

Kürten, Ronja [Hrsg.]; Greefrath, Gilbert [Hrsg.]; Hammann, Marcus [Hrsg.]
**Digitale Medien in Lehr-Lern-Laboren. Innovative Lehrformate in der
Lehrkräftebildung zum Umgang mit Diversität und Inklusion**

Münster ; New York : Waxmann 2024, 209 S. - (Begabungsförderung: Individuelle Förderung und
Inklusive Bildung; 6)



Quellenangabe/ Reference:

Kürten, Ronja [Hrsg.]; Greefrath, Gilbert [Hrsg.]; Hammann, Marcus [Hrsg.]: Digitale Medien in Lehr-Lern-Laboren. Innovative Lehrformate in der Lehrkräftebildung zum Umgang mit Diversität und Inklusion. Münster ; New York : Waxmann 2024, 209 S. - (Begabungsförderung: Individuelle Förderung und Inklusive Bildung; 6) - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-291524 - DOI: 10.25656/01:29152; 10.31244/9783830998365

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-291524>

<https://doi.org/10.25656/01:29152>

in Kooperation mit / in cooperation with:



WAXMANN
www.waxmann.com

<http://www.waxmann.com>

Nutzungsbedingungen

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

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

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

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



Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: pedocs@dipf.de

Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Ronja Kürten
Gilbert Greefrath
Marcus Hammann
(Hrsg.)

Digitale Medien in Lehr-Lern-Laboren

Innovative Lehrformate in der Lehrkräftebildung
zum Umgang mit Diversität und Inklusion



Begabungsförderung

Individuelle Förderung und Inklusive Bildung

herausgegeben von
Christian Fischer

Band 16

Ronja Kürten, Gilbert Greefrath,
Marcus Hammann (Hrsg.)

Digitale Medien in Lehr-Lern-Laboren

Innovative Lehrformate in der Lehrkräftebildung zum
Umgang mit Diversität und Inklusion



Waxmann 2024
Münster • New York

Der Herausgeberband „Digitale Medien in Lehr-Lern-Laboren. Innovative Lehrformate in der Lehrkräftebildung zum Umgang mit Diversität und Inklusion“ aus dem Teilprojekt „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten, Learning-Center“ des Projekts „Dealing with Diversity. Kompetenter Umgang mit Heterogenität durch reflektierte Praxiserfahrung“ der Universität Münster wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1921 gefördert. Die Open-Access-Veröffentlichung dieses Buches wurde durch den Publikationsfonds der Universität Münster unterstützt.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

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

Begabungsförderung: Individuelle Förderung und Inklusive Bildung, Band 16

ISSN 2363-5746

Print-ISBN 978-3-8309-4836-0

E-Book-ISBN 978-3-8309-9836-5

<https://doi.org/10.31244/9783830998365>

Waxmann Verlag GmbH, 2024
Steinfurter Straße 555, 48159 Münster

www.waxmann.com
info@waxmann.com

Umschlaggestaltung: Anne Breitenbach, Münster
Umschlagbilder: links: Lena-Sophie Dorweiler & Steffen Röwekamp;
Mitte: Lea Behrends; rechts: Lena-Sophie Dorweiler & Steffen Röwekamp
Satz: MTS. Satz & Layout, Münster

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



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

Inhalt

<i>Ronja Kürten, Gilbert Greefrath & Marcus Hammann</i> Einführung	7
<i>Susanne Heinicke, Guido Hunze, Linda Düperthal & Julia Welberg</i> Digitale Medien aus der Perspektive ihres Einsatzes im Fachunterricht	15
<i>Ronja Kürten, Gilbert Greefrath, Marcus Hammann, Annette Marohn & Anna Windt</i> Diversitätssensibel unterrichten mit digitalen Medien Ein Kompetenzmodell zur Planung und Reflexion von Lehr-Lern-Laboren	39
<i>Sarah Wilken & Benedikt Heuckmann</i> Diversität beim Unterrichten humanbiologischer Themen mit digitalen Tools begegnen Ein Lehr-Lern-Labor-Konzept zur Förderung der professionellen Kompetenz Studierender im Fach Biologie	63
<i>Steffen Röwekamp & Annette Marohn</i> Experimentiersituationen gestalten im Kontext von Digitalisierung und Inklusion Ein Ansatz für die Lehrkräftebildung im Fach Chemie	79
<i>Wiebke Maria Stüven, Christian Fischer & Horst Zeinz</i> Individuelle Förderung des selbstregulierten Lernens Digitaler Kompetenzerwerb von Studierenden im Rahmen der Intervention <i>EduDigiCompass</i>	93
<i>Jascha Quarder & Gilbert Greefrath</i> Mathematisches Modellieren mit digitalen Werkzeugen im Lehr-Lern-Labor-Seminar Empirische Ergebnisse zur Förderung kognitiver Aspekte der bereichsspezifischen professionellen Diagnosekompetenz	111
<i>Tillmann Eller & Ilka Siedenburger</i> Kreative Produktionsprozesse begleiten im Lehr-Lern-Labor Musik	131
<i>Julia Welberg & Susanne Heinicke</i> Digitale Medien als Hilfsmittel zur Visualisierung im Physikunterricht	149

Linda Düperthal & Anna Windt

Professionelles Wissen für einen digitalgestützten Sachunterricht im
Lehr-Lern-Labor aufbauen, anwenden und reflektieren 169

Benedikt Heuckmann & Ronja Kürten

Entwicklung professioneller Kompetenzen von Studierenden durch den
Besuch von Lehr-Lern-Labor-Seminaren zum Einsatz digitaler Medien
Ergebnisse einer Evaluationsstudie zur Veränderung von
Selbstwirksamkeitserwartungen 185

Autorinnen und Autoren 205

Einführung

1. Dealing with Diversity

Das Projekt ‚Dealing with Diversity. Kompetenter Umgang mit Heterogenität durch reflektierte Praxiserfahrung‘ an der Universität Münster adressiert den kompetenten Umgang mit Schülerheterogenität durch reflektierte Praxiserfahrung. Dealing with Diversity wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Bereits in der ersten Förderphase wurden curriculare Voraussetzungen geschaffen und innovative Lehrformate erprobt, die die Lehrerbildung an der Universität Münster verstärkt auf einen produktiven Umgang mit heterogenen Lerngruppen ausrichten und vermehrt unterrichtspraktische Erfahrungen ermöglichen (Kürten et al., 2020; Rott et al., 2018). Das Projekt wurde systematisch evaluiert (Heinicke et al., 2020; Junker et al., 2020) und auf Grundlage der Erfahrungen der ersten Förderphase ab Juli 2019 in einer zweiten Förderphase fortgeführt.

In der zweiten Förderphase steht neben der Weiterentwicklung und Verstetigung der zuvor konzipierten Lehrformate auch die Ausweitung auf aufbauende Veranstaltungen sowie die Hinzunahme weiterer Fächer und Akteure im Fokus der Projektarbeit. Die Rolle der Digitalisierung in der Lehrerbildung wird als zusätzlicher Schwerpunkt ergänzt und in Form der Nutzung von Videos und digitalen Medien verstärkt in die Lehrformate integriert. Das durch Zusammenschluss mit fünf weiteren deutschen Videoportalen zu einem Meta-Videoportal ausgebaut Videoportal Provision mit angeschlossener Servicestelle für Videonutzung in der Lehrkräftebildung ist dabei ein Ausgangspunkt für den weiteren Transfer entwickelter Angebote in alle Phasen der Lehrkräftebildung.

Über die gesamte Projektlaufzeit hinweg werden die oben genannten Bausteine dabei in vier Teilprojekten umgesetzt, die sich mit der Curriculumsentwicklung (Basiscurriculum Heterogenität) sowie in unterschiedlicher Ausgestaltung der Praxisbezüge mit dem Lehrkräftehandeln beschäftigen (videobasierte Lehrmodule, Lehr-Lern-Labore, kooperative Praxisprojekte). Die im Rahmen der Projektarbeit entwickelten Lehrformate sollen allen Studierenden des Lehramts eine Fokussierung auf diversitätssensible Inhalte in ihrem Studium ermöglichen. Das Zertifikat „Dealing with Diversity“ bietet die Möglichkeit, diese Vertiefung fundiert und vernetzt in das Lehramtsstudium zu integrieren.

2. Digitale Medien in Lehr-Lern-Szenarien

Die zunehmende Digitalisierung der Lebenswelten von Schülerinnen und Schülern beeinflusst auch inner- und außerschulische Lehr-Lern-Szenarien (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest [mpfs], 2020a, 2020b). Dabei bieten digitale Medien zwar einerseits neue Möglichkeiten der didaktischen Gestaltung, bringen aber andererseits auch neue Herausforderungen in Form der notwendigen Kompetenzen (angehender) Lehrkräfte (Sekretariat der Kultusministerkonferenz [KMK], 2016) mit sich. Medien sind „einerseits kognitive und andererseits kommunikative Werkzeuge zur Verarbeitung, Speicherung und Übermittlung von zeichenhaften Informationen“ (Petko, 2014, S. 13). Sie transportieren also nicht einfach Informationen, sondern sind Teil eines Kommunikationsprozesses, in dem sowohl Sender und Empfänger durch ihre Erfahrungen und Interpretationen als auch das Medium selber den Prozess beeinflussen (Heinecke et al., in diesem Band). Lehrkräfte müssen somit nicht nur geeignete Medien auswählen, sondern den gesamten Kommunikationsprozess reflektieren und gestalten. Dazu gehört es auch zu reflektieren, welche Funktion ein gewähltes Medium haben soll und welches Lernziel erreicht werden kann. Darüber hinaus müssen auch die Eigenheiten und Möglichkeiten, die mit digitalen Medien verknüpft sind, berücksichtigt werden (Heinecke et al., in diesem Band).

Die tatsächliche Nutzung digitaler Medien in Lehr-Lern-Szenarien hängt demnach von zahlreichen Einflussfaktoren auf verschiedenen Ebenen ab. So müssen neben Kompetenzen und Einstellungen schulischer Akteure auch rechtliche Vorgaben und die Infrastruktur berücksichtigt werden (Lorenz & Bos, 2017). Im Laufe der letzten Jahre, insbesondere während der Corona-Pandemie, haben sich die äußeren Rahmenbedingungen vielerorts verbessert (mpfs, 2020a) und auch die Einstellungen und Selbsteinschätzungen der Kompetenzen der Lehrkräfte folgen einem positiven Trend (Lorenz et al., 2017; Lorenz & Eickelmann, 2022). Dennoch bleibt häufig unklar, wie die Integration digitaler Medien in den Unterricht konkret aussehen kann (Heinecke et al., in diesem Band).

3. Digitale Lehr-Lern-Labore für die Lehrerbildung

Oftmals erfolgt die Integration digitaler Medien in die Ausstattungskonzepte von Lehr-Lern-Laboren, um sie als wichtigen Bestandteil des fachdidaktischen Lehr-Lern-Labor-Ansatzes zu etablieren. Das Hauptziel besteht darin, fachspezifische und fachdidaktische Kompetenzen im Zusammenhang mit Digitalisierung (z. B. TPACK, Koehler et al., 2013) bei angehenden Lehrkräften zu fördern. Dies geschieht durch aktive Einbindung digitaler Medien in praxisnahe Lehr-Lern-Umgebungen. Die bereits existierenden Lehr-Lern-Labore sowie potenziell neu entstehende Lehr-Lern-Labore, die im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung innerhalb der Fächer eingerichtet werden, bleiben in ihren grundlegenden Merkmalen der Interaktion zwischen Studierenden, der Reduzierung von Komplexität und der strukturellen Verankerung weitgehend unverändert, auch wenn sie konzeptionell durch die Integration digita-

ler Medien erweitert werden. Neben den konzeptionellen Fortschritten im Bereich digital unterstützter Lehr-Lern-Labore ist es von großer Bedeutung, empirische Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie sich diese Entwicklungen tatsächlich auf die Lehr-Lern-Arbeit in den Laboren auswirken (Meier et al., 2023).

4. Lehr-Lern-Labore mit digitalen Medien im Projekt Dealing with Diversity

Während im ersten Förderzeitraum der Qualitätsoffensive Lehrerbildung die Ziele des Teilprojekts Lehr-Lern-Labore im Projekt Dealing with Diversity in der Entwicklung und Evaluation von Lehr-Lern-Laboren bestanden, mit denen professionelle Kompetenz angehender Lehrkräfte gefördert werden kann (Greefrath & Hammann, 2020, S. 9), wurden im zweiten Förderzeitraum durch Weiterentwicklung oder Neukonzeption Lehr-Lern-Labore geschaffen, die digitale Medien zur Individualisierung des Lernens nutzen. Die angehenden Lehrkräfte sollen Kompetenzen in Bezug auf die diversitätssensible Nutzung digitaler Medien zur Förderung von Schüler- und Schülerinnenkompetenzen erwerben. Zur Beschreibung und Verortung dieser Kompetenzen wurde ein eigenes Kompetenzmodell (das DiDiKom-Modell) mit Fokus auf professionellen Umgang mit Diversität entwickelt.

Sechs der sieben beteiligten Fächer hatten bereits in der ersten Förderphase Lehr-Lern-Labore entwickelt und erforscht, sodass alle Fächer, auch die Musikpädagogik, die in der zweiten Förderphase neu und ohne bestehendes Lehr-Lern-Labor-Seminar in das Projekt eingestiegen ist, auf diese Erfahrungen aufbauen konnten. Wie bisher stellen alle Lehr-Lern-Labor-Seminare für die Studierenden in ihrer Komplexität reduzierte Lernsituationen in einem dreiphasigen Aufbau aus Vorbereitungs-, Praxis- und Reflexionsphase dar. Alle Lern-Labore vermitteln Kompetenzen zur diversitätssensiblen Nutzung digitaler Medien zur Förderung von Schülerinnen- und Schülerkompetenzen. Dabei unterscheiden sie sich in den thematisierten Kompetenzen in den drei Dimensionen *Wissen und Fähigkeiten zur Förderung von Schülerkompetenzen*, *Wissen und Fähigkeiten im Umgang mit Diversität* und *Wissen und Fähigkeiten zu Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien* (siehe Tab. 1).

Im Rahmen des Teilprojekts Lehr-Lern-Labore wurden in der zweiten Förderphase verschiedene Formen der Mediennutzung in den Seminaren umgesetzt. Vor diesem Hintergrund wurden verschiedene Definitionen und Verständnisse digitaler Medien sowie deren Nutzungsmöglichkeiten in unterrichtlichen Settings diskutiert und eine gemeinsame Verständnisgrundlage erarbeitet. Hierzu gehören einerseits eher organisatorische Rahmenbedingungen wie die Einsatzzeitpunkte der digitalen Medien in der Vorbereitungs-, Praxis- oder Reflexionsphase und die Frage, ob die Mediennutzung durch Studierende oder Schülerinnen und Schüler erfolgt. Andererseits stand dabei insbesondere der Einfluss, den digitale Medien auf den Unterricht nehmen, im Fokus. Hier erfolgt sowohl ein Einfluss durch die Veränderung verschiedener Unterrichtsprozesse als auch durch die für den Medieneinsatz im Unterricht notwendigen Kompetenzen von (angehenden) Lehrkräften. Der vorliegende Band

Tab. 1: Einzelprojekte des Teilprojekts Lehr-Lern-Labore und ihre Schwerpunkte im Kontext des DiDiKom-Modells

Einzelprojekt	Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien	Berücksichtigung von Diversität	Förderung von Schülerkompetenzen	Kapitel im Sammelband
Biologie-didaktik	Messwert- und Datenerfassung	Schülervorstellungen	Fachwissen zur Humanbiologie	Diversität beim Unterrichten humanbiologischer Themen mit digitalen Tools begegnen
Chemie-didaktik	Dokumentation und Recherche; Planung, Kollaboration und Erfassen von Messwerten	Leistung und Sprache; Motorik	Fachbezogene Kompetenzen zum Experimentieren; Medienkompetenz	Experimentiersituationen gestalten im Kontext von Digitalisierung und Inklusion
Erziehungswissenschaft	Kommunikation und Kollaboration; Dokumentation, Präsentation und Recherche	Interesse und Leistung	Medienkompetenz	Individuelle Förderung des selbstregulierten Lernens
Mathematik-didaktik	Simulation und Modellierung	Leistung	Fachbezogene Kompetenz mathematisches Modellieren	Mathematisches Modellieren mit digitalen Werkzeugen im Lehr-Lern-Labor-Seminar
Musikpädagogik	Produktion	Musikalische Vorerfahrungen	Begleitung selbstgesteuerter Lernprozesse	Kreative Produktionsprozesse begleiten im Lehr-Lern-Labor Musik
Physik-didaktik	Präsentieren	Interesse und Brain Type	Fachbezogene Kompetenzbereiche	Digitale Medien als Hilfsmittel zur Visualisierung im Physikunterricht
Sachunterrichtsdidaktik	Dokumentation; Präsentation Kommunikation, Kollaboration, Simulation und Modellierung	(Leistung)	(Wissen über den Brennstoff einer Kerze)	Professionelles Wissen für einen digitalgestützten Sachunterricht im Lehr-Lern-Labor aufbauen, anwenden und reflektieren

stellt die Kompetenzen, die (angehende) Lehrkräfte für die medienunterstützte Vermittlung von Schülerkompetenzen in diversen Lerngruppen benötigen, in den Mittelpunkt. Die Darstellung der einzelnen Lehr-Lern-Labore nimmt auf diese einfließenden Überlegungen Bezug.

Ein wichtiger Baustein der Arbeit im Teilprojekt Lehr-Lern-Labore ist die wissenschaftliche Begleitung der entwickelten Lehrkonzepte. So werden unterschiedliche Facetten professioneller Kompetenz zum Lehren mit digitalen Medien und unter Berücksichtigung von Diversität analysiert. Hierzu werden neben professionellem Wissen z.B. auch Einstellungen, Selbstwirksamkeitserwartungen oder die Selbstwahrnehmung untersucht. Die Studien reichen von rein quantitativen Fragebogenerhebungen bis hin zu Mixed-Methods-Designs mit qualitativen Schwerpunkten. Dabei werden unter anderem Fragebögen mit Textvignetten, schriftliche Reflexio-

nen, leitfadengestützte Interviews oder Gruppendiskussionen ausgewertet. In der fachübergreifenden Evaluation der Praxisformate des Teilprojekts zeigt sich, dass sich die Selbstwirksamkeitserwartung angehender Lehrkräfte zum Lehren mit digitalen Medien im Lehr-Lern-Labor signifikant positiv verändert und sich diese Veränderung signifikant von den Entwicklungen der Vergleichsgruppe unterscheidet (Heuckmann & Kürten, in diesem Band).

5. Konzepte im Teilprojekt Lehr-Lern-Labore

In diesem Band werden die einzelnen Lehrkonzepte im Teilprojekt Lehr-Lern-Labore des Projekts Dealing with Diversity in Münster im zweiten Förderzeitraum der Qualitätsoffensive Lehrerbildung präsentiert. Diese Beiträge werden von der Vorstellung eines Kategoriensystems zur Diskussion „digitaler Medien“ und eines Kompetenzmodells zu Planung und Reflexion von digitalisierten Lehr-Lern-Laboren sowie Forschungsergebnissen zu den Lehr-Lern-Labor-Seminaren gerahmt.

Zunächst wird in einem grundlegenden Beitrag der Begriff der digitalen Medien aus mehreren Perspektiven beleuchtet und seine Bedeutung für den aktuellen Unterricht betrachtet. Ein Kategorienraster zur Beschreibung digitaler Medien wird vorgestellt, das die Planung und Analyse der Integration digitaler Medien in den Unterricht unterstützt, und es werden exemplarisch offene Fragen der Lehr-Lern-Labor-Forschung zusammengetragen.

Danach wird ein Kompetenzmodell zur Planung und Reflexion von Lehr-Lern-Laboren vorgestellt, das die zu vermittelnden Schülerkompetenzen und die zu berücksichtigenden Aspekte der Diversität ebenso erfasst wie die im Lernsetting genutzten digitalen Medien. Das Modell ist im Rahmen der gemeinsamen Arbeit im Teilprojekt entstanden. Es dient der Beschreibung und Verortung der Kompetenzen, die die Studierenden in den im Teilprojekt entwickelten Lehr-Lern-Labor-Seminaren erwerben sollen, und es ist durch seine Interdisziplinarität auch über den Projektkontext hinaus nutzbar.

Die anschließenden Beiträge beleuchten im Kontext des jeweils vorgestellten Lehr-Lern-Labors neben individuellen Fragestellungen stets auch einzelne Dimensionen des Modells und ihre Umsetzung in der Praxis.

Das Lehr-Lern-Labor „Diversitätsfacetten im digitalisierten Humanbiologieunterricht“ der *Biologiedidaktik* integriert humanbiologische Fachinhalte mit den Aspekten der Diversität und Digitalität unter einer fachdidaktischen und unterrichtspraktischen Perspektive. Die Studierenden lernen die durch Schülervorstellungen, unterschiedliche praktische Fertigkeiten und vielfältige emotionale und ethische Haltungen entstehenden Herausforderungen kennen und erwerben Kompetenzen um diesen zu begegnen. Der Fokus liegt hier auf der Entwicklung professioneller Überzeugungen zum Lehren und Lernen, zu digitalen Medien und zu Diversität im Humanbiologieunterricht.

Das Lehr-Lern-Labor „C(LE)VER.digital“ der *Chemiedidaktik* beschäftigt sich mit den Möglichkeiten, Experimentiersituationen digital zu unterstützen und di-

versitätssensibel zu gestalten. Die Studierenden lernen Möglichkeiten zur sprach- und leistungssensiblen Materialgestaltung sowie der digitalen Erweiterung analoger Lernmaterialien kennen und erleben Herausforderungen, die im Umgang mit digitalen Tools auf Seiten der Schülerinnen und Schüler aber auch der Studierenden auftreten. In videographisch gestützten Reflexionen werden aus den Erfahrungen des Lehr-Lern-Labors Erkenntnisse für zukünftiges Unterrichtshandeln abgeleitet.

Das Lehr-Lern-Labor „Diagnose und individuelle Förderung“ der *Erziehungswissenschaften* im Kontext des Forder-Förder-Projekts stellt eine Intervention nach dem SQD-Modell dar. Es soll das Wissen und die Kompetenzen der Studierenden mit Blick auf digital gestützte individuelle Förderung des selbstregulierten Lernens im Umgang mit der Diversität von Schülerinnen und Schülern vertiefen.

Im Lehr-Lern-Labor „MiRA digital“ der *Mathematikdidaktik* wird mathematisches Modellieren mit der Nutzung digitaler Medien zu Simulations- und Modellierungszwecken kombiniert. Die Studierenden erstellen eigene Modellierungsaufgaben und erleben in der Praxisphase teilweise aus der Nutzung digitaler Medien resultierende Bearbeitungsprozesse und Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler. In der Reflexion erwerben sie Diagnosekompetenz zum Lehren des mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen. Der Fokus liegt hier auf dem Wissen über digitalgestützte Simulations- und Modellierungsprozesse.

Im Lehr-Lern-Labor Musik der *Musikpädagogik* werden kreative Gestaltungsmöglichkeiten von Musik-Apps mit der Integration von Lernstrategien aus dem informellen Bereich verknüpft. Die Studierenden entwickeln digitale Materialien für die kreative Arbeit mit Musik-Apps und erwerben Kompetenzen zum Initiieren und Begleiten digitaler musikalischer Praktiken im Musikunterricht. Ein Fokus liegt in der Ausgestaltung der Rolle der Lehrenden durch die Studierenden.

Das Lehr-Lern-Labor „La:gune“ der *Physikdidaktik* fördert angehende Lehrkräfte im Umgang mit digitalen Medien, insbesondere in Bezug auf die Visualisierung physikalischer Sachverhalte mit digitalen Medien. Die Studierenden erwerben Wissen über den Zusammenhang zwischen der Fähigkeit zu systematisieren und dem Fachinteresse in Physik und werden für die diesbezügliche Diversität ihrer zukünftigen Lerngruppen sensibilisiert. Durch den Medieneinsatz lernen die Studierenden das Fachinteresse unterschiedlicher Lerngruppen zu steigern.

Im Lehr-Lern-Labor der *Didaktik des Sachunterrichts* werden digitale Medien als vermittelnde Instanz für das Lernen komplexer naturwissenschaftlicher Inhalte genutzt. Die Studierenden erweitern theoriebasiert eine Unterrichtsstunde um den Einsatz von Tablets und erproben diese mit Schülerinnen und Schülern. Im Anschluss werden die Erfahrungen video- und theoriebasiert reflektiert. Dadurch lernen die Studierenden digitalgestützten naturwissenschaftlichen Sachunterricht zu planen und zu reflektieren. Ein Fokus liegt hierbei auf der Vermittlung verschiedener technologiebezogener Wissensfacetten.

Darüber hinaus werden in einem abschließenden Beitrag fachübergreifende Ergebnisse zur Evaluation der Lehr-Lern-Labor-Seminare präsentiert. Dabei werden Selbstwirksamkeitserwartungen im Umgang mit digitalen Medien und weitere

nichtwissensbezogene Facetten professioneller Kompetenz untersucht, und es wird ein Zuwachs einiger Facetten festgestellt.

Literatur

- Greefrath, G. & Hammann, M. (2020). Einführung. 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. 7–15). Waxmann.
- Heinicke, S., Kürten, R., Holz, C. & Wess, R. (2020). Professionalisierung von Studierenden des Lehramts durch Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-Laboren. 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. 227–255). Waxmann.
- Junker, R., Zeuch, N., Rott, D., Henke, I., Bartsch, C. & Kürten, R. (2020). Zur Veränderbarkeit von Heterogenitäts-Einstellungen und -Selbstwirksamkeitsüberzeugungen von Lehramtsstudierenden durch diversitätssensible hochschuldidaktische Lehrmodule. *Empirische Sonderpädagogik*(1), 45–63. https://www.psychologie-aktuell.com/fileadmin/Redaktion/Journale/esp-2020-1/esp_1-2020_45-63.pdf
- Koehler, M. J., Mishra, P. & Cain, W. (2013). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Journal of education*, 193(3), 13–19. <https://doi.org/10.1177/002205741319300303>
- Kürten, R., Greefrath, G. & Hammann, M. (Hrsg.). (2020). *Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-Laboren: Innovative Lehrformate in der Lehrerbildung zum Umgang mit Heterogenität und Inklusion*. Waxmann.
- Lorenz, R. & Bos, W. (2017). Schule digital – der Länderindikator 2017: Theoretisches Rahmenmodell, Überblick über die Befunde des Länderindikators 2017 und Einordnung zentraler Ergebnisse der Erhebungszyklen 2015, 2016 und 2017. In R. Lorenz, W. Bos, M. Endberg, B. Eickelmann, S. Grafe & J. Vahrenhold (Hrsg.), *Schule digital – der Länderindikator 2017: Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017* (S. 11–35). Waxmann.
- Lorenz, R., Bos, W., Endberg, M., Eickelmann, B., Grafe, S. & Vahrenhold, J. (Hrsg.). (2017). *Schule digital – der Länderindikator 2017: Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017*. Waxmann.
- Lorenz, R. & Eickelmann, B. (2022). Veränderungen durch die Corona-Pandemie mit Blick auf die Nutzung digitaler Medien in der Sekundarstufe I im Bundesländervergleich – technische Ausstattung, Unterrichtsorganisation und Leistungsbewertung. In R. Lorenz, S. Yotyodying, B. Eickelmann & M. Endberg (Hrsg.), *Schule digital – der Länderindikator 2021: Lehren und Lernen mit digitalen Medien in der Sekundarstufe I in Deutschland im Bundesländervergleich und im Trend seit 2017* (S. 161–186). Waxmann.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (Hrsg.). (2020a). *JIMplus 2020: Lernen und Freizeit in der Corona-Krise*. Stuttgart.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (Hrsg.). (2020b). *JIM-Studie 2020. Jugend, Information, Medien: Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger*. Stuttgart.

- Meier, M., Greefrath, G., Hammann, M., Wodzinski, R. & Ziepprecht, K. (2023). Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung. In M. Meier, G. Greefrath, M. Hammann, R. Wodzinski & K. Ziepprecht (Hrsg.), *Edition Fachdidaktiken. Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung* (S. 1–16). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_1
- Petko, D. (2014). *Einführung in die Mediendidaktik: Lehren und Lernen mit digitalen Medien*. Beltz.
- Rott, D., Zeuch, N., Fischer, C., Souvignier, E. & Terhart, E. (Hrsg.). (2018). *Dealing with Diversity: Innovative Lehrkonzepte in der Lehrer*innenbildung zum Umgang mit Heterogenität und Inklusion*. Waxmann.
- Sekretariat der Kultusministerkonferenz (Hrsg.). (2016). *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz*.

Digitale Medien aus der Perspektive ihres Einsatzes im Fachunterricht

1. Einleitung

In der zweiten Förderphase der Qualitätsoffensive Lehrerbildung an der Universität Münster spielen digitale Medien in Lehr-Lern-Laboren eine zentrale Rolle. In allen Projekten wurden Lernangebote entwickelt, in denen die Schülerinnen und Schüler mit digitalen Medien arbeiten und in denen die angehenden Lehrkräfte Kompetenzen hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien im Fachunterricht erwerben.

Der interdisziplinäre Austausch zeigt, dass der Begriff *digitale Medien* zwei Bereiche miteinander verknüpft, deren genauere Reflexion je für sich schon lohnenswert wäre. Auf der einen Seite steht der Begriff *digital*, der aktuell mit Blick auf die Digitalisierung der Schule und des Unterrichts viel diskutiert wird. Digitale Medien scheinen darin eine Schlüsselrolle zu spielen, wobei wenig klar ist, was dieser Begriff zum einen genau umfasst und welchen Beitrag digitale Medien zur (Neu-)Gestaltung von Unterricht leisten. Auf der anderen Seite steht der Begriff *Medien*, mit dem zudem höchst unterschiedlich umgegangen wird. Zu wenig beachtet wird außerdem der Umstand, dass bereits das zugrunde liegende Verständnis von Medien keineswegs einheitlich ist. Ähnliches gilt für die oftmals zu wenig trennscharf verwendeten Begriffe der *Digitalisierung* und der *Digitalität*.

