen sowohl bei der Planung konkreter fachspezifischer Lehr-Lern-settings wie auch bei der Begleitung von Schülerinnen und Schülern auszuloten und zu reflektieren. Die zielgerichtete Nutzung digitaler Medien stellt breite Anforderungen an die Studierenden, die sich im TPACK-Rahmenmodell (Koehler und Mishra 2009) für professionelle Kompetenz von Lehrkräften verorten lassen. Das TPACK-Modell strukturiert in erster Linie professionelles Wissen von Lehrkräften als Teilbereiche ihrer professionellen Kompetenz in die Facetten Fachwissen (CK), pädagogisches Wissen (PK) und technologisches Wissen (TK) und fokussiert auf das Zusammenspiel der Facetten bei der Vorbereitung und Durchführung von konkreten, digital angereicherten Lehr-Lern-Settings, was durch die Schnittmenge im Zentrum des Modells zum Ausdruck kommt: das technologisch-pädagogische Inhaltswissen (TPACK).

Zielsetzung der Studie

Der vorliegenden Studie liegt eine volldigitale Realisierung eines LLLS zugrunde. Sowohl das entsprechende Hochschulseminar wie auch die Durchführung des Angebotes mit Schülerinnen und Schülern lag in der Zeit der pandemiebedingten Schließung von Hochschule und Schule. Vor diesem Hintergrund möchte die Studie Erfahrungen aus der Planung und Umsetzung eines volldigitalen LLL-Formats beitragen.

Während viele Studien auf Zusammenhänge zwischen dem Einsatz digitaler Medien und den medienbezogenen Einstellungen, den Selbstwirksamkeitserwartungen sowie den Kompetenzselbsteinschätzungen von Lehrpersonen fokussieren (König et al. 2020; Pozas und Letzel 2021; Vogelsang et al. 2019), finden sich wenig Studien (Valtonen et al. 2020), die konkrete Herausforderungen von angehenden Lehrkräften in Bezug auf den Einsatz digitaler Medien bei der Planung und Begleitung von Lehr-Lernprozessen untersuchen. Die vorliegende Studie widmet sich diesem Desiderat, indem die Herausforderungen qualitativ erhoben wurden, mit denen sich Studierende bei der Planung eines volldigitalen LLL und bei der anschließenden Lernbegleitung der Schülerinnen und Schüler konfrontiert sehen.

Das Projekt Forschen@Home

Das hier dargelegte Konzept adaptiert das LLLS im Fachbereich Physikdidaktik unter Berücksichtigung der pandemiebedingten Einschränkungen der Präsenzlehre. Es geht von der Rahmenbedingung aus, dass die Lehrveranstaltung

vollständig als Online-Veranstaltung durchgeführt wird und der Besuch der Schülerinnen und Schüler in den Laborräumen der Universität nicht möglich ist. Als Kernelemente des LLLS wurden beibehalten, dass die Studierenden Lernstationen erarbeiten (Vorbereitungsphase, Dauer: ca. 10 Wochen) und die Schülerinnen und Schüler im Austausch mit den Studierenden physikalische Experimente durchführen (Praxisphase, Dauer: ca. 4 Wochen).

Vorbereitungsphase

Während der Vorbereitungsphase bereiten die Studierenden einen digitalen Lernraum (Abschn. „[Digitaler Lehr-/Lernraum](#)“) vor, mit dessen Hilfe sie die Schülerinnen und Schüler bei der Planung und Durchführung von Experimenten zu Hause unterstützen können. Der digitale Lernraum ermöglicht einen niederschweligen experimentellen Zugang zu ausgewählten Phänomenen, ohne vertiefte Vorkenntnisse aus dem Unterricht vorauszusetzen. Da weder die Studierenden noch die Schülerinnen und Schüler Zugriff auf universitäres bzw. schulisches Experimentiermaterial haben, leitet sich die Notwendigkeit ab, zur Durchführung der Experimente ausschließlich einfache Haushaltsmaterialien zu verwenden. Als Konzept, das die Offenheit in Bezug auf Lernprozesse und Lernprodukte konstituierend enthält, ist das Konzept des forschend-entdeckenden Unterrichts (Höttecke 2010) handlungsleitend für die Vorbereitungsphase. Demnach sollen die Schülerinnen und Schüler während der Praxisphase eine forschende Perspektive einnehmen, aus der heraus sie ihre Auseinandersetzung mit einem Phänomen möglichst proaktiv und eigenverantwortlich gestalten.

Praxisphase

Während der Praxisphase fungieren die Studierenden als e-Mentorinnen und -Mentoren. Ihnen werden jeweils Lernende aus den teilnehmenden Klassen zugeteilt, die sich über einen Zeitraum von bis zu vier Wochen mit dem Themenbereich beschäftigen, der von dem jeweiligen e-Mentor bzw. der jeweiligen e-Mentorin ausgearbeitet wurde. Die Lernenden greifen dazu auf den digitalen Lernraum (Abschn. [Digitaler Lehr-/Lernraum](#)) zu, jeder Schülerin bzw. jedem Schüler steht dazu ein abgegrenzter Bereich des Lernraums zur Verfügung, der in Zusammenarbeit mit den jeweiligen e-Mentorinnen bzw. -Mentoren im Projektverlauf ausgestaltet wird und zum Zeitpunkt des Projektabschlusses eine Dokumentation des individuellen Projektverlaufs darstellt (Elsholz et al. 2021).

Aufgabe der e-Mentorinnen und -Mentoren ist es, die Lerngruppen bei ihrer forschenden Tätigkeit konstruktiv-kritisch zu begleiten. Sie lenken die Aufmerksamkeit der Schülerinnen und Schüler auf die wesentlichen Aspekte des Experimentierens (mit Bezug auf Nawrath et al. 2011) und vermeiden durch eine adaptive Unterstützung die Überforderung, die durch die Offenheit des Projekts in Verbindung mit den fehlenden Erfahrungen der Lernenden sehr schnell auftreten kann.

Auf den Einsatz eines Videokonferenztools für die Kommunikation mit den Teilnehmenden wird aus datenschutzrechtlichen Gründen verzichtet. Die Studierenden stehen mit den Lerngruppen ausschließlich über ein Chat-Tool in Verbindung, das zum Funktionsumfang der eingesetzten Lernplattform tet.folio gehört (Abschn. [Digitaler Lehr-/Lernraum](#)). Sie vereinbaren mit den Lernenden mehrere individuelle ‚Echtzeitchat‘-Termine für umfangreichere Absprachen. Fragen, die zwischen solchen Terminen auftreten, werden von ihnen asynchron über das Chat-Tool beantwortet.

Digitaler Lehr-/Lernraum

Für die Gestaltung des digitalen Lernraums wird die interaktive Lehr-/Lernplattform tet.folio der Freien Universität Berlin eingesetzt (Haase et al. 2016). Die Plattform tet.folio versteht sich als serverbasierte Entwicklungsumgebung, mit der Autorinnen und Autoren eigene interaktive Lernobjekte gestalten, in Relation setzen und in einer buchähnlichen Struktur in Seiten und Kapiteln organisieren können (Buchmetapher). Mit den in tet.folio implementierten Funktionen lassen sich digitale Objekte für verschiedenste didaktische Szenarien entwickeln. Beispielsweise können Studierende Inhalte in Form kurzer Präsentationen darbieten, Felder zur Texteingabe für die Lernenden vorbereiten, interaktive Mind-Maps in Teamarbeit erstellen lassen, Tabellen für die Dokumentation von Messdaten anbieten und die Daten automatisiert in Diagrammen anzeigen lassen, aktivierende Elemente wie Zuordnungsaufgaben erstellen oder den Lernstand anhand von Quizaufgaben überprüfen. Digitale Artefakte wie Animationen, Simulationen, Videos und Audiofiles lassen sich in die erstellte Lernumgebung importieren. Auch die Einbindung komplexerer digitaler HTML5-Tools von anderen Plattformen (z. B. learningapps.org) ist problemlos möglich. Die Plattform tet.folio ermöglicht die Gestaltung vielseitiger Lernumgebungen, ohne die kognitiven Kapazitäten der Lernenden durch Medienbrüche (Wechsel der Software, Springen zwischen verschiedenen Internetressourcen) unnötig zu belasten. In Kombination mit Funktionen der User- und Kursverwaltung sowie der integrierten Chat-Funktion eignet sich tet.folio somit für die Umsetzung des LLLS-Konzepts in besonderer Weise.

Stichprobe und Methodik

Im Rahmen des skizzierten LLLS-Konzepts arbeiteten im Wintersemester 2020/21 19 Studierende des Lehramtes Physik für Gymnasien ($n=15$) oder Realschulen ($n=4$) eine digitale Lernumgebung zu fünf verschiedenen Themengebieten aus den Bereichen Akustik, Mechanik und Optik aus und betreuten 45 Schülerinnen und Schüler der achten ($n=20$) oder neunten ($n=25$) Jahrgangsstufe über einen Zeitraum von vier Wochen. Die Studierenden betreuen im Projektverlauf demnach jeweils zwei bzw. drei Lernende. Die Lehrveranstaltung fand ausschließlich online statt, während der kompletten Praxisphase befanden sich die Lerngruppen im schulischen Distanzunterricht.

Nach Abschluss der Praxisphase wurden die Studierenden mittels einer digitalen Pinnwand (anonym) um stichpunktartige Rückmeldung zu ausgewählten Fragen gebeten. Sie konnten dabei zu jeder Frage jeweils mehrere Rückmeldungen als getrennte Pinnwandeinträge formulieren. Die Einträge waren auf der Pinnwand sofort für alle Studierenden sichtbar. Die Fragen bezogen sich zum einen allgemein auf die wahrgenommenen Herausforderungen während der Vorbereitungs- und Praxisphase:

- **Vorbereitungsphase** VOR: „Was waren die Herausforderungen für Sie während der Vorbereitung auf das Projekt (unabhängig von den rein technischen Aspekten von tet.folio)?“
- **Praxisphase** PRA1: „Was waren die Herausforderungen in Bezug auf die Unterstützung der Schüler:innen?“, PRA2: „Was waren aus Ihrer Sicht die Herausforderungen für die Schüler:innen?“

Zum anderen adressieren die Fragen die Kommunikation mit den Lernenden als eine zentrale Rahmenbedingung der Praxisphase sowie die technischen und didaktischen Aspekte der verwendeten Lehr-/Lernplattform tet.folio:

- **Kommunikation** KOM1: „Welche Faktoren haben die Kommunikation erschwert?“, KOM2: „Warum hat die Kommunikation gut geklappt?“
- **Plattform tet.folio** TET1: „Wo liegen die Stärken und Schwächen von tet.folio aus technischer und didaktischer Sicht?“, TET2: „Welche Funktionen fehlen aus didaktischer Sicht?“

Insgesamt wurden von den Studierenden 174 Pinnwandeinträge (= Beiträge) zu den oben genannten Fragen erzeugt. Mit dem Ziel, die Beiträge zu strukturieren und die Aussagen der Studierenden zusammenzufassen, wurden diese für jede

der gestellten Fragen, orientiert an dem Verfahren zur Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (1994), induktiv kategorisiert. Die einzelnen Beiträge wurden dafür als Auswertungseinheiten festgelegt, wobei jeder Beitrag genau einer Kategorie zugeordnet wurde. Die Paraphrasierung der Beiträge wie auch die Formulierung der Kategorien und das entsprechende Abstraktionsniveau wurden im Autorenteam vorgenommen. Die Einordnung der einzelnen Beiträge in das Kategoriensystem wurde kollegial validiert, wobei in ca. 15 % der Fälle Abweichungen von der Erstkodierung zu verzeichnen waren. Die Zuordnung dieser Auswertungseinheiten wurde im Autorenteam diskutiert und entschieden. Die Interrater-Reliabilitäten (Cohen 1960) wurden für jede der oben genannten Fragen bestimmt und liegen im Bereich von $\kappa_{\min} = 0,71$ (TET1) bis $\kappa_{\max} = 0,86$ (VOR).

Ergebnisse

Herausforderung für die Studierenden in der Vorbereitungsphase

Die Frage nach den wahrgenommenen Herausforderungen während der Vorbereitungsphase des Projekts (VOR) wurde auf der digitalen Pinnwand mit 21 Einträgen beantwortet, wobei etwas mehr als zwei Drittel (15) der Rückmeldungen in die Kategorie ‚Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler unbekannt‘ fallen. Davon adressieren sieben Rückmeldungen den unbekanntem Wissens- bzw. Lernstand, weitere einzelne Rückmeldungen beziehen sich auf die unbekanntem experimentellen Vorerfahrungen, das zu erwartende Engagement bzw. Interesse und das schwer abzuschätzende Arbeitstempo der Lernenden. Die restlichen sechs Rückmeldungen formen die Kategorie ‚Herausforderungen in Zusammenhang mit der strukturellen Offenheit des Projekts‘, konkret die Herausforderungen, sich auf einen Lehr-/Lernprozess vorzubereiten, der maßgeblich von den Lernenden mitbestimmt wird (Beispiel: *Schülerideen mussten im Vorfeld geraten werden. Und auf diese Eigenbeiträge konnte man sich schwer bis kaum vorbereiten.*)

Herausforderungen für die Studierenden in der Praxisphase

Von insgesamt 40 Beiträgen zu den Herausforderungen während der Praxisphase (PRA1) entfallen 23 Beiträge auf die Kategorie ‚Kommunikation‘. Neben Hinweisen auf den ‚mangelnden Funktionsumfang‘ des benutzten Chat-Tools

(sechs Beiträge, Bsp.: *Zeiten/Datum im Chat nicht ersichtlich*) bildet die ‚zeitliche Mehrbelastung‘ aufgrund der eingeschränkten Kommunikation eine weitere Unterkategorie (fünf Nennungen, Bsp.: *Text-Chat hatte höheren Zeitaufwand für die Kommunikation als ein normales Gespräch.*). Sieben weitere Nennungen entfallen auf die ‚mangelnde Kommunikationsbereitschaft‘ seitens der Lernenden (Bsp.: *Kontakt musste vom Schüler ausgehen – der sich nicht gemeldet hat oder Termine verpasst hat.*) und fünf Nennungen adressieren ‚Herausforderungen für eine konstruktive Lernbegleitung aufgrund der Chat-Kommunikation‘ (Bsp.: *Schwierig wie genau man etwas im live-Chat zusammen plant/etwas vorgibt. Führte zu stellenweise schlechten Ergebnissen.*).

Neben den rein kommunikationsbezogenen Aspekten können weitere Nennungen in der Kategorie ‚Lernbegleitung erschwert‘ zusammengefasst werden. Die Kategorie umfasst Aussagen zu Einschränkungen der konstruktiven Unterstützung von Lernprozessen, die in der Distanzsituation begründet sind (sechs Nennungen, Bsp.: *Man konnte beim Experimentieren nicht über die Schulter schauen.*).

Weitere Nennungen fallen in die Kategorien ‚mangelnde Beteiligung der Schülerinnen und Schüler‘ (sieben Nennungen, Bsp.: *Kaum eigenständiges Fragen der SuS*), ‚unklare Rahmenbedingungen des Projekts‘ (zwei Nennungen, Bsp.: *Schüler haben die Betreuung anders aufgefasst, haben Arbeitsaufträge nicht bis zum nächsten Termin bearbeitet.*) und ‚erhöhter zeitlicher Aufwand‘ (zwei Nennungen).

Kommunikation

Die Frage nach Faktoren, welche die Kommunikation mit den Schülerinnen und Schülern erschwert haben (KOM1), wird mit 24 Nennungen beantwortet. Viele davon wiederholen Aspekte, die bereits bei den Herausforderungen während der Praxisphase benannt wurden (technische Aspekte, Engagement der Schülerinnen und Schüler, Verbindlichkeit). Darüber hinaus lassen sich weitere Nennungen unter der Kategorie ‚fehlende Kommunikationsregeln‘ zusammenfassen (vier Nennungen, Bsp.: *Ruckartiges Ausloggen [der Lernenden], sobald das Gespräch als beendet angesehen wird.*) und eine Nennung stellt die Eingrenzung der Kommunikation auf das Chat-Tool grundlegend infrage (*Asynchrone Kommunikation wurde nicht genutzt. Meist erfordern Probleme mehr als Frage-Antwort-Fertig.*).

Eine gelungene Kommunikation über das Chat-Tool (KOM2, elf Nennungen) sehen die Studierenden überwiegend in der ‚Initiative der Schülerinnen und Schüler‘ begründet (sieben Nennungen, Bsp.: *Schüler war motiviert und hat*

die vereinbarten Zeiten wahrgenommen und hatte viele Ideen.) sowie in der ‚Beachtung einfacher Kommunikationsregeln‘ (zwei Nennungen, Bsp.: *Fragen/Punkte einzeln nacheinander durchnehmen.*) und einem lernendenorientierten Betreuungsverhältnis (zwei Nennungen, Bsp.: *Auf eigene Ideen und Vorstellungen der Schüler konnte eingegangen werden.*).

Herausforderungen für die Schülerinnen und Schüler aus Studierendensicht

Im Bereich der wahrgenommenen Herausforderungen für die Lernenden (PRA2, 27 Nennungen) werden Aspekte der ‚Usability der Lernplattform‘ genannt (vier Nennungen, Bsp.: *Handhabung von tet.folio war eine Einstiegsbarriere*), ebenso die ‚erschwerter Kommunikation‘ (zwei Nennungen). Wesentliche Herausforderungen für die Lernenden sehen die Studierenden aber in der ‚Motivation, in das Projekt einzusteigen‘ (sechs Nennungen), in der ‚eigenverantwortlichen Ausgestaltung des Projekts‘ (acht Nennungen, Bsp.: *Eigene Ideen zu entwickeln und umzusetzen*) sowie in der ‚Anwendung zentraler Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens‘ (sieben Nennungen, Bsp.: *Wichtige Variablen beim Aufbau [eines Experiments] zu bedenken und miteinzubeziehen*).

Einschätzungen zu tet.folio

Als Stärken der verwendeten Plattform tet.folio (TET1, 16 Nennungen) werden ‚Aspekte des Handlings‘ benannt (fünf Nennungen, Bsp.: *einfach anzuwenden, Schülerintegration ist einfach*) und der ‚Funktionsumfang der Plattform‘ gelobt (sechs Nennungen, Bsp.: *Sehr viele Möglichkeiten, die Seite aufzubauen*). Die dritte Kategorie umfasst ‚Nennungen spezifischer Features‘ der Plattform, die für den naturwissenschaftlichen Unterricht relevant sind (fünf Nennungen, Bsp.: *Einbinden von Simulationen, graphische Auswertung, IBE [Interaktive Bildschirmexperimente] und Diagramme bilden deutlichen Mehrwert.*). Die Rückmeldungen zu den Schwächen der Plattform (TET1, 19 Nennungen) lassen sich in die Kategorien ‚Handling‘ (13 Nennungen, Bsp.: *Das Hochladen von Bildern könnte besser gelöst werden.*) und ‚Spezifische technische Probleme‘ (sechs Nennungen, Bsp.: *Graphen werden nicht korrekt oder gar nicht angezeigt.*) gruppieren.

Die Frage nach fehlenden Funktionen der Lernplattform aus didaktischer Sicht (TET2, 16 Nennungen) wird überwiegend mit technischen Vorschlägen zur ‚Verbesserung der Kommunikation‘ (fünf Nennungen, Bsp.: *Email bei neuer*

Chatnachricht für Betreuende) und der ‚Usability‘ (vier Nennungen, Bsp.: *Vorlagen fehlen*) bzw. mit der Forderung nach ‚Unterstützung mobiler Endgeräte‘ (drei Nennungen) beantwortet. ‚Didaktische motivierte Ansätze‘ zeigen sich bei nur drei Nennungen (Bsp.: *Allgemein, dass man SuS etwas präsentieren/zeigen kann.*), eine Nennung adressiert ein konkretes technisches Detail des Foto-Uploads.

Zusammenfassung und Einordnung

Die Studierenden sehen sich in der Vorbereitungsphase mit den Herausforderungen konfrontiert, sich auf eine Lernbegleitung für Schülerinnen und Schüler einzustellen, deren individuelle Lern- und Erfahrungsstände sie nicht kennen. Damit wird eine an den Lernenden und ihren Bedürfnissen ausgerichtete Begleitung schwer planbar. Zusätzlich sind die individuellen Lernwege der Schülerinnen und Schüler aufgrund der Offenheit des Projekts nur schwer zu antizipieren. Festzuhalten ist die Tatsache, dass die Studierenden technisch-didaktische Fragen und Entscheidungen im Hinblick auf die Vorbereitung und Realisierung konkreter Lernobjekte im digitalen Lernraum (z. B. die Frage: Mit welchem digitalen Methodenwerkzeug kann ich den Lernstand der Schülerinnen und Schüler erheben?) nicht als Herausforderung benennen. Das legt den Schluss nahe, dass der Zusammenhang aus technischen, fachlichen und pädagogischen Aspekten des digitalen Lehrens und Lernens (TPACK) von den Studierenden während der Vorbereitungsphase nicht explizit und keinesfalls ausreichend reflektiert wird. Diese These wird unterstützt durch die genannten Herausforderungen in Bezug auf die Praxisphase, insbesondere durch die Nennungen aus der Kategorie ‚erschwerter Lernbegleitung‘. Erst während der konkreten Lehr-/Lernsituation werden den Studierenden die Herausforderungen in Bezug auf die Aktivierung und Begleitung der Lernenden bewusst: *Schwierig während der Bearbeitung zu reagieren, auch keine Rückfragen der SuS., Man konnte beim Experimentieren nicht über die Schulter schauen., Schüler verzettelt sich laufend beim Experimentieren und kann nicht ausgebremst und umgelenkt werden., Schwierig wie genau man etwas im live-Chat zusammen plant/etwas vorgibt.*

Auch mit den Erfahrungen aus der Praxisphase scheint ein Nachdenken, das fachliche, pädagogische und technische Aspekte integriert, nicht ausreichend stattzufinden. Die Frage nach den fehlenden Funktionen der Lernplattform aus didaktischer Sicht wird überwiegend rein technisch beantwortet, eine integrierte technisch-didaktische Perspektive ist nicht zu erkennen.

LLLS zu Pandemiezeiten – Lessons Learned

Aus den Erfahrungen, die mit dem Projekt Forschen@Home im Rahmen des LLLS zu Pandemiezeiten gesammelt wurden, leiten sich folgende Anpassungsbedarfe für das LLLS-Konzept ab:

Reflexion verstärken: Während der Vorbereitungsphase sollte der Fokus der Studierenden stärker darauf gerichtet werden, bei der Ausgestaltung des digitalen Lernraums die fachliche, die pädagogische und die technische Perspektive zu verbinden. Diese Fokussierung muss durch die Seminarleitung stärker als bisher unterstützt und angeleitet werden. Entsprechende Reflexionseinheiten müssen strukturell im Seminarverlauf verankert werden.

Technische Kompetenz fördern: Der Umgang mit der verwendeten Lernplattform tet.folio ist nicht selbsterklärend, wird im Laufe des LLLS nicht nebenbei mitgelernt und – so die bisherige Erfahrung – auch nicht in den Veranstaltungen anderer Fachbereiche (Erziehungswissenschaften) grundgelegt. Daher wird eine eigene Lehrveranstaltung zur Entwicklung und Orchestrierung von Lernobjekten angeboten, welche die Studierenden parallel zum LLLS belegen können.

Überforderung vermeiden: Das skizzierte LLLS-Konzept stellt in zu vielen Bereichen zu hohe Anforderungen an die Studierenden. Um eine Überforderung zu vermeiden, kann die Komplexität an mehreren Stellen reduziert werden: So könnten beispielsweise Themengebiete bzw. Phänomene, die sich für das Projekt eignen, vorgegeben werden. Zudem kann der Grad der eigenverantwortlichen Beteiligung der Schülerinnen und Schüler deutlich reduziert werden, indem Inhalte und Ablauf stärker vorstrukturiert werden. Überforderung wird von den Studierenden auch bei den Lerngruppen wahrgenommen, sowohl im Hinblick auf die vollständige Verlagerung des Lernprozesses in den digitalen Raum als auch bezüglich der eigenverantwortlichen Ausgestaltung des an den Forschungsprozess angelehnten Lernprozesses.

Kommunikation erleichtern: Die Einschränkung der Kommunikation auf einen überwiegend asynchronen Modus per Chat-Funktion beschneidet die Lernprozessbegleitung im Allgemeinen zu stark. Soll (oder muss) an einer rein virtuellen Umsetzung des Konzepts festgehalten werden, so müssen Kommunikationsmöglichkeiten geschaffen werden, die den Aufbau einer Lernbeziehung zwischen Studierenden und Schülerinnen und Schülern erlauben.

Mit Präsenzveranstaltungen rahmen: Vor dem Hintergrund der Erfahrungen aus den letzten Semestern erscheint es sinnvoll, die Lernenden zum Auftakt des Projekts in das Lehr-Lern-Labor zu einer Präsenzveranstaltung einzuladen, an die

sich dann eine zweite Phase mit Distanzbetreuung anschließt. Ein Start in Präsenz birgt eine Reihe von Vorteilen. So lernen sich Studierende und Schülerinnen und Schüler kennen, was die spätere digitale Kommunikation erleichtert und die Verbindlichkeit seitens der Lernenden erhöht. Die Präsenzphase dient darüber hinaus der Einführung in die verwendete Lernplattform sowie der Hinführung der Lernenden zu eigenen Forschungsfragen und kann von den Studierenden stärker strukturiert und daher besser vorbereitet werden. Zudem können die Schülerinnen und Schüler grundlegende Verständnisfragen und Fragen zum Ablauf des Projekts klären und finden sich nicht von Anfang an in der vollen Verantwortung für ihren Lernprozess. Die Praxisphase könnte mit der Präsentation der Ergebnisse aus den individuellen Projekten durch die Lernenden im Rahmen einer weiteren Präsenzveranstaltung abgeschlossen werden. So wird die Kommunikation der eigenen Ergebnisse als Teil des wissenschaftlichen Forschungsprozesses für die Schülerinnen und Schüler erlebbar.

Implikationen für das Format Lehr-Lern-Labor

Nach den pandemiebedingten Einschränkungen der vergangenen Jahre bleibt die Frage, welche Implikationen sich aus den Erfahrungen dieser Zeit für die Weiterentwicklung der Lehr-Lern-Labore als hochschuldidaktisches Format einerseits sowie als Orte außerschulischen Lernens andererseits ergeben.

Aus hochschuldidaktischer Perspektive soll das LLLS den Praxisbezug während des Studiums stärken und Studierenden einen Rahmen bieten, um Praxiserfahrungen theoriefundiert zu reflektieren. Die Integration von Aspekten des Lehrens und Lernens in bzw. mit digitalen Räumen im Sinne eines digital angereicherten Unterrichtens scheint dringend geboten, um alle Aspekte zeitgemäßen Unterrichtens im Lehr-Lern-Labor abzubilden und die professionelle Kompetenz angehender Lehrkräfte möglichst umfassend, d. h. in ihren relevanten Facetten (TPACK), zu adressieren und zu fördern. Eine Überforderung der Studierenden ist durch die gezielte Reduktion der Komplexität in geeigneten Teilaspekten des Konzepts zu vermeiden.

Die (teilweise) Verlagerung der LLL-Aktivitäten in den digitalen Raum eröffnet die Möglichkeit, die Lernerfahrungen der Schülerinnen und Schüler nicht auf einen punktuellen und zeitlich stark begrenzten Besuch im Lehr-Lern-Labor als einem physikalischen Lernraum an der Universität zu beschränken. Vielmehr kann die LLL-Erfahrung für sie zeitlich gedehnt und auf andere Lernräume (z. B. das eigene Zuhause) ausgeweitet werden. Damit kann die Auseinandersetzung mit Physik von den ‚typischen‘ Lernräumen Schule und Universität

entkoppelt und stärker mit der Alltagswelt der Lernenden verknüpft werden. Auch das mit der Individualisierung der Lernräume einhergehende Experimentieren mit einfache(re)n Materialien kann zur Entmystifizierung („Physik existiert nur im Labor“) beitragen und vermittelt darüber hinaus ein authentischeres Bild des Experiments (Höttecke und Rieß 2015). Die Frage, wie eine gelingende Lernbeziehung als Grundlage einer fruchtbaren Lernbegleitung im digitalen Raum realisiert werden kann, bleibt Gegenstand weiterer Forschung.

Literatur

- Bosse, D., Meier, M., Trefzger, T., & Ziepprecht, K. (2020). Lehr-Lern-Labore – universitäre Praxis, empirische Forschung und zukünftige Entwicklung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 13(1), 5–24.
- 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* (S. 13–26). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_2
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and psychological measurement*, 20(1), 37–46.
- Elsholz, M., Lutz, W., Haase, S., & Trefzger, T. (2021). Forschen@Home: Ein digitaler Lehr-Lern-Raum mit tet.folio. *PhyDid B – Didaktik Der Physik – Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung*. Abgerufen am 18.10.2022 von <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1183>
- Haase, S., Kirstein, J., & Nordmeier, V. (2016). tet.folio: Neue Ansätze zur digitalen Unterstützung individualisierten Lernens. *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. Abgerufen am 18.10.2022 von <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/737>.
- Höttecke, D. (2010). Forschend-entdeckender Physikunterricht. Ein Überblick zu Hintergründen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten entsprechender Unterrichtskonzeptionen. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 21(119), 4–12.
- Höttecke, D., & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. *ZfDN*, 21(1), 127–139. <https://doi.org/10.1007/s40573-015-0030-z>
- Jäger-Biela, D., Kaspar, K., & König, J. (2020). Lerngelegenheiten zum Erwerb von digitalisierungsbezogenen Medienkompetenzen. In K. Kaspar, M. Becker-Mrotzek, S. Hofhues, J. König & D. Schmeinck (Hrsg.), *Bildung, Schule, Digitalisierung* (S. 66–72). Waxmann.
- Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70.
- König, J., Jäger-Biela, D. J., & Glutsch, N. (2020). Adapting to Online Teaching During COVID-19 School Closure: Teacher Education and Teacher Competence Effects Early Career Teachers in Germany. *European Journal of Teacher Education*, 43(4), 608–622. <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1809650>

- Kultusministerkonferenz (KMK) (2017). Bildung in der digitalen Welt. Abgerufen am 18.10.2022 von https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf
- Mayring, P. (1994). Qualitative Inhaltsanalyse. In A. Boehm, A. Mengel & T. Muhr (Hrsg.), *Texte verstehen: Konzepte, Methoden, Werkzeuge* (S. 159–175). UVK Univ.-Verl. Konstanz.
- Nawrath, D., Maiseyenko, V., & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz—Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *Praxis der Naturwissenschaften—Physik in der Schule*, 60(6), 42–49.
- Pozas, M., & Letzel, V. (2021). “Do You Think You Have What it Takes?”—Exploring Predictors of Pre-Service Teachers’ Prospective ICT Use. *Tech Know Learn*, 1–19. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09551-0>
- 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.
- Röwekamp, S., Rott, L., & Marohn, A. (2022). Digital gestütztes Experimentieren im inklusiven Setting – Das Lehr-Lern-Labor „C(LE)VER:digital“. In E. M. Watts & C. Hoffmann (Hrsg.), *Digitale NAWigation von Inklusion* (S. 175–184). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37198-2_14
- Syskowski, S. (2021). Digitales Lehr-Lern-Labor „makeScience!“ der PHKA. In N. Graulich, J. Huwer & A. Banerji (Hrsg.), *Digitalisation in chemistry education: Digitales Lehren und Lernen an Hochschule und Schule im Fach Chemie* (S. 71–79). Waxmann.
- Tiede, J. (2020). Conclusions: Media-related educational competencies of German and US preservice teachers. *MedienPädagogik*, 221–235. <https://doi.org/10.21240/mpaed/diss.jt/2020.07.04.X>.
- Tondeur, J., Aesaert, K., Pynoo, B., van Braak, J., Fraeyman, N., & Erstad, O. (2017). Developing a validated instrument to measure preservice teachers’ ICT competencies: Meeting the demands of the 21st century. *Br J Educ Technol*, 48(2), 462–472. <https://doi.org/10.1111/bjet.12380>
- Tondeur, J., van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Comput Educ*, 59(1), 134–144. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.009>
- Valtonen, T., Leppänen, U., Hyypiä, M., Sointu, E., Smits, A., & Tondeur, J. (2020). Fresh perspectives on TPACK: pre-service teachers’ own appraisal of their challenging and confident TPACK areas. *Educ Inf Technol*, 25(4), 2823–2842. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-10092-4>
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *ZfDN*, 25(1), 115–129. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6>
- Weusmann, B., Käpnick, F., & Brüning, A.-K. (2020). Lehr-Lern-Labore in der Praxis: Die Vielfalt realisierter Konzeptionen und ihre Chancen für die Lehramtsausbildung. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 27–45). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_3



Hybrides Lehr-Lern-Praktikum

Grundvorstellungsbasiertes Lehren und Lernen mit digitalen Medien

Alex Engelhardt, Henrik Ossadnik, Susanne Digel und Jürgen Roth

Grundvorstellungen fördern im Mathematik-Labor ,Mathe ist mehr‘

Im Mathematik-Labor ,Mathe ist mehr‘ erforschen Lernende mathematische Konzepte eigenständig durch Experimente mit gegenständlichen und digitalen Materialien. Bisher arbeiteten Schülerinnen und Schüler ausschließlich bei Laborbesuchen vor Ort mit vorhandenen Lernumgebungen, die Lehrkräfte für ihre Schulklassen buchen. Betreut werden die Laborbesuche von Studierenden, die diese Stationen im Rahmen eines ans Labor angegliederten Seminars entwickelt haben, oder von studentischen Hilfskräften. Im Zentrum aller Stationen steht die Ausbildung adäquater Grundvorstellungen zu mathematischen Begriffen

A. Engelhardt (✉) · H. Ossadnik · J. Roth
Didaktik der Mathematik (Sekundarstufen), Rheinland-Pfälzische Technische
Universität Kaiserslautern-Landau, Landau, Deutschland
E-Mail: engelhardt@uni-landau.de

H. Ossadnik
E-Mail: ossadnik@uni-landau.de

J. Roth
E-Mail: roth@uni-landau.de

S. Digel
Didaktik der Mathematik (Sekundarstufe), Pädagogische Hochschule Ludwigsburg,
Ludwigsburg, Deutschland
E-Mail: susanne.digel@ph-ludwigsburg.de

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden
GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

M. Meier et al. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung*, Edition
Fachdidaktiken, https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_28

und damit die Entwicklung eines auf Verständnis basierenden Umgangs der Lernenden mit diesen Begriffen.