Ziel dieses Artikels ist es daher, den Begriff der digitalen Medien aus mehreren Perspektiven zu beleuchten und seine Bedeutung für den aktuellen Unterricht zu betrachten. Dazu soll ein interdisziplinär tragfähiges Medienverständnis grundgelegt und ein Kategorienraster zur Beschreibung digitaler Medien entwickelt werden. Dies ist hilfreich, um die Integration digitaler Medien in den Unterricht genauer in den Blick zu nehmen. Eine prominente Rolle spielen hierbei eher pragmatisch entwickelte Modelle wie das bekannte SAMR-Modell (Puentedura, 2006), in dem von einer *Redefinition von Lernen* die Rede ist oder das ICAP-Modell (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014). Es ist allerdings fraglich, ob solche Charakterisierungen tragfähig sind. Hier lohnt ein genauerer Blick, der in Abschnitt 3 vorgenommen wird. Die Überlegungen sollen zeigen, worauf es bei der weiteren Arbeit in Lehr-Lern-Laboren mit Blick auf den Einsatz digitaler Medien ankommt.

Dazu ist es notwendig, in einem ersten Schritt den Begriff Digitalität genauer auszuloten und vom Begriff Digitalisierung abzuheben (2.1.), ehe dann im zweiten Schritt verschiedene Definitionen von (digitalen) Medien betrachtet und verglichen werden (2.2.). Dabei werden zunächst Medien im Allgemeinen betrachtet, bevor eine Fokussierung auf digitale Medien im Speziellen erfolgt. Davon ausgehend wird die

Frage nach den notwendigen Kompetenzen von Lehrpersonen beim Einsatz digitaler Medien im schulischen Unterricht gestellt (2.3.), ehe ein Kategorienraster zur Beschreibung digitaler Medien entwickelt wird, mit dem sich diese in didaktischer Hinsicht charakterisieren lassen (2.4.). Vor diesem Hintergrund wird die Integration digitaler Medien in den Unterricht in den Blick genommen (3.), einerseits mit Blick auf die schulisch-systemischen Veränderungsprozesse, andererseits mit Blick darauf, ob und wie sich Unterricht durch den Einbezug digitaler Medien verändert. Abschließend werden im Fazit einige Konsequenzen sowie exemplarische Fragen für Forschung in Lehr-Lern-Laboren zusammengetragen (4.).

2. Definitionen und Charakterisierung digitaler Medien

2.1 Digitalisierung und Digitalität

Die Digitalisierung in Schulen wurde insbesondere durch die KMK vorangetrieben, ausgehend vom Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt“ (KMK, 2016), aktualisiert in der ergänzenden Empfehlung „Lehren und Lernen in der digitalen Welt“ (KMK, 2021). In Nordrhein-Westfalen wurde dies im Medienkompetenzrahmen NRW (Medienberatung NRW, 2020) umgesetzt. Im Begriffsverständnis von Digitalisierung ist dabei eine langsame Entwicklung zu verzeichnen (Hugo, 2022). Anfangs lag der Schwerpunkt fast ausschließlich auf der technischen Digitalisierung (z. B. die Ersetzung von Tafeln durch Smartboards). Aus didaktischer Perspektive wurden hiermit keine grundlegenden Funktionen geändert oder andere Lernziele in den Fokus genommen, sondern nur analoge durch digitale Geräte ersetzt. Inzwischen wird für diese Entwicklung der Begriff *Digitalisierung* verwendet, wobei vor allem auf die technische Ebene geblickt wird, die die Grundlage für alle weitergehenden Aspekte des digitalen Wandels bildet. Dagegen hat Stalder (2016) herausgestellt, dass mit der technischen Digitalisierung gesellschaftliche Transformationsprozesse stattfinden, die mit dem Begriff *Digitalität* angesprochen werden und die auch für den Unterricht folgenreich sind. Als charakteristisches Merkmal der Digitalität wird dabei nicht die informationstechnische Unterscheidung verschiedener Arten der Datenverarbeitung (analog oder digital) verstanden (Hunze, 2021). Vielmehr geht es in einer weit gefassten Form nach Stalder (2016) um Relationen von Mensch und Objekt, die „heute auf Basis der Infrastruktur digitaler Netzwerke in Produktion, Nutzung und Transformation materieller und immaterieller Güter sowie in der Konstitution und Koordination persönlichen und kollektiven Handelns realisiert“ werden (Stalder, 2016, S. 18). Die durch die Digitalisierung eröffneten Möglichkeiten verändern grundlegend gesellschaftliche Strukturen, weswegen Stalder von der „Kultur der Digitalität“ (ebd.) spricht. Diese ist durch drei formale Merkmale gekennzeichnet: Referenzialität, Gemeinschaftlichkeit und Algorithmizität. Unter *Referenzialität* versteht er, dass soziale Bedeutung angesichts der globalen Vernetzung durch Bezugnahme auf andere Quellen konstruiert wird, d. h. sie wird in der Regel nicht selbst von Grund auf entwickelt, sondern durch Auswahl aus schier unendlichen Bezugsmöglichkeiten unter Einbeziehung eigener Impulse konstruiert. Das Filtern von Informationen, die

Fokussierung von Aufmerksamkeit und das Zuspochen und Konstruieren von Bedeutung erhalten hierdurch eine starke Relevanz. Die globale Vernetzung und die sozialen Kommunikationsformen führen dabei zu einer *Gemeinschaftlichkeit* mit Blick auf die Konstitution gesellschaftlicher Kultur. Die Verarbeitung erheblicher Mengen an Informationen und Kommunikationen setzt *Algorithmizität* voraus. Dies meint, dass programmierte Algorithmen insbesondere in Auswahl-, aber auch in Kommunikations- und Gestaltungsprozessen eingesetzt werden, wobei deren Gesetzmäßigkeiten selten bewusst wahrgenommen werden.

Solche kulturellen Veränderungsprozesse scheinen zunächst noch weit weg vom schulischen Unterricht zu sein, nehmen aber einen erheblichen Einfluss auf den didaktisch reflektierten Einsatz digitaler Medien. Beispielsweise ist das Erstellen eines Instagram-Posts z. B. zu einer existenziellen Frage im Deutsch- oder Religionsunterricht oder zu einem physikalischen Phänomen nicht schon deshalb lebensweltorientiert, weil digitale Medien genutzt werden. In lebensweltlicher Hinsicht kann es sogar kontraproduktiv sein, wenn die kulturelle Eigenheit der sozialen Kommunikation über Plattformen wie Instagram nicht mitbedacht wird. Auch die Algorithmizität der eingesetzten Tools ist didaktisch zu reflektieren. Vor allem aber verändern sich die Ziele des Medieneinsatzes mit Blick auf die Meta-Ebene der Medienreflexion.

In didaktischer Hinsicht können Digitalisierung und Digitalität also nicht voneinander getrennt werden. Notwendig ist ein Konzept, nach dem mit (analogen und) digitalen Medien umgegangen wird, wobei die Lehrperson reflektieren muss, welche Funktion das Medium in der aktuellen Unterrichtssituation hat, welches Lernziel konkret hiermit erreicht werden kann und welche Eigenheiten und Möglichkeiten mit digitalen Medien verbunden sind, die nicht nur die technische Seite der Digitalisierung, sondern auch die kulturelle Seite der Digitalität umfassen.

Vor der konkreten didaktischen Reflexion von Unterrichtsarrangements mit digitalen Medien ist es notwendig zu klären, was unter unterrichtlichen Medien und – im Anschluss an die Überlegungen zu Digitalisierung und Digitalität – speziell unter digitalen Medien zu verstehen ist.

2.2 Definitionen – Was sind (digitale) Medien im schulischen Kontext?

In aktuellen Veröffentlichungen zum Einsatz digitaler Medien in Schule und Unterricht wird nicht immer offengelegt, welcher Medienbegriff jeweils zugrunde gelegt wird. Wo das geschieht, sind sehr unterschiedliche Begriffsbestimmungen zu verzeichnen. Beispielsweise definiert Afrooz den Begriff stark objektbezogen: „Im schulischen Sinne bezeichnen Medien Objekte, die zur Unterstützung des Lernens und zur Vermittlung neuer Wissensinhalte dienen.“ (Afrooz, 2022, S. 3). Ähnlich Leutner, Opfermann und Schmeck (2014), die die von einem Medium transportierte Information in den Fokus rücken: „Auf einer sehr basalen Ebene kann als ‚Medium‘ [...] all das verstanden werden, was als Träger von Informationen gilt, wobei die Informationsübertragung durch Zeichen, insbesondere durch Texte und Bilder, erfolgt“ (Leutner et al., 2014, S. 297). Medien erscheinen hier sowohl unabhängig von

dem Kommunikationsprozess, in den sie eingebettet werden, als auch von den an ihm beteiligten Subjekten; didaktisch formuliert werden sie in einem Kommunikationsprozess eingesetzt und nehmen dadurch auf ihn Einfluss, konstituieren diesen aber nicht.

Weitergehende Definitionen beziehen dagegen konstitutiv Subjekte und Kommunikationsprozess in den Medienbegriff mit ein. Standop (2022) beginnt zwar mit einer ähnlich objektbezogenen Definition: „Der Begriff ‚Medium‘ leitet sich von dem lateinischen Adjektiv *medius* ab, das mit ‚in der Mitte, dazwischenliegend, vermittelnd‘ übersetzt werden kann. Ein Objekt wird insofern zu einem Medium, wenn es zwischen Gegenstände oder Menschen geschaltet wird“ (Standop, 2022, S. 14). Dabei ist ein solches Objekt jedoch nicht aus sich heraus schon Medium, sondern wird erst durch eine kommunikationsbezogene Absicht in kommunikativen Zusammenhängen zu einem Medium (Herzig, 2017, S. 29). Entsprechend bezieht Standop kommunikationstheoretische, kognitive und soziologische Perspektiven in ihre Definition mit ein. Dies liegt auf der Linie von Herzig, der auf den Erfahrungsprozess des lernenden Subjekts in der Auseinandersetzung mit seiner Umwelt blickt: „Aus einer pädagogischen Perspektive kann der Medienbegriff über die (Erfahrungs-)Formen, in denen wir mit unserer Umwelt in Kontakt treten, entwickelt werden. Unterscheiden lassen sich reale Begegnungen mit Sachverhalten oder Personen, modellhafte Formen (z. B. ein Modell einer technischen Anlage), abbildhafte Formen (z. B. Fotos, Filme oder animierte Darstellungen) und symbolische Formen (z. B. gesprochene Sprache oder schriftliche Texte)“ (Herzig, 2017, S. 29).

Nach Petko sind Medien „einerseits kognitive und andererseits kommunikative Werkzeuge zur Verarbeitung, Speicherung und Übermittlung von zeichenhaften Informationen“ (Petko, 2014, S. 13). Der Kommunikationsaspekt rückt den sozialkonstruktiven Charakter von Medien in den Fokus, wobei jedes beteiligte Subjekt notwendigerweise die in der Gestalt des Mediums übermittelten Inhalte hermeneutisch erschließen muss. Medien haben also immer einen Inhalt (es gibt keine mediale Kommunikation ohne Inhalt) und sind immer Teil eines kommunikativen Geschehens zwischen Subjekten (es gibt keinen medialen Inhalt ohne Kommunikation). Damit wird deutlich, dass ein Medium nicht einfach als Transportmittel für Informationen anzusehen ist, sondern als Teil eines Kommunikationsprozesses auf Hermeneutik angewiesen ist. Die Beteiligten (hier: Lernende und Lehrende) gehen als Subjekte mit je eigenem Erfahrungs- und Verstehenshorizont ebenso in diesen Prozess ein wie das Medium selbst, das die Kommunikation konfiguriert. Für ein solches Medienverständnis sprechen vier Gründe:

1. Mit dem Blick auf Unterrichtsplanung und -gestaltung wird einem rein instrumentellen Gebrauch von Medien als Transportmittel objektiver Inhalte vorgebeugt.
2. Die Komplexität des kommunikativen Lernprozesses rückt in den Fokus, insofern an allen Stellen Interpretationsleistungen (auf Basis des jeweiligen Verstehenshintergrundes der Beteiligten) vonnöten sind.

3. Die Eigenständigkeit des Mediums, welches Form und Inhalt der Kommunikation mitgestaltet, wird berücksichtigt.
4. Ein solcher Medienbegriff erscheint anschlussfähiger mit Blick auf das Spektrum der Fachdidaktiken, in dem insbesondere Disziplinen wie Musikdidaktik, Religionsdidaktik, Literaturdidaktik etc. mit einem anderen Medienverständnis operieren, als es in den Naturwissenschaftsdidaktiken oftmals der Fall ist und wäre somit für ein fachübergreifendes Projekt wie das vorliegende geeignet.

Die bisherigen Überlegungen sind unabhängig von der Art des Mediums, womit unmittelbar deutlich wird, dass eine Festlegung so genannter traditioneller Medien auf die reine Informationsübermittlung, wie sie etwa Standop (2022) oder Petko (2014) vornehmen, nicht sinnvoll ist. Eine solche Idee würde sich gerade in den geisteswissenschaftlichen und künstlerischen Fächern auch nicht nahelegen.

Im Folgenden werden nun speziell die digitalen Medien in den Blick genommen, deren technisches Charakteristikum die kodierte Form der kommunizierten Inhalte ist. Der Sinn dieser Kodierung liegt in der Ermöglichung technikgestützter, speziell computerisierter Datenverarbeitung, wodurch sich entscheidende Möglichkeiten im Umgang mit den Daten eröffnen. Dadurch wird eine doppelte Kodierung der Daten notwendig: zum einen bei der Umsetzung von Informationen in das binäre Darstellungssystem und zum anderen in Form einer gerätespezifischen Materialisierung. Diese zweite Kodierung überträgt die Informationen in eine unserer sinnlichen Wahrnehmung nicht zugängliche Form, wodurch sowohl die Kodierung als auch die Dekodierung eine Verwendung elektronischer Geräte notwendig macht, um die Daten unserer Wahrnehmung zugänglich zu machen. Zu wenig Beachtung findet allerdings das, was vor der Kodierung und nach der Dekodierung geschieht. Hierfür ist ein Rückgriff auf das klassische Sender-Empfänger-Modell der Kommunikationstheorie (zurückgehend auf Shannon & Weaver, 1949) hilfreich. Damit lässt sich die Abfolge von Übertragungen einer ursprünglichen Information im Verlauf des Kommunikationsprozesses genauer beschreiben: Die von einem Sender in einer bestimmten Absicht zu kommunizierende Information wird zunächst in einem konstruktivistischen Akt symbolisch repräsentiert (z. B. in Form von Worten, Bildern, Modellen u. a.), ehe der doppelte Kodierungs- und Dekodierungsprozess in übermittelbare Daten folgt. Auf Empfängerseite müssen diese (wieder dekodierten) Daten dann umgekehrt in einem erneuten konstruktivistischen Akt interpretiert werden, um möglichst die ursprünglichen Informationen zu erhalten. Deutlich wird, dass es sich hierbei nicht einfach um einen *Informationstransport* handelt, sondern um eine *Informationstranslation* mit einer Folge notwendiger Übersetzungsleistungen. Die Information, die am Anfang des Prozesses steht, ist dabei nicht notwendig deckungsgleich mit der Information am Ende des Prozesses, da auf beiden Seiten verschiedene Subjekte Interpretationsprozesse vollziehen müssen.

In seiner ursprünglichen, auf die Beschreibung technischer Informationsübermittlung ausgerichteten Form ist das Modell nicht hinreichend, um menschliche Kommunikation zu beschreiben, und bedarf daher entsprechender Erweiterungen

(Blanz, 2014). Der skizzierte mediengestützte Kommunikationsprozess ist in seiner linearen Form nicht geeignet, die Komplexität des unterrichtlichen kommunikativen Lernprozesses zu erfassen. Hierfür sind folgende Erweiterungen notwendig:

- Das Kommunikationsgeschehen ist in der Regel nicht linear, sondern ein wechselseitiger, bidirektionaler Prozess, wodurch sich eine zirkuläre Struktur ergibt.
- An verschiedenen Stellen des Prozesses ist mit Interaktionen zu rechnen: auf der Senderseite, auf der Empfängerseite und ggf. auch im Rahmen vernetzter Kommunikation während des Übertragungsprozesses.
- Je mehr der Schwerpunkt der verwendeten Medien auf der angezielten Kommunikation liegt, desto stärker wird der Inhalt erst im Verlauf der Kommunikation konstituiert, was besonders für produktionsorientierte Medien gilt. Einerseits können Medien Teil eines Kommunikationsprozesses sein, in dem es darum geht, (möglichst) eindeutig übermittelte Informationen nachzuvollziehen (z. B. in Physik eine virtuelle Simulation eines Phänomens) oder ein Hilfsmittel, das selbst zwar nicht unmittelbar Informationen übermittelt, aber ein Werkzeug ist, um ein Phänomen zu durchdringen (z. B. in Mathematik ein Modellierungstool). Andererseits können sie Teil eines Diskurses sein, mit dem eine ergebnisoffene Auseinandersetzung und ein Austausch angeregt werden soll (z. B. in Religion die Auseinandersetzung mit einem Ars-moriendi-Motiv).
- Gerade im schulischen Kontext stellt sich die Frage nach Medienschaffenden, die nicht unmittelbar an der Kommunikationssituation im Unterricht beteiligt sind. Die Lehrperson wählt bestimmte Medien aus (z. B. Erklärvideos oder künstlerische Bilder von dritten Anbietern) und integriert so bewusst oder unbewusst andere Personen in den unterrichtlichen Kommunikationsprozess, die in diesen mit ihrem je eigenen Interpretationshorizont und eigenen Intentionen mit eingehen, die denjenigen der Lehrperson entsprechen, sie ergänzen oder ihnen auch zuwiderlaufen können.

Die Rolle der Lehrperson erschöpft sich mit dem hier dargestellten Verständnis von (digitalen) Medien nicht in der fachwissenschaftlichen Analyse und didaktisch motivierten Auswahl von Medien, sondern muss den gesamten Kommunikationsprozess reflektieren und gestalten. Es sind daher sowohl technische als auch pädagogisch-didaktische Kompetenzen notwendig. Dies gilt umgekehrt auch für die Erforschung des Medieneinsatzes zum Beispiel im Rahmen von Lehr-Lern-Laboren.

2.3 Zur Frage nach den notwendigen Kompetenzen von Lehrpersonen

Mit der hier vorgenommenen Charakterisierung digitaler Medien ist die Frage nach den Kompetenzen von Lehrpersonen, die diese Medien didaktisch reflektiert verwenden, neu zu stellen. Dafür wird auf das TPaCK-Modell zurückgegriffen (Mishra & Koehler, 2006), das im Rahmen der Münsteraner Qualitätsoffensive Lehrerbildung leitend ist (für eine ausführliche Diskussion s. den einführenden Artikel dieses Sammelbandes).

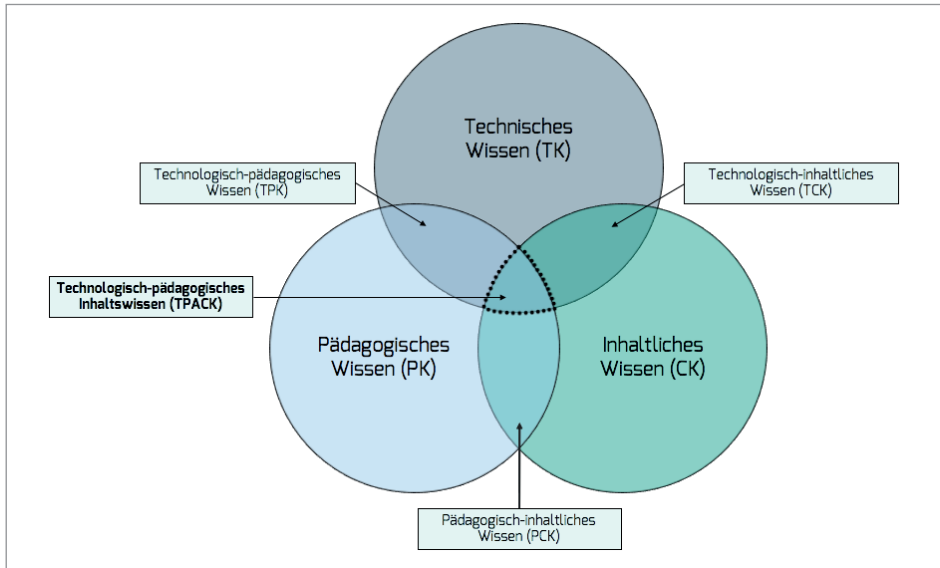


Abb. 1: TPaCK-Modell (Abbildung nach Gesellschaft für digitale Bildung, o. J.)

Grundsätzlich leistet das Modell mit Blick auf digitale Medien einen wichtigen Beitrag dazu, das komplexe Zusammenspiel verschiedener Kompetenzbereiche wahrzunehmen und zu strukturieren. In der Visualisierung ergeben sich die bekannten Überschneidungsbereiche, wobei anzumerken ist, dass – der Visualisierung anhand sich überschneidender Kreise geschuldet – die Größenverhältnisse der Schnittmengen nicht unbedingt den realen didaktischen Anforderungen entsprechen (Abb. 1):

Da die technische Seite des digitalen Wandels nur die Grundlage für den wesentlich gravierenderen gesellschaftlich-kulturellen Wandel ist, den Stalder beschrieben hat, schlagen Huwer et al. (2019, S. 360) vor: „Angesichts der oben skizzierten kulturellen Veränderungsprozesse greift jedoch das bereits erwähnte TPaCK-Modell [...] zu kurz und es sollte um die Perspektive der Digitalität erweitert werden, um etwa pädagogische und fachdidaktische Problematiken im Zusammenhang mit Referenzialität, Gemeinschaftlichkeit und Algorithmizität in den Blick nehmen zu können.“ Im Ergebnis erweitern die Verfasser den Bereich des ‚Technischen Wissens‘ (TK) um das ‚Digitalitätsbezogene Wissen‘ (DK), wobei ersteres ein notwendiger Bestandteil von letzterem ist. So wird aus dem TPaCK-Modell ein DPaCK-Modell.

Unser Medienverständnis stellt hohe Anforderungen an die didaktische Kompetenz der Lehrkräfte, was durch die mit der Digitalität verbundenen Herausforderungen noch verstärkt wird. Mit Blick auf digitale Medien sind der Bereich des Digitalitätsbezogenen Wissens (einschließlich der technischen Grundlagen), seine Schnittmengen mit dem Pädagogischen Wissen (DPK) und dem Inhaltlichen Wissen (DCK) sowie die Schnittmenge aller Wissensbereiche (DPaCK) von besonderer Bedeutung. Gerade angesichts der fortschreitenden technologischen Entwicklung liegt der Fokus in schulpolitischen Papieren wie auch im Alltag der Lehrkräfte oft auf den

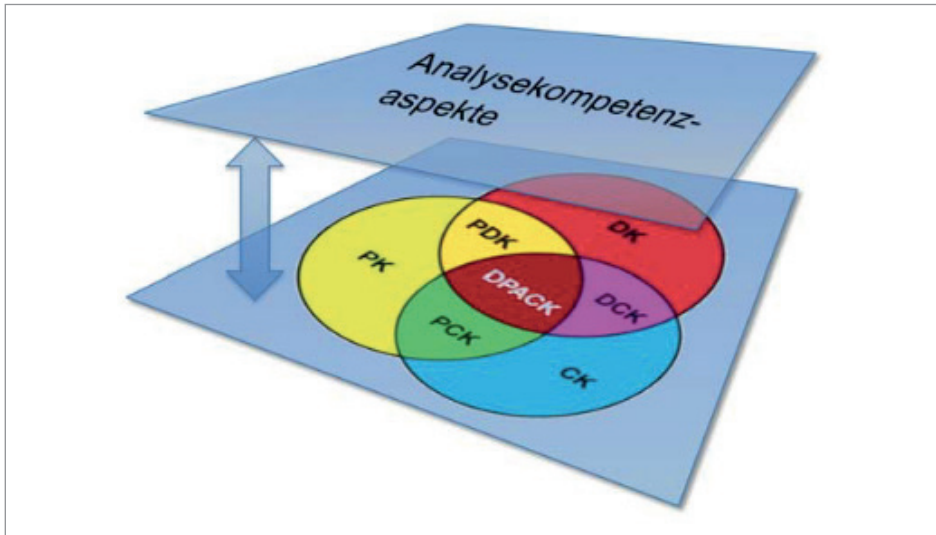


Abb. 2: Um die Dimension der Analysekompetenz erweitertes DPaCK-Modell von Huwer et al. (2019, S. 362)

technischen Kompetenzen, die in kurzer Zeit erworben und beständig weiterentwickelt werden müssen, um mit der Entwicklung mitzuhalten. Für die Reflexion des Bereichs DCK bleibt dabei nicht immer Raum, zumal diese einen informationstechnologischen Überblick und eine intensive Auseinandersetzung mit der sich erst herausbildenden Kultur der Digitalität erfordert. Auch die Erforschung digitalgestützter Lehr-Lern-Prozesse, die für den Bereich DPK unerlässlich wäre, ist noch nicht so weit fortgeschritten, dass deren Ergebnisse in der Aus- und Fortbildung der Lehrkräfte implementiert wären.

Generell werden in der Rezeption des TPaCK-Modells die Kompetenzen oft nicht ausgelotet, insofern es vor allem um *Wissen* in verschiedenen Bereichen geht, welches sehr ausführlich inhaltlich entfaltet wird, während die *Kompetenzen* selber kaum eingeholt werden. Zumeist geschieht dies nur mit der Forderung einer didaktischen Analysekompetenz, deren Grundlage die dargestellten Wissensbereiche sind, wie es beispielsweise Abbildung 2 von Huwer et al. (2019, S. 362) visualisiert.

Demgegenüber steht noch aus, das TPaCK-Modell tatsächlich kompetenzorientiert durchzubuchstabieren, indem es mit differenzierteren Anforderungen an die Medienkompetenzen der Lehrpersonen zusammengedacht und dann überlegt wird, wie der Erwerb der daraus resultierenden Kompetenzen gefördert werden kann. Rupp (2016) differenziert in diesem Zusammenhang vier Teildimensionen: die instrumentelle, die interaktive, die analytische und die produktive Medienkompetenz (s. auch Schüller et al., 2021).

2.4 Ein Kategorienraster zur Beschreibung digitaler Medien

In den vergangenen Jahrzehnten sind verschiedene Kategoriensysteme zur Beschreibung von Medien vorgeschlagen worden, beispielsweise von Pross (1972), Burkart (2002) und Petko (2014), die Medien in primäre, sekundäre, tertiäre und schließlich (Petko, 2014) quartäre Medien unterteilen, wobei das Unterscheidungsmerkmal in der notwendigen Nutzung von Geräten zur (De-)Kodierung und zur Vernetzung liegt (siehe Abb. 3).

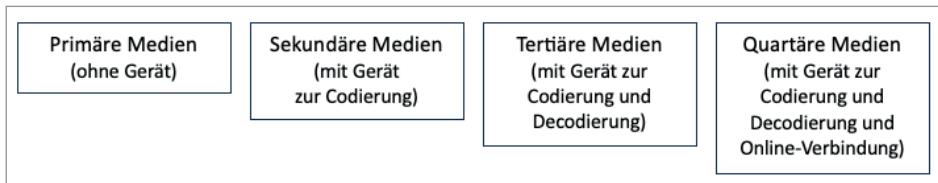


Abb. 3: Kategoriensystem zur Unterscheidung von Medien nach Petko (2014) (eigene Darstellung)

Für die unterrichtsbezogene Verwendung von Medien ist diese Unterscheidung insofern hilfreich, als dass sie den Aspekt der Kodierung und Dekodierung und die diesbezügliche Geräteabhängigkeit in den Blick nimmt. Dabei ist die im Alltag oft vorzufindende Gleichsetzung eines Mediums mit seinem Träger oder die eines Mediums mit einem verwendeten Werkzeug in didaktischer Hinsicht unzureichend. Entsprechend ist sie auch in Lehr-Lern-Laboren für die Evaluation von Lehr-Lern-Prozessen und eines Kompetenzerwerbs nicht tragfähig. Medien sind immer vom Kommunikationsprozess her zu charakterisieren, d. h., dass sowohl die zu übermittelnden Informationen als auch das verwendete (analoge wie digitale) Gerät (oder Device) und das verwendete (analoge wie digitale) Werkzeug (oder Tool) stets auf die Kommunikationsabsicht bezogen sind. Wenn von einem Gerät als Medium gesprochen wird, dann ist damit das Trägermedium der Informationen gemeint, welches materiell auf dem Device verortet ist.

Abbildung 4 zeigt eine Übersichtsgrafik zu den Begriffen und Beispielen der digitalen Medien, Geräte, Werkzeuge, Trägermedien und Informationen.

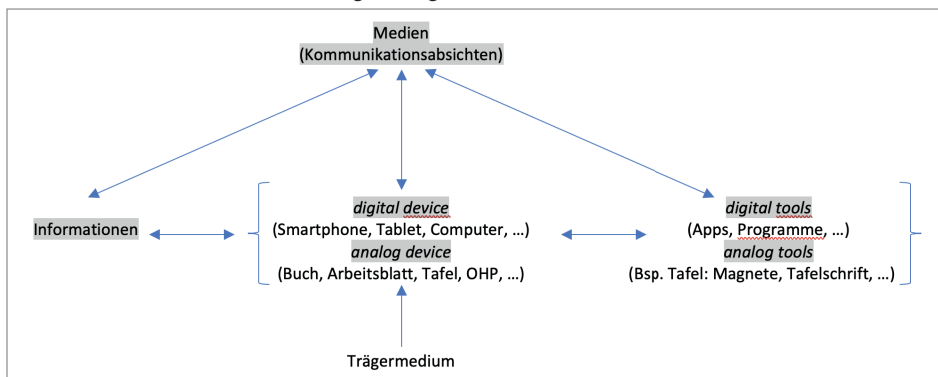


Abb. 4: Begriffliche Klärung digitale Medien (eigene Darstellung)

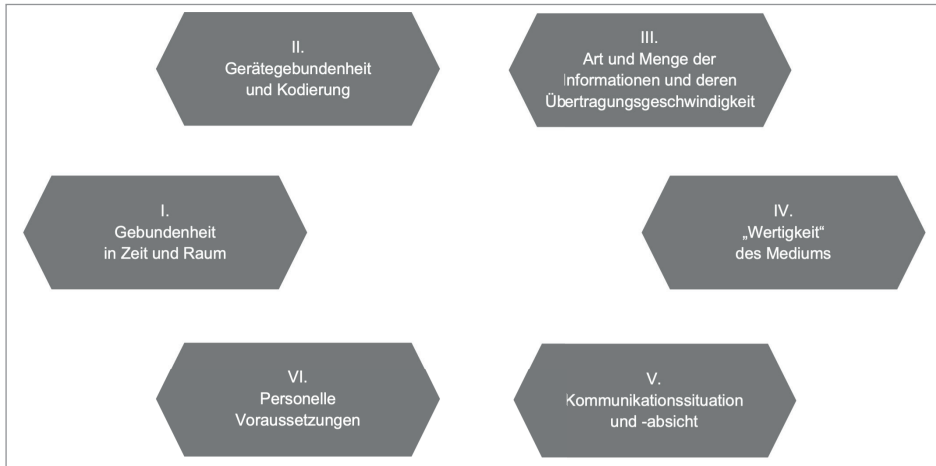


Abb. 5: Kategorienraster zur Beschreibung digitaler Medien (eigene Darstellung)

Mit dem dargestellten Medienverständnis ist die Charakterisierung von (digitalen) Medien nur als Teil eines didaktisch angelegten Kommunikationsprozesses in einem konkreten Unterrichtsarrangement möglich, wobei eine Vielzahl an Faktoren wirksam ist. Durch systematisches Vergleichen verschiedener Lernarrangements mit analogen und digitalen Medien können die folgenden Kategorien entwickelt werden, mit denen sich (nicht nur digitale) Medien in didaktischer Hinsicht charakterisieren lassen. Diese Kategorien sind aufeinander verwiesen und nicht als trennscharfe Dimensionen aufzufassen (Abb. 5):

I. Gebundenheit in Zeit und Raum

Leitfrage: Wie ist das Medium räumlich und zeitlich gebunden?