Bei Grundvorstellungen handelt es sich um inhaltliche Deutungen zu mathematischen Begriffen, die Übersetzungen zwischen Mathematik und Alltagssituationen in beide Richtungen ermöglichen und mathematischen Begriffen erst einen Sinn verleihen. Ein verständnisorientierter und passgenauer Mathematikunterricht sollte sich am Aufbau tragfähiger Grundvorstellungen orientieren, denn mathematisches „Denken und Handeln ist auf jedem Niveau mit inhaltlichen Vorstellungen verbunden“ (Siller und Roth 2016, S. 4). Dabei sind Grundvorstellungen normativ zu verstehen, denn es handelt sich um tragfähige Vorstellungen, die es zu entwickeln gilt, um ein Verständnis des jeweiligen mathematischen Inhalts zu erreichen und sie dienen andererseits als Referenz zur Diagnose von individuellen Vorstellungen von Lernenden durch die Lehrkraft. Folglich benötigen angehende Lehrkräfte umfangreiches Wissen zu Grundvorstellungen zentraler mathematischer Konzepte der Sekundarstufen, um

- ihre diagnostischen Entscheidungen auf fachdidaktisches Wissen zu stützen,
- individuelle Zugangsweisen und Lernwege wahrzunehmen und adäquat zu unterstützen,
- differenzierende Aufgabenformate zu kennen und
- geeignete Lernumgebungen gestalten zu können, die den Aufbau adäquater Grundvorstellungen ermöglichen (Siller und Roth 2016).

Herausforderungen der Pandemie als Lehr-Lern-Gelegenheit

Die pandemiebedingten Schulschließungen haben zu deutlichen Lernrückständen geführt. Insbesondere leistungsschwächere Lernende hatten Probleme im Distanzunterricht und bereits existierende Ungleichheiten wurden bisweilen verstärkt (LifBi 2021). Im Rahmen des Aktionsprogramms ‚Aufholen nach Corona für Kinder und Jugendliche‘ der Bundesregierung sind auch Lehr-Lern-Labore aufgefördert, Förderangebote zu entwickeln (www.ease-corona.de). Das Projekt MatheLift des Mathematik-Labors ‚Mathe ist mehr‘ bietet in diesem Kontext dreimonatige Förderkurse an, die an das Konzept des Lehr-Lern-Labors anknüpfen: Lernende erforschen gegenständliche sowie digitale Materialien, erarbeiten sich so Grundvorstellungen zu zentralen mathematischen Konzepten der Sekundarstufen und erleben authentische mathematische Arbeitsweisen. Die Lernenden arbeiten eigenständig in Vierergruppen, die jeweils von einer coachenden Person begleitet und so individuell unterstützt werden

können. Mit der coachenden Rolle entsteht wiederum die Gelegenheit, einer Herausforderung der Pandemie aus Lehrkräftebildungsperspektive zu begegnen: Lehramtsstudierende haben als coachende Personen in einem hybriden Lehr-Lern-Praktikum (Projekt MatheLead) die Möglichkeit, praktische Unterrichtserfahrungen zu sammeln, die ihnen während der Schulschließungen und Kontaktbeschränkungen (auch während der Unterrichtspraktika) verwehrt blieb.

Hier setzen sich Studierende über einen längeren Zeitraum wöchentlich mit heterogenen Kleingruppen von Lernenden auseinander, die unterschiedliche Verständnisschwierigkeiten zeigen und individuelle Förderung benötigen. Dies bietet ein geeignetes Übungsfeld für Lehramtsstudierende, um, mit Blick auf den Aufbau adäquater Grundvorstellungen bei Lernenden, eigene Diagnose- und Handlungskompetenzen zu entwickeln. Dabei besteht die Förderung einerseits aus der individuellen Begleitung der Kleingruppe im Rahmen der fachdidaktisch fundierten sowie empirisch erprobten Lernumgebungen des Lehr-Lern-Labors (Digel und Roth 2023). Andererseits bringen die coachenden Lehramtsstudierenden von ihnen jeweils eigenständig entwickelte digitale Zusatzangebote zur individuellen Förderung in die individuelle Förderung der von ihnen betreuten Lernenden ein. Mit der Entscheidung für ein hybrides Konzept werden zwei Ziele adressiert: Zum einen sollen die coachenden Studierenden über den wöchentlichen Kurstermin hinaus mit den Lernenden interagieren können. Zum anderen sollen die Studierenden im Praktikum auch digitale Kompetenzen in das Portfolio ihrer professionellen Handlungskompetenz integrieren (Becker et al. 2020).

Konzept des hybriden Lehr-Lern-Praktikums (MatheLead)

Das hybride Lehr-Lern-Praktikum besteht aus zwei Teilen, nämlich einem Begleitseminar und dem Förderpraktikum. Das Begleitseminar unterteilt sich in ein einführendes Blockseminar und ein digitales, asynchrones Begleitseminar in Form einer Selbstlernumgebung auf Basis eines Learning-Management-Systems (LMS). In den beiden Veranstaltungen werden benötigtes Wissen über praktische Durchführung, individuelle Förderung sowie fachdidaktisches Wissen vermittelt. Außerdem setzen sich die Studierenden im Sinne des pädagogischen Doppeldeckers (die Inhalte, die für die Studierenden theoretisch thematisiert werden, erleben die Studierenden gleichzeitig handelnd, Wahl 2013) mit einem LMS und dessen didaktisch sinnvollem Einsatz auseinander, was ihre allgemeinen digitalen Kompetenzen adressiert. Dort werden neben verpflichtenden Modulen zur Gestaltung eines LMS auch mehrere freiwillige Module angeboten, die sich dem didaktischen Potenzial sowie der Anleitung zur Erstellung digitaler Lernmaterialien wie GeoGebra-Simulationen, Erklärvideos oder bettermarks widmen.

Das Förderpraktikum erstreckt sich über ein Semester, in dem Studierende Kleingruppen bestehend aus zwei bis vier Lernenden bei der Bearbeitung von Labor-Lernumgebungen nach Bedarf unterstützen. Neben dem wöchentlichen Präsenztermin konzipieren die Studierenden für ihre Kleingruppen digitale Lernumgebungen auf Basis eines LMS, in dem sie ergänzende Aufgaben zur Verfügung stellen und sich im zweiwöchigen Rhythmus für eine digitale Sprechstunde treffen (Abb. 1).

Die individuellen Förderung im Rahmen des Lehr-Lern-Praktikums knüpft an das Format des ‚Forschenden Lernens im zyklischen Prozess‘ (Roth und Priemer 2020) des Mathematik-Labors sowie gängiger Lehr-Lern-Labor Konzepte an (Abb. 2). Dabei greifen die Studierenden zunächst auf bereits existierende und erprobte Lernumgebungen des Mathematik-Labors zurück und werden hier entlastet. Im Vorfeld bearbeiten sie selbst diese Lernumgebungen, reflektieren den Einsatz der darin integrierten digitalen Materialien und arbeiten die geförderte(n) Grundvorstellung(en) heraus. Während der Arbeit in den Lernumgebungen der Laborstationen sind die Studierenden Lernbegleiterinnen und Lernbegleiter. Sie diagnostizieren Denk- und Lernprozesse, um adäquat intervenieren zu können. Dazu ist es essenziell, dass die Studierenden die individuellen Vorstellungen der Lernenden mit normativen Grundvorstellungen abgleichen können. Nach jeder Förderung reflektieren die Studierenden gemeinsam mit Dozierenden ihr eigenes Handeln als Lehrkraft und die Lernprozesse der Lernenden. Ergänzend



Abb. 1 Ablauf des hybriden Lehr-Lern-Praktikums

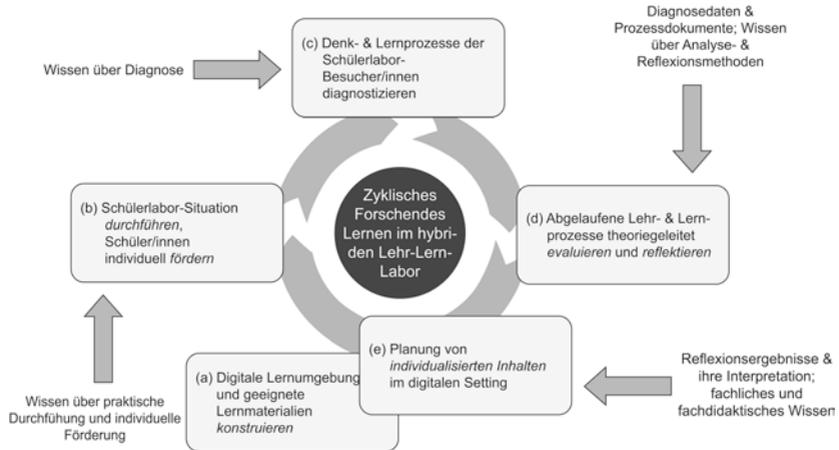


Abb. 2 Zyklisches Forschendes Lernen im Lehr-Lern-Labor (angelehnt an Roth und Priemer 2020)

zu diesen im Lehr-Lern-Labor grundsätzlich umgesetzten Tätigkeiten, ist ein neuer Bestandteil im Rahmen des hybriden Lehr-Lern-Praktikums etabliert worden: Hier nutzen die Studierenden ihre Diagnose auch als Grundlage für die Entwicklung ihres eigenen digitalen Zusatzangebots für die individuellen Lernenden. Dabei stellen die Studierenden passgenaues Material für die Lernende ihrer Kleingruppe in einem LMS zur Verfügung. Darüber hinaus kommunizieren die Studierenden mit ihren Lernendengruppen in regelmäßigen Abständen über Videokonferenzen, um auf individuelle Rückfragen eingehen zu können. So wird den Studierenden zum einen die Auseinandersetzung mit der Konzeption digitaler Lernumgebungen ermöglicht und zum anderen der Kontakt zu den Schülerinnen und Schülern während des gesamten Lehr-Lern-Praktikums abgesichert, da dieser Bestandteil auch in weiteren Schulschließungen umsetzbar ist.

Am Ende des Seminars reflektieren die Studierenden zusätzlich eine Lehr-Lern-Situation aus ihrem Praktikum anhand des Modells des zyklischen forschenden Lernens im Rahmen einer schriftlichen Ausarbeitung. Dazu wählen die Studierenden eine Problemsituation aus, analysieren, wie es zu dem Problem kam theoretisch und formulieren theoriegeleitet Handlungsalternativen für ihr künftiges Handeln. Bei diesen Problemsituationen kann es sich um das Lernmaterial, das eigene Lehrverhalten oder getätigte Interventionen handeln.

Förderung digitaler Kompetenzen der Lehrenden durch das hybride Lehr-Lern-Praktikum

Mittlerweile gibt es mehrere Modelle, die die digitalen Kompetenzen von Lehrkräften beschreiben. Ein verbreiteter theoretischer Rahmen ist das TPACK-Modell von Mishra und Koehler (2006). Es erweitert das von Shulman (1986) beschriebene Professionswissen aus pädagogischem Wissen (PK), Fachwissen (CK) und fachdidaktischem Wissen (PCK) um die Komponente des technologischen Wissens (TK) sowie den daraus neu resultierenden Schnittmengen technologisches-pädagogisches Wissen (TPK), technologiespezifisches Fachwissen (TCK) und dem technologisch-pädagogischen Inhaltswissen TPACK, dem Wissen über den zielgerichteten Einsatz digitale Technologien im Unterricht zum Erreichen fachinhaltlicher Ziele (Abb. 3).

Aus hochschuldidaktischer Sicht erscheint die Strukturierung dieses Modell besonders geeignet, da die technische Komponente an bereits durch andere Lehrveranstaltungen im Bereich PK, CK und PCK erworbene Kompetenzen angeknüpft werden kann (Thoms et al. 2022). Insbesondere die enge Verzahnung

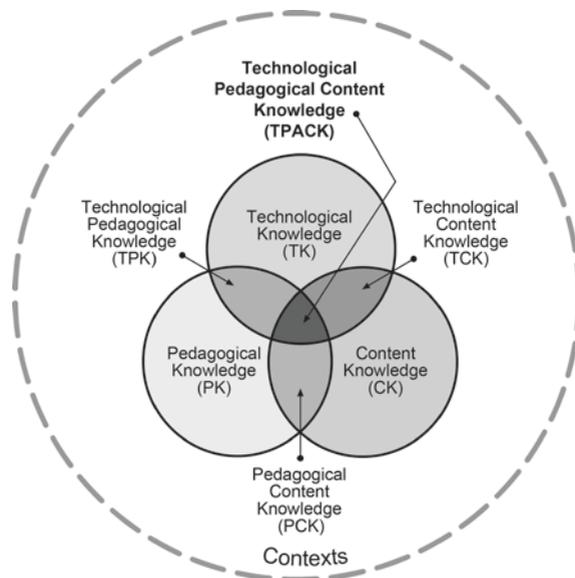


Abb. 3 TPACK-Modell (<http://tpack.org>)

der Fachdidaktik mit dem Einsatz digitaler Technologien stellt einen Vorteil des Modells dar. Leicht im Kontrast dazu wirkt die empirische Perspektive auf das TPACK-Modell. Eine grundlegende Problematik in vielen Studien zum TPACK-Modell ist, dass Messinstrumenten oft ein fachlicher Bezug fehlt (Drummond und Sweeney 2017). Darüber hinaus ist die häufig positiv attestierte Offenheit des TPACK-Modells mit Blick auf Implikationen für die Lehrkräftebildung ein Problem, denn es fehlen konkrete Konzepte mit Fokus auf die Entwicklung digitaler Kompetenzen von Lehramtsanwärterinnen und -anwärtern. Der Orientierungsrahmen für digitale Kompetenzen in naturwissenschaftlichen Fächern DiKoLAN (Becker et al. 2020) versucht diesem Problem entgegenzuwirken. Dazu gliedert sich DiKoLAN in sieben zentrale Kompetenzbereiche, die aus den allgemeinen Kompetenzen *Dokumentation*, *Präsentation*, *Kommunikation/Kollaboration*, *Recherche und Bewertung* sowie die fachspezifischen Kompetenzen *Messwert- und Datenerfassung*, *Datenverarbeitung* sowie *Simulation und Modellierung* bestehen (Abb. 4).

DiKoLAN versucht die digitalen Basiskompetenzen, die Lehramtsstudierende im Rahmen ihrer universitären Bildung auf jeden Fall erwerben sollten, aus fachdidaktischer, fachlicher sowie bildungswissenschaftlicher Perspektive zu formulieren (Thoms et al. 2022). So werden selbst die allgemeinen Kompetenzen



Abb. 4 Orientierungsrahmen für Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN (<https://dikolan.de>)

aus den genannten Blickwinkeln betrachtet und inhaltlich voneinander abgegrenzt. Darüber hinaus formuliert DiKoLAN konkret überprüfbare Kompetenzerwartungen an Lehramtsanwärterinnen und -anwärter in allen Bereichen. Dadurch erscheint DiKoLAN mit Blick auf die Lehre und die Konzeption des hybriden Lehr-Lern-Praktikums als wichtiger Orientierungsrahmen (Thoms et al. 2022).

Während des hybriden Lehr-Lern-Praktikums erwerben die Studierenden in zwei Phasen digitale Kompetenzen. Zum einen unterrichten sie mit digitalen Technologien in Präsenz, zum anderen erstellen sie ein digitales Zusatzangebot auf Basis eines LMS, um so für ihre Lernendengruppen individualisierte Lerngelegenheiten zu schaffen.

Auch wenn allgemeine digitale Kompetenzen Voraussetzungen sind für das Unterrichten mit digitalen Technologien und diese in der Pandemie durch Lockdowns und Hybridunterricht etabliert und weiterentwickelt wurden (Unger et al. 2020), zeichnet sich wirksamer Unterricht durch einen fachdidaktisch reflektierten Unterricht aus, wozu mathematikdidaktische digitale Kompetenzen notwendig sind. Deshalb ist ein wichtiges Lernziel des hybriden Lehr-Lern-Praktikums, bei den Studierenden nicht nur allgemeine, sondern vor allem auch mathematikspezifische digitale Kompetenzen zu fördern. Insbesondere ist davon auszugehen, dass die Förderung mathematikspezifischer digitaler Kompetenzen ebenfalls den Erwerb allgemeiner digitaler Kompetenzen durch die Aufbereitung und der Bereitstellung von didaktischen Inhalten unterstützt. Dementsprechend adressiert das digitale Angebot des Praktikums vordergründig die nach DiKoLAN vorgeschlagenen digitalen Kompetenzbereiche

- *Simulation und Modellierung*, dadurch, dass die coachenden Personen mit GeoGebra-Simulationen im Rahmen der individuellen Förderung unterrichten, den Einsatz fachdidaktisch reflektieren und eigenständig GeoGebra-Simulationen für das digitale Zusatzangebot konzipieren sowie
- *Kommunikation/Kollaboration* durch die Ausgestaltung einer digitalen Lernumgebung mit didaktisch aufbereiteten, mathematischen Inhalten unter Zuhilfenahme eines LMS, sowie durch die Kommunikation in Videokonferenzen (Becker et al. 2020).

Implikationen für die Lehre

Zentrale Erkenntnisse für die Lehre sind, dass die Konzepte der Projekte MatheLift und MatheLead – insbesondere deren Wechselspiel und Symbiose – sehr gut den beiden eingangs erwähnten, pandemiebedingten Problemen entgegenwirken können. Folgende Aspekte haben sich dabei als besonders gewinnbringend herausgestellt:

1. Gerade durch die heterogene Kleingruppe mit individuellen Verständnisschwierigkeiten ergeben sich für die Studierenden permanent Diagnose- und Interventionsanlässe, die ihre Handlungskompetenz fördern.
2. Der zyklische Prozess aus Lernbegleitung in ausgearbeiteten Lernumgebungen mit digitalen Medien und eigenständiger Entwicklung von digitalen Zusatzangeboten zur individuellen Förderung ermöglicht seinerseits eine individuelle Förderung von fachdidaktischen, digitalen Kompetenzen der Studierenden.
3. Die gemeinsamen Reflexionsrunden nach jedem Kurstermin unterstützen die Studierenden deutlich bei der Diagnose der Lernenden sowie der Genese von Handlungsoptionen in der Lernbegleitung. Darüber hinaus sind sie Impulsgeber für die Entwicklung digitaler Zusatzangebote. Gut funktioniert hat hier eine stark zurückgenommene Rolle des Dozierenden mit viel Raum für Selbst- und peer-Reflexion, orientiert an einigen Leitfragen.
4. Das Prinzip des pädagogischen Doppeldeckers scheint insbesondere für die reflektierte Nutzung und eigenständige Entwicklung digitaler Angebote sinnvoll zu sein.
5. Es lohnt sich, auch die Förderung allgemeiner digitaler Kompetenzen in den Blick zu nehmen. Studierende, die die freiwilligen LMS-Module des Begleitseminars zu Gestaltung und Einsatz digitaler Materialien nur selten nutzen, erstellen weniger digitale Zusatzangebote. Hier können kleine Pflichtübungen vorab helfen, die Scheu abzulegen.

Insbesondere hat das Praktikum gezeigt, dass Studierende mit unterschiedlicher Studienerfahrung (erstes bis sechstes Semester) gleichermaßen von diesem Angebot profitieren. Auf unterschiedlichen Niveaus sind sie zunehmend in der Lage, Lernende individuell zu betreuen, an notwendigen Stellen zu intervenieren, ihr eigenes Handeln als Lehrperson zu reflektieren und individuelle, passgenaue digitale Angebote zu erstellen. Teilweise sind dadurch umfangreiche Zusatzangebote aus einer Kombination von LearningApps, GeoGebra-Simulationen, Erklärvideos und bettermarks-Übungsaufgaben entstanden.

Umsetzungsbeispiel für von Studierenden selbst erstellten digitalen Lernangeboten

In diesem Abschnitt soll eine beispielhafte Lernumgebung eines Studierenden beschrieben werden, die im Rahmen des Praktikums entstanden ist. Während der wöchentlichen Coachingsessions arbeitete die Kleingruppe an der Laborstation Freizeitpark (<https://www.mathe-labor.de/stationen/freizeitpark-2015/>), in der sie sich mit Grundvorstellungen zum Thema ‚Ableitungen von Funktionen‘

beschäftigte. Vorrangig werden in dieser Station folgende Grundvorstellungen (Roth und Siller 2016) behandelt:

1. *Ableitung als Tangentensteigung*, bei der die Tangente als lokale ‚Schmiegegerade‘ und die Steigung der Tangenten über einen Grenzwert der Sekantensteigung ermittelt wird.
2. *Ableitung als lokale Änderungsrate*, bei der der Ableitungsbegriff angefangen beim absoluten Zuwachs über die mittlere Änderungsrate bis hin zur lokalen Änderungsrate entwickelt wird.
3. *Ableitung als lokale lineare Approximation*, welche die Steigung einer Funktion an einer Stelle durch starke Vergrößerung darstellt, und hier näherungsweise für kleine Änderung der x -Werte einen linearen Zusammenhang annimmt.

Während der Bearbeitung zeigte sich jedoch, dass die Lernenden an einigen Stellen nur mit viel Unterstützung und adäquaten Hilfestellungen seitens des coachenden Studierenden Beziehungen zwischen den Begrifflichkeiten entdecken und einen mathematischen Zusammenhang herstellen konnten. Zurückzuführen war dies nach diagnostischer Einschätzung der coachenden Person auf unzureichendes Vorwissen. Besonders im Hinblick auf verschiedene funktionale Zusammenhänge, auf den Begriff der Steigung im Allgemeinen und speziell in Bezug auf lineare Funktionen.

Um diese erkannten Probleme aufzuarbeiten, wurden verschiedene Elemente innerhalb der LMS-Umgebung verwendet und miteinander kombiniert. So verwendete der Studierende den Baustein ‚Ankündigungen und Mitteilungen‘ regelmäßig für verschiedenste Instruktionen und Hinweise für die Lernenden. Darüber hinaus nutzten die Kleingruppen einen BBB-Raum für die zusätzlich angebotenen Videokonferenzen mit dem coachenden Studierenden. Hier standen einerseits die vertiefenden und wiederholenden Aufgaben im Fokus, die im separaten bettermarks-Übungsbereich ausgeteilt wurden. Andererseits konnten hier im Sinne des didaktischen Konzepts des ‚Inverted Classroom‘ Fragen zu den Erklärungen ausgewählter Aufgaben in Form von Videos gestellt werden. Dabei wurden die im Video behandelten Aufgaben im Vorhinein von den Lernenden bearbeitet, nachfolgend mit den Erläuterungen der coachenden Person verglichen, um abschließend Unklarheiten im Rahmen der Videokonferenz zu klären. Den Abschluss einer solchen Zusatzeinheit bildete oft eine Anwendungsaufgabe.

Im vorliegenden Fall wurden in den Videos verschiedene Funktionstypen der Sekundarstufe I wiederholt und in Beziehung zu deren Ableitung gesetzt. Die Anwendungsaufgabe integrierte diese Betrachtungen durch die Modellierung eines Extremwertproblems unter Zuhilfenahme einer vorbereiteten

GeoGebra-Simulation. Aus einem weiteren digitalen Zusatzangebot einer coachenden Person wurde im Nachgang eine komplett neue, rein digitale Laborstation entwickelt, die ähnlich einem Escape Room gestaltet wurde (<https://mathe-labor.de/stationen/escapethepiratequeen-2022>).

Die Projekte wurden bis dato gefördert von easeCorona einer Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, die das Ziel hat, Lernrückstände, die im Zuge der coronabedingten Lockdowns entstanden sind, auszugleichen und von DigiKompAss einem universitätsweiten Projekt der Universität-Koblenz-Landau zur Digitalisierung der Hochschullehre, welche digitale Kompetenzen von Studierenden und Lehrenden herausstellen will. Die Förderungen durch die beiden Projekte waren der Startschuss für eine langfristig angelegte Etablierung des beschriebenen Konzepts. Infolgedessen ist das Lehr-Lern-Praktikum bereits seit Beginn der Projekte im Wintersemester 21/22 als Wahlangebot im bildungswissenschaftlichen Anteil der Lehramtsstudiengänge integriert. Dies unterstreicht die Perspektive, das Praktikum als regulären Teil der Landauer Mathematiklehramtsausbildung zu verstetigen und die Intention, einen Beitrag im Sinne der Verbesserung der Lehrpersonenbildung zu leisten.

Förderhinweis Die diesem Betrag zugrunde liegenden Vorhaben wurden über easeCorona einer Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und im Rahmen von dem Projekt DigiKompAss der Universität-Koblenz-Landau zur Digitalisierung der Hochschullehre gefördert.

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.
- Digel, S. & Roth, J. (2023). Mathe ist mehr @everywhere – Eine empirische Interventionsstudie zum Vergleich von virtuellen und vor-Ort Laborbesuchen. In M. Meier, G. Greefrath, M. Hammann, R. Wodzinski & K. Ziepprecht (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung* (in diesem Band). Springer.
- Drummond, A. & Sweeney, T. (2017): Can an objective measure of technological pedagogical content knowledge (TPACK) supplement existing TPACK measures? TPACK-deep and objective TPACK. *British Journal of Educational Technology*, 48(4), 928–939.
- Leibniz-Institut für Bildungsverläufe – LfBi (2021). *Lernen im Lockdown: Welche Voraussetzungen helfen Schülerinnen und Schülern? Die Bedeutsamkeit der Lesekompetenz*,

- des Interesses an Lerninhalten und der Anstrengungsbereitschaft für die Bewältigung des Lernens zuhause*. NEPS Corona & Bildung, Bericht Nr. 5. LIfBi.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teach Coll Rec*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Roth, J., & Priemer, B. (2020). Das Lehr-Lern-Labor als Ort der Lehrkräftebildung – Ergebnisse der Arbeit eines Forschungs- und Entwicklungsverbunds. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore – Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung* (S. 1–10). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_1
- Roth, J. & Siller, H.-S. (2016). Bestand und Änderung – Grundvorstellungen entwickeln und nutzen. *Mathematik lehren*, 199, 2–8
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Siller, H.-S., & Roth, J. (2016). Herausforderung Heterogenität: Grundvorstellungen als Basis und Bezugsnorm – das Beispiel Terme. *Praxis der Mathematik in der Schule*, 58, 2–8.
- Thoms, L.-J., Meier, M., von Kotzebue, L., Kremser, E., Finger A., & Thyssen, C. (2022). Ansätze zur Strukturierung universitärer Lehre zu digitalen Kompetenzen von Lehramtskandidat*innen der Naturwissenschaften unter Einbindung von Fach- und Bildungswissenschaften. In U. Schütte, N. Bürger, M. Fabel-Lamla, P. Frei, K. Hauenschild, J. Menthe, B. Schmidt-Thieme & C. Wecker (Hrsg.), *Digitalisierungsbezogene Kompetenzen fördern: Herausforderungen, Ansätze und Entwicklungsfelder im Kontext von Schule und Hochschule* (S. 243–251.). Universitätsverlag Hildesheim.
- Unger, V., Krämer, Y., & Wacker, A. (2020). Unterricht während der Corona-Pandemie. Ein Vergleich von Schülereinschätzungen aus Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen im Kontext sozialer Heterogenität. *PraxisForschungLehrer*innenBildung*, 2 (6), 84–99. <https://doi.org/10.4119/pflb-3907>
- Wahl, D. (2013). *Lernumgebungen erfolgreich gestalten*. Julius Klinkhardt.



Digital oder konventionell?

Wirkungsmessungen und Erwartungshaltungen von Lehramtsstudierenden im Lehr-Lern-Labor (Fach Biologie)

Michaela Maurer

Einleitender Kontext

Das Seminar *Lehren und Lernen im Schülerlabor* ist an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg ein Pflichtmodul im Studiengang *Master of Education*. Lehramtsstudierende wählen aus verschiedenen Angeboten (z. B. Lernlabor Wattenmeer und Streifzüge durch den Biologieunterricht) eines aus und arbeiten in Kleingruppen zusammen. Nach dem Prinzip des Forschenden Lernens entwickeln sie zu einem selbst ausgesuchten Thema eine Fragestellung mit einer passenden Forschungsmethode. Hierbei wird die Lernsequenz geplant und am Ende des Semesters am Praxistag im Plenum durchgeführt und diskutiert. Trotz pandemiebedingter Schließung der Lehr-Lern-Labore für Schülerinnen und Schüler wurden analoge und ein digitales Konzept erprobt und auf deren Wirksamkeit hin untersucht.

M. Maurer (✉)

Institut für Biologie und Umweltwissenschaften (IBU), Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Oldenburg, Deutschland

E-Mail: michaela.maurer@uni-oldenburg.de

Theoretischer Hintergrund

Motivation, Flow-Erleben und Lernemotionen

Motivation. Bandura gilt als Entwickler der sozial-kognitiven Lerntheorie und beschäftigte sich mit den Aspekten der intrinsischen Motivation und Selbstwirksamkeitserwartung (Bandura 1982). Diese stützt sich auf die Einschätzung der eigenen Fähigkeit, die durch die Anpassung des Verhaltens einer Person an die Erfüllung von Normen gekennzeichnet wird (Ryan 1993). Nach der Theorie von Ryan und Deci (2000b) bezieht sich die intrinsische Motivation auf Anreize (frei von jeglichen Zwängen) aus dem Inneren heraus, welche für ein besseres Verständnis bereits ab früher Kindheit auf die kognitive Neugier und das Interesse am Gegenstand zurückzuführen ist. Die extrinsische Motivation hingegen wird durch externe Stimuli beeinflusst, die sich aus mehreren Stufen bildet. Die Ausprägung ist abhängig von der zu erwartenden Konsequenz. Diese kann sowohl durch positive (Belohnung, Lob, soziale Anerkennung) als auch durch negative Verstärkung (Druck, Missachtung) Einfluss nehmen (Ryan und Deci 2000a). Zusammenfassend hängt die Motivation mit Beweggründen für menschliches Handeln zusammen, d. h. inwiefern sich psychologische Grundbedürfnisse (*basic needs*) nach Kompetenz (sich handlungsfähig erleben), sozialer Eingebundenheit und Autonomie (unabhängig selbst entscheiden) befriedigen lassen (Ryan und Deci 2000a). Empirische Studien haben gezeigt, dass die intrinsische Motivation mit zunehmender Autonomie gefördert werden kann (Kusurkar et al. 2011). Soziale Umweltfaktoren (z. B. Elternhaus und Freunde) können hierbei eine wichtige Rolle spielen (Deci und Ryan 1993). Aufbauend auf die Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan (1993; Ryan und Deci 2000b) ist eine Lernaktivität erst dann intrinsisch motivierend, wenn diese mit einem Interessensgegenstand als selbstbestimmt erlebt wird (Krapp et al. 1992). Die Lernaktivität wird neben dem situativen, autonomen Interesse ebenfalls als ein motivationaler Prozess verstanden, welcher als Indikator für die Lernleistung steht (Deci und Ryan 2008; Rheinberg et al. 2003). Für die Interessenbildung nach Deci und Ryan (1993) sind die *catch-Komponente* (Techniken der Aufmerksamkeitssteuerung) und die *hold-Komponente* (Erleben der Sinnhaftigkeit eines Lernstoffs) entscheidend. Hierbei wird neben dem situativen Interesse nach Krapp et al. (2014) auch nach dem individuellen Interesse unterschieden. Von Taştan et al. (2018) wird angenommen, dass Lernergebnisse von Lernenden durch Lehrkräfte mit beeinflusst werden, was auf die Selbstwirksamkeit und die Motivation der Lehrenden zurückzuführen ist. In den letzten Jahrzehnten sind psycho-

metrisch validierte Messinstrumente entwickelt worden, um Motivation in verschiedenen Bildungskontexten zu evaluieren. Hierbei haben Glynn et al. (2011) eine Skala für den naturwissenschaftlichen Unterricht entwickelt, die Motivation durch verschiedene Variablen in einem Modell bei jungen Erwachsenen und Jugendlichen erfassen kann. Die Skala hat sich gut bewährt, um beispielsweise den Unterricht von MINT-Fächern in einem Unterrichtskontext zu evaluieren (z. B. Maurer und Bogner 2022). Bezogen auf die Lehrkräftebildung haben Schwarzer und Jerusalem (1999) eine Selbstwirksamkeit-Skala für Lehrkräfte entwickelt, die mithilfe von vier Unterkategorien die wichtigsten Kompetenzanforderungen innerhalb des Berufsfelds unterscheiden kann (allgemeine berufliche Leistung, berufsbezogene soziale Interaktion, Umgang mit Stress/Emotionen und innovatives Handeln).