Aspekte:

- Ort der Speicherung und Zugriff
- Lösbarkeit und Wiederherstellbarkeit
- Vervielfältigung, ihre Geschwindigkeit und der dafür notwendige Aufwand
- Flüchtigkeit vs. Dauerhaftigkeit durch Speicherung von Daten
- Übertragung, ihre Schnelligkeit und Reichweite
- Orts- und Zeitabhängigkeit des Mediums
- Räumliche Ausdehnung
- Öffentlichkeit des (virtuellen) Raumes

Der traditionelle Unterricht unterliegt in aller Regel einer starken räumlichen und zeitlichen Gebundenheit in Bezug auf die in ihm verwendeten analogen Medien. Tafel, Hefter, Experimentiergeräte, Anschauungsmaterial liegen in begrenzter Anzahl und Form vor, sind dadurch räumlich begrenzt verfügbar und die mit ihnen verbun-

denen Daten (Tafelanschrieb, Experimentalaufbau oder andere Veranschaulichung etc.) überdauern in ihrer Mehrzahl auch maximal die Zeit der Unterrichtsstunde. Danach wandert das Material wieder in den Schrank, die Tafel wird abgewischt und lediglich die Hefte als dokumentarische Auszüge des Unterrichtsgeschehens verbleiben bei den Lernenden, wenn sie den Raum verlassen. Wer nicht zur richtigen Zeit am richtigen Ort ist, verpasst die Lerneinheit und kann sich nur anhand von Mitschriften und mündlichen Bericht im Nachhinein informieren.

Eine solche räumliche und zeitliche Gebundenheit kann an vielen Stellen (im Sinne des SAMR-Modells, s. Abschnitt 3) mit digitalen Medien erweitert bis transformiert werden. Ermöglicht wird dies durch die stark vereinfachte *Speicherung von Daten*, beispielsweise Aufzeichnungen anhand von Kameras in den digitalen Endgeräten oder die softwareeigene Erfassung von Notizen, Entstehungsprozessen, Bild- und Ton-Mitschnitten. Sie können außerdem einfach *gelöscht*, in vielen Fällen später sogar auch *wiederhergestellt* werden.

Digital kodierte Daten können sehr *schnell* und *mit wenig Aufwand vervielfältigt* und über Netzwerke auf andere Datenträger/Geräte verschoben oder durch eine Netzwerkspeicherung zugänglich gemacht werden. Damit verringert sich neben der räumlichen Begrenztheit auch die *Flüchtigkeit* der kommunikativen Daten. Mit analogen Medien ließe sich dies nur teilweise und mit deutlich höherem Aufwand abbilden.

Aufgrund der Schnelligkeit und Reichweite der Datenübertragung über eine entsprechende Lernplattform können auch Lernende von zuhause aus oder z. B. aus anderen Schulen am Unterricht teilhaben. Die *Ortsabhängigkeit des Mediums* wird dadurch in gewissem Umfang auf die Zugänglichkeit zu einem digitalen Gerät, zum Internet und zur Lernplattform reduziert. Zugleich wird durch die Speichermöglichkeiten auch die *zeitliche Limitation* vermindert.

Ein anderer Aspekt der Ortsabhängigkeit ist die *räumliche Ausdehnung* des Mediums (z. B. die Papiergröße eines Plakates oder die Größe der angezeigten Fläche eines Tablets, die sich mittels Scrollen und Zoomen beinahe unbegrenzt erweitern lässt, während sich die Fläche des Tablets selbst aber nicht erweitern lässt).

Diese Aspekte sind allerdings auch kritisch zu betrachten: Die vereinfachte Zugänglichkeit geht mit einer gewissen *Öffentlichkeit des (virtuellen) Raumes* einher und bringt sensible Fragen der Datensicherheit und des Datenschutzes hervor, die für die Schule und den Schutz der Heranwachsenden wesentlich zu betrachten und im Sinne eines Auftrags zur digitalen Bildung zu thematisieren sind. Weiterhin ist die tatsächliche Dauerhaftigkeit der Speicherung kritisch zu hinterfragen, da sowohl digitale Hard- als auch Software einem hochfrequenten Wandel unterworfen sind, der für analoge Medien deutlich weniger gilt (s.u. II. Gerätegebundenheit und Kodierung). Ebenso ist eine Person vom Kommunikationsprozess und seinen digitalen Gestaltungsmöglichkeiten ggf. vollständig ausgeschlossen, wenn Schwierigkeiten mit dem digitalen Endgerät oder dem Zugang zum Internet bzw. der jeweiligen Plattform auftreten (s.u.).

II. Gerätegebundenheit und Kodierung

Leitfragen: *Welche Geräte bzw. materiellen Ressourcen sind für die Mediennutzung notwendig? Wie zuverlässig sind diese?*

Aspekte:

- Für das Medium notwendige Hard- und Software bzw. materielle Ressourcen
- Vernetzung
- Funktionssicherheit
- Vulnerabilität

Durch die Kodierung von Daten in digitale Codes und ihre notwendige Dekodierung erhalten die digitalen *Geräte* und die in ihnen enthaltene *Software* im digital angereicherten Unterricht eine zentrale Bedeutung. Dies beinhaltet zuvorderst die notwendigen *materiellen Ressourcen*, d.h. die Verfügbarkeit entsprechender Geräte auf Lehrenden- und Lernendenseite. Diese sind in der Regel sowohl kosten- als auch wartungsintensiver als analoge Medien. Ähnliches gilt für die eingesetzten Werkzeuge wie Lernsoftware oder Produktions-Apps und für den Betrieb von Lern- und Schulplattformen. Hinzu kommt die notwendige Infrastruktur für die *Vernetzung* innerhalb der Schule und nach außen. Eine solche Digitalisierung der Datenspeicherung und -vernetzung bedarf vieler personeller Ressourcen mit Blick auf die Fachlehrkraft und das Medienteam der Schule und des Schulträgers (s. VI. Personelle Ressourcen).

Ebenso sind die *Funktionssicherheit* und die *Vulnerabilität* des Datensystems zu betrachten. Es lassen sich auch im Analogen Fälle konstruieren, in denen sich die Arbeit mit Medien nicht umsetzen lässt oder Produkte und Daten einer Gefährdung (von außen) ausgesetzt sind. Allerdings haben solche Szenarien (z. B. Heft vergessen, Klassenbuch verloren) eher lokale Konsequenzen und beeinträchtigen in der Regel eher nicht das Lernen oder die Klassengemeinschaft als Ganzes. Vergleichbare Fälle (z.B. Tablet vergessen, Stift nicht aufgeladen) lassen sich auch im Digitalen schnell finden. Darüber hinaus können im Digitalen aber leichter Fälle größerer Reichweite auftreten. Funktioniert das (Schul-)Netzwerk der Kommune nicht, stehen sämtliche damit vernetzte Schulen vor großen Herausforderungen. Die Vulnerabilität des Systems zeigt sich ebenso in zunehmenden Netzwerkangriffen auf Bildungseinrichtungen. Auch die Funktionssicherheit in Bezug auf die verwendete Hard- und Software ist nicht über unbegrenzte Zeiträume gesichert, da sie innerhalb kurzer Zeiträume auch wieder unzugänglich werden können, wenn das Werkzeug der Dekodierung der gespeicherten Daten nicht mehr verfügbar ist.

III. Art und Menge der Informationen und deren Übertragungsgeschwindigkeit

Leitfragen: *Wie lassen sich die durch das Medium übertragbaren Informationseinheiten beschreiben? Welche Zugänge und Interaktionsmöglichkeiten ermöglicht es?*

Aspekte:

- Art der Informationseinheit (z. B. statische vs. dynamische Bilder, Farbgebung; Videoclip etc.)
- (Ggf. gleichzeitig) angesprochene Sinneskanäle
- Interaktionsmöglichkeiten mit bzw. zu den Informationen innerhalb des Mediums
- Interaktionsmöglichkeiten mit Lerngruppenmitgliedern und externen Personen und Computern (z. B. Dialogsysteme mit Künstlicher Intelligenz)
- (Theoretisch mögliche) Menge an Informationen
- Verknüpfung der Informationen

Vergleicht man eine Internetseite mit fachbezogenen Informationen mit einer entsprechenden Seite in einem Schulbuch, weist die digitale Variante ein deutlich höheres *Potenzial an multimedialen Möglichkeiten* der Darbietung von Informationen auf (Leutner et al., 2014; Herzig, 2017). Statische Fotoaufnahmen können in der digitalen Variante in dynamische Bilder, Videoclips, Animationen oder interaktive Simulationen überführt werden (Girwidz, 2020). Zudem können über auditive Zusätze noch weitere *Sinneskanäle* angesprochen werden; Systeme mit Augmented oder Virtual Reality enthalten zum Teil sogar haptische Sinneseindrücke. Die *Interaktionsmöglichkeiten* lassen sich steigern: sei es in Form interaktiver Kollaboration und Kommunikation, sei es in Form der Manipulation von Lernobjekten (z. B. in digitalen Simulationen, Herzig, 2017) oder auch nur in Form von linearer Steuerung (z. B. Play-Pause) (Irion & Scheiter, 2018). Ganze Versuche können im digitalen Remote Lab durchgeführt werden – auch solche, die einer realen Durchführung aus Kosten- oder Sicherheitsgründen gar nicht zugänglich waren. Oder es können Zeitzeugen per Augmented Reality in den Klassenraum eingeladen werden, die nie real kommen könnten. Verwenden die Lernenden für diese Interaktion ein Tablet, stehen ihnen diese Informationen und Möglichkeiten per Software oder über das Internet zur Verfügung. In Echtzeit können Daten ausgetauscht und abgerufen werden, wobei die *Menge der Daten* durch die Kapazität des jeweiligen Netzwerkes begrenzt ist. Potenziell bieten die digitalen Medien multimedial deutlich erweiterte Möglichkeiten, eine größere Auswahl und Flexibilität, die Möglichkeit zu *Verknüpfung von Informationen* sowie ein größeres Repertoire an Visualisierungen im Vergleich zu analogen Medien.

IV. „Wertigkeit“ des Mediums

Leitfragen: *Welche Einstellung haben die Akteurinnen und Akteure zu dem Medium? Welchen Wert hat es für sie?*

Aspekte:

- Ideelle Wertigkeit des Mediums (z.B. Schnellebigkeit des Mediums; Neuigkeitseffekte)
- Möglichkeiten der Identifizierung (Ownership)
- Materieller Wert

Der Umgang von Lernenden (und Lehrenden) mit einem Medium wird auch dadurch charakterisiert, welche *Wertigkeit* ihm zugeschrieben wird. Das kann einerseits mit dem (erkennbaren) materiellen Wert, andererseits mit Motivationseffekten zusammenhängen, wobei Herzig zuzustimmen ist, wenn er betont, „dass motivationale Effekte z. T. zeitlich begrenzt sind, insbesondere dann, wenn sich der Effekt lediglich auf das technische Artefakt, d. h. auf den Umgang mit dem Gerät, bezieht“ (Herzig, 2014, S. 13).

Dagegen genügen die meisten Dokumentationen des Unterrichtsverlaufs durch die Lernenden (z.B. das Deutsch- oder Matheheft) keinen besonders hohen Ansprüchen der Ästhetik. Die Identifikation mit diesen Lernprodukten bzw. die ihnen zugeordnete Wertigkeit ist daher in den meisten Fällen vermutlich als eher gering einzuschätzen. Die digitalen Dokumentationen bieten hier zum einen eine stärkere Lenkung (z.B. Rechtschreibkorrektur, Zeichnungsglättung) an, enthalten einfache Möglichkeiten der Gestaltung (Schriftarten, Farben, voreingestellte Strukturhilfen wie Überschriften usw.) und erlauben einfach Korrekturen (in der Textproduktion, bei Zeichnungen in der Gliederung und Sortierung von Dokumenten). Die Lernprodukte können daher potenziell ansprechend gestaltet und überarbeitet werden, was zu einer höheren *Identifikation* oder *Ownership* führen kann.

Die verwendeten digitalen Geräte sind außerdem *kostspieliger* und *neuwertiger* als ihre analogen Entsprechungen. Je nachdem, wie die Ausstattung der Schulen, der Lehrkräfte und der Lernenden in der jeweiligen Kommune geregelt ist, spielt hierbei auch die Frage der Bildungs(un)gerechtigkeit eine Rolle. Auf der anderen Seite können die digitalen Erweiterungen auch für mehr Bildungszugang sorgen, indem auch weniger gut ausgestattete Schulen auf Experimente in Remote Labs zurückgreifen oder Lernende ohne Instrumentalerfahrung mit Musiksimulationen Stücke komponieren lernen können.

V. Kommunikationssituation und -absicht

Leitfrage: *In welche Kommunikationssituation ist das Medium didaktisch eingebettet?*

Aspekte:

- Ziel des Medieneinsatzes
- Potenziale des Mediums zum Erreichen dieses Ziels (insbes. Multimedialität, Adaptivität, Feedback)
- Sozialform und Methode
- Beteiligte Akteurinnen und Akteure sowie deren Rollen im Kommunikationsprozess

Mit Blick auf das hier zugrunde gelegte Medienverständnis ist diese Kategorie zentral. Welchen Einfluss die Einbindung digitaler Medien auf den traditionellen Unterricht nimmt, wird nur zu einem geringen Teil von den Medien selbst veranlasst, sondern vielmehr durch die didaktische Art der Einbindung bestimmt. Es ist entsprechend entscheidend, mit welcher Kommunikationsabsicht und in welcher Kommunikationssituation die digitalen Medien wie verwendet werden. Dabei müssen die besonderen „lernförderliche[n] Potenziale digitaler Medien“ (Herzig, 2017, S. 34) gezielt in der didaktisch komplexen Planung des Unterrichtsarrangements berücksichtigt werden. Wenig überraschend hat die Lehr-Lern-Forschung gezeigt, „dass digitale Medien nicht per se den Unterricht verändern, sondern dass deren Einsatz untrennbar mit der didaktischen Methode verwoben ist“ (Irion & Scheiter, 2018, S. 8).

Waffner (2020) stellt in einer Metastudie fest, dass sich die Nutzung in der Unterrichtspraxis dabei selten an (medien-)pädagogischen *Zielen* orientiere. Im Sinne des SAMR-Modells ist dies allerdings notwendig, um das Potenzial digitaler Medien zu einer Modifikation oder Redefinition von Unterricht auszuschöpfen. Auch zeigten sich Lehrkräfte in Befragungen vor allem wohlwollend gegenüber Präsentationsmedien, weniger gegenüber Kommunikationsmedien und Internetnutzung (Waffner, 2020), was sich aber durch die Zeiten des Distanzlernens während der Corona-Pandemie deutlich erweitert haben kann.

Digitale Medien bieten die Möglichkeit, kollaborative und kooperative Lernformen zu erweitern, wodurch die Interaktivität des Unterrichts gesteigert und die Autonomie der Lernenden gefördert werden kann. Des Weiteren bringen digitale Medien ein größeres *Potenzial* an *multimedialen Repräsentationen* mit sich und sie bieten zusätzliche Möglichkeiten der *Diagnose, Differenzierung, Förderung und Dokumentation des Lernfortschritts*. Damit ist ein breiter Spielraum an Individualisierungsmöglichkeiten verbunden (Kammerl & Dertinger, 2020). Entsprechende Lernmaterialien können in vielen Fällen individuell auf eine Lerngruppe angepasst werden, was sich mit analogen Medien meist schwerer realisieren lässt. *Adaptive Lernsysteme* sind in der Lage, auf Basis von diagnostischen Tests und KI-Programmierungen auch Lernumgebungen für einzelne Lernende zusammenzustellen (Herzig, 2020).

Verschiedene *Sozialformen* und *Methoden* des Lernens und *verschiedene Rollen* der Akteurinnen und Akteure können entsprechend durch die digitalen Medien gezielt unterstützt werden und bieten gegenüber analogen Medien erweiterte Möglichkeiten. Studien zeigen hierbei eine potenzielle Verschiebung der *Rolle* der Lehrkräfte

auf, indem sich diese neben ihrer fachlichen Expertise auch als Experten und Expertinnen der digitalen Technik und des Mediendesigns verstünden (Schuck & Mahler, 2018; Yildiz, 2018). Das Potenzial digitaler Medien für den Unterricht zeigt sich nach Daher, Baya'a und Anabousy (2018) vor allem in lernendenzentrierten Unterrichtsszenarien, denen eine konstruktivistisch-pädagogische Grundhaltung der Lehrkraft unterliege.

VI. Personelle Voraussetzungen

Leitfrage: Welche personellen Voraussetzungen braucht es für den Medieneinsatz aufseiten der Senderinnen und Empfängerinnen?

Aspekte:

- Personelle Voraussetzungen
- Medienkompetenz
- Aufwand (sowohl von Device und Tool als auch von Kompetenz abhängig)

Die Digitalisierung der Schule und die weitreichende Einbindung von digitalen Medien in den Unterricht stellt das System Schule und seine Akteurinnen und Akteure vor Herausforderungen. Die Schulen finden sich hierbei zwischen den Vorgaben und Weisungen des jeweiligen Landes und des Bundes, ihrer spezifischen Situation bezüglich der Ausstattung seitens des Trägers und der Zusammensetzung des Kollegiums und der Schülerschaft mit deren jeweiligen Einstellungen wieder. Dadurch entsteht ein „Spannungsfeld zwischen dem Anspruch, sich als lernende Organisation zu verstehen und gleichwohl Stabilität zu bieten“ (Waffner, 2020, S. 59). Lehrkräfte sollen also zum einen Medien verwenden und in den Unterricht einbinden und zum anderen mit den Lernenden eine (selbst-)kritische Medienkompetenz trainieren.

Dieser Anforderung gegenüber steht eine Lehrerschaft mit einer breiten Heterogenität an Einstellungen, technikbezogenen Kompetenzen, verschiedenen Lehr-Traditionen der Fächer und sehr unterschiedlichen technischen und administrativen Voraussetzungen an den Schulen. Yildiz (2018) stellt hierdurch die Gefahr einer Überlastung sowohl des Lehrpersonals als auch der Schülerinnen und Schüler fest. Insgesamt konstatiert Waffner (2020, S. 71) auf Basis einer Metastudie die Tendenz, dass „eine positive Haltung gegenüber digitalen Medien, lernerzentrierte Unterrichtspraktiken sowie ein hoher Grad an Technology Literacy, intrinsische Motivation und ein hohes Selbstwirksamkeitsempfinden in der Nutzung von Technik eine höhere Mediennutzung bewirken“ könne. Für die aktive Erweiterung der Kompetenzen ist es von zentraler Bedeutung, dass Lehrkräfte eigene Erfahrungen in der Nutzung digitaler Medien sammeln können (s. auch Sauers & McLeod, 2018). Eine wesentliche Unterstützung stellt auch die aktive Zusammenarbeit unter Lehrkräften dar.

3. Integration von digitalen Medien in den Unterricht

Da nun hinlänglich diskutiert ist, was unter dem Begriff der digitalen Medien zu verstehen ist, soll nun in den Blick genommen werden, wie digitale Medien in den Unterricht integriert werden können. Dabei ist zunächst festzustellen, dass die Einbindung digitaler Medien auf Unterrichtsebene von vielen Faktoren abhängig ist, wie Abbildung 6 veranschaulicht. So beeinflussen beispielsweise Einstellungen und Kompetenzen schulischer Akteurinnen und Akteure sowie auch die technische und räumliche Infrastruktur, ob und wenn ja welche digitalen Medien im Unterricht eingesetzt werden.

Dass bei Lehrkräften der Sekundarstufe I bereits der Wille besteht, digitale Medien in den Unterricht einzubinden, zeigt der Länderindikator 2021. Dieser belegt, dass der Großteil der für diese Studie befragten Lehrkräfte insbesondere durch die Erfahrungen in der Corona-Pandemie durchaus Potenziale im Einsatz digitaler Medien sehen und diese auch zukünftig nutzen möchten (Lorenz & Eickelmann, 2022). Die Autorinnen merken an: „Die Pandemie scheint hier zu einer extrinsischen Motivation beizutragen [digitale Medien in den Unterricht einzubinden], deren langfristige Wirkung auf Lehr-Lern-Prozesse mit digitalen Medien zu untersuchen bleibt“ (Lorenz & Eickelmann, 2022, S. 183). Die Kompetenzen der Lehrkräfte der Sekundarstufe I sind ihrer Selbsteinschätzung nach im Vergleich zur Erhebung in 2017 signifikant angestiegen; hier ist jedoch noch unklar, wie diese Kompetenzen dahingehend tatsächlich und nicht nur in der Selbsteinschätzung ausgeprägt sind (Endberg & Lorenz, 2022). Dies deutet darauf hin, dass strukturelle und personelle Voraussetzungen für das Einsetzen digitaler Medien einem positiven Trend folgen. Doch selbst wenn

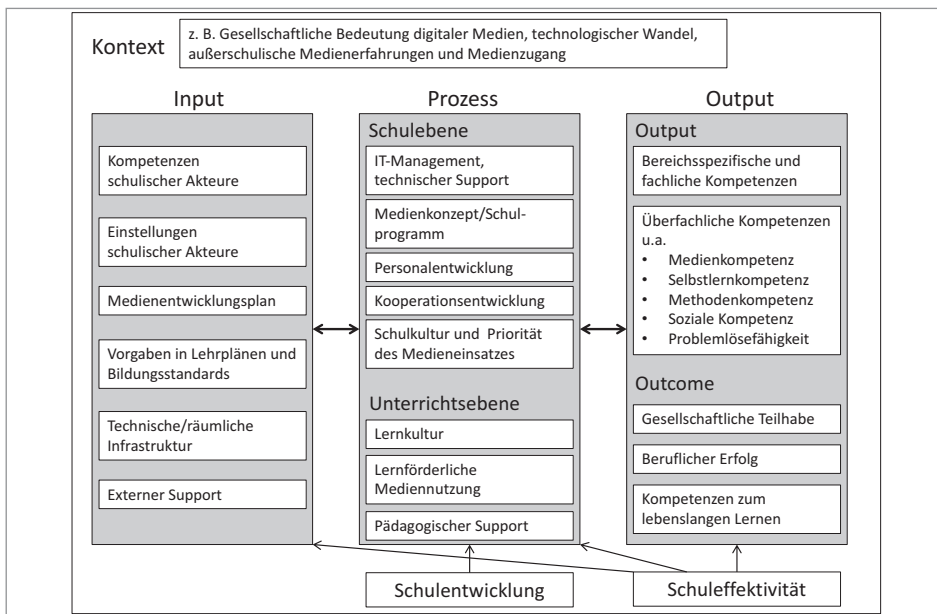


Abb. 6: Qualitätsdimensionen schulischer Medienbildung (Lorenz & Bos, 2017, S. 13)

alle Voraussetzungen für einen digitalgestützten Unterricht gegeben wären, bleibt auf Unterrichtsebene (Abb. 6) die Frage, wie die Integration digitaler Medien in den Unterricht aussehen kann.

Ein in der Auseinandersetzung mit digitalen Medien häufig angeführtes Modell ist das bereits erwähnte SAMR-Modell nach Puentedura (2006). Dieses kategorisiert den Einsatz digitaler Medien dahingehend, inwiefern neue Unterrichtsszenarien durch das digitale Medium erreicht werden. Dabei unterteilt Puentedura in vier verschiedene Stufen (s. Abb. 7). In den unteren beiden Stufen *Substitution* bzw. *Augmentation* ermöglicht der Medieneinsatz, wenn überhaupt, nur eine Veränderung im Sinne optimierter funktionaler Abläufe. Auf den höheren Stufen, also der *Modifikation* bzw. *Redefinition*, wird hingegen das digitale Medium im Sinne einer Erneuerung genutzt, beispielsweise um Lernaufgaben zu gestalten, die ohne das digitale Medium nicht möglich wären. Das Modell kann dabei zur Reflexion digitaler Unterrichtsszenarien eingesetzt werden, z. B. um zu hinterfragen, ob man mit Hilfe des digitalen Mediums mögliche Potenziale des Mediums ausschöpft oder nicht vielleicht auch eine höhere Stufe des SAMR-Modells erreichen kann.

Allerdings gibt es auch Kritik an diesem Modell. So seien die Stufen weder trennscharf noch lassen sie sich empirisch als lernförderlich belegen. Positive Effekte einer SAMR-Stufe seien dabei nicht alleine auf das Medium, sondern viel eher auf die zugrundeliegenden kognitiven Prozesse der Lernenden zurückzuführen, die ein Unterrichtsszenario auslöst (Hamilton et al., 2016). Auch lässt sich bei Beispielen für die Stufe Redefinition aus unserer Sicht häufig hinterfragen, ob es sich tatsächlich um

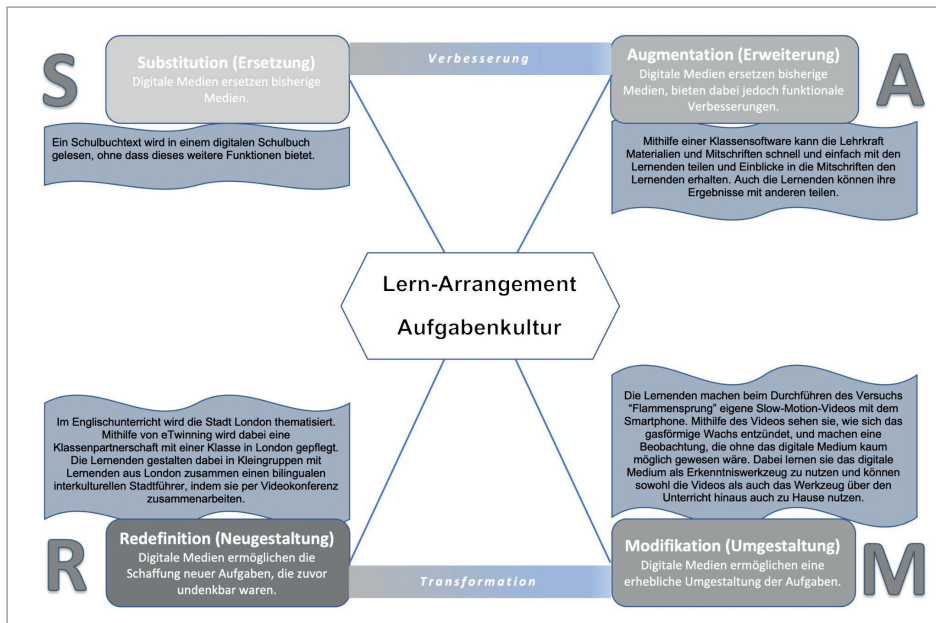


Abb. 7: SAMR-Modell nach Puentedura (2006) mit ergänzten Beispielen (eigene Darstellung)

Szenarien handelt, die ohne digitale Medien nicht möglich wären. So ist der Flipped Classroom ein häufig angeführtes Beispiel für die Stufe Redefinition, doch wäre ein Flipped Classroom nicht auch mithilfe von Arbeitsblättern, die die Lernenden zu Hause bearbeiten, möglich? So ändern sich in solchen Beispielen durch den Einsatz digitaler Medien nicht unbedingt die Methoden selbst, sondern sie sind vielleicht eher leichter, zeiteffizienter und passgenauer mithilfe digitaler Medien umsetzbar und werden deswegen auch häufiger als Alternative für den Unterricht gesehen. Eine Schwierigkeit der Stufe Redefinition ist außerdem, dass sich durch die Redefinition ein Wechsel im Lernziel ergeben könnte. Wenn Lernende beispielsweise nun künstliche Intelligenz nutzen können, um sich ganze Hausarbeiten schreiben zu lassen, läge der Fokus des Einsatzes dieser Software im Unterricht vermutlich nicht mehr auf einem fachlichen oder fachmethodischen Inhalt, sondern eher auf Kompetenzen der Medienreflexion. Das heißt, auch wenn digitale Medien im Sinne einer Redefinition genutzt werden, sind digitale Szenarien nicht nur auf der Grundlage ihrer „Neuartigkeit“ zu bewerten, sondern u. a. auch auf Basis ihrer Lernförderlichkeit für das jeweilige Lernziel.

Ein ebenfalls populäres Modell, das einen anderen Fokus einnimmt, ist das ICAP-Modell (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014; s. Abb. 9). Auch wenn das Modell nicht explizit dafür gestaltet wurde, kann mit dessen Hilfe der Einsatz digitaler Medien dahingehend untersucht werden, inwiefern eine kognitive Aktivierung der Lernenden stattfindet. Die Annahme ist hier, dass die vier Stufen von sichtbaren Lernaktivitäten (passiv, aktiv, konstruktiv und interaktiv) mit zunehmender kognitiver Aktivität der Lernenden einhergehen und somit zu einem höheren Lerneffekt führen (ebd.). Aber auch bei diesem Modell ist zu überlegen, ob ein Medieneinsatz nicht auch auf einer niedrigeren Stufe didaktisch sinnvoll sein kann, z. B. um Lernende kognitiv zu unterstützen. So könnte auch ein Medieneinsatz auf der Stufe ‚passiv‘ lernförderlich sein, wenn er zu solch einem Zweck eingesetzt wird. Dabei ist kognitive Aktivierung natürlich ein wichtiges Qualitätskriterium für Unterricht, da sie sich auf den Lernerfolg auswirken kann (Lipowsky, 2015). Jedoch legt auch dieses Modell einen sehr spezi-

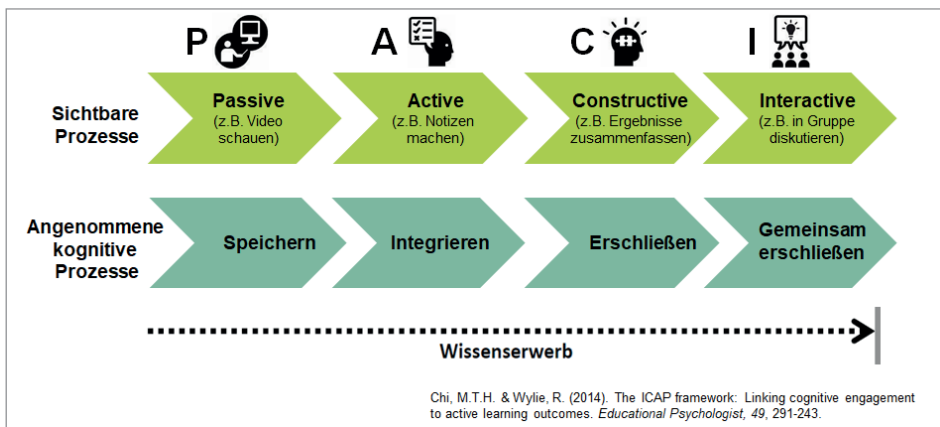


Abb. 8: ICAP-Modell nach Chi und Wylie (2014) (Abbildung nach Rohr, o. J.)

fischen Fokus für die Reflexion der Integration digitaler Medien, welcher didaktische Entscheidungsspielräume nur sehr begrenzt abbilden kann.

Es ist demnach festzuhalten, dass digitale Medien so in den Unterricht integriert werden können, dass sie z. B. mehr oder weniger neuartige Lernszenarien schaffen (SAMR) bzw. Lernende mehr oder weniger kognitiv aktivieren (ICAP). Doch bieten digitale Medien zudem noch weitere Möglichkeiten, Lernszenarien zu gestalten. Da diese mithilfe der aufgeführten Modelle nicht differenziert werden können, sollen abschließend die in Abschnitt 2 vorgestellten Kategorien beispielhaft auf die Unterrichtspraxis angewandt werden, um sich den Möglichkeiten des Medieneinsatzes in komplexen didaktischen Settings und den damit verbundenen (fach-)didaktischen Entscheidungs- und Handlungsmöglichkeiten von Lehrkräften anzunähern.

4. Fazit

Digitale Medien lassen sich in ihrem medialen Einsatz im (Fach-)Unterricht in unterschiedlicher Art und Weise eher technikbezogen, aus pädagogisch-didaktischer oder aus unterrichtspraktischer Sicht betrachten. Ihr Einbezug in den Unterricht kann von einfacher Substitution analoger Geräte bis hin zu einer Redefinition von Unterrichtsstrukturen und Lernzielen reichen. Dabei ist anzunehmen, dass die verschiedenen medialen Umsetzungen auch einen Wechsel in den angezielten Kompetenzen und Lernzielen mit sich bringen: zum einen aufgrund der veränderten unterrichtlichen Situation, zum anderen durch gesellschaftliche Transformation und veränderte Anforderungen des Arbeitsmarktes. Offenkundig sind für eine umsichtige Einbettung der digitalen Medien in die Unterrichtsgestaltung seitens der Lehrkräfte umfangreiche Kompetenzen in den digitalitätsbezogenen Bereichen, aber auch im mediendidaktischen Bereich erforderlich; zudem sind bestimmte Einstellungen und Persönlichkeitsmerkmale wie Flexibilität und Risikobereitschaft eine wesentliche Hilfe. Der genauere Blick auf digitale Medien hat vor allen Dingen aber gezeigt, dass Medien – und zwar nicht erst digitale – nicht einfach im Unterricht „eingesetzt“ werden können, sondern dass sie vom unterrichtlichen Kommunikationsprozess her zu denken sind, der sie überhaupt erst als Medien konstituiert.

Die Umsetzung iterativer und komplexitätsreduzierter Lernsequenzen im Lehr-Lern-Labor der Fachdidaktiken an der Universität Münster kann für die Vertiefung der notwendigen Kompetenzen eine wesentliche Unterstützung sein. Begleitende Forschung kann sowohl den Wissens- und Kompetenzzuwachs der angehenden Lehrkräfte betrachten als auch Lernprozesse bei den teilnehmenden Lernenden analysieren und auf diese Weise unser Wissen um die Lernwirksamkeit digitaler Medien in ihrem Einsatz im Unterricht zu erweitern. Beispielhaft seien abschließend drei mögliche Fragestellungen benannt, die in Lehr-Lern-Laboren verfolgt werden können.

Mit Blick auf die *erste Kategorie (Gebundenheit in Zeit und Raum)* gewinnt der Unterrichtsverlauf durch die Möglichkeit der Lehrkraft, in wenigen Schritten ihre vollständigen Unterrichtsmitschriften über eine Lernplattform allen Lernenden zur

Verfügung zu stellen, zwar an Transparenz, allerdings macht es die eigenen Mitschriften der Lernenden in Hinsicht auf die Produktdokumentation obsolet. Das eigene Dokumentieren, dem forschungsseitig eine wesentliche Lernförderlichkeit zugeschrieben wird (Hattie, 2009), gerät damit in die Notwendigkeit der Legitimation. In Lehr-Lern-Laboren könnte – auch unter Einbeziehung möglicher (Re-)Definition der Lernziele – die Veränderung des Lernprozesses in den Blick genommen werden, zugleich aber auch untersucht werden, inwiefern sich das Kommunikationsgeschehen wandelt und welchen Einfluss dies wiederum auf den Lernprozess hat.

Mit Blick auf die *fünfte Kategorie (Kommunikationssituation und -absicht)* könnten die Auswirkungen der mit der schnellen Datenverarbeitung und Zugänglichkeit digitaler Medien verbundenen Beschleunigung in der Abfolge von Unterricht fokussiert werden, die hinsichtlich der Qualität und Effektivität von Unterricht noch wenig bekannt sind. Neben Veränderungen in den Aufmerksamkeitsspannen und in der Toleranz für Wartezeiten im Unterricht könnte sich die Qualität mediengestützter Kommunikationsprozesse verändern.

Als letztes Beispiel lässt sich mit Blick auf die sechste Kategorie (Personelle Voraussetzungen) eine gewisse Umkehrung technischen Expertentums diskutieren, die sich aus der schnellen Wandelbarkeit des Digitalen ergibt. Studien deuten jedoch an, dass die jugendlichen Lernenden zwar unbedarfter und offener mit digitalen Medien umgehen, allerdings kaum Expertise in kompetenter Mediennutzung oder im Zusammenhang von digitalen Medien und Lernen besitzen (Eickelmann & Gerick, 2018). In der Lehrkräftebildung setzen Lehr-Lern-Labore gerade auch an diesem Punkt an und können eine wichtige Funktion dabei übernehmen, Formen des gemeinsamen und wechselseitigen Aufbaus von Expertise von Lehrkräften und Lernenden zu entwickeln.

Literatur

- Afrooz, M. (2022). *Leistungseffekte beim verschachtelten und geblockten Lernen mittels Lernvideos auf Tablets. Eine empirische Untersuchung an Schülerinnen und Schülern der fünften Jahrgangsstufe*. Springer VS.
- Blanz, M. (2014). Definitorische und deskriptive Aspekte von Kommunikation. In M. Blanz, A. Florack & U. Piontkowski (Hrsg.), *Kommunikation. Eine interdisziplinäre Einführung* (S. 13–37). Kohlhammer.
- Burkart, R. (2002). *Kommunikationswissenschaft. Grundlagen und Problemfelder. Umriss einer interdisziplinären Sozialwissenschaft*. Böhlau.
- Chi, M. (2009). Active-Constructive-Interactive: a conceptual framework for differentiating learning activities. *Topics in Cognitive Science*, 1, 73–105.
- Chi, M. & Wylie, R. (2014). The ICPA framework: linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243.
- Daher, W., Baya'a, N. & Anabousy, R. (2018). In-Service Mathematics Teachers' Integration of ICT as Innovative Practice. *International Journal of Research in Education and Science*, 4(2), 534–543. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1185069>. <https://doi.org/10.21890/ijres.428945>

- Eickelmann B. & Gerick, J. (2018). Lehren und Lernen mit digitalen Medien – Zielsetzungen, Rahmenbedingungen und Implikationen für die Schulentwicklung. In B. Eickelmann & J. Gerick (Hrsg.), *Lehren und Lernen mit digitalen Medien. Strategien, internationale Trends und pädagogische Orientierungen* (S. 54–81). Oldenbourg.
- Endberg, M. & Lorenz, R. (2022). Selbsteingeschätzte Kompetenzen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht im Bundesländervergleich 2021 und im Trend seit 2017. In R. Lorenz, S. Yotyodying, B. Eickelmann & M. Manuela (Hrsg.), *Schule digital – der Länderindikator 2021. Lehren und Lernen mit digitalen Medien in der Sekundarstufe I in Deutschland im Bundesländervergleich und im Trend seit 2017* (S. 89–115). Waxmann.
- Gesellschaft für digitale Bildung (o. J.). *Das TPACK-Modell*. <https://www.gfdb.de/didaktik-tpack-modell>
- Girwidz, R. (2020). Multimedia und digitale Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & H. E. Fischer (Hrsg.), *Physikdidaktik | Grundlagen* (S. 457–527). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59490-2_13
- Hamilton, E. R., Rosenberg, J. M. & Akcaoglu, M. (2016). The Substitution Augmentation Modification Redefinition (SAMR) Model: a Critical Review and Suggestions for its Use. *TechTrends* 60 (2016), 433–441. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0091-y>
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203887332>
- Herzig, B. (2014). *Wie wirksam sind digitale Medien im Unterricht?* Bertelsmann Stiftung.
- Herzig, B. (2017). Digitalisierung und Mediatisierung – didaktische und pädagogische Herausforderungen. In C. Fischer (Hrsg.), *Pädagogischer Mehrwert? Digitale Medien in Schule und Unterricht* (S. 25–57). Waxmann.
- Herzig (2020). Digitalisierung – Revolution des Lernens?. In D. M. Meister & I. Mindt (Hrsg.), *Mobile Medien im Schulkontext* (S. 7–28). Springer VS.
- Hugo, J. (2022). Digitalisierungsbezogene Schulentwicklung als Rechtsentwicklung. Eine Analyse bildungspolitischer Konzeptpapiere von der KMK-Erklärung Medienbildung in der Schule bis zum DigitalPakt. In J. Hugo, R. Fehrmann, S. Ud-Din & J. Scharfenberg (Hrsg.), *Digitalisierungen in Schule und Bildung als gesamtgesellschaftliche Herausforderung. Perspektiven zwischen Wissenschaft, Praxis und Recht* (S. 35–59). Waxmann.
- Hunze, G. (2021). Technisches Upgrade oder soziokulturelle Transformation? Warum Digitalisierung mehr ist als der Einsatz digitalisierter Medien in der Lehre. In A. Burke, L. Hiepel, V. Niggemeier & B. Zimmermann (Hrsg.), *Theologiestudium im digitalen Zeitalter* (S. 97–119). Kohlhammer.
- Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S. & Thyssen, C. (2019). Von TPaCK zu DPaCK – Digitalisierung im Unterricht erfordert mehr als technisches Wissen. *MNU Journal* 72 (2019), 358–364.
- Irion, T. & Scheiter, K. (2018). Didaktische Potenziale digitaler Medien. Der Einsatz digitaler Technologien aus grundschul- und mediendidaktischer Sicht. *Grundschule aktuell*, 142 (2018), 8–11.
- Kammerl, R. & Dertinger, A. (2020). Guter Unterricht mit mobilen Medien. Eine Darstellung. In D. M. Meister & I. Mindt (Hrsg.), *Mobile Medien im Schulkontext* (S. 47–78). Springer VS.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2016). *Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016 in der Fassung

- vom 07.12.2017. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf (Letzter Abruf: 28.02.2023).
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2021). *Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 09.12.2021. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf (Letzter Abruf: 28.02.2023).
- Leutner, D., Opfermann, M. & Schmeck, A. (2014). Lernen mit Medien. In T. Seidel & A. Krapp (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 297–322). Beltz.
- Lipowsky, F. (2015). Unterricht. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 69–105). Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-642-41291-2_4
- Lorenz, R. & Bos, W. (2017). Schule digital – der Länderindikator 2017. Theoretisches Rahmenmodell, Überblick über die Befunde des Länderindikators 2017 und Einordnung zentraler Ergebnisse der Erhebungszyklen 2015, 2016 und 2017. In R. Lorenz, W. Bos, M. Endberg, B. Eickelmann, S. Grafe & J. Vahrenhold (Hrsg.), *Schule digital – der Länderindikator 2017. Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017* (S. 11–35). Waxmann.
- Lorenz, R. & Eickelmann, B. (2022). Veränderungen durch die Corona-Pandemie mit Blick auf die Nutzung digitaler Medien in der Sekundarstufe I im Bundesländervergleich – technische Ausstattung, Unterrichtsorganisation und Leistungsbewertung. In R. Lorenz, S. Yotyodying, B. Eickelmann & M. Manuela (Hrsg.), *Schule digital – der Länderindikator 2021. Lehren und Lernen mit digitalen Medien in der Sekundarstufe I in Deutschland im Bundesländervergleich und im Trend seit 2017* (S. 161–186). Waxmann.
- Medienberatung NRW (2020). Medienkompetenzrahmen NRW – Broschüre für Lehrkräfte. Münster/Düsseldorf: Medienberatung NRW (3. Aufl.). https://medienkompetenzrahmen.nrw/fileadmin/pdf/LVR_ZMB_MKR_Broschuere.pdf (Stand: 28.02.2023).
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Petko, D. (2014). *Einführung in die Mediendidaktik. Lehren und Lernen mit digitalen Medien*. Beltz.
- Pross, H. (1972). *Medienforschung. Film, Funk, Presse, Fernsehen*. Habel.
- Puentedura, R. (2006). *Transformation, Technology, and Education*. http://hippasus.com/resources/tte/puentedura_tte.pdf
- Rohr, V. (o. J.). *Blended Learning*. Universität St. Gallen. <https://www.digicomptoteach.ch/2019/09/26/blended-learning/>
- Rupp, G. (2016). Der inklusive Blick auf das Lernen von Sprache, Literatur und den Umgang mit Medien – kulturwissenschaftliche Perspektiven auf die Deutschdidaktik. In D. Frickel & A. Kagelmann (Hrsg.), *Der inklusive Blick. Die Literaturdidaktik und ein neues Paradigma* (S. 37–60). Peter Lang.
- Sauers, N. J. & McLeod, S. (2018). Teachers' Technology Competency and Technology Integration in 1:1 Schools. *Journal of Educational Computing Research*, 56(6), 892–910. <https://doi.org/10.1177/0735633117713021>
- Shannon, C. E. & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press.

- Schuck, S. & Maher, D. (2018). *Creating Opportunities for Untethered Learning*. *Technology, Pedagogy and Education*, 27(4), 473–484. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2018.1510788>
- Schüller, L., Bulizek, B. & Fiedler, M. (2021). *Digitale Medien und Inklusion im Deutschunterricht. Grundlagen und Hilfen zur Planung und Vorbereitung*. Waxmann.
- Stalder, F. (2016). *Kultur der Digitalität*. Suhrkamp.
- Standop, J. (2022). *Digitale Medien in der Schule*. Beltz.
- Waffner, B. (2020). Unterrichtspraktiken, Erfahrungen und Einstellungen von Lehrpersonen zu digitalen Medien in der Schule. In A. Wilmers, C. Anda, C. Keller & M. Rittberger (Hrsg.), *Bildung im digitalen Wandel. Die Bedeutung für das pädagogische Personal und für die Aus- und Fortbildung* (S. 57–102). Waxmann <https://doi.org/10.31244/9783830991991.03>
- Yildiz, C. (2018). *Examination of Middle School Mathematics Teachers' Experiences of Using a Smart Phone*. Online Submission.

Diversitätssensibel unterrichten mit digitalen Medien

Ein Kompetenzmodell zur Planung und Reflexion von
Lehr-Lern-Laboren

1. Motivation

1.1 Ausgangslage: veränderte Lebenswelt durch Digitalisierung

Die fortschreitende Digitalisierung verändert die Lebenswelten von Schülerinnen und Schülern maßgeblich, was sich z. B. in einem gestiegenen Gerätebesitz und in einer Verschiebung der Mediennutzung hin zu digitalen Medien zeigt (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest [mpfs], 2000, 2001, 2020b, 2021). Die Corona-Pandemie hat diesen Trend beschleunigt, indem – insbesondere während der Schulschließungen – digitale Medien vermehrt für das schulische Lernen genutzt wurden (mpfs, 2020a).

Auf der einen Seite bieten digitale Medien vielfältige neue Möglichkeiten, unter anderem in der Kommunikation sowie der Informationsbeschaffung. Auf der anderen Seite ergeben sich durch sie neue Herausforderungen wie der reflektierte Umgang mit den jederzeit und überall verfügbaren digitalen Medien (KMK, 2016). Um die Potentiale digitaler Medien nutzen und die neuen Herausforderungen meistern zu können, benötigen Schülerinnen und Schüler Medienkompetenz. Die internationale Vergleichsstudie ICILS zeigt allerdings, dass ein Drittel der deutschen Schülerinnen und Schüler nur über eine rudimentäre bzw. basale Medienkompetenz verfügt (Eickelmann et al., 2019, S. 13).

Um möglichst alle Schülerinnen und Schüler gut auf ein Leben in der durch Digitalisierung veränderten Welt vorzubereiten, sieht die KMK in ihrem Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt“ (2016) vor, dass alle Schülerinnen und Schüler verbindlich bereits ab der Primarstufe institutionell verankert „Kompetenzen für die digitale Welt“ (S. 12) erwerben. Sie formuliert dabei folgende sechs Kompetenzbereiche: 1. Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren, 2. Kommunizieren und Kooperieren, 3. Produzieren und Präsentieren, 4. Schützen und sicher Agieren, 5. Problemlösen und Handeln und 6. Analysieren und Reflektieren. Diese Auflistung zeigt, dass neben einem Lernen mit digitalen Medien auch ein Lernen über digitale Medien angestrebt wird. In den ergänzenden Empfehlungen „Lehren und Lernen in der digitalen Welt“ der Kultusministerkonferenz von 2021 werden zusätzlich auch informatische Kompetenzen genannt.

Auf dieser Grundlage haben die einzelnen Bundesländer verbindliche Vorgaben zur Umsetzung des Strategiepapiers der KMK formuliert. In NRW z. B. sieht der Medienkompetenzrahmen (Medienberatung NRW, 2020b) vor, dass Schülerinnen und Schüler Kompetenzen in den folgenden sechs Bereichen erwerben: 1. Bedienen und Anwenden, 2. Informieren und Recherchieren, 3. Kommunizieren und Kooperieren, 4. Produzieren und Präsentieren, 5. Analysieren und Reflektieren sowie 6. Problemlösen und Modellieren. Diese sechs Bereiche liegen nicht nur begrifflich, sondern auch inhaltlich sehr nah an den von der KMK formulierten Kompetenzbereichen. Medienkompetenz soll in Deutschland nicht in einem separaten Fach, sondern fachintegriert erworben werden (KMK, 2016), sodass sukzessive auch die Lehrpläne aller Fächer angepasst und ergänzt werden.

1.2 Konsequenz: Lehrkräfte benötigen Medienkompetenz

Durch die neuen Möglichkeiten digitaler Medien sowie die neuen curricularen Vorgaben verändern sich in der Folge auch die Anforderungen an die professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Die Digitalisierung beeinflusst nicht nur das Lehren und Lernen im Unterricht, sondern auch viele weitere Bereiche der Berufswelt von Lehrkräften (Ständige wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz [SWK], 2021). Auch hier hat die Corona-Pandemie dem Geschehen einen großen Schub verliehen (Eickelmann & Drossel, 2020; Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2020). Um diese veränderten Anforderungen professionell bewältigen und ihre Schülerinnen und Schüler im Umgang mit digitalen Medien ausbilden zu können, benötigen Lehrkräfte selbst Medienkompetenz (SWK, 2021).

Deswegen ist im KMK-Strategiepapier zur „Bildung in der digitalen Welt“ (2016) und in seiner Ergänzung „Lehren und Lernen in der digitalen Welt“ (2021) auch vorgesehen, dass (angehende) Lehrkräfte darin ausgebildet werden, digitale Medien in ihrem Fachunterricht professionell einzusetzen und ihren Einsatz kritisch zu reflektieren. In NRW konkretisiert z. B. der Orientierungsrahmen „Lehrkräfte in der digitalisierten Welt“ (Medienberatung NRW, 2020a) diese Vorgabe und benennt Kompetenzerwartungen im Umgang mit digitalen Medien in den folgenden fünf Bereichen: 1. Unterrichten, 2. Erziehen, 3. Lernen und Leisten fördern, 4. Beraten und 5. Schule entwickeln. Die Orientierung der fünf Bereiche an den generellen Aufgabengebieten von Lehrkräften verdeutlicht, dass digitale Medien die gesamte Berufswelt von Lehrkräften prägen und so komplexe Anforderungen mit sich bringen.

Auch die Wissenschaft hat sich vielfältig mit der Medienkompetenz von Lehrkräften beschäftigt und verschiedene Kompetenzmodelle entwickelt. Diese werden in Abschnitt 2 beleuchtet.

1.3 Potential: digitale Medien für den Umgang mit Diversität

Digitale Medien generieren nicht nur neue Herausforderungen für Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte, sondern bergen auch vielfältige neue Chancen, ins-

besondere für das Lehren und Lernen. Potentiale digitaler Medien werden in der Interaktivität, Adaptivität sowie Multimedialität gesehen (Opfermann et al., 2020). Sie können zur Veranschaulichung komplexer Sachverhalte sowie zur Unterstützung kooperativer Lernprozesse genutzt werden (Irion & Scheiter, 2018). An diesen Beispielen wird deutlich, dass auch ein Potential digitaler Medien für den Umgang mit Diversität zu erwarten ist (vgl. auch KMK, 2016; KMK, 2021; Medienberatung NRW, 2020a), weil die genannten Potentiale digitaler Medien für Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichen Voraussetzungen individuell genutzt werden können. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht wird z. B. von Stinken-Rösner und Abels (2021) beschrieben und diskutiert, in welcher Weise digitale Medien verwendet werden können, um typische Barrieren beim Lernen zu überwinden. Sie schlagen unter anderem vor, das Potential digitaler Medien zur Veranschaulichung von Sachverhalten für die Darstellung von anregenden Kontexten zu nutzen, um so die Partizipationsmöglichkeiten der Schülerinnen und Schüler zu erhöhen.

Genau solche Potentiale digitaler Medien für den Umgang mit Diversität nimmt das Teilprojekt „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“ des Projekts „Dealing with Diversity – Kompetenter Umgang mit Heterogenität“ im Rahmen der zweiten Phase der Qualitätsoffensive Lehrerbildung an der Universität Münster in den Blick. Im Teilprojekt werden fachspezifische universitäre Lehrveranstaltungen entwickelt und evaluiert, die bei Studierenden die Kompetenz anbahnen sollen, digitale Medien für den professionellen Umgang mit Diversität im Unterricht einzusetzen. Um diese Kompetenz beschreiben und verorten zu können, werden im Folgenden bereits existierende Modelle für die Medienkompetenz von (angehenden) Lehrkräften in den Blick genommen und darauf aufbauend wird ein eigenes Kompetenzmodell mit Fokus auf dem professionellen Umgang mit Diversität durch digitale Medien beschrieben und diskutiert.

2. Professionelle Kompetenz von Lehrkräften

2.1 Kompetenz

Das Konzept der Kompetenz fokussiert die Fähigkeit einer Person, Herausforderungen in bestimmten Situationen zu bewältigen. Die vorliegende Arbeit bezieht sich auf den im deutschsprachigen Raum häufig verwendeten erweiterten Kompetenzbegriff von Weinert (2001). Dieser definiert Kompetenzen als die „bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (Weinert, 2001, 27 f.). In diesem Sinne wird Kompetenz als ein mehrdimensionales Konstrukt verstanden, das zentrale Aspekte der fachlichen Diskussion aufgreift. Es wird u. a. davon ausgegangen, dass Kompetenzen erworben werden können, weil sie auf deklarativem und prozeduralem Wissen beruhen. Weinert (2001) nennt auch Bereitschaften und erweitert damit die Definition als kontextspezifische kognitive

Leistungsd disposition (Klieme et al., 2008). Der Begriff der Kompetenz wird nicht nur im deutschsprachigen Raum verwendet. So wird etwa im dänischen COM-Projekt eine Person als kompetent bezeichnet, wenn sie in der Lage ist, wesentliche Aspekte eines bestimmten Bereichs effektiv, prägnant und genau zu beherrschen (Niss & Højgaard, 2019).

2.2 Professionelle Kompetenz

Die professionelle Kompetenz einer Lehrkraft für die Ausübung ihres Berufs ist unter dem genannten Kompetenzbegriff aufgrund der berufsbedingt unterschiedlichen Anforderungssituationen zu verstehen, da neben kognitiven Leistungsdispositionen auch motivationale, volitionale und soziale Aspekte eine Rolle spielen (Weinert, 2001). Professionelles Handeln beinhaltet unter anderem die Ausübung von Urteilsvermögen, die Notwendigkeit, aus Erfahrungen zu lernen, die Interaktion zwischen Theorie und Praxis und eine professionelle Gemeinschaft, die die Qualität überwacht und Wissen synthetisiert (Shulman, 1998).

Durch das Studium erwirbt eine angehende Lehrkraft ein wissenschaftliches Grundwissen über ihre Fächer. Durch ihre Arbeit dient sie der Gesellschaft in dem jeweiligen Bildungsbereich und übt durch ihre Beurteilungen einen wesentlichen Einfluss auf die zu bildenden Menschen aus. Sie versteht sich als lebenslang lernend und arbeitet professionell mit Kolleginnen und Kollegen zusammen, um die Qualität der schulischen Bildung zu sichern. Nach diesen Merkmalen lässt sich der Lehrberuf eindeutig als Profession beschreiben. Welche konkreten Kompetenzen die oben aufgezählten Aspekte beinhalten, wurde in verschiedenen Konzeptualisierungen jeweils unterschiedlich beschrieben (Wess et al., 2021).

2.3 Professionelles Wissen

Professionelles Wissen bildet einen zentralen Aspekt professioneller Kompetenz. Beim professionellen Wissen von Lehrkräften unterscheidet man nach Shulman (1986) verschiedene Wissensdomänen. Beim *Fachwissen* handelt es sich um reines Fachwissen über das jeweilige Fachgebiet. Dies schließt die Kenntnis der Fachsystematik ein, um die Inhalte für den Unterricht auszuwählen und schülergerecht zu gestalten. Das *fachdidaktische Wissen* umfasst die fachlichen Inhalte im Hinblick auf den Unterricht. Dazu gehören nützliche Formen der Darstellung von Unterrichtsinhalten, Analogien, Beispiele und Erklärungen. Die Lehrkraft muss über verschiedene Ansätze und Darstellungsformen verfügen und zwischen ihnen wählen können. Der Schwerpunkt liegt auf dem Wissen darüber, auf welche Weise die Lernenden die Fachinhalte lernen können. Dazu muss sich die Lehrkraft der Schwierigkeiten bestimmter Inhalte bewusst sein sowie Vorwissen, Vorerfahrungen und typische Schülervorstellungen in den Lehr-Lern-Prozess einbeziehen können. Das *curriculare Wissen* über den Lehrplan, der die Themenbereiche und Inhalte für die verschiedenen Klassenstufen beschreibt und anordnet, findet sich in dieser Wissensdomäne.

Sie umfasst auch das Wissen über verschiedene Methoden und Materialien für den Unterricht und deren Verständnis. Zum curricularen Wissen zählt man zudem denjenigen Teil des curricularen Wissens, welcher durch die Kenntnis aktueller Themen in anderen Fächern gekennzeichnet ist. Dies kann für übergreifende Aspekte wie den Einsatz digitaler Medien eine besondere Bedeutung gewinnen. Unter *pädagogischem Wissen* versteht man schließlich fächerübergreifendes Wissen einer Lehrkraft, wie z. B. Kenntnisse über effektives Klassenmanagement. Nach König und Blömeke (2009) beinhaltet diese Wissensdomäne verschiedene Bereiche, u.a. die Strukturierung des Unterrichts und den Umgang mit Heterogenität.

2.4 Ansätze für die Beschreibung professioneller Kompetenz von Lehrkräften

Im Rahmen verschiedener theoretischer Ansätze und Studien wurden professionelle Kompetenz und professionelles Wissen von Lehrkräften unterschiedlich konzeptualisiert. Die verschiedenen Ansätze werden im Folgenden dargestellt. Dabei gibt es allgemeine Konzepte, die sich auf professionelle Kompetenzen für alle Fächer beziehen und spezielle Konzepte, die für bestimmte Fächer oder Teilbereiche von Fächern entwickelt wurden (z. B. Wess et al., 2021). Für das Unterrichten mit digitalen Medien sind Konzepte von Interesse, die explizit professionelle Kompetenzen oder professionelles Wissen zu digitalen Medien berücksichtigen (Huwer et al., 2019; Mishra & Koehler, 2006). Darüber hinaus sind auch Konzepte zu beachten, die sich auf professionelle Kompetenzen von Lehrkräften zur inklusiven Bildung beziehen (Stinken-Rösner et al., 2020). Wir beginnen mit allgemeinen Modellen professioneller Kompetenz (TEDS-M und COACTIV) und beschreiben anschließend speziellere Modelle, welche die Nutzung digitaler Medien und die Heterogenität der Lernenden explizit berücksichtigen.

2.5 Die Modelle von TEDS-M und COACTIV

In einem Modell, das verschiedene Ansätze zur Konzeptualisierung und Messung von Kompetenz zusammenführt, um Kompetenz als Prozess darzustellen, dienen situationsspezifische Fähigkeiten als Bindeglied (Blömeke et al., 2015). Nach diesem Modell besteht die professionelle Kompetenz aus drei Teilen: Der erste Teil sind Dispositionen, die sowohl aus kognitiven als auch aus affektiv-motivationalen Komponenten bestehen. Der zweite Teil ist die professionelle Unterrichtswahrnehmung. Sie beinhaltet die Wahrnehmung und Interpretation bemerkenswerter Aspekte in einer gegebenen Unterrichtssituation und die Entscheidung für eine Reaktion. Der dritte Teil ist die Performanz, also das beobachtbare Verhalten als Ergebnis der situationspezifischen Fähigkeiten (siehe Abb. 1).