Flow. Die Flow-Theorie beschäftigt sich ebenfalls mit der intrinsischen Motivation. Das Flow-Erleben einer Person gilt als ein Zustand des völligen Aufgehens in einem gegenwärtigen Moment, das eng an die Aufgabenstellung, die positive Einstimmung und die Neugier gekoppelt ist (Csikszentmihalyi und Nakamura 1979; Csikszentmihalyi 1985). Eine Studie im Kontext eines Praxissemesters in der Professionalisierung für Lehrkräfte hat gezeigt, dass das Flow-Erleben durch pädagogische Vorerfahrungen (z. B. durch Nachhilfeunterricht) verstärkt werden kann (Römer et al. 2018). Die Flow-Kurzskala (FKS) nach Rheinberg et al. (2003) deckt mit den Unterkategorien *Flow* und *Besorgnis* zwei Variablen ab, um die Selbsteinschätzung quantitativ zu erfassen.

Lernemotionen. Emotionen können im Lernprozess eine zentrale Rolle spielen und sind an der Motivationsbildung beteiligt. Hierbei unterscheidet man in positiv-aktivierende Emotionen (z. B. Freude, Hoffnung) und positiv-deaktivierende Emotionen (Erleichterung, Entspannung) (Götz et al. 2007), die sich entgegengesetzt auf Leistungen auswirken können. Frenzel et al. (2009) haben herausgefunden, dass positive Emotionen (z. B. Freude) auf das unterrichtliche Handeln in Lehr-Lernprozessen auch einen positiven Einfluss auf die Schülerinnen und Schüler haben können. Lernumgebungen, in denen sich alle beteiligten Akteurinnen und Akteure mit einer gewissen Erwartungshaltung begegnen, übernehmen dabei eine wichtige Funktion. Lehr-Lern-Labore nehmen daher einen besonderen Stellenwert ein, da sie zu den außerschulischen Lernorten zählen und von Schülerinnen und Schülern extern besucht werden. Psychologisch betrachtet werden Erwartungen auch als Einstellungen verstanden, die sich auf Zielvorstellungen (mit Zu- oder Abneigung) beziehen (Eagly und Chaiken 1993). Neben der affektiven Komponente (Gefühle, Emotionen) decken diese zusammen mit der kognitiven (Wissen, Wahrnehmung) und verhaltensbezogenen

Komponente (Handlung, Erleben) alle Bereiche von Einstellungen nach dem Konzept von Rosenberg und Hovland (1960) ab. Laukenmann et al. (2003) unterscheiden vier Lernemotionen: *Wohlfühlen, Angst, Langeweile* und *Interesse*.

Digitale Medien und Computerselbstkonzept

Transformationsprozesse der Digitalisierung haben bereits in den 1980er Jahren begonnen und erfordern ein Grundverständnis. Digitale Medien werden bis heute mehrheitlich zu Präsentations- und Recherchezwecken genutzt und weniger zu Erstellung digitaler Produkte (BITKOM 2015). Dies spiegelt sich auch in einer Befragung von 238 Gymnasiallehrkräften wider. In Bezug auf Fortbildungsangebote werden eher Präferenzen zu Inhalten und Gestaltungsmerkmalen sowie der Einsatz von Smart-/White-/Activeboards und der Gebrauch von Lernsoftware/Apps/Digitalen Tools im Unterricht gewünscht als Angebote zu digitalen Produkten und Arbeiten mit Lernplattformen (Schulze-Vorberg et al. 2021). Drei Profile wurden hierbei unterschieden (Digital Abseitsstehende, – Mithaltende und – Vorreitende). Vorreitende besuchten Angebote häufiger als Abseitsstehende. Im europäischen Vergleich liegt Deutschland beim Einsatz digitaler Medien im schulischen Kontext hinten. So wurden beispielsweise in Dänemark bereits vor der Pandemie vergleichsweise doppelt so häufig digitale Medien im Unterricht eingesetzt als hierzulande (Eickelmann et al. 2019). Die Gründe sind vielseitig (Mehraufwand und fehlende Einsicht des Einsatzes im Unterricht vonseiten der Lehrkräfte und mangelnde technische Medienausstattung in den Schulen), sodass Handlungsbedarf in der Schulpolitik gesehen wird (BITKOM 2015). Mit welchen technischen Basiskompetenzen kommen Schulabgängerinnen und Schulabgänger an die Universitäten und wie kann die Professionalisierung von Lehramtsstudierenden an die, durch die Corona-Pandemie beschleunigte Digitalisierung angepasst werden? Die Arbeitsgruppe *Digitale Basiskompetenzen* veröffentlichte einen Orientierungsrahmen für digitale Kompetenzen (DiKoLAN), die für das Fach Lehramt in den Naturwissenschaften richtungsgebend sind. Hierbei werden zu den technischen Basiskompetenzen sowohl die allgemeinen Kompetenzen (Dokumentation, Präsentation, Kommunikation und Recherche/Bewertung) als auch die fachspezifischen Kompetenzen (Mess-/Datenerfassung, Datenverarbeitung und Simulation/Modellierung) gezählt (von Kotzebue et al. 2021). In der Studie hat das *Computerselbstkonzept* nach Schwanzler (2002) Verwendung gefunden. Unter dem Begriff Selbstkonzept versteht man die Einschätzung der eigenen Fähigkeiten, die das Verhalten sowie die Lern- und Leistungssituationen beeinflusst (Schöne et al. 2002).

Forschungsfragen

Im Kontext Forschendes Lernen sollen durch qualitative und quantitative Zugänge die Variablen *Motivation*, *Flow-Erleben* und *Lernemotionen* unterschiedlicher Konzepte im Lehr-Lern-Labor (LLL) von Master-Lehramtsstudierenden erfasst und verglichen werden. Die *Erwartungshaltungen* bezüglich eines digitalen LLL und die Einschätzung des *Computerselbstkonzepts* von Bachelor-Lehramtsstudierenden sollen die Studie bezüglich der Digitalisierung ergänzen. Die Studie stützt sich in Folge auf drei leitende Forschungsfragen: (i) Welche Erwartungshaltungen bringen Master-Lehramtsstudierende in das Seminar *Lehren und Lernen im Schülerlabor* im Fach Biologie mit und welche Erkenntnisse lassen sich daraus ableiten? (ii) Wie wirken sich unterschiedliche Konzepte des Seminars im LLL (mit/ohne Schülerinnen und Schüler; analog/digital) am Praxistag auf die Variablen *Flow*, *Lernemotionen* und *Motivation* bei Master-Lehramtsstudierenden aus? (iii) Welches *Computerselbstkonzept* und welche *Erwartungshaltungen* haben Bachelor-Lehramtsstudierende aus MINT-Fächern gegenüber einem digitalen LLL?

Methoden

Zielgruppe und Studiendesign

Insgesamt setzt sich die vorliegende Studie aus zwei Teilstudien zusammen. Teilstudie A umfasst 47 Master-Lehramtsstudierende (Alter: $M=25.67$; $SD \pm 4,78$, 76,60 % ♀, 17,02 % ♂, 6,38 ohne Angaben), die im Rahmen ihrer gymnasialen Lehramtsausbildung am Seminar *Lehren und Lernen im Schülerlabor* an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg teilgenommen haben. Pandemiebedingt wurden dazu in drei aufeinanderfolgenden Semestern unterschiedliche Konzepte im *Lernlabor Wattenmeer* getestet. Während im WiSe/SoSe 2020/21 der Praxistag am Ende des Seminars im Labor (Konzept 1) versus in der Natur (Konzept 2) im Plenum erfolgte, fand der Praxistag im WiSe 2021/22 durch drei anschließende Schulbesuche in Vierergruppen mithilfe der digitalen Plattform *Topia* (Konzept 3) statt. *Topia* (<https://topia.io>) ist eine All-in-one-Plattform, in der ein virtuelles Klassenzimmer mithilfe von Pinnwänden (z. B. Padlet) erstellt werden kann (Höbtle und Winkler 2023). Die Schülerinnen und Schüler haben die Möglichkeit, sich per Videokamera auszutauschen. Im WiSe 2021/22 hat neben Konzept 3 ein parallel laufendes Seminar *Streifzüge durch den Biologieunterricht* (Konzept 4) stattgefunden. Die von den Studierenden entwickelte Lernsequenz wurde

hierbei zusammen gruppenweise mit Schülerinnen und Schüler in der Schule vor Ort durchgeführt. Die Datenerhebung erfolgte im Rahmen eines quasi-experimentellen Designs, die je nach Fragestellung am Anfang des Seminars oder am Ende des Unterrichts am Praxistag umgesetzt wurde. Bei Teilstudie B haben 58 MINT-Bachelor-Lehramtsstudierende (Alter: $M=24,80$; $SD\pm 5,30$, 45,60 % ♀, 17,20 % ♂, 36,20 % ohne Angaben) aus den Fächern Biologie ($n=26$), Interdisziplinäre Sachbildung ($n=11$) und sonstige MINT-Fächer ($n=21$) online über *LimeSurvey* teilgenommen.

Erhebungsinstrumente und Datenauswertung

Alle statistischen Auswertungen wurden mit R (R Stiftung für statistische Berechnungen für Windows; Version 4.0.4; www.r-project.org) ausgeführt. Der Fragebogen aus Teilstudie A setzt sich aus vier offenen Fragen zusammen: (1) Wenn Sie an Ihre zukünftige Tätigkeit in der Schule denken, wie kann der Besuch im Lehr-Lern-Labor (LLL) Sie darauf vorbereiten? (2) Welche Chancen/Bedenken verbinden Sie mit Ihrer Tätigkeit am Praxistag im LLL? (3) Welche Emotionen/Gefühle verbinden Sie mit Ihrer Tätigkeit am Praxistag im LLL? (4) Welche Chancen verpassen Sie in Ihrem anderen Schulfach, falls keine Tätigkeit in einem LLL vorgesehen ist? Außerdem wurden vier psychometrisch fundierte Skalen angepasst und inkludiert: (1) *Motivation*, bestehend aus vier Unterskalen zu je zehn Items: (i) *Lehrer-Selbstwirksamkeit* – mit dem Zusatz „als zukünftige Lehrkraft“ angelehnt an Schwarzer und Jerusalem (1999), (ii) *Selbstbestimmtheit* – z. T. angelehnt an Glynn et al. (2011), (iii) *intrinsische Motivation* – z. T. angelehnt an Glynn et al. (2011) und (iv) *situatives/individuelles Interesse*. Das Interesse basiert auf der Theorie nach Krapp et al. (1992), die fünf Items zum allgemeinen [angelehnt an Laukenmann et al. (2003)] und situativen Interesse (angepasst an LLL) beinhaltet. Die fünfstufige Likert-Skala richtet sich nach den Werten ‚1 = stimmt nicht‘ bis ‚5 = stimmt genau‘. (2) Die *Flow-Kurzskala* (FKS) (Jackson und Marsh 1996; Rheinberg et al. 2003) umfasst elf Items der Unterkategorie *Flow-Erleben* und *Besorgnis*, die mittels einer siebenstufigen Likert-Skala mit den Werten ‚1 = stimme gar nicht zu‘ bis ‚7 = stimme voll zu‘ erfasst wurde. (3) *Lernemotionen* (Laukenmann et al. 2003), die auf die Unterskalen *Wohlbefinden*, *Angst* und *Langeweile* zu je sechs Items und einer fünfstufigen Likert-Skala mit den Werten ‚1 = stimme gar nicht zu‘ bis ‚5 = stimme völlig zu‘ angepasst sind (fünf Items neu). (4) 12 Items der Teilskala des *Computerselbstkonzepts* (Schwanzer 2002), die sich auf computerbezogene Selbsteinschätzung beziehen. Bei Konzept 3 wurde außerdem die Frage gestellt, inwiefern die

Erwartungen im digitalen Format des LLL erfüllt werden konnten. Der Fragebogen aus Teilstudie B beinhaltet zwei allgemeine Fragen: (1) Welche Wünsche würden Sie an die Lehrkräftebildung stellen, um auf ein digitales LLL mit Schülerinnen und Schülern vorbereitet zu werden? (2) Welche Chancen und Herausforderungen sehen Sie, über ein digitales LLL mit Schülerinnen und Schülern z. B. eine Unterrichtseinheit durchzuführen? Zudem umfasst diese Teilstudie 26 Items der psychometrisch validierten Skala zum *Computerselbstkonzept* nach Schwanzer (2002). Alle offenen Fragen wurden mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2000) induktiv kategorisiert. In Bezug auf die Fragen 1, 3–5 haben sich zwei Kategorien ergeben: Die *inhaltsbezogenen Wahrnehmungen* zielen auf die Lerninhalte des Seminars ab, welche das Anlegen eines Forscherheftes oder das Ausprobieren neuer Methoden/Medien mit geringem Risikofaktor betreffen. Bei den *prozessbezogenen Wahrnehmungen* liegt der Fokus auf dem Praxistag, der die Planung/Durchführung und die Unterrichtseinheit beispielsweise miteinschließt. Hinsichtlich der Frage 2 haben sich sowohl *negative Gefühle/Emotionen* (z. B. Anspannung oder Angst) und *positive Gefühle/Emotionen* (z. B. Freude oder Interesse) als Kategorien ergeben. Jede Kategorie konnte pro Person einen Maximalwert von ‚eins‘ erreichen. Die Cronbachs Alpha Werte [Paket psych, Methode nach Revelle (2012)] wurden für die Reliabilitäten der Variablen für die quantitativen Auswertungen herangezogen.

Ergebnisse

Erwartungshaltungen im Lehr-Lern-Labor (LLL)

Insgesamt haben sich aus vier offenen Fragen zwei Hauptkategorien (inhaltsbezogene und prozessbezogene Wahrnehmungen) mit Unterkategorien induktiv manifestiert (Tab. 1). Bezogen auf die Frage, inwiefern der Besuch im LLL Master-Lehramtsstudierende auf zukünftige Tätigkeiten in der Schule vorbereiten kann (1), zeigen sich bei Konzept 3 und 4 mit Kontakt zu Schülerinnen und Schülern mehr Äußerungen hinsichtlich des *Experiments*, der *Reflexion* und der *Auftrittskompetenz/Umgang mit Lernenden* als bei Konzept 1 und 2. Bei der Frage, welche Chancen (2) und Bedenken (3) mit der Tätigkeit am Praxistag im LLL bei Master-Lehramtsstudierenden verbunden werden, kommt hinzu, dass einige *Ängste bei der Zeiteinteilung* äußern (Tab. 1). Insgesamt werden mehr *prozessbezogene* als *inhaltsbezogene* Antworten über alle Fragen hinweg gegeben.

Bei der Frage, welche Emotionen und Gefühle Master-Lehramtsstudierende mit der Tätigkeit am Praxistag im LLL verbinden (4), werden mehr positive

Tab. 1 Erwartungshaltungen von Master-Lehramtsstudierenden im Lehr-Lern-Labor

	Kategorien	Frage			
		(1) $n=44$	(2) $n=30$	(3) $n=23$	(5) $n=22$
Inhaltsbezogene Wahrnehmungen	Zeit	0	0	3	0
	Methoden	5	3	0	3
	Material	3	0	0	1
	Experimente	12	1	3	0
	Theorie/Wissen	5	1	6	2
Prozessbezogene Wahrnehmungen	Praxisbezug	13	18	0	14
	Unterrichtseinheiten	19	10	2	7
	Umgang mit Lernenden	6	3	1	2
	Reflexion	10	6	5	5
	Planung & Durchführung	21	7	7	6
	Kontakt zu Lernenden	12	5	9	6

Wahrnehmungen ($n=39$) als negative ($n=21$) genannt. Die meisten Master-Lehramtsstudierenden ($n=33$) verbinden den Tag im Vorfeld mit *Vorfreude*, *Aufregung*, *Anspannung* und *Interesse* und weniger häufig mit *Spannung*, *Respekt*, *Besorgnis*, *Unsicherheit*, *Stress* und *Angst*. Im Hinblick auf mögliche verpasste Chancen im Zweitfach, wenn dort kein Praxisbesuch in einem LLL vorgesehen ist (5), fehlt bei mehr als der Hälfte aller Master-Lehramtsstudierenden dort der *Praxisbezug* (Tab. 1). Bei Konzept 3 und 4 fehlt bei einem Drittel aller Master-Lehramtsstudierenden die mangelnde *Reflexion* der selbstentwickelten Unterrichtseinheit.

Motivation, Flow-Erleben und Lernemotionen

Bei der *Motivation* zeigen die Variablen *Selbstbestimmtheit* ($M=3,95$; $SD=0,84$), *Intrinsische Motivation* ($M=3,93$; $SD=0,78$), *Interesse* ($M=3,64$) und *Lehrer-Selbstwirksamkeit* ($M=3,76$; $SD=0,75$) hohe Werte. Das allgemeine Interesse ($M=4,24$; $SD=0,92$) ist dabei höher als das situative ($M=3,09$; $SD=1,29$). Nach

dem Praxistag haben die Werte *Flow* und *Besorgnis* ohne Kontakt zu Schülerinnen und Schülern eine geringere Standardabweichung als mit Kontakt. Beim digitalen Konzept ist das *Flow-Erleben* höher als in der Schule. Die Cronbachs Alpha Werte zeigen Werte von 0,7 für *Flow-Erleben* und 0,5 für *Bedenken*. Bei den *Lernemotionen* zeigt die Variable *Wohlfühlen* einen höheren Wert ohne Kontakt zu Schülerinnen und Schülern an als mit Kontakt. Die Variable *Angst* ist beim digitalen Konzept am höchsten. Der Wert der Variable *Langeweile* ist über alle Konzepte hinweg niedrig. Die Cronbachs Alpha Werte zeigen Werte von 0,85 für *Wohlfühlen*, 0,83 für *Angst* und 0,74 für *Langeweile* über alle Teilnehmenden hinweg an (Tab. 2).

Erwartungshaltungen und Computerselbstkonzept im digitalen Lehr-Lern-Labor (LLL)

Die Frage, inwiefern die Erwartungen im digitalen Format des LLL erfüllt werden konnten (Konzept 3), haben 12 Master-Lehramtsstudierende kontrovers

Tab. 2 Lernemotionen Beispiele [angelehnt an Laukenmann et al. (2003) und mit * erweitert]

	Item:	Mittelwerte/Standardabweichungen bezüglich der Frage			
		1	2	3	4
Wohlfühlen	LEMO_25: Ich freue mich, dass ich meine Ideen in Bezug auf meinen Unterricht im LLL umsetzen konnte. *	4,08 0,58	4,00 0,63	4,00 0,45	3,70 1,03
	LEMO_34: Ich fühlte mich bei meiner Tätigkeit in Bezug auf meinen Unterricht im LLL ausgeglichen. *	4,08 0,62	4,40 0,49	3,22 0,53	3,60 1,07
Angst	LEMO_27: Wenn ich an meinen Unterricht im LLL denke, habe ich ein beklemmendes Gefühl	1,25 0,59	1,20 0,40	1,98 0,99	2,00 1,37
	LEMO_29: Wenn ich an meinen Unterricht im LLL denke, fühlte ich mich unter Druck gesetzt	1,33 0,46	1,60 0,49	2,56 0,73	2,20 1,03
Langeweile	LEMO_21: Wenn ich an meinen Unterricht im LLL denke, habe ich mich gelangweilt	1,67 0,62	1,40 0,49	1,67 0,70	1,50 0,68
	LEMO_36: Wenn ich an meinen Unterricht im LLL denke, bin ich frustriert. *	1,33 0,37	1,00 0,00	1,78 0,76	2,30 1,56

beantwortet. Das *Computerselbstkonzept* zeigte Werte zwischen 1,33 und 2,67 an und lag im Durchschnitt unter dem Mittelwert von 2,50 ($M=2,12$; $SD=0,37$). Während eine Teilnehmerin (ID_24) mit einem hohen Computerselbstkonzept-Wert tendenziell positiv argumentierte: *Meine Erwartungen wurden auf jeden Fall erfüllt, da es technisch umsetzbar ist und die Motivation der Schülerinnen und Schüler hochhält*, schlussfolgerte ein anderer Teilnehmer (ID_31) mit einem niedrigeren Computerselbstkonzept-Wert gegensätzlich: *Topia hat sich leider als weniger effektiv/förderlich erwiesen. Die Plattform bietet eine anschauliche Welt, jedoch ist die Technik noch nicht ausgereift genug, um dies effektiv an unseren Praxistagen zu verwenden*. Tendenziell wurden die Erwartungen nur bedingt erfüllt. Argumente entgegen der Erwartung lagen bei der *erschweren Handhabung* (englische Sprache), einem erhöhten *Zeit- und Arbeitsaufwand* sowie der *Sicherstellung* des Unterrichts. Die Einbettung weiterer Tools (z. B. Book Creator, Padlet) konnte nur durch Öffnung eines externen Fensters erfolgen. Bedenken gab es hinsichtlich einer möglichen *Ablenkung der Schülerinnen und Schüler* während des Unterrichts. Argumente dafür sprechen für die *Unabhängigkeit des Ortes* und mehr *Speicherplatz* innerhalb des Tools, was die Vorbereitung der Protokolle erleichterte. Bei Teilstudie B haben bei der Frage, welche Wünsche an die Lehrkräftebildung gestellt werden, um auf ein digitales Lernlabor mit Schülerinnen und Schülern vorbereitet zu werden, 33 Bachelor-Lehramtsstudierende geantwortet. Nahezu alle wünschen sich *zusätzliche Angebote* in Form eines Moduls *digitaler Einbettungen* und die *erforderlichen Grundkenntnisse gängiger Programme*. Des Weiteren werden auch *Hilfestellungen* bezüglich sicherer Recherche und technische Hilfestellungen genannt. Hinsichtlich der Frage, welche Chancen und Herausforderungen, im digitalen Lernlabor mit Schülerinnen und Schülern eine Unterrichtseinheit durchzuführen, gesehen werden, haben 29 Bachelor-Lehramtsstudierende geantwortet. Chancen werden hauptsächlich mit *neuen Inhalten* verbunden, welche motivationsfördernd sein können. Bachelor-Lehramtsstudierende sehen die Erweiterung der *Medienkompetenz* als große Chance im digitalen LLL. Als letzter Punkt wird auch die *Ortsunabhängigkeit* begrüßt. Herausforderungen sehen Bachelor-Lehramtsstudierenden hinsichtlich neuer Hürden. Häufig wird die allgemeine *Infrastruktur* bemängelt, die die *Kommunikation* zwischen der Lehrkraft und den Schülerinnen und Schülern erschwert [z. B. ID_72: *Nicht jede/r Schülerinnen und Schüler besitzt die Möglichkeiten digital teilzunehmen (sozial schwache Familien), Kosten! Stabile Internetverbindung, Stromverbindung; weniger Frontalunterricht kann für ein schlechteres Verhältnis zwischen Schülerinnen und Schüler und Lehrkraft sorgen, wenn die Lehrkraft „es nicht kann.“*]. Auch werden Bedenken hinsichtlich der Betreuung und möglicher *Ablenkung* der Schülerinnen und Schüler genannt [z. B.

ID_9: *Lernlabore sollten barrierefrei zugänglich sein sowie auch für Schülerinnen und Schüler mit Beeinträchtigung der geistigen Entwicklung zugänglich gemacht werden*]. Vereinzelnd werden auch Ängste ausgesprochen [z. B. ID_17: *hoffe ich, dass die Online-Lehre an Schulen, bis ich den Lehrberuf antrete, einen Rückgang erlebt*], die in diesem Fall mit einem niedrigen Wert des Computerselbstkonzepts ($M=1,80$) zusammen hängen könnten. Die Auswertung der quantitativen Analyse des Computerselbstkonzepts zeigt über alle Teilnehmenden hinweg hohe Werte ($M=2,50$; $SD=0,60$). Werte über dem Durchschnitt zielen auf Items bezogen auf den *allgemeinen Umgang mit Computern* ($M=3,19$; $SD=0,63$), *Nutzung des Internets für gezielte Rechercharbeiten* ($M=3,33$; $SD=0,54$), *Erstellen von Texten oder Bildern* ($M=3,14$; $SD=0,75$), *Nutzung von Apps* ($M=2,71$; $SD=1,11$), *Software* (Sicherer Umgang mit Dateiformaten, Softwareinstallationen, Downloads) ($M=2,62$; $SD=0,94$) und die *Erstellung von Videos* (z. B. Prezi) ($M=2,57$; $SD=0,66$). Werte unter dem Durchschnitt betreffen Items wie das *Programmieren* ($M=1,46$; $SD=0,46$), *Beheben von Störungen/ Fehlermeldungen/technischen Defekten* ($M=1,91$; $SD=0,60$), *Hardware* (Erweiterung des Speicherplatzes, Austausch verschiedener Bauteile) ($M=1,78$; $SD=0,90$) und *Auswertungen von Daten sowie Erstellung von Messergebnissen/ Diagrammen* ($M=2,25$; $SD=0,89$). Nach der Aufteilung von DiKoLAN (von Kotzebue et al. 2021) liegen die allgemeinen Kompetenzen ($M=3,22$; $SD=0,69$) über den fachlichen Kompetenzen ($M=2,50$; $SD=1,09$).

Diskussion und Fazit

Alle Ergebnisse stellen zunächst vorläufige Tendenzen aufgrund der begrenzten und pandemiebedingt rückläufigen Zahl der Teilnehmenden im Seminar *Lehren und Lernen im Schülerlabor* dar. Die Studie hat gezeigt, dass die Motivation der Master-Lehramtsstudierenden mit den Variablen *Selbstbestimmtheit*, *Intrinsische Motivation*, *Interesse* und *Lehrer-Selbstwirksamkeit* über alle vier Konzepte sehr hoch ist und die Grundvoraussetzung für den späteren Beruf begünstigt. Hinsichtlich des Feldes *Umgang mit Stress und Emotionen* deuten die Erwartungshaltungen sowohl auf positive als auch negative Emotionen/Gefühle am Praxistag (z. B. Vorfreude, Aufregung, Anspannung, Besorgnis, Unsicherheit, Stress und Angst) hin. Beim Flow-Erleben sollte die Variable *Bedenken* mit nur drei Items überarbeitet werden, was auf den niedrigen Cronbach Alpha Wert hindeutet. Die *Lernemotionen* haben wiederum am Praxistag gezeigt, dass der Schülerkontakt bei Konzept 3 und 4 vermehrt Ängste auslösen kann und das Wohlbefinden gegenüber Konzept 1 und 2 senkt. Die Möglichkeit, den Unterricht eigenständig

zu planen und ohne Notenzwang im Lehr-Lern-Labor (LLL) auszuprobieren, schätzen die Master-Lehramtsstudierenden sehr, was sich in den Erwartungshaltungen positiv widerspiegelt. Die Antworten bezüglich des Zweitfaches, wenn kein Besuch im LLL ansteht, verdeutlicht dies. Es haben sich jedoch auch Unterschiede beim *Flow-Erleben* und den *Lernemotionen* mit und ohne Kontakt zu Schülerinnen und Schülern gezeigt. Master-Lehramtsstudierende scheinen an Sicherheit und Kontrolle festzuhalten, um mit ihrer Angst und Unsicherheit *was kommt auf mich zu* adressatengerecht und flexibel umgehen zu können. Durch die Corona-Pandemie wurde die Digitalisierung nochmals angekurbelt und nach dem dringenden Appell eines weiteren Ausbaus in den Schulen als Maßnahme im neuen Koalitionsvertrag aufgenommen. Insgesamt liegt das Computerselbstkonzept bei Bachelor-Lehramtsstudierenden höher als bei den Masterstudierenden (Konzept 3, Teilstudie A). Dies kann einerseits auf die kleine Stichprobe hindeuten oder andererseits auf die pandemisch bedingte Situation. Die meisten Bachelor-Lehramtsstudierenden haben die meiste Zeit oder ausschließlich Online-Veranstaltungen besucht. Die Wünsche, die an die Lehrkräftebildung gestellt werden, um auf ein fiktives digitales LLL mit Schülerinnen und Schülern vorbereitet zu werden, liegen eindeutig bei der Verbesserung innerhalb des universitären Angebotes (teilweise wird das erst im Masterstudiengang angeboten). Beide Teilstudien haben gezeigt, dass digitale LLL sowohl Vorteile als auch Hürden mit sich bringen. Hinsichtlich des Praxistags müssen einfache Tools gefunden und diese auch eingeübt werden. Werte des Computerselbstkonzepts könnten Hinweise auf Schwächen liefern, welche gezielt geschult werden sollten. Insgesamt muss die Professionalisierung von Lehrerinnen und Lehrern an die beschleunigte Digitalisierung angepasst werden, damit Lehramtsstudierende auf den Schuldienst besser vorbereitet werden. Noch immer wird die Informationstechnischen Grundbildung (ITG) nur vereinzelt in Bundesländer verpflichtend als Schulfach angeboten (Schwarz et al. 2021). Die Heterogenität bezüglich digitaler Kompetenzen wird sehr hoch, wenn Studierenden aus unterschiedlichen Regionen kommen. Auch müssen mehr Anreize für Lehrkräfte im Schuldienst geschaffen werden, sich fortzubilden. Während in Bayern Weiterbildungen für Lehrkräfte verpflichtend sind, sind in anderen Bundesländern die Angebote freiwillig. Die Relevanz der Digitalisierung wird rückblickend mit allen Hürden der Corona-Pandemie deutlicher.

Förderhinweis Das diesem Artikel zugrunde liegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen ‚Qualitätsoffensive Lehrerbildung‘ von Bund und Ländern mit Mitteln des

Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1913 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin.