Dieses Modell wurde weiter ausgearbeitet. Die kognitiven Dispositionen wurden in die Wissensdomänen nach Shulman (1986) unterteilt, und die affektiven Dispositionen wurden in Beliefs über Mathematik und das Lehren und Lernen von Ma-

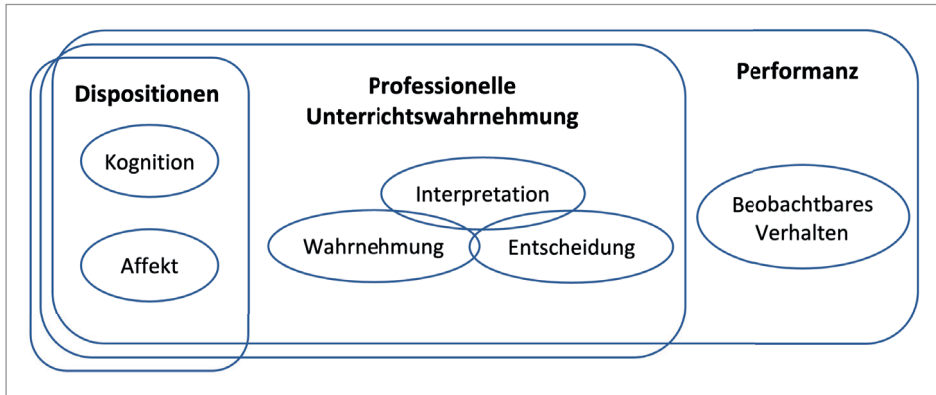


Abb. 1: Kompetenz als Kontinuum (nach Blömeke et al., 2015, S. 7)

thematik sowie in Motivation und Selbstregulation differenziert (Döhrmann et al., 2012).

Das COACTIV-Modell professioneller Kompetenz von Lehrkräften (Baumert & Kunter, 2011) baut auf der Unterteilung der Wissensdomänen nach Shulman (1986) auf und betrachtet Professionswissen in den Bereichen Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisch-psychologisches Wissen. Dies wird um Organisations- und Beratungswissen ergänzt. Die professionelle Kompetenz von Lehrkräften setzt sich dann aus Professionswissen, aber auch Überzeugungen, Werthaltungen und Zielen, motivationalen Orientierungen sowie Selbstregulation zusammen (Baumert & Kunter, 2011). Das Modell wurde zunächst allgemein entwickelt und dann am Beispiel von Mathematiklehrkräften spezifiziert. Die Bereiche des Professionswissens wurden weiter in verschiedene Facetten unterteilt. Das COACTIV-Modell untergliedert beispielsweise das fachdidaktische Wissen in das Erklärungswissen, das Wissen über das mathematische Denken von Lernenden und das Wissen über mathematische Aufgaben.

Die im Rahmen der Studien COACTIV und TEDS-M entwickelten Konzepte professioneller Kompetenz weisen große Gemeinsamkeiten auf. Hierzu zählen unter anderem die Verwendung von Erkenntnissen der Forschung zur Lehrerexpertise und der damit verbundenen Annahmen zum Wissen und Können von Lehrerinnen und Lehrern (Zeichner & Conklin, 2005) sowie die Nutzung eines Kompetenzbegriffs (Weinert, 2001) aus der empirischen Bildungsforschung und eines übergreifenden Modells professioneller Kompetenz von Lehrpersonen (Depaepe & König, 2018). Insbesondere betrachten beide Konzepte professioneller Kompetenz das Professionswissen, das sich aus verschiedenen Wissensbereichen zusammensetzt. Diese sind Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisch-psychologisches Wissen. Professionelle Kompetenz umfasst einvernehmlich neben den angeführten kognitiv orientierten Wissensdimensionen auch affektiv-wertorientierte Aspekte.

Innerhalb der Wissensbereiche gibt es Unterschiede. So betrachten Blömeke und Kaiser (2014) innerhalb des fachdidaktischen Wissens lehrbezogene und lern-

prozessbezogene Anforderungen, während Baumert und Kunter (2013) Erklärungswissen, Wissen über das mathematische Denken von Lernenden und Wissen über mathematische Aufgaben unterscheiden. Die Konzeption von COACTIV (Baumert & Kunter, 2013) verwendet außerdem die Kategorien Beratungswissen, Organisationswissen, motivationale Orientierungen und Selbstregulation. Das COACTIV-Modell ist in Bezug auf das deutsche Bildungssystem deutlich differenzierter, während in der TEDS-Studie aufgrund der internationalen Konzeption bestimmte Bereiche fokussiert wurden (Wess et al., 2021).

2.6 Das Projekt FALKO

Während bei TEDS-M und COACTIV zwar allgemeine Überlegungen zur Konzeptualisierung professioneller Kompetenz für alle Unterrichtsfächer in die Erstellung der Modelle eingeflossen sind, sind die Konkretisierungen sowie die Studien schließlich für das Fach Mathematik durchgeführt worden. Im Projekt FALKO an der Universität Regensburg wurden explizit sämtliche Fächer angesprochen. Die konzipierten Testinstrumente in FALKO orientieren sich an COACTIV. Es wurden ebenso Tests für Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen in unterschiedlichen Fächern, z. B. Deutsch, Englisch, Latein, Physik und Musik erstellt (Krauss et al., 2017). Im Fach Physik wurde beispielsweise das fachdidaktische Wissen in drei Facetten zu Wissen über Erklären und Repräsentieren, Wissen über Schülerkognitionen und Wissen über Messen und Experimentieren aufgeteilt (Schödl & Göhring, 2017). Im Fach Musik wurde hingegen das fachdidaktische Wissen auf der Basis der drei Facetten *Wissen über musikbezogene Instruktionsstrategien, Wissen über musikbezogene Kognitionen, Lernwege und Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern* sowie *Wissen über das Potential von Materialien für musikbezogene Lehr-/Lernprozesse* erhoben (Puffer & Hofmann, 2017).

2.7 Die Modelle TPACK und DPaCK

Mishra und Koehler (2006) bauen auf Shulmans (1986) Formulierung des fachdidaktischen Wissens auf und schlagen einen konzeptionellen Rahmen für den Einsatz digitaler Medien im Unterricht vor, indem sie diese auf den Einsatz digitaler Medien ausweiten. Mishra und Koehler (2006) argumentieren, dass der gezielte pädagogische Einsatz digitaler Medien die Entwicklung einer komplexen und situierten Form von Wissen erfordert, die sie als technologisches fachdidaktisches Wissen bezeichnen. Dabei gehen sie davon aus, dass die drei Hauptkomponenten Inhalt, Pädagogik und Technologie sowie deren Zusammenspiel für die Gestaltung von Lernumgebungen entscheidend sind. Dies erfordert Fachwissen, pädagogisches Wissen und technologisches Wissen. In diesem Modell wird fachdidaktisches Wissen, anders als bei Shulman (1986) oder COACTIV (Baumert & Kunter, 2011), als das Zusammenspiel von Fachwissen und pädagogischem Wissen interpretiert. Technologisches fachdidaktisches Wissen kann man sich dann als die Schnittmenge von inhaltlichem,

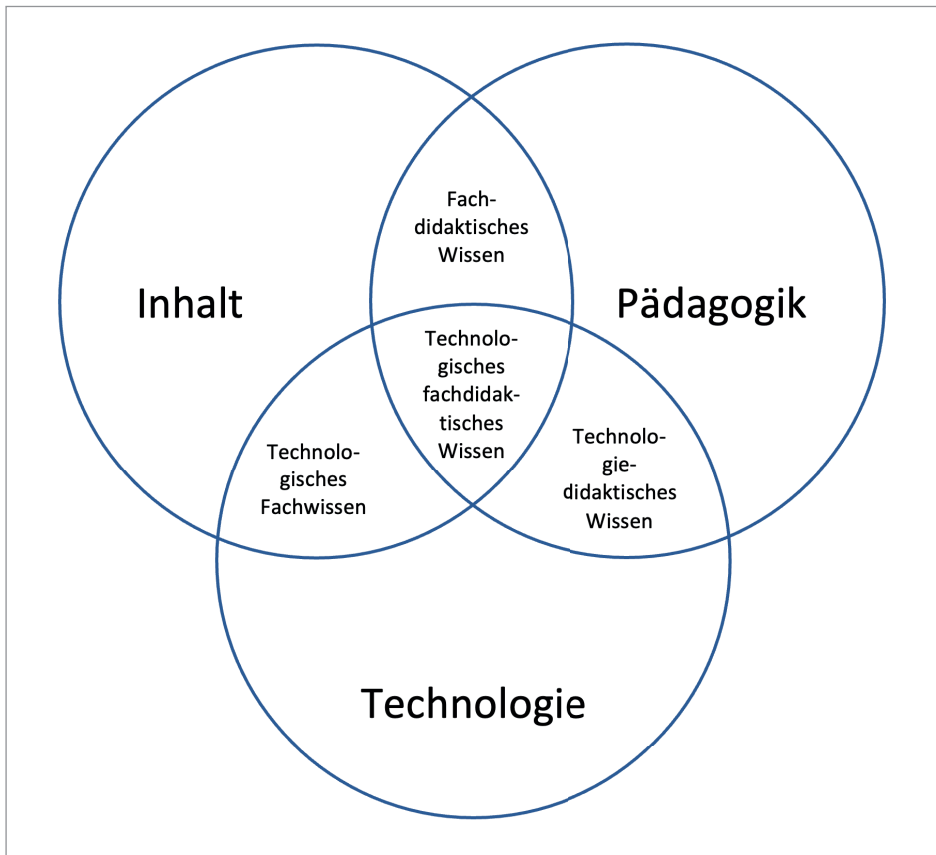


Abb. 2: Technologisches fachdidaktisches Wissen (nach Mishra & Koehler, 2006, S. 1025)

pädagogischem und technologischem Wissen vorstellen (siehe Abb. 2). Für dieses Konzept des technologisch fachdidaktischen Wissens wurde bereits ein Testinstrument entwickelt, um die Reflexion von angehenden Lehrkräften zu unterstützen und in größerem Umfang ihr Bewusstsein für ihre Stärken und ihren Entwicklungsbedarf im Hinblick auf den pädagogisch sinnvollen Einsatz digitaler Medien im Unterricht zu unterstreichen (Valtonen et al., 2017).

Dabei ist zu bemerken, dass das TPACK-Modell zwar explizit technologisches fachdidaktisches Wissen herausarbeitet, dies aber noch keine professionelle Kompetenz beschreibt, da etwa die motivationale Bereitschaft und der Willen, dieses Wissen auch in variablen Situationen tatsächlich einzusetzen, nicht berücksichtigt werden. Dazu kommt eine eher technische Perspektive der Technologie im TPACK-Modell, die Huwer et al. (2019) durch die Reflexion der Herausforderungen des Digitalitätskonzeptes erweitern. So können etwa auch gesellschaftliche, soziale und ethische Aspekte berücksichtigt werden. Das technologische Wissen wird um Aspekte der Digitalität erweitert, die sich nicht nur auf technische Aspekte beziehen. Schließ-

lich kann so analog zum TPACK-Modell das digitalitätsbezogene pädagogische und inhaltliche Wissen (DPaCK) als Basis für die Gestaltung von fachspezifischen Lehr- und Lernprozessen mit Technologien beschrieben werden (Huwert et al., 2019). Entsprechend betrachtet die KMK (2021) auch die *Digitale pädagogische Inhaltskompetenz* als Zusammenspiel von pädagogischer Kompetenz, inhaltlicher Kompetenz und Digitalisierungskompetenz der Lehrkräfte.

2.8 Das Rahmenmodell DiKoLAN

DiKoLAN (Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften) ist ein Rahmenmodell, das in sieben zentralen Bereichen digitale Basiskompetenzen für Lehramtsstudierende naturwissenschaftlicher Fächer beschreibt. Im DiKoLAN-Orientierungsrahmen wurden die Kompetenzbereiche in Anlehnung an das TPACK-Modell (Mishra & Koehler, 2006) und das DPaCK-Modell (Huwert et al., 2019) weiter ausdifferenziert und Kompetenzerwartungen für die einzelnen Bereiche definiert. Diese Kompetenzbereiche bestehen aus eher allgemeinen Kompetenzen wie Dokumentation, Präsentation und Kommunikation sowie aus eher fachspezifischen Kompetenzen wie Messwerterfassung, Datenverarbeitung und Simulation/Modellierung. So beschreibt etwa der Kompetenzbereich Simulation und Modellierung „die individuellen Fertigkeiten, computergestützte Modellierungen zu erstellen sowie bestehende digitale Simulationen ziel- und adressatengerecht für den Erkenntnis- und Kommunikationsprozess einzusetzen sowie das Wissen über Grenzen und Potenziale von Modellen und Simulationen im Erkenntnisgewinnungsprozess“ (Becker et al., 2020, S. 25). Die einzelnen Kompetenzen werden im Hinblick auf die Schwerpunktbereiche Unterricht, Methodik und Digitalität, fachwissenschaftlicher Kontext und spezielle Technik näher beschrieben. Zudem wird zwischen den Kompetenzstufen Nennen, Beschreiben und Anwenden/Durchführen unterschieden (Becker et al., 2020).

Neben dem Rahmenmodell DiKoLAN und den in 2.7 beschriebenen Modellen gibt es weitere Kompetenzmodelle zur professionellen Kompetenz mit digitalen Medien, wie zum Beispiel das in einer Arbeitsgruppe zur Digitalisierung in der Lehramtsausbildung entwickelte UDE-Modell (Beißwenger et al., 2020), das explizit eine fachdidaktische Perspektive einnimmt.

2.9 Inklusive Pädagogik und naturwissenschaftliche Bildung

Im Rahmen des Netzwerks inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (NinU) ist ein Raster für inklusive wissenschaftliche Kompetenz als Zusammenspiel von integrativer Pädagogik und naturwissenschaftlicher Bildung entstanden. Dabei wird die Perspektive der naturwissenschaftlichen Bildung durch vier Bereiche konzeptualisiert, die Überlegungen zu wissenschaftlichen Fragen, Lernen von wissenschaftlichen Inhalten, wissenschaftlichem Arbeiten und dem Lernen über Wissenschaft beinhalten. Die Perspektive der inklusiven Bildung wird im Hinblick auf die Anerkennung

von Vielfalt, das Erkennen von Barrieren und die Ermöglichung von Teilhabe berücksichtigt. Die Verknüpfung dieser Bereiche führt zu einem Raster für integrativen Fachunterricht, das zu allen Teilbereichen relevante Fragen zur Unterstützung der Planung eines integrativen naturwissenschaftlichen Unterrichts aufführt (Stinken-Rösner et al., 2020).

3. Diversitätssensible Nutzung digitaler Medien zur Förderung von Schüler- und Schülerinnenkompetenzen: ein fachdidaktisches Kompetenzmodell für die Lehrkräftebildung (DiDiKom)

Wie in Kapitel 1.2 beschrieben, sollen Lehrkräfte digitale Medien für Unterricht, Erziehung, Lern- und Leistungsförderung sowie Beratung und Schulentwicklung nutzen (Medienberatung NRW, 2020a). Die Arbeit in den Lehr-Lern-Laboren fokussiert Vorbereitung, Durchführung und Reflexion von Unterrichtssituationen, sodass von diesen fünf Bereichen vorwiegend der Unterricht und teilweise Erziehen sowie Lern- und Leistungsförderung von Bedeutung sind.

Inwieweit digitale Medien den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern beeinflussen, hängt dabei von vier Einflussfaktoren ab: den digitalen Medien, den Unterrichtsprozessen, den Lernenden und den Lehrpersonen (Herzig, 2014). Die genutzten *Medien* zeichnen sich durch „spezifische Inhalte, Zielvorstellungen, Darstellungsformen, Ablauf- und Navigationsstrukturen, Interaktivitätseigenschaften, Kodierungsarten, angesprochene Sinnesmodalitäten, verwendete Gestaltungstechniken oder lerntheoretische Implikationen“ (Herzig, 2014, S. 9) aus. Die *Unterrichtsprozesse* sind beispielsweise von Zielen und Inhalten abhängig (Herzig, 2014). Die *Lernenden* bringen Eigenschaften wie Vorwissen, kognitive Ressourcen oder Werthaltungen in den Unterricht mit. *Lehrkräfte*, die erfolgreich digitale Medien im Unterricht nutzen wollen, müssen diese drei Faktoren berücksichtigen und benötigen dafür entsprechende Kompetenzen (Herzig, 2014). Für die Beschreibung dieser Kompetenzen benötigt man daher ein Kompetenzmodell, das digitale Medien, die Eigenschaften der Schülerinnen und Schüler und die Unterrichtsziele und -inhalte – also die Kompetenzen, die Schülerinnen und Schüler erwerben sollen – berücksichtigt.

Betrachtet man die im vorherigen Abschnitt thematisierten Kompetenzmodelle, so zeigt sich eine unzureichende Passung für das hier beschriebene Vorhaben. Den Modellen von TEDS-M (Blömeke et al., 2010), COACTIV (Baumert & Kunter, 2011) und FALKO (Krauss et al., 2017) fehlt die explizite Berücksichtigung digitaler Medien. Bei TPACK (Koehler & Mishra, 2009) bzw. DPaCK (Huwer et al., 2019) werden diese zwar thematisiert, dafür bleibt unklar, wie die Diversität von Schülerinnen und Schülern adressiert werden soll. Das Modell des Netzwerks inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht von Stinken-Rösner et al. (2020) dagegen berücksichtigt explizit Diversität, jedoch nicht digitale Medien. Dabei wird die „Diklusion“, also der Einsatz digitaler Medien im inklusiven Unterricht bereits perspektivisch angedacht (Stinken-Rösner & Abels, 2021). Das DiKoLAN-Modell (Becker et al., 2020) schließ-

lich umfasst nur Kompetenzen, die im technologischen Wissensbereich des TPACK-Modells liegen.

Darüber hinaus erfassen die Modelle von TEDS-M, COACTIV, FALKO und TPACK/DPaCK vorwiegend Wissen und teilweise Überzeugungen, motivationale Orientierungen und Selbstregulationsmechanismen. Ein klarer Handlungsbezug fehlt in diesen Modellen oftmals aufgrund der gewünschten Messung der Kompetenzaspekte mit schriftlichen Testinstrumenten. Die Konzeption der Lehr-Lern-Labor-Seminare im Projekt als Dreischritt aus Vorbereitungs-, Praxis- und Reflexionsphase legt jedoch einen deutlichen Schwerpunkt auf das aktive Unterrichtshandeln der Studierenden (Greefrath & Hammann, 2020). Somit muss dieser Handlungsbezug auch für ein hier genutztes Modell essenziell sein.

In Folge dieser Überlegungen wurde für die Arbeit im Projekt ein eigenes Modell der von (angehenden) Lehrkräften benötigten *fachdidaktischen Kompetenzen für die diversitätssensible Nutzung digitaler Medien zur Förderung von Schüler- und Schülerinnenkompetenzen (DiDiKom)* entwickelt. Dabei stellen die drei Schwerpunkte der Projektarbeit – *Förderung von Schülerkompetenzen, Umgang mit Diversität und Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien* – die Dimensionen dar, innerhalb derer sich die Kompetenzen der Studierenden verorten lassen. Es zeigen sich Schnittmengen zwischen den hier beschriebenen Dimensionen und den im DPaCK-Modell betrachteten Wissensbereichen (Huwer et al., 2019).

Das Wissen zur Förderung von Schülerkompetenzen umfasst sowohl Wissen über die jeweiligen (fachbezogenen) Kompetenzen, die die Schülerinnen und Schüler erwerben sollen, als auch das Wissen darüber, wie diese gefördert werden können und stellt somit eine Teilmenge des inhaltlichen Wissens („Content knowledge (CK)“, vgl. Koehler & Mishra, 2009, S. 63) bzw. der Schnittmengen des inhaltlichen mit dem pädagogischen Wissen („Pedagogical knowledge (PK)“, Koehler & Mishra, 2009, S. 64) dar. Das Wissen zum Umgang mit Diversität wird bei DPaCK zwar nur indirekt adressiert, lässt sich aber im Bereich des pädagogischen Wissens bzw. – je nach Art der betrachteten Diversitätsdimension – der Schnittmenge des pädagogischen mit dem inhaltlichen Wissen verorten. Das Wissen zu Einsatzmöglichkeiten digitaler Werkzeuge schließlich ist eine Teilmenge des auf Digitalität bezogenen Wissens („Digitalitätsbezogenes Wissen (DK)“, Huwer et al., 2019, S. 361) bzw. seiner Schnittmengen mit dem inhaltlichen oder pädagogischen Wissen (siehe Abb. 3). Durch die Kombination der drei Dimensionen des DiDiKom-Modells lassen sich Kompetenzen beschreiben, deren Wissensanteile dann in der Schnittmenge des inhaltlichen, pädagogischen und digitalitätsbezogenen Wissens („Digitalität[s]bezogenes Pädagogisches und Inhaltliches Wissen (DPaCK)“, Huwer et al., 2019, S. 362) liegen.

Auch affektive Kompetenzaspekte sollen in den Lehr-Lern-Labor-Seminaren gefördert werden. So soll der geschützte, in seiner Komplexität an die Fähigkeiten der Studierenden angepasste Rahmen des Unterrichtshandelns eine Überforderung der Studierenden vermeiden und dadurch beispielsweise die Erfahrung von Selbstwirksamkeit ermöglichen (Marohn et al., 2020) sowie die Entwicklung tragfähiger, für das Unterrichtshandeln förderlicher Einstellungen unterstützen. Diese affektiven

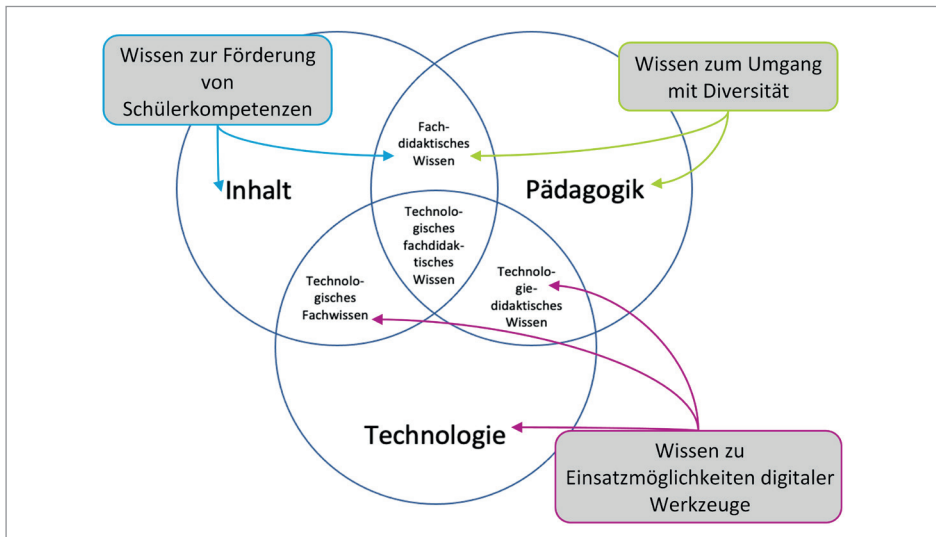


Abb. 3: Verortung der Dimensionen des hier entwickelten DiDiKom-Planungsmodells im TPACK-Modell (nach Mishra & Koehler, 2006, S. 1025)



Abb. 4: Dreidimensionale Struktur des DiDiKom-Modells. Im Beispiel sollen fachbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Leistungsvoraussetzungen gefördert werden. Dazu werden digitale Werkzeuge zur Kommunikation und Kollaboration genutzt

Komponenten, die sich auch in den Modellen von COACTIV und TEDS-M finden, werden hier ebenso wie die kognitiven Komponenten in den drei Dimensionen und ihren Kombinationen betrachtet.

Die in der Kombination mehrerer Achsen des Modells verorteten *Kompetenzen für diversitätssensible Förderung von Kompetenzen mit digitalen Medien* wurden in den Fachdidaktiken der beteiligten Fächer bisher größtenteils noch nicht ausformuliert. Daher ist es ein Ziel dieses Sammelbandes, sie zumindest für einige Teilbereiche des Modells darzustellen. Ausgehend von den Schwerpunktsetzungen in den drei Dimensionen werden dazu die für eine erfolgreiche Umsetzung benötigten Kompetenzen der Lehrkräfte ausgearbeitet und beschrieben. In Abbildung 4 ist ein Beispiel für das Zusammenspiel der Achsen dargestellt. Die Studierenden sollen fachbezogene Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler fördern und dabei deren Diversität in Bezug auf Leistungsvoraussetzungen berücksichtigen. Dafür sollen digitale Medien zur Kommunikation und Kollaboration genutzt werden. Der Würfel umfasst die dafür benötigten Kompetenzen der Studierenden. Diese sind sowohl in den Dimensionen der einzelnen Achsen verortet (Würfelkanten) als auch in der Kombination zweier Dimensionen (Würfelseiten) sowie aller drei Dimensionen (Würfelinneres).

3.1 Wissen und Fähigkeiten zur Förderung von Schülerkompetenzen

Die Förderung von Schülerkompetenzen bildet ein Hauptziel schulischen Unterrichts. Welche Kompetenzbereiche dies jeweils sind, wird für die Fächer Mathematik und Deutsch sowie im Bereich der Sekundarstufe Englisch, Französisch und teilweise Biologie, Chemie und Physik in den Bildungsstandards der KMK (2005a) festgehalten. Für diese und weitere Fächer wie den Sachunterricht oder Musik werden kompetenzorientierte Unterrichtsvorgaben z. B. in den Kernlehrplänen des Landes NRW konkretisiert (z. B. Ministerium für Schule und Bildung des Landes NRW [MSB NRW], 2019, 2021). Die Kernlehrpläne beschreiben *Kompetenzbereiche*, *Inhaltsfelder* und *Kompetenzerwartungen*, die bis zu einem gewissen Zeitpunkt der Schullaufbahn erworben werden sollen. Obgleich sich die fachspezifischen Kompetenzen, welche die Schülerinnen und Schüler erwerben sollen, naturgemäß zwischen den Fächern deutlich unterscheiden, bildet diese Dreiteilung eine gemeinsame Struktur über alle Fächer hinweg. Dabei verstehen die Kernlehrpläne unter Kompetenzbereichen prozessbezogene „Grunddimensionen des fachlichen Handelns“ (MSB NRW, 2019, S. 11) während Inhaltsfelder gegenstandsbezogene inhaltliche Schwerpunkte definieren (MSB NRW, 2019). Kompetenzerwartungen schließlich „führen Prozesse und Gegenstände zusammen und beschreiben die fachlichen Anforderungen und intendierten Lernergebnisse“ (MSB NRW, 2019, S. 11).

In dem hier vorgestellten Modell bilden die Kompetenzbereiche den fachbezogenen Anteil der zu fördernden Schülerkompetenzen. Innerhalb der Kategorie erfolgt die Ausgestaltung der im Lehr-Lern-Labor adressierten Schülerkompetenzen jeweils

fachspezifisch. Ausgehend von den zu fördernden Schülerkompetenzen ergeben sich dann ebenfalls fachspezifisch die von Lehrkräften benötigten Kompetenzen, die wie eingangs erwähnt über das reine Wissen, welche Kompetenzen Schülerinnen und Schüler erwerben sollen, hinaus gehen.

Beispielsweise sollen Schülerinnen und Schüler im Lehr-Lern-Labor *MiRA* der Mathematikdidaktik Kompetenzen aus dem prozessbezogenen Kompetenzbereich des mathematischen Modellierens erwerben. Die Studierenden benötigen dazu neben der Kompetenz des Modellierens selbst auch fachdidaktische Kompetenzen, die sie im Seminarverlauf erwerben sollen. Sie erarbeiten in der Vorbereitungsphase des Seminars zunächst die Eigenschaften von Modellierungskreisläufen und Kriterien für gute (Modellierungs-)Aufgaben. Anschließend erstellen sie eigene Aufgaben, die in den Projektsitzungen der Praxisphase durch Schülerinnen und Schüler bearbeitet werden. Dabei beobachten die Studierenden Schwierigkeiten und geben ggf. passende Hilfestellungen. In der Reflexionsphase werden sowohl die Eignung der selbsterstellten Aufgaben als auch die Interventionen der Studierenden reflektiert.

Neben den fachbezogenen Kompetenzen sollen Schülerinnen und Schüler im Unterricht auch fachübergreifende allgemeine Kompetenzen erwerben. Zu diesen gehören Kooperations-, Kommunikations- und Argumentationskompetenz, Reflexions- und Bewertungskompetenz und Abstraktionsfähigkeit ebenso wie interkulturelle und Sozialkompetenzen (z. B. KMK, 2004, 2005b, 2005c, 2014, 2020). Auch selbstregulative Strategien wie die Fähigkeit zu selbstgesteuertem Lernen (KMK, 2005c), motivationale Aspekte wie etwa die Lernbereitschaft (KMK, 2014), Überzeugungen und Werthaltungen wie z. B. eine Stärkung des Selbstbewusstseins (KMK, 2004) oder Gesundheitsbewusstseins (KMK, 2005b) sollen in der Schule vermittelt werden. In dem hier vorgestellten Modell werden diese Kompetenzen unter dem Begriff der allgemeinen Kompetenzen zusammengefasst. Darüber hinaus sollen Schülerinnen und Schüler Medienkompetenzen erwerben (Medienberatung NRW, 2020b), die hier aufgrund ihrer besonderen Bedeutung eine eigene Kategorie erhalten.

Eine Konkretisierung, welche Kompetenzen diese beiden Kategorien in den einzelnen Fächern umfassen und welche Kompetenzen (angehende) Lehrkräfte benötigen, um diese zu fördern, findet jeweils fachspezifisch statt und wird – soweit sie im Lehr-Lern-Labor adressiert werden – in den jeweiligen Fachbeiträgen des Sammelbandes dargestellt.

Beispielsweise sollen im Lehr-Lern-Labor der Musikpädagogik die Schülerinnen und Schüler interessengeleitet und selbstbestimmt an offenen musikalischen Gestaltungsprozessen teilnehmen. Dadurch sollen primär die Fähigkeit zur Selbstregulation gefördert und Veränderungen am fachbezogenen Selbstkonzept unterstützt werden. Die Studierenden erwerben im Seminar Wissen über dafür förderliche Gestaltungskriterien und erstellen entsprechende digitale Schulbuch-

kapitel. In der Praxisphase werden diese erprobt und im Anschluss in der Reflexionsphase ihre Eignung für die oben genannten Ziele reflektiert.