Literatur

- Bandura, A. (1982). Self-efficacy mechanism in human agency. *American Psychologist*, 37(2), 122–147.
- BITKOM. (2015). Digitale Schule – vernetztes Lernen. Ergebnisse repräsentativer Schüler- und Lehrerbefragungen zum Einsatz digitaler Medien im Schulunterricht. Abgerufen am 18.10.22 von <https://www.bitkom.org/sites/main/files/file/import/BITKOM-Studie-Digitale-Schule-2015.pdf>
- Csikszentmihalyi, M., & Nakamura, J. (1979). The concept of flow. *Play and learning*, 257–274.
- Csikszentmihalyi, M. (1985). *Das flow-Erlebnis: jenseits von Angst und Langeweile: im Tun aufgehen*. Klett-Cotta.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *ZfP*, 39(2), 223–238. <https://doi.org/10.25656/01:11173>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2008). Facilitating optimal motivation and psychological well-being across life's domains. *Canadian Psychology*, 49(1), 14–23. <https://doi.org/10.1037/0708-5591.49.1.14>
- Eagly, A., & Chaiken, S. (1993). *The psychology of attitudes*. Harcourt brace Jovanovich college publishers.
- Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., & Vahrenhold, J. (2019). *Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Waxmann
- Frenzel, A. C., Goetz, T., Lüdtke, O., Pekrun, R., & Sutton, R. E. (2009). Emotional Transmission in the Classroom: Exploring the Relationship Between Teacher and Student Enjoyment. *J Educ Psychol*, 101(3), 705–716. <https://doi.org/10.1037/a0014695>
- Glynn, S. M., Brickman, P., Armstrong, N., & Taasobshirazi, G. (2011). Science motivation questionnaire II: validation with science majors and nonscience majors. *J Res Sci Teach*, 48(10), 1159–1176. <https://doi.org/10.1002/tea.20442>.
- Götz, T., Frenzel, A. C., & Pekrun, R. (2007). Emotionen im Lern- und Leistungskontext. *Katechische Blätter*, 132(1), 13–19.
- Höfle, C., & Winkler, H. (2023). „Es erschien mir eine unüberwindbare Mauer zu sein.“ Das Entwickeln und Erproben digital gestützter Lerneinheiten im „Lernlabor Wattenmeer“. In M. Meier, G. Greefrath, M. Hammann, R. Wodzinski & K. Ziepprecht (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung* (S. XX). Springer.
- Jackson, S. A., & Marsh, H. W. (1996). Development and validation of a scale to measure optimal experience: The flow state scale. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 18(1), 17–35. <https://doi.org/10.1123/jsep.18.1.17>

- von Kotzebue, L., Meier, M., Finger, A., Kremser, E., Huwer, J., Thoms, L. J., et al. (2021). The framework dikolan as basis for the self-assessment tool dikolan-grid. *Educ Sci*, *11*(12). <https://doi.org/10.3390/educsci11120775>
- Krapp, A., Hidi, S., & Renninger, K. A. (1992). Interest, Learning and Development. In K. A. Renninger, S. Hidi, & A. Krapp (Hrsg.), *The Role of interest in Learning and Development* (S. 3–26). Lawrence Erlbaum Publishers.
- Krapp, A., Hidi, S., & Renninger, K. (2014). *Interest, Learning, and Development*. In A. Renninger, K.A., Hidi, S. & Krapp, A. (Hrsg.), *The role of interest in learning and development*. Psychology Press.
- Kusurkar, R. A., Croiset, G., & Cate, O. T. J. Ten. (2011). Twelve tips to stimulate intrinsic motivation in students through autonomy-supportive classroom teaching derived from self-determination theory. *Medical teacher*, *33*(12), 978–982.
- Laukenmann, M., Bleicher, M., Fuß, S., Gläser-Zikuda, M., Mayring, P., & von Rhöneck, C. (2003). An investigation of the influence of emotional factors on learning in physics instruction. *Int J Sci Educ*, *25*(4), 489–507. <https://doi.org/10.1080/09500690210163233>
- Maurer, M., & Bogner, F. X. (2022). Green Awareness in Action of Saving Energy in School Life: Modeling Environmental Literacy in Theory and Practice Experience. In M. Lackner, B. Sajjadi & W. Chen (Hrsg.), *Handbook of Climate Change Mitigation and Adaptation* (3. Aufl.). Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72579-2_157
- Mayring, P. (2000). Qualitative Content Analysis. *Qualitative Social Research*, *1*(2).
- Revelle, W. (2012). Procedures for psychological, psychometric, and personality research. *Acesso em*, *9*. <https://doi.org/10.1007/s11336-008-9102-z>
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R., & Engeser, S. (2003). Die Erfassung des Flow-Erlebens. In J. Stiensmeier-Pelster & F. Rheinberg (Hrsg.), *Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept* (Band 2., S. 261–279). Hogrefe Verlag.
- Römer, J., Rothland, M., & Straub, S. (2018). Pädagogische Vorerfahrungen und ihre Bedeutung für die Kompetenzeinschätzung und das Flow-Erleben beim Unterrichten im Praxissemester. In J. König, M. Rothland & N. Schaper (Hrsg.), *Learning to Practice, Learning to Reflect?* (S. 223–240). Springer.
- Rosenberg, M. J., & Hovland, C. I. (1960). Cognitive, affective, and behavioral components of attitudes. In M. J. Rosenberg, C. I. Hovland, W. J. McGuire, R. P. Abelson & J. W. Brehm (Hrsg.), *Attitude organization and change* (Vol. III. S. 1–14, Yale Univer. Press.
- Ryan, R. M. (1993). Agency and organization: Intrinsic motivation, autonomy and the self in psychological development. In J. Jacobs (Hrsg.), *Nebraska symposium on motivation* (S. 1–54). University of Nebraska Press.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000a). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemp Educ Psychol*, *25*(1), 54–67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000b). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *Am Psychol*, *55*(1), 68–78. <https://doi.org/10.1037//0003-066x.55.1.68>.
- Schöne, C., Dickhäuser, O., Spinath, B., & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Das Fähigkeits-selbstkonzept und ihre Erfassung. In F. Stiensmeier-Pelster & J. Rheinberg (Hrsg.), *Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept* (S. 3–14). Hogrefe Verlag.

- Schulze-Vorberg, L., Krille, C., & Fabriz, S. (2021). Lehrkräftefortbildungen zu digitalen Medien. *ZfE*, 24, 1113–1142. <https://doi.org/10.1007/s11618-021-01046-z>
- Schwanzer, A. (2002). Entwicklung und Validierung eines deutschsprachigen Instruments zur Erfassung des Selbstkonzepts junger Erwachsener. *Materialien aus der Bildungsforschung*. Max Plank Institute for Human Development.
- Schwarz, R., Hellmig, L. & Friedrich, S. (2021) Informatikunterricht in Deutschland – eine Übersicht. *Informatik Spektrum* 44, 95–103. <https://doi.org/10.1007/s00287-021-01349-9>
- Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (1999). Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Freie Universität Berlin.
- Taştan, S. B., Davoudi, S. M. M., Masalimova, A. R., Bersanov, A. S., Kurbanov, R. A., Boiarchuk, A. V., & Pavlushin, A. A. (2018). The impacts of teacher's efficacy and motivation on student's academic achievement in science education among secondary and high school students. *EURASIA J Math Sci Tech*, 14(6), 2353–2366. <https://doi.org/10.29333/ejmste/89579>.



Motivational Orientations in Teaching-Learning Laboratories in Chemistry

Comparison of Real and Digital Conditions

Sabrina Syskowski und Olga Kunina-Habenicht

Introduction

Conducting experiments is an essential part of teaching chemistry in school to develop students' subject-specific content knowledge about experimentation and their ability to experiment (Rieß et al. 2012). At the same time, experimental activity can enhance the social behavior of the students (Hoffstein and Mamlok-Naaman 2007) as well as motivation and interest in the particular subject (Jenett et al. 2004; Syskowski et al. 2020).

There are informal, formal, and non-formal opportunities to learn, which enhance the abilities to carry out experiments (Baum et al. 2013). While informal opportunities for learning are situations that are reflected in everyday life, regular science classes in school provide formal learning opportunities. Student laboratories provide additional non-formal opportunities for students to get in touch with science experiments outside of official institutions (Baum et al. 2013). They also provide opportunities for pre-teachers to learn how to teach in experimental settings, named teaching-learning laboratory (TLL). With emphasis on classroom management, planning, implementation, and reflection on work

S. Syskowski (✉)

Department of Science Education, Universität Konstanz, Konstanz, Deutschland

E-Mail: sabrina.syskowski@uni-konstanz.de

O. Kunina-Habenicht

Psychological Assessment, Technische Universität Dortmund, Dortmund, Deutschland

E-Mail: olga.kunina-habenicht@tu-dortmund.de

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

M. Meier et al. (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung*, Edition Fachdidaktiken, https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_30

with students all of paramount importance for experimental lessons and the future application of pre-service teachers (Terhart 2002).

‘LernortLabor’, the biggest German association of student laboratories, characterizes the core features of TLLs in distinction to classical student laboratories as a supervision of students by pre-service teachers at student laboratories and working on topics in line with the school curriculum (Haupt et al. 2013). This definition depicts the core feature of TLL, the design of teaching-learning settings in which pre-service teachers learn to strengthen their experimental teaching abilities by teaching students in a safe environment (Brüning and Käpnick 2020). However, this definition is too broad for all types of TLLs. Therefore, another common feature of TLLs is the combination of the strengths of other concepts, such as student laboratories and teacher training (microteaching), into their own characteristic features (Brüning et al. 2020).

Another common feature is in the structural framework of TLLs. TLLs are implemented in the module plans of teacher training programs and take place in a university setting. This individual characteristic underlying the structural TLL framework can then vary and depends on the organization where the TLLs takes place, the space, time, and financial resources available (Weusmann et al. 2020).

According to Roth and Priemer (2020) all TLLs largely undergo a cyclical sequence with five steps. The steps include (a) planning the learning environment, (b) implementing the learning environment, (c) diagnosis and feedback as well as (d) its reflection during and on action, which are (e) further analyzed in an adaption.

Prior to the Covid-19 lockdown, TLLs took place predominantly in the presence of on-site labs and a switch to virtual TLL was necessary (Syskowski 2021).

Theoretical Background

Teacher Self-Efficacy

Teacher self-efficacy as one important aspect of motivational orientation and includes the subjective conviction that, according to one’s own assessment, one is able to implement new or special requirements that are difficult to master in the classroom (Kunter et al. 2011; Bandura 2012). Adjustments of teacher self-efficacy can be applied during experiences and feedback, which then may lead to reflection processes (Bach 2013). Thus, pre-service teachers must first analyze their behaviour in the classroom in order to then reflect on their actions and themselves as learners (Stiller 2016).

Based on the general concept of teacher self-efficacy, Tschannen-Moran and Hoy (2001) and Weiß et al. (2020) proposed a more detailed differentiation of teacher self-efficacy by introducing four facets: teacher self-efficacy classroom management, planning, teaching, and reflecting. In particular, teacher self-efficacy classroom management reflects one of the three subfacets of the Teacher's Sense of Efficacy Scale (Tschannen-Moran and Hoy 2001). Teacher self-efficacy classroom management represent the teacher self-efficacy to be competent in implementing classroom management, even if the class context seems to be difficult. The same applies to planning, teaching, and reflecting (Weiß et al. 2020).

Previous research found contradictory results regarding the development of teacher self-efficacy during university studies. Whereas some authors found stagnation (Weiß et al. 2020) or an increase (Hoy and Spero 2005) others reported stagnation in combination with decreasing and increasing of teacher self-efficacy during university time (Schüle et al. 2017). Practice phases with students including reflection, supervision, and activation of knowledge differ from study phases excluding such practice phases regarding the influence of teacher self-efficacy (Bach 2013; Fives et al. 2007). Most of the studies regarding situational specific teacher self-efficacy confirm a positive effect of practice phases with students (Schüle et al. 2017; Weiß et al. 2020). In doing so, a high teacher self-efficacy likely forms a protective factor during the first practice phases (Fives et al. 2007). Insufficient supervision and support, excessive demand and failure are related to negative teacher self-efficacy processes (Hoy and Spero 2005).

TLLs aim at practice phases in a safe as well as complexity reduced environment. At the same time, pre-service teachers should be challenged so that TLLs can increase different aspects of teacher self-efficacy. In the subjects biology and chemistry for example, a significant increase in teacher self-efficacy regarding experimenting is present in pre-service teachers, after a TLL term (Kobl 2021). In physics, teacher self-efficacy regarding experimenting has no significant increase (Krofta and Nordmeier 2014). Besides, TLLs in the subject physics as well as in STEM- subjects, a significant increase in teacher self-efficacy regarding planning, educating, and reflecting were reported (Dohrmann 2019; Weiß et al. 2020). In a study of various TLLs (history, physics, english, Primary Education) the Pfitzner-Eden et al. (2014) did not show a decrease or an increase on teacher self-efficacy after the first or the seconde field experience (Klempin et al. 2019).

To date, a variety of research on TLLs and teacher self-efficacy in STEM subjects has been conducted on a site-specific basis. Differences between TLLs in feedback and reflection in chemistry have not yet been exclusively studied, although positive feedback has an positive impact on motivation in general and

thus on teacher self-efficacy in particular (Rehfeldt et al. 2018; Bosse et al. 2020; Fishbach and Finkelstein 2012; Fishbach et al. 2010).

Interest

According to Krapp (2018) interest can be defined as a special relationship of a person to an object, singled out by certain characteristics. Interest is perceived as a multidimensional construct at its core and can refer to activities, skills, and techniques (Krapp 2018). Subjectively perceived appreciation or emotional experience is included in the degree of interest (Schiefele et al. 2018). Perceptions of interest are shaped by both stable personal preferences and situational environmental influences (Renninger and Hidi 2011). Nachtigall et al. (2018) point out that situational interest represents a specific construct targeting a content-related motivational quality, which arises in a current learning situation. Situational interest is captured by the fact that particular incentive conditions of the (learning) environment elicit a specific motivational state, in this study, participation in TLL (Krapp 1992). Consequently, interest is a part of motivational orientation such as teacher self-efficacy (Kunter et al. 2011). Knogler et al. study (2015) provides the following definition of situational interest: Firstly, the situational interest comprises the attention stimulated by the seminar and the positively evoked emotion (Catch). Secondly, it describes the individually perceived value-related valence that the pre-service teacher assigns to the work in the seminar, i.e., to the supervision in a chemistry student laboratory (Hold). The hold component also includes delving further into the topic and searching for new information (epistemic orientation) (Knogler et al. 2015).

As outlined above, TLLs are intended to foster interest in learners and, more specifically, in prospective teachers for content in their future careers (Priemer und Roth 2020; Syskowski et al. 2020). Studies show, that students attribute a high interest not only regarding the content of the seminar, but also regarding the pre-service teachers' interest, which is mirrored in the self-evaluation of interest (Syskowski et al. 2020).

Research Aims and Research Questions

The present study reduces the research desideratum identified by Rehfeldt et al. (2018) and Bosse et al. (2020) by comparing different TLLs formats in the same sub-subject. Thus, the main objective of the present study was to empirically

investigate the influence of different feedback conditions as well as the guidance of the reflection process in TLLs in chemistry on the motivational orientations of pre-service chemistry teachers. In doing so, the adaptations of pre-service teachers' teacher self-efficacy related to classroom management, planning, teaching, and reflecting during their experience with TLLs in chemistry are recorded. Hence this study aims to replicate the teacher self-efficacy results of Weiß et al. (2020) and Dohrmann (2019) in STEM and physics TLL studies for the subject of chemistry. Our goal was also to promote the specific interest of pre-service teachers in working in experimental settings with students, so that they use such settings in their teaching activities.

The formats differed in terms of the feedback conditions as well as of the guidance of the reflection process. The following research questions were posed:

FF1: What effect do TLLs have on teacher self-efficacy and interest of pre-service chemistry teachers?

FF2: Is there a difference in the level of teacher self-efficacy of pre-service teachers between TLLs in chemistry with more or less guided reflection and different feedback conditions?

Method

Sample

In order to address this research questions, the current study considered 62 (68) pre-service chemistry teachers in three different groups. Six datasets had to be deleted listwise. They have an average age of 23.16 years ($SD=2,07$) and are from five universities in Baden-Württemberg, Germany. All TLLs follow the cyclical sequence (a-e) according to Roth and Priemer (2020). In all groups, pre-service teachers individually plan (a) given experiments, (b) including feedback, diagnosis, (c) and opportunities to reflect (d). The adaption happens (e) in all groups and leads to adjustment in planning, which means that the cyclical sequence starts again from the beginning. Each group was supposed to go through the cyclical sequence at least six times, iteratively adapting the initial planning. However, due to illness and unforeseeable circumstances, some pre-service teachers did not complete all intended iterations. Two main goals were pursued in the TLLs. The first goal in all groups was to practice teaching repetitively and supervising students. All groups additionally focused on observing the teaching situation. Therefore, all groups fulfill the requirements

proposed by the ‘LernortLabor’ (see TLL). The second goal was to reflect during the action of TLL as well as on action retrospectively. Options for guidance of reflections and feedback conditions are almost the same in the experimental and pandemic group, but different from the control group (Table 1).

Study Design

To answer the research questions, a quasi-experimental group comparison of TLLs of chemistry with pre-post-intervention started with control and experimental group. The second semester with new pre-service teachers could not go normally. Due to the lockdown caused by Covid-19, students and pre-service teachers were not able to come to the students’ laboratories at universities so that experimentation in presence could not be implemented for the second interval (April-July 2020). In order to continue carrying out the study, the pandemic group was set up. Pre-service teachers in this group worked on experiments at home in a digital setting using the platform cisco WebEx. The intended school track of the students is the same in the experimental and pandemic group (secondary and high school), in control group it is high school and primary.

The data set includes four questionnaire scales in a pre and post self-report questionnaire. Data collection took place at the beginning of (t1) and at the end of each TLL (t2) during both 14-week intervals in October 2019/February 2020 and April 2020/July 2020, respectively. In the first study interval a paper-pencil test was used while in the second phase, the same questionnaire survey was

Table 1 Sample and group differences (EG: experimental group, CG: control group, PG: pandemic group, TOTAL: all groups)

	EG	CG	PG	TOTAL
Semester	WiSe19/20	WiSe19/20	SoSe20	WiSe19/20 + SoSe20
TLL	3	3	2	8
<i>n</i> (f/m/d)	26 (11/15/0)	22 (18/3/1)	14 (8/6/0)	62 (37/24/1)
Time with students	3 h	3 h	1 h	
Feedback	Peer, experts	Experts	Peer, experts, students	
Reflection	Diary	–	Diary	

conducted with the open-source online tool Limesurvey (Limesurvey GmbH). Since these are self-reported by the pre-service teachers, we assume that, as with PISA, there are no mode effects (Reiss et al. 2016). Demographic data were only collected in the pre-test.