3.2 Wissen und Fähigkeiten im Umgang mit Diversität

„Schülerinnen und Schüler können sich [...] theoretisch in unendlich vielen verschiedenen Merkmalen unterscheiden. Im Schulkontext wird der Fokus dabei häufig auf Merkmale gerichtet, die in Zusammenhang mit dem Lern- und Leistungsverhalten resp. dem resultierenden Bildungserfolg von Interesse sind“ (Zulliger & Tanner, 2013, S. 37). Diese Vielfalt, die den Alltag nicht nur in Schulen prägt, ist aktuell Thema verschiedener Diskurse in Wissenschaft und darüber hinaus (Zulliger & Tanner, 2013). Dabei wird eine Begriffsbestimmung auch durch die Vielzahl unterschiedlicher Begriffe wie „Heterogenität, Diversität, Vielfalt, Differenz“ (Sturm, 2018, S. 15), die teilweise als Synonyme oder in klarer Abgrenzung genutzt werden, erschwert (Sturm, 2018).

Im Rahmen der Projektarbeit wird der Begriff der Diversität, die hier auch als Chance verstanden wird und als Ressource das Lernen bereichern kann, genutzt (Sliwka, 2010). Hier legen die unterschiedlichen Fächer ihren Fokus auf unterschiedliche Dimensionen, in denen sich die Lerngruppen unterscheiden können. Diese Auswahl einzelner oder mehrerer Dimensionen stellt dabei stets einen begrenzten Ausschnitt der potentiell differenzierenden Schülermerkmale dar und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Durch die gezielte Reduktion der in den Seminaren und in Folge dessen auch in diesem Sammelband behandelten Diversitätsdimensionen soll das Unterrichtshandeln für die Studierenden in seiner Komplexität an die jeweiligen Fähigkeiten angepasst und dadurch bewältigbar werden. Dabei eröffnet sich den Studierenden durch diese Einschränkung eine vertiefte Bearbeitung, die in ihrer Komplexität sonst nicht berücksichtigt werden könnte (Marohn et al., 2020).

Zu den betrachteten Diversitätsdimensionen gehören die *emotional-soziale Entwicklung, fachbezogene Vorerfahrungen, Schülervorstellungen, Leistung, Interesse, Motorik und Sprache*. Die Studierenden lernen die Diversität der Schülerinnen und Schüler nicht nur zu berücksichtigen, sondern auch Lehr-Lern-Szenarien zu entwickeln und einzusetzen, in denen diese Diversität das Lernen bereichern kann.

Beispielsweise planen Studierende im Lehr-Lern-Labor *la:gune: Erklären und Kommunizieren mit digitalen Enhancements* der Physikdidaktik in der Vorbereitungsphase Lerneinheiten anhand zuvor erhobener Fragestellungen der Schülergruppe, die das Lehr-Lern-Labor besucht. Außerdem werden Informationen der Fachlehrerin in Bezug auf den bisherigen Unterricht und spezifische Anforderungen der Lerngruppe bei der Vermittlung von Fachinhalten in die Planung einbezogen. Die Studierenden erwerben in dieser Phase Wissen und Fähigkeiten zur Berücksichtigung verschiedener Diversitätsdimensionen und können die Schülerinnen und Schüler in der Praxisphase bei ihren jeweiligen *fachbezogenen*

Vorerfahrungen abholen und daran anknüpfen. Die unterschiedlichen *Interessen* der Schülerinnen und Schüler liefern dabei Anreize für spannende Lerneinheiten.

3.3 Wissen und Fähigkeiten zu Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien

Technologiebasiertes Lernen bietet eine Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten, wobei eine einheitliche systematische Klassifikation bislang fehlt (Opfermann et al., 2020).

Für die vergleichende Betrachtung der Kompetenzen, die zur Nutzung digitaler Medien im Unterricht benötigt werden, soll hier dennoch eine Einteilung vorgenommen werden. Für den hier beschriebenen Anwendungszweck eignet sich eine Klassifikation in „typische Felder der Unterrichtsgestaltung“ (Becker et al., 2020, S. 18), wie sie das DiKoLAN-Modell vornimmt. Wenngleich das Modell aufgrund der Fokussierung auf Naturwissenschaften und der Einschränkung auf den technologiebezogenen Wissensbereich des TPaCK-Modells nicht die Gesamtheit der hier betrachteten Kompetenzen abdecken kann, spricht neben der Einteilung in Felder der Unterrichtsgestaltung auch die vorhandene Handlungsorientierung für eine Nutzung zur Kategorisierung der Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien.

Es ergibt sich eine Einteilung in die technischen Basiskompetenzen *Dokumentation*, *Präsentation*, *Kommunikation/Kollaboration*, *Recherche/Bewertung*, *Messwert/Datenerfassung*, *Datenverarbeitung*, *Simulation/Modellierung* (Becker et al., 2020, S. 18). Unter *Dokumentation* fallen Kompetenzaspekte, die sich mit der „systematischen Ablage und dauerhaften Speicherung von Daten und Informationen, um diese fachgemäß zu nutzen“ (Becker et al., 2020, S. 20) befassen. Das *Präsentieren* umfasst den ziel- und adressatengerechten Einsatz von Medien im Unterricht. Im Kompetenzbereich *Kommunikation und Kollaboration* finden sich Kompetenzen zur Planung und Durchführung von „synchrone[m] oder asynchrone[m] Arbeiten von Einzelpersonen oder Gruppen auf ein gemeinsames Ziel hin“ (Becker et al., 2020, S. 21). Unter *Recherche und Bewertung* fallen Kompetenzen zur Beschaffung, Strukturierung und Bewertung von Informationen.

Diese ersten vier Kategorien bilden allgemeinere Kompetenzbereiche ab, während die folgenden drei Kategorien vorwiegend fachbezogen in MINT-Fächern von Bedeutung sind. Der Kompetenzbereich der *Messwert- und Datenerfassung* umfasst das Eingeben oder Digitalisieren (analoger) Daten, das Anfertigen von Filmen oder Bildern sowie die Nutzung von Sensoren und Programmen zur Messwertgewinnung. Zur *Datenverarbeitung* gehören Kompetenzen, die die Weiterverarbeitung der Daten mit digitalen Werkzeugen adressieren. Unter den Bereich *Simulieren und Modellieren* fallen Kompetenzen, die sich mit dem Erstellen und Einsetzen computergestützter Modellierungen und Simulationen befassen (Becker et al., 2020).

Innerhalb jeder Kategorie lassen sich zahlreiche digitale Medien finden, die für diese Zwecke genutzt werden können.

Im Lehr-Lern-Labor Musikpädagogik werden zur Datenverarbeitung verschiedene Audio- und Videoschnitt-Apps genutzt, die zwar jeweils den gleichen Zweck erfüllen sollen, sich aber durch Unterschiede in Funktionsweise und -umfang in der Projektarbeit ergänzen. Die Studierenden erwerben in der Vorbereitungsphase des Seminars Wissen und praktische Fähigkeiten in Bezug auf die Nutzung der jeweiligen Apps.

Auf der anderen Seite können auch viele Medien in unterschiedlichen Kategorien eine Anwendung finden.

Beispielsweise werden digitale Whiteboard-Anwendungen wie Miro in der Musikpädagogik sowohl zur Dokumentation von Aufgabenstellungen und Arbeitsergebnissen als auch für die Bewertung entwickelter Materialien mittels Peer-Feedback genutzt. Im Lehr-Lern-Labor der Physikdidaktik werden sie darüber hinaus für das kollaborative Erarbeiten der Lehrmaterialien und die Kommunikation zwischen den Studierenden verwendet. Die Studierenden lernen in der Vorbereitungsphase ihres Seminars die vielfältigen Möglichkeiten der Anwendungen kennen und können auf dieser Grundlage geeignete Nutzungsvarianten für Unterrichtsszenarien entwickeln.

Im Lehr-Lern-Labor des Sachunterrichts bilden Tablets mit den entsprechenden Apps das Zentrum des digitalen Medieneinsatzes. Die Geräte ermöglichen es, Lernaufgaben für die Schülerinnen und Schüler zu differenzieren. In der Theoriephase erarbeiten die Studierenden dazu digitale Umsetzungsmöglichkeiten, z. B. zur Dokumentation mit Forscherheften durch Schülerinnen und Schüler. Aufbauend auf diesem Wissen werden die Lerneinheiten geplant. Ergänzend können z. B. digitale Simulationen zur Begleitung des Schülerexperiments erstellt oder ausgewählt werden. In der Praxisphase werden die so entwickelten Lerneinheiten mit Schülergruppen erprobt und im Anschluss ihre Eignung reflektiert.

Die kontinuierliche Arbeit mit digitalen Medien in den verschiedenen Phasen der Lehr-Lern-Labor-Seminare soll den Studierenden nicht nur kognitive und praktische Fähigkeiten vermitteln, sondern auch die Entwicklung positiver Einstellungen und Selbstwirksamkeitserwartungen in Bezug auf die Nutzung digitaler Medien im Schulalltag fördern (Heuckmann & Kürten, in diesem Band).

3.4 Die Dimensionen im Zusammenspiel

Entlang jeder der hier vorgestellten Dimensionen lassen sich bereits zahlreiche Kompetenzen festlegen, die (angehende) Lehrkräfte für den Unterricht benötigen. Im Zusammenspiel von digitalen Medien, Diversität und Schülerkompetenzen zeigen sich jedoch weitere Anforderungen, die über die einzelnen Dimensionen hinausgehen (Koehler & Mishra, 2009).

Beispielsweise soll im Lehr-Lern-Labor *MiRA* der Mathematikdidaktik das Lehren und Lernen der prozessbezogenen Kompetenz des mathematischen Modellierens mit dem digitalen Werkzeug GeoGebra gefördert werden. Dafür reicht es nicht aus, wenn die angehenden Lehrkräfte den Umgang mit dem Programm GeoGebra beherrschen und Modellierungskreisläufe als didaktische Modelle des mathematischen Modellierens kennen. Die Studierenden benötigen darüber hinaus Wissen und Fähigkeiten, die die beiden Bereiche kombinieren: beispielsweise Wissen über didaktische Modelle zum mathematischen Modellieren, die digitalen Medien berücksichtigen sowie praktische Erfahrungen mit der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben mit dem Programm GeoGebra und Kriterien für geeignete Modellierungsaufgaben mit digitalen Medien, die sie in der Vorbereitungsphase des Seminars erwerben. Außerdem erarbeiten sie in der Reflexionsphase anhand ihrer Beobachtungen aus der Praxisphase, inwieweit die digitalen Werkzeuge Modellierungstätigkeiten unterstützen.

Im Lehr-Lern-Labor *C(LE)VER: digital* der Chemiedidaktik lernen die Studierenden unter anderem, digitale Planungsraster mit Hilfe von Whiteboard-Apps (z. B. Explain Everything) zu erstellen. Diese Raster können Schülerinnen und Schüler nutzen, um eigenständig auf dem Tablet einen chemischen Versuch zur Beantwortung einer chemischen Fragestellung zu planen. Ziel der Planungsraster ist es, fachspezifische Kompetenzen im Bereich der „naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung“ zu fördern. Die Raster berücksichtigen die Diversität der Lernenden in den Bereichen Leistung und Sprache, indem sie z. B. Planungsschritte strukturieren, Laborgeräte visualisieren, inhaltliche und methodische Hilfestellungen bieten, sprachensible Methodenwerkzeuge einsetzen sowie audiografische und videografische Elemente nutzen. Die digitale Umsetzung der Planungsraster bietet dabei gegenüber einer analogen Umsetzung mehrere Vorteile: So erleichtert sie z. B. Schülerinnen und Schülern mit sprachlichen Einschränkungen die Dokumentation der eigenen Planungsschritte und fördert zudem das kollaborative Lernen. Die Entwicklung der Planungsraster erfordert demnach bei den angehenden Lehrkräften nicht nur Kompetenzen in allen drei Achsen des oben beschriebenen Modells, sondern auch Wissen darüber, wie sich die verschiedenen Dimensionen lernwirksam kombinieren lassen.

4. Diskussion

Die Dimensionen des in diesem Beitrag vorgestellten Kompetenzmodells verbinden drei aktuelle Entwicklungsziele in der Lehrkräftebildung: Förderung von Schülerkompetenzen (KMK, 2005a), Umgang mit Diversität (KMK & Hochschulrektorenkonferenz [HRK], 2015) und Einsatz digitaler Medien (KMK, 2021). Die Dimensionen des Kompetenzmodells (siehe Abb. 4) lauten entsprechend folgendermaßen:

- Wissen und Fähigkeiten zur Förderung von Schülerkompetenzen,
- Wissen und Fähigkeiten zur Berücksichtigung von Diversitätsdimensionen sowie
- Wissen und Fähigkeiten zu Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien.

Das Zusammenspiel der drei Dimensionen des Kompetenzmodells erlaubt eine differenzierte Beschreibung einer großen Zahl unterschiedlicher Kompetenzen von (angehenden) Lehrkräften, wie die Beispiele in Abschnitt 3 dieses Beitrags und die ausführlicheren Beschreibungen der nachfolgenden Einzelbeiträge zeigen. Die verschiedenen Vorhaben im Teilprojekt „Lehr-Lernlabore, Lernwerkstätten und Learning Center“ des Projekts „Dealing with Diversity – Kompetenter Umgang mit Heterogenität“ widmen sich der Förderung dieser Kompetenzen.

4.1 Anwendung und Nutzen des Modells

Zunächst schafft das hier beschriebene Kompetenzmodell (siehe Abb. 4) einen gemeinsamen Bezugsrahmen für die Teilvorhaben, die in den folgenden Kapiteln beschrieben werden. Ein gemeinsamer Bezugsrahmen ist alleine schon deshalb hilfreich, weil ohne diesen die Gefahr bestünde, dass die Unterschiede zwischen den Teilvorhaben stärker hervortreten würden als die Gemeinsamkeiten, obwohl sich alle Teilvorhaben der Förderung der Kompetenz angehender Lehrkräfte widmen, Schülerkompetenzen unter Berücksichtigung von Diversitätsdimensionen mit digitalen Medien zu fördern. Somit erlaubt das DiDiKom-Modell eine genaue Beschreibung unterschiedlicher Kompetenzen angehender Lehrkräfte sowie eine Verortung der verschiedenen Teilvorhaben im Teilprojekt durch einen *kompetenzorientierten* Bezugsrahmen. Eine empirische Validierung des hier vorgestellten Kompetenzmodells ist hingegen kein Ziel der folgenden Beiträge.

Über eine genaue Beschreibung der zu fördernden Kompetenzen hinaus kann das hier vorgestellte Kompetenzmodell einerseits als *Planungs- und Gestaltungsmodell* und andererseits als *Reflexionsmodell* dienen. Bei der Planung und Gestaltung von Lernumgebungen sind Kompetenzmodelle mit differenzierten Beschreibungen der Teildimensionen von Kompetenzen hilfreich für die Definition eindeutiger Zielstellungen bzw. das Abwägen von Alternativen. Sollen bei der Planung von Maßnahmen zur Professionalisierung angehender Lehrkräfte beispielsweise Entscheidungen über die Auswahl von Heterogenitätsdimensionen der Schülerinnen und Schüler getroffen werden, können die Beschriftungen der Dimensionsachse „Wissen und Fähigkeiten zur Berücksichtigung von Diversitätsdimensionen“ hilfreich sein. Ein weiterer Nutzen des Modells besteht in der Möglichkeit, nach der Durchführung eines Lehr-Lern-Labors Praxiserfahrungen mit angehenden Lehrkräften zu reflektieren. Alle in diesem Band nachfolgend vorgestellten Vorhaben strukturieren die Ausbildung im Lehr-Lehr-Labor gemäß einer Dreiteilung in Vorbereitungs-, Durchführungs- und Reflexionsphase. Letztere fokussiert auf die theoriegeleitete Reflexion angeleiteter Praxiserfahrung als wichtiges Element der Lehrkräftebildung. Als Reflexionsmodell hilft das vorgestellte Kompetenzmodell, die drei Dimensionen der Lehrkompeten-

zen als hauptsächliche Kriterien für die Analyse von und die Reflexion über professionelle Kompetenz zu nutzen. Somit kann das vorliegende Modell gleichermaßen von Lehrenden (hier: den Dozentinnen und Dozenten, die das Lehr-Lern-Labor durchführen) und Lernenden (hier: die angehenden Lehrkräfte, die das Lehr-Lern-Labor für ihre Professionalisierung nutzen) verwendet werden. Zudem ist es auf alle Fächer anwendbar.

4.2 Verortung und Mehrwert des Modells

Modelle zur Beschreibung von Kompetenzen (angehender) Lehrkräfte stellen ein zentrales Element derzeitiger Bemühungen um die Qualitätsentwicklung der Lehrkräftebildung dar (Schecker & Parchmann, 2006). Der zweite Abschnitt dieses Beitrags liefert daher eine zusammenfassende Beschreibung der Merkmale wichtiger Kompetenzmodelle für die Lehrkräftebildung. Dabei fanden TEDS-M, COACTIV, FALCO, TPACK und DPaCK sowie das NinU-Kompetenzmodell zum inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht Berücksichtigung. Ein Vergleich dieser Modelle mit dem hier vorgestellten Modell wurde im dritten Abschnitt dieses Beitrags vorgenommen.

Der Vergleich ergab, dass das hier vorgestellte dreidimensionale Kompetenzmodell – im Unterschied zu TEDS-M, COACTIV und FALCO – digitale Medien berücksichtigt. Darüber hinaus zeigte sich, dass das hier vorgestellte Modell – im Unterschied zu TPACK und DPaCK – die Diversität der Schülerinnen und Schüler anhand von Heterogenitätsdimensionen berücksichtigt. Schließlich fokussiert das hier vorgeschlagene Kompetenzmodell im Vergleich mit dem NinU-Kompetenzmodell zum inklusiven Unterricht nicht nur auf Heterogenitätsdimensionen von Schülerinnen und Schülern, sondern ebenso auf den Einsatz digitaler Medien.

Zusammenfassend entsteht der Mehrwert des hier vorgeschlagenen Kompetenzmodells für die Lehrkräftebildung zur diversitätssensiblen Förderung von Kompetenzen mit digitalen Medien durch eine Zusammenführung und Erweiterung verschiedener Modelle der Professionsforschung. Die Vorgehensweisen bei der Entwicklung des DiDiKom-Modells sind dabei vorwiegend pragmatisch: Unter Berücksichtigung und Zusammenführung bestehender Kompetenzmodelle wurden drei Dimensionen der Kompetenzen angehender Lehrkräfte beschrieben, die mit aktuellen Entwicklungen der Lehrkräftebildung und den Zielen des Projekts „Dealing with Diversity – Kompetenter Umgang mit Heterogenität“ übereinstimmen. Es handelt sich damit um ein normatives Kompetenzmodell (siehe Schecker & Parchmann, 2006): Angehende Lehrkräfte sollen befähigt werden, durch die nachfolgend beschriebenen Vorhaben Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern unter Berücksichtigung von Diversitätsdimensionen mit digitalen Medien zu fördern.

Literatur

- Autorengruppe Bildungsberichterstattung. (2020). *Bildung in Deutschland 2020: ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung in einer digitalisierten Welt*. wbv. <https://doi.org/10.3278/6001820gw>
- 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.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2013). The COACTIV Model of Teachers' Professional Competence. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers* (S. 25–48). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5149-5_2
- Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C. & Kotzebue, L. von. (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.
- Beißwenger, M., Borukhovich-Weis, S., Brinda, T., Bulizek, B., Burovikhina, V., Cyra, K., Gryl, I. & Tobinski, D. (2020). Ein integratives Modell digitalisierungsbezogener Kompetenzen für die Lehramtsausbildung. In M. Beißwenger, B. Bulizek, I. Gryl & F. Schacht (Hrsg.), *Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung* (S. 43–76). Universitätsverlag Rhein-Ruhr.
- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R.J. (2015). Beyond Dichotomies: Competence Viewed as a Continuum. *Zeitschrift für Psychologie*, 223(1), 3–13. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194>
- Blömeke, S. & Kaiser, G. (2014). Theoretical Framework, Study Design and Main Results of TEDS-M. In S. Blömeke, F.-J. Hsieh, G. Kaiser & W.H. Schmidt (Hrsg.), *Advances in Mathematics Education. International Perspectives on Teacher Knowledge, Beliefs and Opportunities to Learn* (S. 19–47). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6437-8_2
- Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.). (2010). *TEDS-M 2008: Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Primarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich*. Waxmann.
- Depaepe, F. & König, J. (2018). General pedagogical knowledge, self-efficacy and instructional practice: Disentangling their relationship in pre-service teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 69, 177–190. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.10.003>
- Döhrmann, M., Kaiser, G. & Blömeke, S. (2012). The conceptualisation of mathematics competencies in the international teacher education study TEDS-M. *ZDM*, 44(3), 325–340. <https://doi.org/10.1007/s11858-012-0432-z>
- Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M. & Vahrenhold, J. (Hrsg.). (2019). *ICILS 2018 #Deutschland: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Waxmann.
- Eickelmann, B. & Drossel, K. (2020). *Digitales Potenzial: Erfolgreiche Förderung digitaler Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern an nicht-gymnasialen Schulen der Sekundarstufe I*. Vertiefende Analysen von Prof. Dr. Birgit Eickelmann und PD Dr. Kerstin Drossel zur

- Studie ICILS 2018, im Auftrag der Vodafone Stiftung Deutschland. Düsseldorf. Vodafone Stiftung.
- Greefrath, G. & Hammann, M. (2020). Einführung. In R. Kürten, G. Greefrath & M. Hammann (Hrsg.), *Begabungsförderung: Individuelle Förderung und Inklusive Bildung: Bd. 8. Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-Laboren: Innovative Lehrformate in der Lehrerbildung zum Umgang mit Heterogenität und Inklusion* (S. 7–15). Waxmann.
- Herzig, B. (2014). *Wie wirksam sind digitale Medien im Unterricht?* Gütersloh.
- Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S. & Thyssen, C. (2019). Von TPaCK zu DPaCK – Digitalisierung im Unterricht erfordert mehr als technisches Wissen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 72(5), 358–364.
- Irion, T. & Scheiter, K. (2018). Didaktische Potenziale digitaler Medien. Der Einsatz digitaler Technologien aus grundschul- und mediendidaktischer Sicht. *Grundschule aktuell: Zeitschrift des Grundschulverbandes*(142), 8–11. <https://doi.org/10.25656/01:16559>
- Klieme, E., Hartig, J. & Rauch, D. (2008). The Concept of Competence in Educational Contexts. In J. Hartig, E. Klieme & D. Leutner (Hrsg.), *Assessment of Competencies in Educational Contexts* (S. 3–22). Hogrefe & Huber.
- Koehler, M. J. & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70.
- König, J. & Blömeke, S. (2009). Pädagogisches Wissen von angehenden Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 12(3), 499–527. <https://doi.org/10.1007/s11618-009-0085-z>
- Krauss, S., Lindl, A., Schilcher, A., Fricke, M., Göhring, A. & Hofmann, B. (Hrsg.). (2017). *FALKO: Fachspezifische Lehrerkompetenzen: Konzeption von Professionswissenstests in den Fächern Deutsch, Englisch, Latein, Physik, Musik, Evangelische Religion und Pädagogik*. Mit neuen Daten aus der COACTIV-Studie. Waxmann.
- Kultusministerkonferenz. (2004). *Bildungsstandards im Fach Deutsch für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 4.12.2003*. Wolters Kluwer.
- Kultusministerkonferenz. (2005a). *Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz: Erläuterungen zur Konzeption und Entwicklung*. Wolters Kluwer.
- Kultusministerkonferenz. (2005b). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. Wolters Kluwer.
- Kultusministerkonferenz. (2005c). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Hauptschulabschluss: Beschluss vom 15.10.2004*. Wolters Kluwer.
- Kultusministerkonferenz. (2014). *Bildungsstandards im Fach Deutsch für die Allgemeine Hochschulreife: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.10.2012*. Wolters Kluwer.
- Kultusministerkonferenz (Hrsg.). (2016). *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz*.
- Kultusministerkonferenz. (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020*. Wolters Kluwer.
- Kultusministerkonferenz. (2021). *Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“: Beschluss vom 09.12.2021*. KMK.
- Kultusministerkonferenz & Hochschulrektorenkonferenz (Hrsg.). (2015). *Lehrerbildung für eine Schule der Vielfalt: Gemeinsame Empfehlung von Hochschulrektorenkonferenz und Kultusministerkonferenz*.
- 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.), *Begabungsförderung: Individuelle Förderung und Inklusive Bildung: Bd. 8. Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-Laboren: Innovative Lehrformate in der Lehrerbildung zum Umgang mit Heterogenität und Inklusion* (S. 17–31). Waxmann.
- Medienberatung NRW. (2020a). *Lehrkräfte in der digitalisierten Welt: Orientierungsrahmen für die Lehrerausbildung und Lehrerfortbildung in NRW*. Düsseldorf.
- Medienberatung NRW. (2020b). *Medienkompetenzrahmen NRW*. Düsseldorf.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (Hrsg.). (2000). *JIM 2000. Jugend, Information, (Multi-)Media: Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland*. Baden-Baden.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (Hrsg.). (2001). *KIM-Studie 2000. Kinder und Medien. Computer und Internet: Basisuntersuchung zum Medienumgang 6- bis 13-Jähriger*. Baden-Baden.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (Hrsg.). (2020a). *JIMplus 2020: Lernen und Freizeit in der Corona-Krise*. Stuttgart.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (Hrsg.). (2020b). *JIM-Studie 2020. Jugend, Information, Medien: Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger*. Stuttgart.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (Hrsg.). (2021). *KIM-Studie 2020. Kindheit, Internet, Medien: Basisuntersuchung zum Medienumgang 6- bis 13-Jähriger*. Stuttgart.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes NRW (Hrsg.). (2019). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen: Musik*.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes NRW (Hrsg.). (2021). *Lehrpläne für die Primarstufe in Nordrhein-Westfalen: Deutsch, Englisch, Kunst, Mathematik, Musik, Praktische Philosophie, Evangelische Religionslehre, Katholische Religionslehre, Sachunterricht, Sport*.
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Niss, M. & Højgaard, T. (2019). Mathematical competencies revisited. *Educational Studies in Mathematics*, 102(1), 9–28. <https://doi.org/10.1007/s10649-019-09903-9>
- Opfermann, M., Höffler, T. N. & Schmeck, A. (2020). Lernen mit Medien: ein Überblick. In H. M. Niegemann & A. Weinberger (Hrsg.), *Handbuch Bildungstechnologie: Konzeption und Einsatz digitaler Lernumgebungen* (S. 17–30). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54368-9_2
- Puffer, G. & Hofmann, B. (2017). FALKO-M: Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zum domänenspezifischen Professionswissen von Musiklehrkräften. In S. Krauss, A. Lindl, A. Schilcher, M. Fricke, A. Göhring & B. Hofmann (Hrsg.), *FALKO: Fachspezifische Lehrerkompetenzen: Konzeption von Professionswissenstests in den Fächern Deutsch, Englisch, Latein, Physik, Musik, Evangelische Religion und Pädagogik. Mit neuen Daten aus der COACTIV-Studie* (S. 245–289). Waxmann.
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12(1), 45–66.
- Schödl, A. & Göhring, A. (2017). FALKO-P: Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Fach Physik: Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Physiklehrkräften. In S. Krauss, A. Lindl, A. Schilcher, M. Fricke, A. Göhring & B. Hofmann (Hrsg.), *FALKO: Fachspezifische Lehrerkompetenzen:*

- Konzeption von Professionswissenstests in den Fächern Deutsch, Englisch, Latein, Physik, Musik, Evangelische Religion und Pädagogik. Mit neuen Daten aus der COACTIV-Studie* (S. 201–244). Waxmann.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Shulman, L. S. (1998). Theory, Practice, and the Education of Professionals. *The Elementary School Journal*, 98(5), 511–526. <https://doi.org/10.1086/461912>
- Sliwka, A. (2010). From homogeneity to diversity in German education. In T. Burns (Hrsg.), *Educational research and innovation. Educating teachers for diversity: Meeting the challenge* (S. 205–217). OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264079731-12-en>
- Ständige wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz (Hrsg.). (2021). *Stellungnahme zur Weiterentwicklung der KMK-Strategie „Bildung in der digitalen Welt“*. Bonn/Berlin.
- Stinken-Rösner, L. & Abels, S. (2021). Digitale Medien als Mittler im Spannungsfeld zwischen naturwissenschaftlichem Unterricht und inklusiver Pädagogik. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet & C. Lindmeier (Hrsg.), *Naturwissenschaften und Inklusion: 4. Beiheft Sonderpädagogische Förderung heute* (Bd. 4, S. 161–175). Beltz Juventa.
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A. & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. *Research in Subject-matter Teaching and Learning (RISTAL)*, 3(1), 30–45. <https://doi.org/10.23770/rt1831>
- Sturm, T. (2018). Begriffliche Perspektiven auf Unterschiede und Ungleichheit im schulpädagogischen Diskurs – eine kritische Reflexion. In D. Rott, N. Zeuch, C. Fischer, E. Souvignier & E. Terhart (Hrsg.), *Dealing with Diversity: Innovative Lehrkonzepte in der Lehrer*innenbildung zum Umgang mit Heterogenität und Inklusion* (S. 15–28). Waxmann.
- Valtonen, T., Sointu, E., Kukkonen, J., Kontkanen, S., Lambert, M. C. & Mäkitalo-Siegl, K. (2017). TPACK updated to measure pre-service teachers' twenty-first century skills. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(3). <https://doi.org/10.14742/ajet.3518>
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen: Eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 17–32). Beltz.
- Wess, R., Klock, H., Siller, H.-S. & Greefrath, G. (2021). *Measuring Professional Competence for the Teaching of Mathematical Modelling: A Test Instrument*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-78071-5>
- Zeichner, K. M. & Conklin, H. G. (2005). Research on teacher education programs. In M. Cochran-Smith & K. M. Zeichner (Hrsg.), *Studying teacher education: The report of the AERA Panel on Research and Teacher Education* (S. 645–736). Lawrence Erlbaum.
- Zulliger, S. & Tanner, S. (2013). Der Begriff Heterogenität in empirischen Studien. *Swiss Journal of Educational Research*, 35(1), 37–52. <https://doi.org/10.24452/sjer.35.1.4900>

Diversität beim Unterrichten humanbiologischer Themen mit digitalen Tools begegnen

Ein Lehr-Lern-Labor-Konzept zur Förderung der professionellen Kompetenz Studierender im Fach Biologie

1. Einleitung

Die Auseinandersetzung mit humanbiologischen Themenfeldern stellt eine zentrale inhaltliche Anforderung an den Biologieunterricht der Sekundarstufe 1 sowie die universitäre Lehrkräftebildung dar (Kultusministerkonferenz [KMK], 2019). In der ersten Phase der Lehrkräftebildung wird das Inhaltsfeld Humanbiologie in fachlichen und fachdidaktischen Veranstaltungen aufgearbeitet. Diese zielen darauf ab, die unterrichtspraktische Umsetzung des Inhaltsfeldes über zeit- und fachgerechte Denk- und Arbeitsweisen in den Blick zu nehmen. Die Humanbiologie bietet durch die unmittelbare Erfahrbarkeit viele lebensweltliche Bezüge und eine hohe Alltagsrelevanz, wodurch sie ein spannendes Inhaltsfeld für Schülerinnen und Schüler ist (Uitto, 2014).