The teacher self-efficacy regarding classroom management, as one of the three sub facets of the Teacher's Sense of Efficacy Scale descended scale of the BilWiss questionnaire, was used in parts in pre- and post-test (Kunter et al. 2017; Tschannen-Moran and Hoy 2001). An item regarding routines was not used because new classes were coming in TLLs and thus, a routine could not be developed. In addition, questions were not asked about teacher self-efficacy in lessons in general, but about the implementation of the learning environment in TLL. Therefore, following the rules in laboratories and not in classrooms were also relevant. The pre-service teachers rated their skills on a scale from one (very poor) to six (very good) and their ability from one (very little) to six (very much). A scale for teacher self-efficacy planning, teaching, and reflecting was given from one (is not true) to four (exactly right) (Weß et al. 2020). This scale was adopted without changes.

Situational interest is captured by the posttest by twelve items by means of five-point Likert scales (one – not at all to five – very much) (Knogler et al. 2015). At this point, the original object of the scale, interest from students related to lessons, was changed to pre-service teachers and their experience in working with students in experimental learning settings.

The internal consistencies of the original scales were very good (.71–.92, Table 2), which is why all scales were used in similar way. Since all original scale range have not been adjusted, there is no agreement on the range of the different scales. In this study, the internal consistencies are also satisfactory to very good (.63–.87, Table 2).

Data Analysis

All analyses were conducted in R (R Core Team 2016). The question focusing on teacher's self-efficiency were tested using mixed ANOVA. For the interest scales only descriptive analyses were conducted. Since the scores for the scales for teacher self-efficacy were normally distributed (graphical check with linear model and QQ plot of residuals for pre-and post-test and each group (experimental group, control group, pandemic group) and Shapiro-Wilk test of normality), a

Table 2 ANOVA table – Group comparison (experimental group, control group, pandemic group) of scales on teacher self-efficacy

Scale (range, α , α Literature)	Pre M (SD)	Post M (SD)		F (df _n , df _d)	* p<,05	η^2
TSE classroom management (1–6, ,87, ,86)			Pre-post	25,69 (1/59)	<,001 *	0,080
			Groups: pre- post	0,70 (2/59)	,500	0,005
TSE teaching (1–4, ,67, ,74)	3,0 (.3)	3,2 (.2)	Pre-post	28,70 (1/59)	<,001 *	0,098
			Groups: pre- post	0,09 (2/59)	,915	0,001
TSE planning (1–4, ,69, ,72)	2,7 (.2)	3,0 (.1)	Pre-post	33,11 (1/59)	<,001 *	0,166
			Groups: pre- post	0,55 (2/59)	,580	0,007
TSE reflecting (1–4, ,63, ,79)	2,8 (.4)	3,1 (.3)	Pre-post	25,70 (1/59)	<,001 *	0,123
			Groups: pre- post	0,889 (2/59)	,417	0,010

Annotation. TSE: teacher self-efficacy; α : Cronbachs α^* ; F: F-distribution (F-test); dfn, dfd: degrees of freedom in the numerator (df_n) and the denominator (df_d); p: specifies the p-value; η^2 : generalized effect size

mixed ANOVA was calculated. The ANOVA was calculated with respect to the teacher self-efficacy scales, pre-post as within-subject factor variable and the group as between-subject factor variable.

Results

Teacher Self-Efficacy

As can be seen the teacher self-efficacy in the pre-test is on average above all of the mean ranges of the respective scales (teacher self-efficacy classroom management $M=3,5 < 4,22-4,49$, teacher self-efficacy teaching, teacher self-efficacy planning, teacher self-efficacy reflecting $M=2,5 < 2,65-3,05$). All post-test results are above those of pre-test. From the below ANOVA (Table 2), it can be seen that there are non-significant two-way interactions but significant differences between pre and post measurements ($p < ,014$), which are highlighted with * ($,05$ level).

Situational Interest (SI)

In terms of interest ‘SI-Catch’ ($N=62$, $M=4,2$, $SD=,56$) and ‘SI-Hold’ ($N=62$, $M=4,08$, $SD=,36$) measured situational interest ($N=62$, $M=4,14$, $SD=,45$). The learning setting promoted the pre-service teachers’ attention (SI-Catch attention, $N=62$, $M=3,91$, $SD=,71$) and evoked positive emotions (SI-Catch emotion, $N=62$, $M=4,49$, $SD=,14$). The fact that pre-service teachers considered the topic important was reflected in the value-based valence (SI-Hold value-based valence, $N=62$, $M=4,33$, $SD=,07$). The desire to learn new information about the topic was captured by epistemic orientation (SI-Hold epistemic orientation, $N=62$, $M=3,84$, $SD=,38$).

Discussion

The empirical study carried out across different TLLs in order to proof the general effect of TLL on teacher self-efficacy and interest. In summary, teacher self-efficacy of pre-services teachers show predominant increases in all TLL. Therefore, the results confirm that teaching experiences as it is in TLLs are responsible for the increase of teacher self-efficacy. Additionally, interest in experimental learning with students is induced. Almost all findings are in line with the literature in other STEM subjects. Two limiting factors of our study are the small sample leading to low power and the special situation created by the Corona pandemic of the third group.

Teacher Self-Efficacy

The results show that teacher self-efficacy increases in all groups (experimental+control+pandemic group). When participating in a seminar including TLL, teacher self-efficacy can temporarily be increased, which contributes towards the professionalization of pre-service teachers. All three groups complement the results of different TLLs (physics, science) with data from the subject chemistry (Dohrmann 2019; Weß et al. 2020). In addition, these data show that real learning situations as well as the analysis of other’s and own instructional videos lead to an improvement in teacher self-efficacy expectations regarding classroom management (Gold et al. 2017). The results showed no significant difference in teacher self-efficacy increase in the experimental group and the pandemic group in terms of reflection compared to the control group. This contradictory result

could be due to the fact that the majority of control group attended a reflection session after the introduction of TLL, where they only received feedback from experts.

Situational Interest

Overall, the data collected shows that there is a high level of interest in working with students in an experimental setting. The results reveal, that the TLLs setting evokes a specific motivational state in a current learning situation (Nachtigall et al. 2018; Krapp 2018). This confirms the initial results, stating that interest of pre-service teachers is existent in TLLs (Syskowski et al. 2020). The values for the Catch component positive emotions and the Hold component value-based valence should be highlighted. They show that it was possible to evoke positive emotions in pre-service teachers by working in a TLL. Additionally, the experimental settings with students have a high subjective meaning for pre-service teachers. Therefore, the idea that TLLs encourages pre-service teachers' interest in content for their future careers can be confirmed with the data at hand (Priemer 2020).

Conclusion and Implication for Further Research and Practice

Since there has hardly been any empirical research on differences between TLLs in chemistry, the present study enriches the state of research in this respect. Motivational orientations are found to increase at nearly the same rate in TLLs focused on implementation with students, without being site-specific.

The additional self-reflection in a e-diary shows no significant added value in the experimental group and the pandemic group compared to the control group that did not write a diary for the motivational orientation of the prospective teachers. Here, a deeper investigation could provide clarification.

An important factor for other TLLs is the attention to timely feedback for prospective teachers, which is likely to affect success and self-perception. Furthermore, this study confirms that this constructive feedback can be provided by experts, peers, and students, digital or oral. The fact that the data showed no significant difference between these three groups suggests that repeated delivery of the same unit and self-reflection supported by feedback alone can produce gains.

Thus, for our future, it appears that digital TLLs with repeated implementations of the same unit are also beneficial to the motivational orientation of prospective teachers. Further research could explore a comparison with hybrid formats.

Situationally, the setting evokes a high level of interest in working with students in an experimental setting. No differences were found in the increase of motivation orientations between digital and traditional TLLs in person. Nevertheless, further studies should be supplemented by reflection, interviews, and diaries.

References

- Bach, A. (2013). *Kompetenzentwicklung im Schulpraktikum: Ausmaß und zeitliche Stabilität von Lerneffekten hochschulischer Praxisphasen*. Waxmann.
- Bandura, A. (2012). On the Functional Properties of Perceived Self-Efficacy Revisited. *Journal of Management*, 38(1), 9–44.
- Baum, S., Roth, J., & Oechsler, R. (2013). Schülerlabor Mathematik: Außerschulische Lernstandorte zum intentionalen mathematischen Lernen. *Der Mathematikunterricht*, 59(5), 4–11.
- Bosse, D., Meier, M., Trefzger, T., & Ziepprecht, K. (Eds.) (2020). Lehr-Lern-Labore – universitäre Praxis, empirische Forschung und zukünftige Entwicklung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 13(1), 5–24.
- Brüning, A.-K., & Käpnick, F. (2020). Professionalisierung angehender Lehrkräfte durch die Verzahnung von Theorie und Praxis in Lehr-Lern-Laboren. In B. Priemer & J. Roth (Eds.), *Lehr-Lern-Labore: Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung* (pp. 173–189). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_12
- Brüning, A.-K., Käpnick, F., Weusmann, B., Köster, H., & Nordmeier, V. (2020). Lehr-Lern-Labore im MINT-Bereich – eine konzeptionelle Einordnung und empirisch konstruktive Begriffskennzeichnung. In B. Priemer & J. Roth (Eds.), *Lehr-Lern-Labore* (pp. 13–26). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_2
- Dohrmann, R. (2019). *Professionsbezogene Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung: Eine multimethodische Studie zu den professionsbezogenen Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Blockveranstaltung auf Studierende der Bachelorstudiengänge Lehramt Physik und Grundschulpädagogik (Sachunterricht)*. Dissertation, Berlin.
- Fishbach, A., Eyal, T., & Finkelstein, S. R. (2010). How Positive and Negative Feedback Motivate Goal Pursuit. *Social and Personality Psychology Compass*, 4(8), 517–530. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2010.00285.x>
- Fishbach, A., & Finkelstein, S. R. (2012). How feedback influences persistence, disengagement, and change in goal pursuit. In H. Aarts & A. J. Elliot (Eds.), *Goal-directed behavior* (pp. 203–230). Psychology Press (Frontiers of social psychology).
- Fives, H., Hamman, D., & Olivarez, A. (2007). Does burnout begin with student-teaching? Analyzing efficacy, burnout, and support during the student-teaching semester. *Teaching and Teacher Education*, 23(6), 916–934. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.03.013>

- Gold, B., Hellermann, C., & Holodynski, M. (2017). Effects of video-based trainings for promoting self-efficacy in elementary classroom management. *ZfE*, 20, 115–136.
- Haupt, O.J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W., et al. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 66, 324–330.
- Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2007). The laboratory in science education: the state of the art. *Chem Educ Res Pract*, 8(2), 105–107.
- Hoy, A.W., & Spero, R.B. (2005). Changes in teacher efficacy during the early years of teaching: A comparison of four measures. *Teaching and Teacher Education*, 21(4), 343–356.
- Jenett, H., Brandt, A., Pütttschneider, M., Herbers, R., & Kohse-Höinghaus, K. (2004). Chemistry für Kids at teutolab. *chemistry international: the news magazine of IUPAC*, 26, 7–10.
- Klempin, C., Rehfeldt, D., Seibert, D., Mehrstens, T., Köster, H., Lücke, M., et al. (2019). Realizing theory-practice transfer in German teacher education: Tracing preliminary effects of a complexity reduced teacher training format on trainees from four subject domains on students' perception of 'self-efficacy' and 'relevance of theoretical contents for practice'. *RISTAL*, 2, 51–69.
- Knogler, M., Harackiewicz, J.M., Gegenfurtner, A., & Lewalter, D. (2015). How situational is situational interest? Investigating the longitudinal structure of situational interest. *Contemporary Educational Psychology*, 43, 39–50.
- Kobl, C. (2021). *Förderung und Erfassung der Reflexionskompetenz im Fach Chemie*. Logos.
- Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung. Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 38(5), 747–770.
- Krapp, A. (2018). Interesse. In D.H. Rost, J.R. Sparfeldt & S. Buch (Eds.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 286–297). Beltz.
- Krofta, H., & Nordmeier, V. (2014). Bewirken Praxisseminare im Lern-Lern-Labor Änderungen der Lehrerselbstwirksamkeitserwartung bei Studierenden? *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2014*, 12, <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/584>.
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., & Neubrand, M. (Eds.) (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Waxmann.
- Kunter, M., Baumert, J., Leutner, D., Terhart, E., Seidel, T., Dicke, T., et al. (2017). *Dokumentation der Erhebungsinstrumente der Projektphasen des BilWiss-Forschungsprogramms von 2009 bis 2016: Bildungswissenschaftliches Wissen und der Erwerb professioneller Kompetenz in der Lehramtsausbildung (BilWiss)*. Frankfurt am Main, Goethe-Universität.
- Nachtigall, V., Rummel, N., & Serova, K. (2018). Authentic does not equal authentic—how students evaluate the authenticity of learning activities in an out-of-school lab. *Unterrichtswissenschaft*, 46(3), 299–319.
- Pitzner-Eden, F., Thiel, F., & Horsley, J. (2014). An Adapted Measure of Teacher Self-Efficacy for Preservice Teachers: Exploring its Validity Across two Countries. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 28(3), 83–92.
- Priemer, B. (2020). Ein kurzer Überblick über den Stand der fachdidaktischen Forschung der MINT-Fächer an Lehr-Lern-Laboren. In B. Priemer & J. Roth (Eds.), *Lehr-Lern-Labore* (pp. 159–171). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_11
- Priemer, B., & Roth, J. (Eds.) (2020). *Lehr-Lern-Labore: Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7>

- R Core Team (2016). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Rehfeldt, D., Klempin, C., & Nordmeier, V. (2018). Ergebnisse fächerübergreifender Praxisrelevanz und Reflexionskompetenz in Lehr-Lern-Laboren. In Christian Maurer (Vorsitz), *Qualitätsvoller Chemie - und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017*, Regensburg.
- Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E., & Köller, O. (Eds.) (2016). *PISA 2015: Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Waxmann
- Renninger, K.A., & Hidi, S. (2011). Revisiting the Conceptualization, Measurement, and Generation of Interest. *Educational Psychologist*, 46(3), 168–184.
- Rieß, W., Wirtz, M.A., Barzel, B., Schulz, A., & Altenburger, P. (Eds.) (2012). *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht: Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten*. Waxmann.
- Roth, J., & Priemer, B. (2020). Das Lehr-Lern-Labor als Ort der Lehrpersonenbildung – Ergebnisse der Arbeit eines Forschungs- und Entwicklungsverbunds. In B. Priemer & J. Roth (Eds.), *Lehr-Lern-Labore: Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung* (pp. 1–10). Springer.
- Schiefele, U., Köller, O., & Schaffner, E. (2018). Intrinsische und extrinsische Motivation. In D.H. Rost, J.R. Sparfeldt & S. Buch (Eds.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (pp. 309–319). Beltz.
- Schüle, C., Besa, K.-S., Schriek, J., & Arnold, K.-H. (2017). The development of student teacher self-efficacy in student teaching field experiences. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, 7(1), 23–40.
- Stiller, E. (2016). Das „Portfolio Praxiselemente“ als personenorientierter Lernbegleiter durch die berufspraktische LehrerInnenausbildung in Nordrhein-Westfalen. In M. Boos, A. Krämer & M. Kricke (Eds.), *Portfolioarbeit phasenübergreifend gestalten: Konzepte, Ideen und Anregungen aus der LehrerInnenbildung* (pp. 11–19). Waxmann.
- Syskowski, S. (2021). Digitales Lehr-Lern-Labor „makeScience!“ der PHKA: Entwicklung hin zu einem digitalen Lehr-Lern-Labor. In N. Graulich, A. Banerji & J. Huwer (Eds.), *Digitalisation in Chemistry Education: Digitales Lehren und Lernen an Hochschule und Schule im Fach Chemie* (pp. 71–79). Waxmann.
- Syskowski, S., Kunina-Habenicht, O., Ducci, M., & Wagner, I. (2020). Analyse von Wahrnehmungen des Interesses in einem Lehr-Lern-Labor des Fachs Chemie. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 13(1), 121–138.
- Terhart, E. (2002). *Standards für die Lehrerbildung: Eine Expertise für die Kultusministerkonferenz*. ZKL.
- Tschannen-Moran, M., & Hoy, A.W. (2001). Teacher efficacy: capturing an elusive construct. *Teaching and Teacher Education*, 17(7), 783–805.
- Weß, R., Priemer, B., Weusmann, B., Ludwig, T., Sorge, S., & Neumann, I. (2020). The development of pre-service STEM teachers' teaching-related self-efficacy in their course of study. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 5, 1–18.