Allerdings birgt die Humanbiologie auch spezifische Herausforderungen für Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht, die auf kognitive Voraussetzungen, praktische Fertigkeiten und emotionale sowie ethische Haltungen der Lernenden zurückzuführen sind. So führt die direkte Erfahrbarkeit der Funktionsweisen und Leistungsgrenzen des eigenen Körpers zu vorunterrichtlichen Annahmen, die Lernprozesse erschweren können (Hammann & Asshoff, 2017). Darüber hinaus beeinflussen praktische Fertigkeiten von Lernenden den Unterricht, insbesondere bei fachgemäßen Arbeitsweisen wie dem Sezieren (Hammann et al., 2006). Spezifisch für das Inhaltsfeld der Humanbiologie ist auch, dass emotionale, tierschutzrechtliche und ethische Aspekte zunehmend eine Rolle spielen, z.B. beim Arbeiten mit tierischen Präparaten (Hug, 2008). Die fachdidaktische Lehrkräftebildung strebt an, Studierende beim Erwerb fachlichen und fachdidaktischen Wissens zu begleiten und so einen kompetenten Umgang mit diesen diversen Herausforderungen zu ermöglichen (Düsing et al., 2018).

Zunehmend finden in Unterrichtspraxis und Lehrkräfteausbildung digitale Tools Anwendung, die unter anderem neue Möglichkeiten bieten können, der Diversität von Lerngruppen zu begegnen. In der Forschungsliteratur wird die Nutzung digitaler Tools für diversitätssensiblen Unterricht unter dem Begriff der *Diklusion* diskutiert (Abels & Stinken-Rösner, 2022; Schulz, 2021; Stinken-Rösner & Abels, 2021). Beispielsweise können digitale Tools durch die Veranschaulichung anatomischer Strukturen in 3D einen selbstständigen Lernprozess unterstützen, der durch das eigen-

ständige Arbeiten dem eigenen Wissensstand und Lerntempo entspricht. Um die Möglichkeiten digitaler Tools zum wertschätzenden und lernförderlichen Umgang mit Diversität voll ausschöpfen zu können, sollen angehende Lehrkräfte im Rahmen des Studiums technologiebezogene professionelle Kompetenzen erwerben (Humpl & Andersen, 2022). Diese Kompetenzen sind von der KMK (2017) mit dem Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt“ beschrieben und für die Anforderungen an Lehrkräfte der Naturwissenschaften im DiKoLAN-Framework operationalisiert worden (Becker et al., 2020).

Lehr-Lern-Labor-Formate haben sich in der fachdidaktischen Lehrkräftebildung für die Förderung professioneller Kompetenz in einem komplexitätsreduzierten Rahmen etabliert (Marohn et al., 2020; Roth & Primer, 2020). Diese haben sich meist aus Schülerlaboren entwickelt und beschreiben einen geschützten Raum, in dem angehende Lehrkräfte professionelle Kompetenz erwerben, entwickeln und Unterrichtskonzepte praktisch erproben sowie reflektieren können (Dohrmann & Nordmeier, 2020). Als besonders gewinnbringend wird dabei die Komplexitätsreduktion des späteren Berufsfeldes beschrieben (Marohn et al., 2020).

Das Lehr-Lern-Labor des Zentrums für Didaktik der Biologie an der Universität Münster soll an dieser Stelle ansetzen. Humanbiologie, Diversität und Digitalität werden unter einer unterrichtspraktischen und fachdidaktischen Perspektive integriert und sollen so zur Förderung der Dispositionen (Wissen und Überzeugungen) professioneller Handlungskompetenzen beitragen (Blömeke et al., 2015). In dem Beitrag werden die Ausarbeitung der unterschiedlichen Perspektiven und ihre Integration in ein Seminarkonzept dargestellt.

2. Theoretische Rahmung

2.1 Humanbiologie, Diversität und Digitalität

Für den Bereich der Humanbiologie gelten die diversen Voraussetzungen, mit denen Schülerinnen und Schüler dem Themenfeld begegnen, insgesamt als gut untersucht (Gresch, 2017; Hammann & Asshoff, 2017). Diversität wird dabei im Anschluss an Düsing et al. (2018) als eine wertschätzende Beschreibung von Vielfalt verstanden und lässt sich unter anderem für die Humanbiologie in kognitive Voraussetzungen (z. B. Schülervorstellungen), praktische Fertigkeiten (z. B., *practical skills* beim Sezieren) und ethische Aspekte differenzieren.

Die kognitiven Aspekte werden mithilfe von Schülervorstellungen beschrieben. Schülervorstellungen zur Humanbiologie umfassen zum Beispiel das Herzkreislaufsystem (Hammann & Asshoff, 2017; Riemeier et al., 2010). Hier lassen sich die Vorstellungen oft auf eine Kombination des erfahrbaren Herzschlags und einer Imagination der nicht erfahrbaren Blutversorgung der Organe zurückführen (Hammann & Asshoff, 2017). Die Vorstellungen reichen dabei von der Vorstellung, Blut sei überall über Blut fließt zwischen Organen hin und her bis hin zur fachlich korrekten Vorstellung des 2-Schleifen-Kreislaufes. Dabei konnte durch die fachdidaktische Forschung

gezeigt werden, dass das Vorliegen von Schülervorstellungen, die fachlich nicht korrekt sind, den Erwerb fachlicher Konzepte erschweren kann (Riemeier et al., 2010).

Neben kognitiven Voraussetzungen sind auch praktische Fertigkeiten (*practical skills*, Mayer, 2007) für das Lernen humanbiologischer Inhalte relevant. Sie beschreiben die praktische Durchführung fachgemäßer Denk- und Arbeitsweisen wie die Datenerfassung (z.B. Erheben von Vitalparametern durch Messsysteme), das Modellieren (z.B. Modell eines Organs) oder das Sezieren und sie stellen häufig eine notwendige Bedingung für den Erkenntnisgewinn dar. Für das Verständnis von Anatomie und Physiologie menschlicher Organe kann die Sektion tierischer Präparate unterstützend wirken (Gutschlag, 2018). Betrachtet man Aufbau und Funktion des menschlichen Herzens, kann beispielsweise die Sektion eines Schweineherzens durchgeführt werden. Allerdings kann die fachliche Auseinandersetzung durch emotionale oder ethische Aspekte erschwert werden, was in der Unterrichtspraxis von zunehmender Relevanz ist (Randler et al., 2016). Wenn negative Emotionen überwunden werden können, dann fördert das Sezieren als Veranschaulichung der Anatomie (z.B. von Säugetierherzen) die Motivation und das Verständnis (Gutschlag, 2018). Gleichzeitig finden ethische und tierschutzrechtliche Aspekte des Sezierens verstärkt Einzug in den Klassenraum und fordern von Lehrkräften, alternative (gleichwertige) Bearbeitungsaufgaben einzusetzen. Dies stellt neue Anforderungen an die Gestaltung von Lernszenarien, die über den reinen Anwendungsbezug hinaus gehen, der beim Sezieren bislang im Fokus stand (Hug, 2008).

Einige Forschungsarbeiten deuten darauf hin, dass digitale Medien und Tools hilfreich für Lehrkräfte sein können, um den beschriebenen Herausforderungen im Schulalltag zu begegnen (Stinken-Rösner & Abels, 2021). Dies soll anhand zweier unterrichtspraktischer Beispiele illustriert werden: (1) Begegnung von Schülervorstellungen zum Aufbau des Herzens durch digitale Tools sowie (2) Potentiale zum Umgang mit emotionalen, ethischen und motorischen Herausforderungen des Sezierens. Digitale Tools bieten das Potential, Schülervorstellungen zu begegnen, etwa wenn mithilfe von Endoskopkameras der innere Aufbau eines ungeöffneten Schweineherzens exploriert wird (Thyssen et al., 2021). Dabei kann im Sinne des Dreischritts *Eliciting-Conflict-Restructuring* (Posner et al., 1982) die Grundlage für einen kognitiven Konflikt erzeugt werden, etwa wenn Vorstellungen zum Weg des Blutes nicht mit dem endoskopisch erfahrbaren Weg des Blutes durch das Herz übereinstimmen. Auch den emotionalen, ethischen sowie motorischen Herausforderungen des Sezierens kann durch Anatomie-Apps und virtuelle Präparationen erfolgversprechend begegnet werden (Elmali, 2022; Wörner et al., 2022). Auch in der Hochschulbildung werden digitale Tools und Medien zum Lehren und Lernen eingesetzt. Es gibt erste Hinweise, dass angehende Lehrkräfte virtuelles Sezieren reellem Sezieren vorziehen, da sie dabei keine ethischen Bedenken haben und Inhalte zeitgleich aufgreifen können (Elmali, 2022). Für die Arbeit mit Anatomie-Apps konnte in der Hochschulbildung bereits gezeigt werden, dass die Arbeit mit Tablets als Ergänzung zum regulären Kursinhalt das selbstberichtete Verständnis und die Abschlussnoten verbessert (Chakraborty & Cooperstein, 2018).

2.2 Gelingensbedingungen zur Integration digitaler Medien und Tools in den Unterricht

Die Begriffe digitale Medien und digitale Tools werden in der Forschungsliteratur häufig synonym gebraucht, beschreiben jedoch unterschiedliche Blickwinkel (Barzel et al., 2005). Während digitale Medien einen Sammelbegriff für digital verfügbare Inhalte darstellen, definiert Thurm (2020) digitale Tools als Hilfsmittel zur Problemlösung. Am Beispiel des Mathematikunterrichts unterscheidet Thurm (2020) klassische Werkzeuge, allgemeine digitale Werkzeuge für den fächerübergreifenden Einsatz und fachspezifische Werkzeuge mit besonderer Relevanz für das Fach. Dieses fachübergreifende und fachspezifische Verständnis von digitalen Werkzeugen soll in der vorliegenden Arbeit unter dem Begriff digitale Tools übernommen werden.

Für eine erfolgreiche Integration digitaler Tools in den Unterricht ist das Überwinden so genannter „*first-order barriers*“ und „*second-order barriers*“ zentral (Bice & Tang, 2022; Kim et al., 2013; Scheiter, 2021). Zu den Hürden erster Ordnung zählen Rahmenbedingungen und Ressourcen und zu denen zweiter Ordnung zählen Überzeugungen über das Lehren und Lernen (Ertmer, 1999). Beide stehen in Verbindung, da die Überzeugungen (*second-order*) den Umgang mit Ressourcen (*first-order*) beeinflussen (Kim et al., 2013). Dementsprechend ist eine simultane Veränderung beider Barrieren sinnvoll, sodass Zugang zu Tools, Wissen über Tools und Überzeugungen hinsichtlich digitaler Medien gemeinsam weiterentwickelt werden. Dem folgend werden als notwendige Bedingungen für die Veränderung Zugang, Zeit, Übung und Unterstützung genannt (Ertmer, 1999). Durch die Nennung von Überzeugungen als Hürde (*barrier*) und als Gelingensbedingung (*amplifier*) für Technikintegration wird diesen eine große Bedeutsamkeit zugewiesen. Damit ist die Notwendigkeit betont, dass neben den technikspezifischen Überzeugungen auch eher Technik-unspezifische, generische Überzeugungen zum Lehren und Lernen betrachtet werden sollten (z. B. transmissive vs. konstruktivistische Überzeugungen; Brauer et al., 2014).

Um digitale Tools flächendeckend in den Unterricht zu integrieren, werden unterschiedliche Strategien und Gelingensbedingungen zusammengetragen, wobei Lehrpersonen meist eine entscheidende Rolle zufällt (von Kotzebue, 2022). Hew und Brush (2007) beschreiben dazu fünf Strategien, wobei in der hier beschriebenen Seminarkonzeption die Veränderung von Einstellungen bzw. Überzeugungen und die professionelle (Weiter-)Entwicklung fokussiert werden. Um digitale Tools zielführend zu integrieren, brauchen Lehrkräfte Wissen darüber, welche Technologien die curricularen Inhalte unterstützen, sie müssen spezifizieren, welche Technologien zielführend sind, sie müssen die Schülerinnen und Schüler aktivieren können und sie müssen Technologien finden, die mit ihrer eigenen professionellen Entwicklung übereinstimmen (Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2010).

Für die Planung von Lehr-Lern-Szenarien mit digitalen Medien hat sich die Nutzung des SAMR-Modells nach Puentedura (Hamilton et al., 2016) und ein auf digitale Medien hin spezifiziertes ICAP-Modell (Chi & Wylie, 2014) als wirksam erwiesen (Backfisch et al., 2021; von Kotzebue, 2022). Das SAMR-Modell nach Puentedura bietet die Möglichkeit zu analysieren, inwiefern das digitale Tool eine Veränderung

und Unterstützung für den Unterricht darstellt und kann eine Hilfestellung bei der Auswahl geeigneter digitaler Tools sein (Hamilton et al., 2016). SAMR steht für *Substitution*, *Augmentation*, *Modification* und *Redefinition*, wobei das digitale Tool mindestens eine dieser Ebenen erreichen bzw. erfüllen sollte (Schaal, 2017). Bei der *Substitution* ersetzen digitale Medien analoge; *Augmentation* beschreibt, dass die Nutzung von Technik zu einer Verbesserung führt; bei der *Modification* führt die Integration zu einer Veränderung des Unterrichtes und die *Redefinition* beschreibt, wenn eine Technologie andere Unterrichtsformate ermöglicht (Schaal, 2017). Digitale Medien als Selbstzweck einzusetzen ist demnach weder lern- noch lehrförderlich.

Demnach sollen Lehrkräfte digitale Tools gezielt nach ihrem lernförderlichen Nutzen auswählen. Das ICAP-Modell beschreibt dazu vier Lernaktivitätsmodi, die zu unterschiedlicher Wissensveränderung führen: die passive, die aktive, die konstruktive und die interaktive Lernaktivität (Chi & Wylie, 2014). Sie führen in aufsteigender Reihenfolge zu tieferen und stärker vernetzten Wissensstrukturen. Das SAMR- und das ICAP-Modell verdeutlichen, dass Lehrkräfte die Komplementarität zwischen Lehrmedium, Lerngruppe, Lernziel und Inhalt (Affordanz des Tools) erkennen können müssen, damit die Integration einen positiven Effekt für das Lernen haben kann (Scheiter, 2021). Dadurch wird die digitalisierungsbezogene professionelle Kompetenz nicht nur als Prädiktor für die Integration von Technik in den Unterricht, sondern auch als Prämisse für eine sinnvolle Integration digitaler Tools verstanden.

2.3 Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: die besondere Rolle der Überzeugungen (*teachers' beliefs*)

Lehr-Lern-Labore werden in der Lehrkräftebildung zur Förderung professioneller Handlungskompetenz eingesetzt (Brüning et al., 2020). Sie beschreiben einen Ansatz, bei dem Studierende die Möglichkeit erhalten, Planung und Durchführung von Unterricht theoriegeleitet zu erlernen und gleichzeitig Schülerinnen und Schüler in komplexitätsreduziertem Rahmen zu unterrichten. Die Schülerinnen und Schüler selbst lernen wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen kennen. Das Lehr-Lern-Labor ist damit für die Schülerinnen und Schüler ein außerschulischer Lernort und für die Studierenden ein Weg, Theorie und Praxis nach den Prinzipien des forschenden Lernens zu verknüpfen (Brüning et al., 2020). Ein Merkmal von Lehr-Lern-Laboren ist die Reflexion, bei der Theorie und Praxis sinnvoll und mit Rückbezug auf die eigene Professionalisierung integriert werden. Reflexion wird in der Lehrkräftebildung eine wichtige Rolle zugesprochen, um subjektive Theorien und Überzeugungen zugänglich zu machen und um unterrichtliches Handeln stetig zu professionalisieren (Höföle et al., 2020).

Die professionelle Kompetenz der Studierenden umfasst dabei professionelles Wissen (z.B. Fachwissen, fachdidaktisches Wissen) sowie motivational-affektive Facetten, zu denen unter anderem das Konstrukt der Überzeugungen gehört (Blömeke et al., 2015; Kunter et al., 2009). Blömeke et al. (2015) beschreiben die pro-

fessionelle Kompetenz als Kontinuum, in dem kognitive und affektiv-motivationale Dispositionen auf situationsspezifische Fähigkeiten (Wahrnehmung, Interpretation, Entscheidungsfindung) einwirken, die sich in der eigentlichen Leistung bzw. Handlung zeigen. Wird professionelle Kompetenz auf den Einsatz digitaler Medien im Fachunterricht bezogen, hat sich in der Forschungsliteratur eine Erweiterung des professionellen Wissens um eine Technologie-Komponente etabliert, die im TPaCK-Modell zusammengefasst wird (Koehler & Mishra, 2009). Mit dem TPaCK-Modell ist das PCK-Modell Shulmans um eine technologische Perspektive erweitert worden (Koehler & Mishra, 2009). In einer integrativen bzw. transformierenden Perspektive werden technologiebezogenes (TK), pädagogisches (PK) und fachliches Wissen (CK) zu technologisch-fachdidaktischem Wissen (TPaCK) vereint (Koehler et al., 2013). Diese Wissensform ist für die Unterrichtsgestaltung mit digitalen Tools entscheidend (Schmid et al., 2020).

Neben dem professionellen Wissen sind bei der Betrachtung professioneller Kompetenz Überzeugungen (*beliefs*) von besonderer Bedeutung. Obwohl ihre Bedeutung unbestritten ist (Bice & Tang, 2022; Hew & Brush, 2007; von Kotzebue, 2022), sind Fragen nach ihrem Einfluss und ihre Definition zum Teil ungeklärt (Fives & Buehl, 2012). In diesem Beitrag werden Überzeugungen verstanden als „nicht-wissenschaftliche Vorstellungen darüber, wie etwas beschaffen ist oder wie etwas funktioniert, mit dem Anspruch der Geltung für das Handeln“ (Oser & Blömeke, 2012, S. 415). Diese Arbeit konzentriert sich auf konstruktivistische und transmissive Überzeugungen zu Lehren und Lernen, da es erste Hinweise zum Zusammenhang zwischen Überzeugungen zum Lehren und Lernen und der Art der Integration digitaler Medien in den Unterricht gibt (Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2010; Kim et al., 2013; Polly & Rock, 2016; Wess, 2020). Während Lehrkräfte mit transmissiven, traditionellen Überzeugungen digitale Medien eher zur Unterstützung eines lehrkraftzentrierten Unterrichts einsetzen („*low-level*“), nutzen Lehrkräfte mit konstruktivistischen Überzeugungen digitale Medien schülerinnen- und schülerzentriert („*high-level*“ (Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2010, S. 10). Darüber hinaus integrieren Lehrkräfte mit konstruktivistischen Überzeugungen digitale Medien nahtlos(er) in den Unterricht (Kim et al., 2013). Lehrkräfte mit transmissiven Überzeugungen nutzen digitale Medien für Aufgaben auf kognitiv niedrigem Niveau, wie bei Übungen oder Wiederholungen (Polly & Rock, 2016).

Für die Entwicklung professioneller Kompetenz von angehenden Lehrkräften drängt sich die Frage auf, inwiefern professionelles Wissen und Überzeugungen verändert werden können und ob auch eine gemeinsame, sich gegebenenfalls gegenseitig bedingende Veränderung möglich ist. Es gibt Hinweise, dass die Lehrkräftebildung zu einer Veränderung von Überzeugungen und Wissen führt (Schmotz & Blömeke, 2009; Wess, 2020) und dass wissensbasierte Überzeugungen durch Wissenserweiterung verändert werden können (Ertmer, 2005). Studien zeigen, dass Überzeugungen auch durch die Nutzung und die Art der Nutzung von Technik im Rahmen der Lehrkräftebildung beeinflusst werden (Hew & Brush, 2007). So schlug Ertmer bereits 2005 drei Möglichkeiten vor, um Überzeugungen zur Integration von Technik zu

verändern (eigene Erfahrungen, stellvertretende Erfahrungen und soziokulturelle Einflüsse), wobei für die Umsetzung im Lehr-Lern-Labor vor allem die Schaffung von Primärerfahrungen (eigenes Lehren und Anwenden von digitalen Medien) und das durch Beobachtungen geleitete Sammeln von stellvertretenden Erfahrungen Anwendung finden können.

3. Erkenntnisinteresse des Lehr-Lern-Labors

Trotz der konzeptionellen Perspektive dieses Beitrags soll im Folgenden das Erkenntnisinteresse vorgestellt werden, da sich dies aus den bisherigen Ausführungen ergibt und relevant für die Gestaltung des Forschungsdesigns ist. Im hier dargestellten Seminarkonzept werden die im Kontext der Humanbiologie relevanten technologischen, diversitätsbezogenen, fachlichen und fachdidaktischen Inhalte innerhalb eines Lehr-Lern-Labors zur Förderung der professionellen Kompetenz angehender Biologielehrkräfte vereint. Dabei sollen sowohl technologiebezogenes fachdidaktisches Wissen (TPaCK) als auch Überzeugungen inhaltsspezifisch gefördert werden. Studierende sollen in die Lage versetzt werden, Humanbiologieunterricht mithilfe digitaler Tools diversitätssensibel gestalten zu können (Becker et al., 2020; Brauns & Abels, 2021). Im Rahmen der begleitenden Evaluationsforschung werden die Entwicklungen des professionellen Wissens der Studierenden in Anlehnung an das TPaCK-Modell (Koehler et al., 2013) sowie die Überzeugungen der Studierenden zum Einsatz digitaler Tools (Kim et al., 2013) an verschiedenen Zeitpunkten erfasst, um sequenzielle Einblicke in die Veränderung des Wissens bzw. der Überzeugungen in Abhängigkeit der Seminarphasen modellieren zu können. Aus dieser Zielsetzung ergeben sich drei Forschungsfragen:

- FF1: Welche Überzeugungen besitzen Studierende bezogen auf das Potential digitaler Tools für die Gestaltung diversitätssensiblen Humanbiologieunterrichts?
- FF2: Inwiefern verändert sich das professionelle Wissen der Studierenden zum Einsatz digitaler Tools zur Humanbiologie (TPaCK) durch die Teilnahme am Lehr-Lern-Labor?
- FF3: Inwiefern entwickeln sich die Überzeugungen (*beliefs*) von Studierenden hinsichtlich der Integration digitaler Tools in den Unterricht durch die Teilnahme am Lehr-Lern-Labor?

Diese Forschungsfragen sollen mit dem im Folgenden skizzierten Seminar- und Forschungsaufbau beantwortet werden. In diesem Beitrag steht aber die Konzeption im Vordergrund.

4. Beschreibung des Lehr-Lern-Labors

Das Lehr-Lern-Labor ist als semesterbegleitende Lehrveranstaltung organisiert, die in den letzten beiden Semestern des Master-of-Education-Studiengangs angewählt

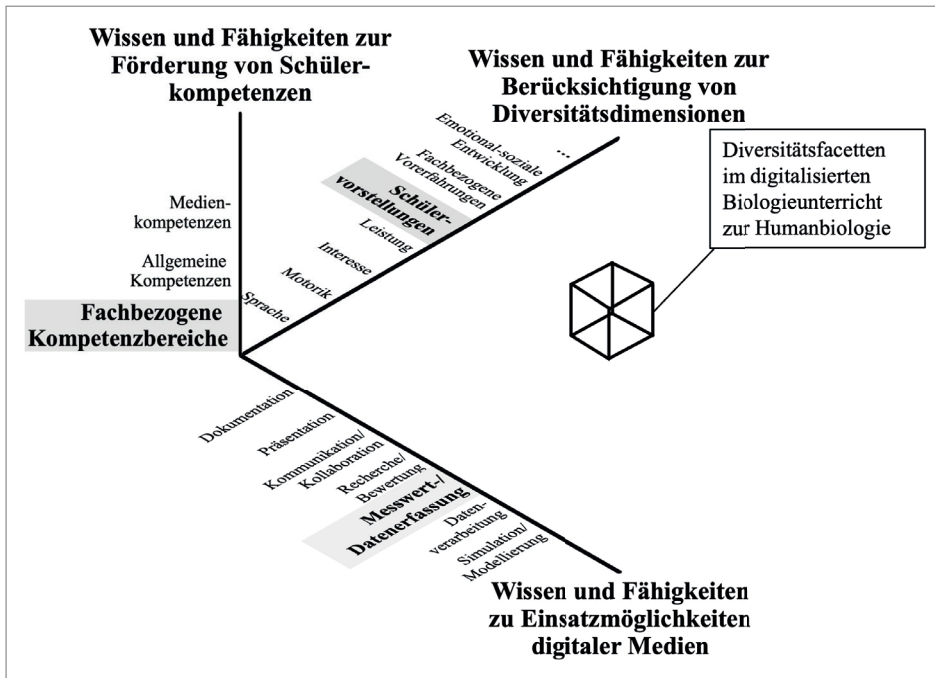


Abb. 1: Verortung des Lehr-Lern-Labors zwischen den Dimensionen Schülerkompetenz, Diversitätsdimensionen und digitale Medien im DiDiKom-Modell

werden kann. Durch diese Lehrveranstaltung sollten die Studierenden zu allen Inhalten über grundlegendes Wissen und über Vorerfahrungen verfügen.

Abbildung 1 gibt einen Überblick, welche Aspekte der dreidimensionalen Struktur des fachdidaktischen Kompetenzmodells für die Lehrkräftebildung zur diversitätssensiblen Nutzung digitaler Medien zur Förderung von Schülerinnen- und Schülerkompetenzen (DiDiKom) (Kürten et al., in diesem Band) in der Seminarkonzeption aufgegriffen werden. Es werden die Ebenen Wissen und Fähigkeiten zur Förderung von Schülerkompetenz (Allgemeine Kompetenzen, Fachbezogenen Kompetenzen und Medienkompetenzen), zur Berücksichtigung von Diversitätsdimensionen (z. B. Sprache, Motorik, Interesse etc.) und zu Einsatzmöglichkeiten digitaler Tools (z. B. Dokumentation, Präsentation etc.) dargelegt. In der Ausgestaltung des LLL „*Diversitätsfacetten im digital gestützten Humanbiologieunterricht*“ sind folgende Facetten der drei Ebenen zentral; die fachbezogenen Kompetenzen als Fachwissen über die Humanbiologie, die Schülervorstellungen, um diversen Vorstellungen angemessen begegnen zu können (Hammann & Asshoff, 2017), und die Messwert- und Datenerfassung durch die Erfassung von Vitalparametern in der Humanbiologie (Becker et al., 2020).

Die Konzeption des Lehr-Lern-Labors schließt sich dem Zyklus des forschenden Lernens an (Roth & Priemer, 2020). Die Studierenden durchlaufen in einem sich wiederholenden Zyklus komplexitätsreduziert die Aufgaben von Lehrkräften:

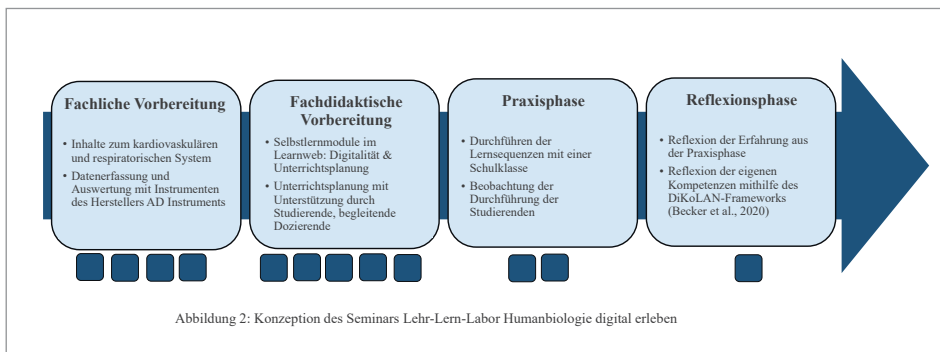


Abb. 2: Konzeption des Seminars Lehr-Lern-Labor zum digital gestützten Humanbiologieunterricht

Unterrichtsplanung, Durchführung (dabei könnten Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern diagnostiziert werden) und Reflexion der Unterrichteinheit inklusive Adaption der Planung (Roth & Priemer, 2020). Insgesamt ist das Seminar dazu in vier thematischen Blöcken organisiert (siehe Abb. 2).

Im ersten Teil des Seminars steht der Erwerb des grundlegenden fachlichen und fachdidaktischen Wissens im Vordergrund. Ein besonderes Merkmal der Seminar-konzeption ist es, dass die angehenden Lehrkräfte im Rahmen einer Kooperation zwischen Fachwissenschaft und Fachdidaktik einen vertieften biowissenschaftlichen Zugang zur Thematik erhalten. Diese fachliche Vorbereitung (Abb. 2) wird in Präsenz durchgeführt und nach einer inhaltlichen Einführung arbeiten die Studierenden im biowissenschaftlichen Labor mit digitalen Anatomie- und Physiologietools, u. a. zur Erhebung eigener Vitalparameter. Dadurch lernen sie die Nutzung von digitalen Tools im wissenschaftlichen Kontext kennen. Parallel zu den Präsenzveranstaltungen werden im Rahmen der fachdidaktischen Vorbereitung in einem Blended-Learning-Format die Fachinhalte mit fachdidaktischen Inhalten kombiniert. Auf der Plattform Learnweb werden Informationen zu Diversitätsfacetten (Schüler-vorstellungen etc.), Unterrichtskonzepten für die Humanbiologie, Grundlagen zur Planung problemorientierter Lehr-Lern-Szenarien sowie zur Reflexion von Unterricht erarbeitet. Die Studierenden wählen dazu bereits zu Beginn des Seminars einen inhaltlichen Schwerpunkt, der auch für die Unterrichtsplanung und Durchführung gilt. Sie können an individuellen Terminen digitale Tools ausprobieren und so an einem bewertungsfreien, sicheren Ort eigene Erfahrungen sammeln. Teil der fachdidaktischen Vorbereitung ist auch die angeleitete Planung von Lehr-Lern-Szenarien mit digitalen Tools. Dabei werden zur Unterstützung das SAMR-Modell (Hamilton et al., 2016), das ICAP-Modell (Chi & Wylie, 2014) und das Schema zur Beschreibung von inklusivem naturwissenschaftlichem Unterricht (Abels & Stinken-Rösner, 2022) eingesetzt. Damit soll deutlich werden, wo Unterricht, digitale Tools und Diversität Schnittstellen haben können. In der Planung von Lehr-Lern-Szenarien für das Lehr-Lern-Labor können die Studierenden ihr zuvor erworbenes Wissen (TPaCK)

praktisch anwenden und werden dabei durch ihre Kommilitoninnen und Kommilitonen (Peer-Feedback) sowie durch die Rückmeldung der im Lehr-Lern-Labor kooperierenden fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Dozierenden begleitet. Daran schließt sich die Praxisphase mit der Durchführung des eigenen Lehr-Lern-Szenarios und der Beobachtung eines zweiten Szenarios (stellvertretendes Lernen) im Lehr-Lern-Labor an. Abschließend werden die Lehr-Lern-Labor-Aktivitäten hinsichtlich der Schwerpunkte „Digitalität“ und „Diversität“ reflektiert, wobei der Fokus auf den digitalen Kompetenzen nach dem DiKoLAN-Framework liegt (Becker et al., 2020).

5. Forschungsmethodische Überlegungen

Die Ausgestaltung des Lehr-Lern-Labors orientiert sich am Prinzip der Design-Based-Research (Wilhelm & Hopf, 2014). Dabei soll das Seminar, in welches das Lehr-Lern-Labor eingegliedert ist, durch die Beantwortung der Forschungsfragen weiterentwickelt werden. Die Ergebnisse der Erhebungen mittels Fragebögen (TPaCK & Überzeugungen zum Lehren und Lernen), die mehrfach während der Veranstaltung durchgeführt werden, dienen der Rückmeldung über den Erfolg der Veranstaltung gleichermaßen wie der Beantwortung der FF2 (*Entwicklung des professionellen Wissens*) und der FF3 (*Entwicklung der Überzeugungen zum Lehren und Lernen*).

Wie in Abbildung 3 dargestellt, ist das Forschungsdesign quasi-experimentell mit einem Prä- und einem Posttest. Die Experimentalgruppe umfasst das Seminar zum Lehr-Lern-Labor, als Kontrollgruppe dienen reguläre Biologiedidaktik-Seminare (ohne Lehr-Lern-Labor-Anteil), die den Gegenstandsbereich Humanbiologie aufgreifen und teilweise bereits auf digitale Tools zurückgreifen, ohne jedoch Überzeugungen und TPaCK konkret zu adressieren.

Die Ausrichtung des Designs der Begleitforschung kann als Mixed-Method-Design bezeichnet werden, da qualitative und quantitative Forschungsmethoden kombiniert werden (Kuckartz, 2014). Für die Erhebung der Überzeugungen werden im ersten Durchgang offene Fragen genutzt, um die Breite und Vielfalt der Über-

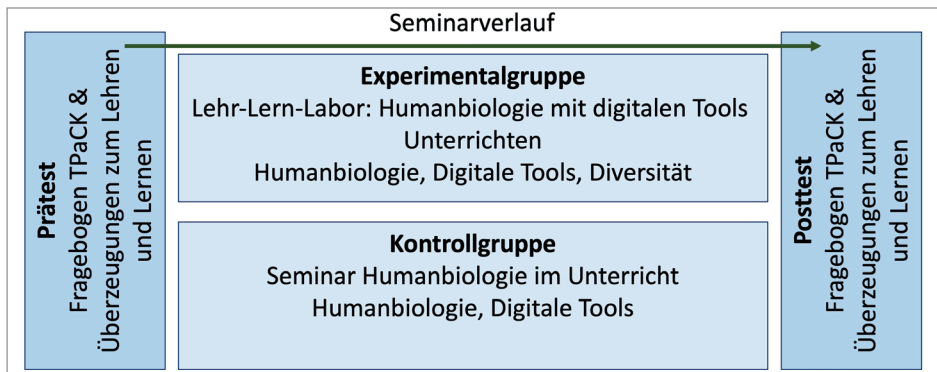


Abb. 3: Forschungsdesign zum Lehr-Lern-Labor zum digital gestützten Humanbiologieunterricht

zeugungen abbilden zu können (Heuckmann et al., 2018). Die Fragen, welche die Überzeugungen zum Einsatz der digitalen Tools im diversitätssensiblen Humanbiologieunterricht erheben sollen, orientieren sich an dem „Kategoriensystem inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht“ (KinU) (Brauns & Abels, 2021). Die Hauptkategorien „Anwendung naturwissenschaftlicher Unterrichtsmethoden inklusiv gestalten“ (Brauns & Abels, 2021, S. 83), „Entwicklung von Schüler*innenvorstellungen inklusiv gestalten“ (Brauns & Abels, 2021, S. 84) und „Datenauswertung der Ergebnisdarstellung inklusiv gestalten“ (Brauns & Abels, 2021, S. 84) werden als theoretische Grundlage zur Fragenkonstruktion verwendet. Für die offenen Fragen zu den Überzeugungen zur Integration von Technik in den Humanbiologieunterricht wird das DiKoLAN-Framework verwendet (Becker et al., 2020). Die Antworten sollen über die Codierung und Kategorienbildung einen Einblick in die bei den Studierenden vorliegenden Überzeugungen zur Technikintegration in den diversitätssensiblen Humanbiologieunterricht geben und in der Entwicklung eines eigenen, spezifisch auf den Gegenstand des Lern-Lern-Labors hin ausgerichteten Erhebungsinstruments münden.

Für die quantitativen Erhebungsmethoden wird ein Fragebogen aus bestehenden Fragebogenelementen adaptiert. Zur Erhebung der transmissiven und konstruktivistischen Überzeugungen wird der Fragebogen von Brauer et al. (2015) eingesetzt. Dieser beinhaltet eine Kurzskaala, die jedoch überwiegend zufriedenstellende psychometrische Kennwerte aufweist (siehe Tabelle 2). Zur Erhebung des professionellen Wissens liegen aus der fachdidaktischen Forschung umfassend Testinstrumente für das TPaCK-Konstrukt vor (Schmid et al., 2020), die bereits auf den Fachgegenstand „Biologie“ (z. B. Mahler & Arnold 2022; von Kotzebue 2022) bzw. Humanbiologie (Mölgén et al., submitted) adaptiert sind. Dabei handelt es sich in der Regel um selbstberichtete Einschätzungen des TPaCK (Backfisch et al., 2021; von Kotzebue 2022), weshalb eine zweite Erhebungsform in Erwägung gezogen wird. Es soll im Rahmen der Seminarkonzeption geprüft werden, inwiefern hier die schriftlichen Entwürfe der Studierenden oder Videoaufnahmen aus dem Lehr-Lern-Labor als Datenquellen herangezogen werden können (von Aufschnaiter et al., 2020; von Kotzebue, 2022). Die Erhebung soll zu mehreren Zeitpunkten wiederholt werden, um sequenzielle Analysen der Entwicklung professioneller Kompetenz durchführen zu können.

Tab. 2: Beispielitems Erhebung transmissiver und konstruktivistischer Überzeugungen (Brauer et al, 2015)

Transmissiv	Wichtig für den Lernprozess von Schülerinnen und Schülern ist, dass sie einen vorgegebenen Lernweg beschreiten.	4 Items	Cronbachs $\alpha = .77$
Konstruktivistisch	Wichtig für den Lernprozess von Schülerinnen und Schülern ist, dass sie eigene Ideen entwickeln können.	3 Items	Cronbachs $\alpha = .68$

6. Ausblick

In diesem Beitrag ist dargestellt worden, welche spezifischen Herausforderungen mit dem Unterrichten des Inhaltsfeldes Humanbiologie einhergehen. Im Rahmen des Beitrags wird auf Ebene der professionellen Kompetenz (Wissen und Überzeugungen) beschrieben, inwiefern digitale Tools einen Beitrag dazu leisten können, den vielfältigen vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schülern, unterschiedlich ausgeprägten praktischen Fertigkeiten und moralischen Haltungen zu begegnen. Dafür sollen Lehrkräfte digitalitätsbezogene Kompetenzen erwerben, die ihnen den zielführenden und lernförderlichen Einsatz digitaler Tools ermöglichen. Um diese Kompetenzen zu fördern, wird am Zentrum für Didaktik der Biologie ein Lehr-Lern-Labor-Seminar integriert, welches 1) fachliche, 2) fachdidaktische und 3) unterrichtspraktische Aspekte vereint und diese 4) reflektiert. Die geplante Begleitforschung soll den Hinweisen aus der Literatur nachgehen, die vermuten lassen, dass technologiebezogenes Professionswissen (TPaCK) und Überzeugungen zum Lehren und Lernen entscheidend für den lernförderlichen und diversitätssensiblen Einsatz von digitalen Tools in den Fachunterricht sein können.

Literatur

- Abels, S. & Stinken-Rösner, L. (2022). „Diklusion“ im naturwissenschaftlichen Unterricht – Aktuelle Positionen und Routenplanung. In E. M. Watts & C. Hoffmann (Hrsg.), *Digitale NAWigation von Inklusion* (S. 5–20). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37198-2_2
- Backfisch, I., Lachner, A., Stürmer, K. & Scheiter, K. (2021). Gelingensbedingungen beim Einsatz digitaler Medien im Unterricht – Kognitive und motivationale Voraussetzungen von Lehrpersonen. In N. Beck, T. Bohl & S. Meissner (Hrsg.), *Vielfältig herausgefordert, Forschungs- und Entwicklungsfelder der Lehrerbildung auf dem Prüfstand* (S. 73–86). Universität Tübingen.
- Barzel, B., Hußmann, S. & Leuders, T. (2005). *Computer, Internet & Co im Mathematikunterricht*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Becker, S., Buckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C. & von Kotzebue, L. (Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen) (2020). Orientierungsrahmen digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKo-LAN. 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.
- Bice, H., & Tang, H. (2022). Teachers' beliefs and practices of technology integration at a school for students with dyslexia: A mixed methods study. *Education and Information Technologies*, 27(7), 10179–10205. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11044-1>
- Blömeke, S., Gustafsson, J. E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond dichotomies: Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift für Psychologie*, 223(1), 3–13. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194>
- Brauer, H., Balster, S. & Wilde, M. (2014). Lehr- und Lernvorstellungen künftig Lehrender zum Lernen von Schülerinnen und Schülern im Fach Biologie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20(1), 191–200. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0019-z>

- Brauer, H., Balster, S. & Wilde, M. (2015). Entwicklung eines Messinstruments zur Erhebung von Lehr- und Lernvorstellungen von künftig Lehrenden am Beispiel der Biologie. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 62(3), 188–204. <http://dx.doi.org/10.2378/peu2015.art15d>
- Brauns, S. & Abels, S. (2021). Videoanalyse mit dem Kategoriensystem inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (KinU). *Progress in Science Education (PriSE)*, 4(2), 71–84. <https://doi.org/10.25321/prise.2021.1146>
- Brüning, A., 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.
- Chakraborty, T.R. & Cooperstein, D.F. (2018). Exploring anatomy and physiology using iPad applications. *Anatomical Sciences Education*, 11(4), 336–345. <https://doi.org/10.1002/ase.1747>
- Chi, M. T. & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational psychologist*, 49(4), 219–243. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>
- 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, Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung* (S. 191–207). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_13
- Düsing, K., Gresch, H. & Hammann, M. (2018). Diversitätssensibler Biologieunterricht – Veränderungen im Lehramtsstudium zur Vorbereitung auf das Unterrichten in heterogenen Lerngruppen. In D. Rott, N. Zeuch, C. Fischer, E. Souvignier & E. Terhart (Hrsg.), *Innovative Lehrkonzepte in der Lehrer*innenbildung zum Umgang mit Heterogenität und Inklusion* (S. 127–139). Waxmann.
- Elmali, S. (2022). Reflections of hands-on dissection and virtual dissection experiences of pre-service science teachers. *Journal of Biological Education*, 1–9. <https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2058984>
- Ertmer, P.A. (1999). Addressing first-and second-order barriers to change: Strategies for technology integration. *Educational technology research and development*, 47(4), 47–61. <https://doi.org/10.1007/BF02299597>
- Ertmer, P.A. (2005). Teacher pedagogical beliefs: The final frontier in our quest for technology integration? *Educational technology research and development*, 53(4), 25–39. <https://doi.org/10.1007/BF02504683>
- Ertmer, P.A. & Ottenbreit-Leftwich, A.T. (2010). Teacher technology change: How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. *Journal of research on Technology in Education*, 42(3), 255–284. <https://doi.org/10.1080/15391523.2010.10782551>
- Fives, H. & Buehl, M.M. (2012). Spring cleaning for the “messy” construct of teachers’ beliefs: What are they? Which have been examined? What can they tell us? *American Psychological Association* (2), 471–499. <https://doi.org/10.1037/13274-019>
- Gresch, H. (2017). Wie lässt sich Unterricht an Schülervorstellungen ausrichten? Entwicklung einer Modellsimulation des Blutkreislaufs. *Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht* (1), 47–53.
- Gutschlag, E. (2018). Sezieren und verstehen. *Biologie 5–10*, 23, 4–7.

- Hamilton, E. R., Rosenberg, J. M. & Akcaoglu, M. (2016). The substitution augmentation modification redefinition (SAMR) model: A critical review and suggestions for its use. *Tech-Trends*, 60(5), 433–441. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0091-y>
- Hammann, M. & Asshoff, R. (2017). *Schülervorstellungen im Biologieunterricht. Ursachen für Lernschwierigkeiten* (3. Auflage). Friedrich Verlag.
- Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006). Schulpraxis-Fehlerfrei Experimentieren. *Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 59(5), 292–299.
- Heuckmann, B., Hammann, M., & Asshoff, R. (2018). Using the theory of planned behaviour to develop a questionnaire on teachers' beliefs about teaching cancer education. *Teaching and Teacher Education*, 75, 128–140. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.06.006>
- Hew, K. F. & Brush, T. (2007). Integrating technology into K-12 teaching and learning: Current knowledge gaps and recommendations for future research. *Educational technology research and development*, 55(3), 223–252. <https://doi.org/10.1007/s11423-006-9022-5>
- Hößle, C., Kuhleemann, B. & Saathoff, A. (2020). Diagnose- und Reflexionsprozesse von Studierenden im Lehr-Lern-Labor. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore, Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung*. Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_16
- Hug, B. (2008). Re-examining the practice of dissection: What does it teach? *Journal of Curriculum Studies*, 40(1), 91–105. <https://doi.org/10.1080/00220270701484746>
- Humpl, S. & Andersen, T. (2022). *The future of digital and online learning in higher education*. European Commission, Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture, Publications Office of the European. <https://data.europa.eu/doi/10.2766/587756>
- Kim, C., Kim, M. K., Lee, C., Spector, J. M. & DeMeester, K. (2013). Teacher beliefs and technology integration. *Teaching and teacher education*, 29, 76–85. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2012.08.005>
- Koehler, M. J. & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? Contemporary Issues. *Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70.
- 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>
- Kuckartz, U. (2014). *Mixed Methods Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren*. Springer.
- Kultusministerkonferenz [KMK] (2017). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/Strategie_neu_2017_datum_1.pdf.
- Kultusministerkonferenz [KMK] (2019). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2019*. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf.
- Kunter, M., Klusmann, U. & Baumert, J. (2009). Professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften: Das COACTIV-Modell. In O. Zlatkin-Troitschanskaia, K. Beck, D. Sembill, R. Nickolaus & R. Mulder (Hrsg.), *Lehrprofessionalität. Bedingungen, Genese, Wirkungen und ihre Messung* (S. 153–165). Beltz.
- Mahler, D. & Arnold, J. (2022). MaSter-Bio – Messinstrument für das akademische Selbstkonzept zum technologiebezogenen Professionswissen von angehenden Biologielehrpersonen.

- Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 28(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s40573-022-00137-6>
- 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.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177–186). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3_16
- Mölgen, L., Asshoff, R. & Heuckmann, B. (submitted). *Development and application of a domain specific TPACK questionnaire – Findings from a longitudinal study on teaching human biology using digital tools*. Manuscript under review for publication.
- Oser, F. & Blömeke, S. (2012). Überzeugungen von Lehrpersonen. Einführung in den Thementeil. *Zeitschrift für Pädagogik* 58(4), 415–421. <https://doi.org/10.25656/01:10405>
- Polly, D. & Rock, T. (2016). Elementary education teacher candidates' integration of technology in the design of interdisciplinary units. *TechTrends*, 60(4), 336–343. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0059-y>
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science & Education*, 66(2), 211–227.
- Randler, C., Demirhan, E., Wüst-Ackermann, P. & Desch, I. H. (2016). Influence of a dissection video clip on anxiety, affect, and self-efficacy in educational dissection: A treatment study. *CBE – Life Sciences Education*, 15(1). <https://doi.org/10.1187/cbe.15-07-0144>
- Riemeier, T., Jankowski, M., Kersten, B., Pach, S., Rabe, I., Sundermeier, S. & Gropengießer, H. (2010). Wo das Blut fließt. Schülervorstellungen zu Blut, Herz und Kreislauf beim Menschen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 77–93.
- 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, Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung* (S. 1–12). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_1
- Schaal, S. (2017). Man sieht den Wald vor lauter Bäumen nicht. Wie digitale Medien für den Biologieunterricht ausgewählt werden. *Unterricht Biologie*, 429, 46–47.
- Scheiter, K. (2021). Lernen und Lehren mit digitalen Medien: Eine Standortbestimmung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 24(5), 1039–1060. <https://doi.org/10.1007/s11618-021-01047-y>
- Schmid, M., Brianza, E. & Petko, D. (2020). Developing a short assessment instrument for Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK. xs) and comparing the factor structure of an integrative and a transformative model. *Computers & Education*, 157, 103967. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103967>
- Schmotz, C. & Blömeke, S. (2009). Zum Verhältnis von fachbezogenem Wissen und epistemologischen Überzeugungen bei angehenden Lehrkräften. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 2(1), 148–165. <https://doi.org/10.25656/01:14696>
- Schulz, L. (2021). Diklusive Schulentwicklung: Erfahrungen und Erkenntnisse der digital-inklusive Multiplikatorinnen- und Multiplikatorenausbildung in Schleswig-Holstein. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 41, 32–54. <https://doi.org/10.21240/mpaed/41/2021.02.03.X>

- Stinken-Rösner, L. & Abels, S. (2021). Digitale Medien als Mittler im Spannungsfeld zwischen naturwissenschaftlichem Unterricht und inklusiver Pädagogik. *Naturwissenschaften und Inklusion*, 4, 161–175. Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2766/587756>
- Thurm, D. (2020). *Digitale Werkzeuge im Mathematikunterricht integrieren. Zur Rolle von Lehrerüberzeugungen und der Wirksamkeit von Fortbildungen*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-28695-8>
- Thyssen, C., Frey, L. & Huwer, J. (2021). Mit dem Smartphone sieht man besser – digitales Endoskopieren im naturwissenschaftlichen Unterricht. In J. Meßinger-Koppelt & J. Maxton-Küchenmeister (Hrsg.), *Naturwissenschaften digital* (Band 2, S. 32–35). Joachim Herz Stiftung.
- Uitto, A. (2014). Interest, Attitude and Self-Efficacy beliefs explaining upper-secondary school students' orientation towards biology-related careers. *International Journal of Science and Mathematics Education* (12), 1425–1444. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9516-2>
- Von Aufschnaiter, C., Steckenmesser-Sander, K. & Vorholzer, A. (2020). Videogestützte Forschung in Schülerlaboren. In K. Sommer, J. Wirth & M. Vanderbeke (Hrsg.), *Handbuch Forschen im Schülerlabor* (S. 201–212). Waxmann.
- Von Kotzebue, L. (2022). Beliefs, Self-reported or Performance-Assessed TPACK: What Can Predict the Quality of Technology-Enhanced Biology Lesson Plans? *Journal of Science Education and Technology* (31), 570–582. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09974-z>
- Wess, R. (2020). *Professionelle Kompetenz zum Lehren mathematischen Modellierens: Konzeptualisierung, Operationalisierung und Förderung von Aufgaben- und Diagnosekompetenz*. Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29801-2>
- Wilhelm, T. & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschafts-didaktischen Forschung* (S. 31–42). Springer.
- Wörner, S., Kuhn, J. & Scheiter, K. (2022). The Best of Two Worlds: A Systematic Review on Combining Real and Virtual Experiments in Science Education. *Review of Educational Research*, 92(6), 911–952. <https://doi.org/10.3102/00346543221079417>

Experimentiersituationen gestalten im Kontext von Digitalisierung und Inklusion

Ein Ansatz für die Lehrkräftebildung im Fach Chemie

1. Motivation und Zielsetzung

„Meine Schule ist mit Laptop-Klassen und digitalen Tafeln sehr gut ausgestattet. Doch ich finde es schwierig, diese Medien sinnvoll einzusetzen, zumal ich immer auch an die besonderen Bedürfnisse der Schüler mit Förderbedarf denken muss.“ Die Aussage einer Chemielehrerin macht eindrücklich deutlich, vor welchen Herausforderungen Lehrkräfte stehen: Die zunehmende Digitalisierung von Bildungseinrichtungen z. B. durch den DigitalPakt Schule (Ministerium für Bildung und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, o. J.) verändert den Schulalltag. Lehrkräfte müssen Wege finden, digitale Tools lernförderlich einzusetzen und eine „digital-analoge Balance in Bildungskontexten“ (Huwer et al., 2019, S. 360) herzustellen. Zugleich sollen sie der Diversität ihrer Lerngruppen gerecht werden und die Partizipation aller Schülerinnen und Schüler am Unterricht fördern (Bönsch & Moegling, 2012; Stinken-Rösner et al., 2021).

Ziel des Projektes C(LE)VER.digital ist es, ein Seminarkonzept zu entwickeln und zu erforschen, das beide Herausforderungen konstruktiv miteinander verbindet: Chemie-Lehramtsstudierende erarbeiten Möglichkeiten, um Lernprozesse digital zu stützen und die dabei verwendeten Lernmedien diversitätssensibel auszugestalten. Im Fokus der Unterrichtsplanung steht der Experimentierprozess als zentrales Charakteristikum des Chemieunterrichts.

Das entwickelte Seminarkonzept bildet eine inhaltliche Neuausrichtung des Lehr-Lern-Labors C(LE)VER (Marohn & Rath, 2021; Rath & Marohn, 2021; Rohrbach-Lochner & Marohn, 2018), das Studierende seit 2013 auf den Umgang mit Diversität und unerwarteten Situationen im Lehrkräftehandeln vorbereitet. Das Format des Lehr-Lern-Labors hat sich als Bindeglied zwischen universitärer Forschung und Unterrichtspraxis bewährt (Roth & Priemer, 2020). Es bietet Studierenden die Möglichkeit, Unterrichtseinheiten auf Basis erworbenen fachdidaktischen Wissens zu planen, in einem komplexitätsreduzierten Setting durchzuführen und anschließend zu reflektieren (Marohn et al., 2020).

2. Forschungsfragen

Das Projekt vollzieht sich im Rahmen des Design-Based-Research-Ansatzes (Collins, 1990; Rohrbach-Lochner & Marohn, 2018). Im Zentrum stehen drei übergeordnete Forschungsfragen, die durch weitere Subfragen ausdifferenziert werden:

1. *In welcher Weise kann ein Hochschulseminar zur Professionalisierung von Chemie-Lehramtsstudierenden im Bereich des diversitätssensiblen, digital gestützten Experimentierens gestaltet werden?* Die Entwicklung und sukzessive Überarbeitung des Seminars erfolgt in einem iterativen Prozess. Grundlage für die Weiterentwicklung der Konzeption bilden Beobachtungen, Feedback der Studierenden, Artefakte des Seminars sowie leitfadengestützte Interviews nach Ende der Lehrveranstaltung.
2. *Inwiefern entwickeln sich Wissen, Selbsteinschätzung und Selbstwirksamkeit der Studierenden im Verlauf des Seminars?* Die Beantwortung dieser Forschungsfrage erfolgt im Prä-Post-Design.
3. *Welche Hausforderungen in Bezug auf die Nutzung digitaler Tools lassen sich identifizieren?* Hierzu werden neben den Unterrichtsverlaufsplänen die Videographien der Unterrichtseinheiten sowie schriftliche Reflexionen der Studierenden analysiert.

3. Seminargestaltung

3.1 Modellierung des Lehr-Lern-Labors

Die besondere Herausforderung der Seminarentwicklung liegt in dem Anspruch, unterschiedliche Bereiche professionellen Handelns von Lehrkräften miteinander zu verknüpfen: die Initiierung und Begleitung von Experimentiersituationen, die didaktische Nutzung digitaler Tools sowie die diversitätssensible Gestaltung von Lernmedien und -prozessen. Dies erfordert eine Festlegung, welche Wissens Elemente und Fähigkeiten im Rahmen des Seminars vermittelt werden sollen. Aus diesem Grund wurde auf Basis der Modellierungen von Rath und Marohn (2020) sowie Fühner et al. (2022) ein Modell entwickelt (Abb. 1), das die Bereiche *digitale Tools* und *Diversitätssensibilität* in Anlehnung an Roloff (2012) in vier Stufen operationalisiert: *Wissen, Planung, Handlung* und *Reflexion*. Die beschriebenen Wissens Elemente und Fähigkeiten werden dabei auf die Phasen des problemorientierten Experimentierzyklus nach Reuschling und Marohn (2021) bezogen: *Fragen stellen, Ideen entwickeln, Ideen prüfen* und *Ideen bewerten* (Abb. 2). Jede Phase des Experimentierzyklus wird mit diklusiven Inhalten (Schulz, 2021) verknüpft.

Das Modell in Abbildung 1 erfüllt verschiedene Funktionen. Zudem dient es der Strukturierung des Seminars, welches den verschiedenen Feldern – von unten aufsteigend – stufenweise folgt: Die Studierenden erwerben zunächst grundlegendes Wissen in den Bereichen *Diversitätssensible Unterrichtsgestaltung* und *Digitale Tools*. Den einzelnen Phasen des Experimentierzyklus folgend erarbeiten sie anschließend Möglichkeiten, beide Bereiche miteinander zu verknüpfen (vgl. Abschnitt 3.2.1 und 4.4).

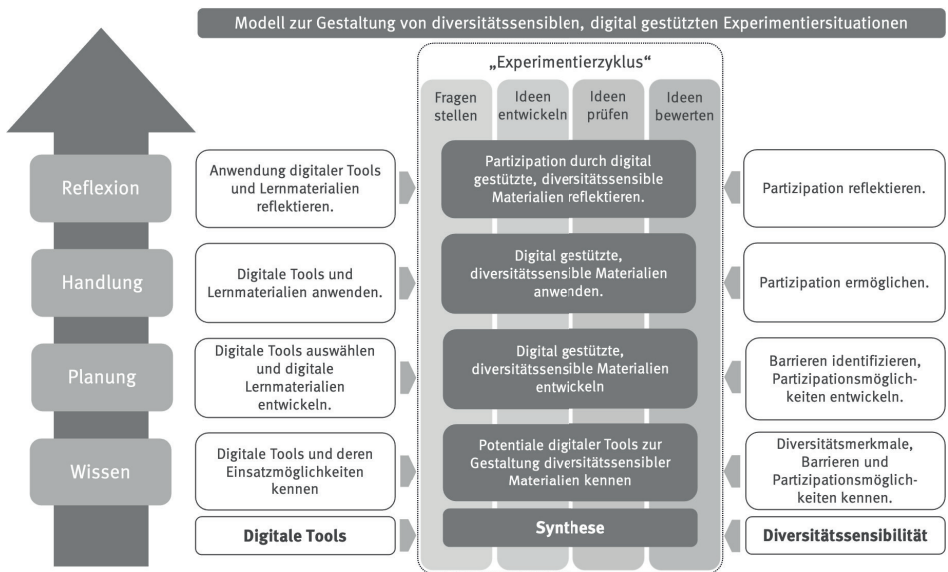


Abb. 1: Eigene Modellierung zu notwendigen Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften

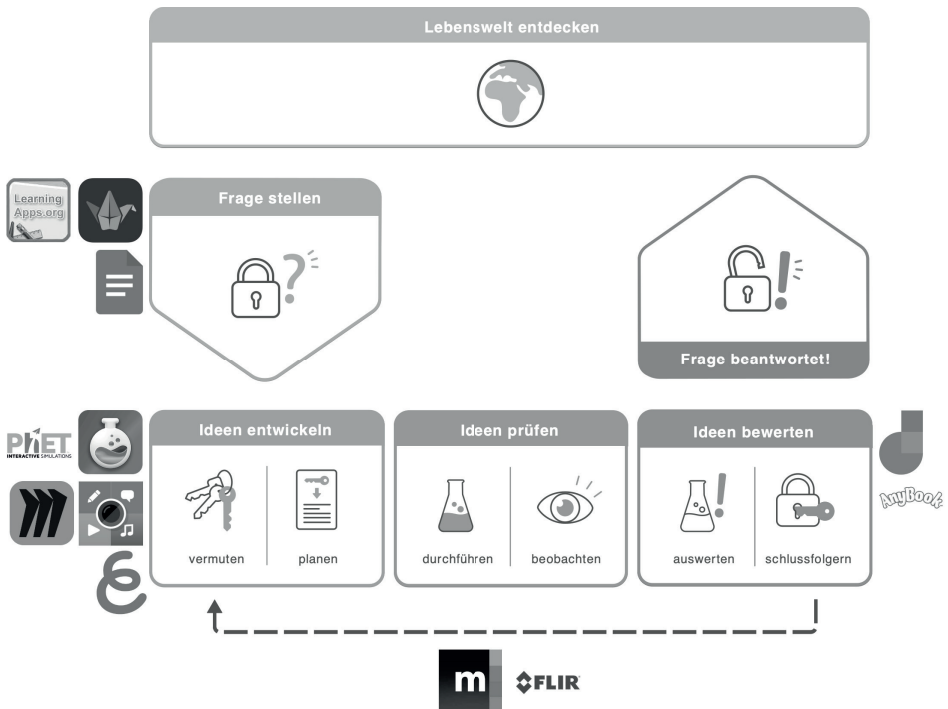


Abb. 2: Experimentierzklus (verändert nach Reuschling & Marohn, 2021) mit Ergänzungen ausgewählter Apps, die zur Unterstützung der einzelnen Phasen im Seminar genutzt werden

Diese Erfahrungen setzen sie in eigene Unterrichtsplanungen um, die sie mit Lernenden durchführen und abschließend reflektieren.

Das Modell wird zudem eingesetzt, um die angestrebten Kompetenzen gegenüber den teilnehmenden Studierenden transparent zu machen und die Inhalte der Einzelsitzungen zu reflektieren. Darüber hinaus systematisiert das Modell die Begleitforschung, welche einzelne Felder der Modellierung fokussiert.

3.2 Aufbau des Lehr-Lern-Labors

Das Lehr-Lern-Labor umfasst 14 Sitzungen und ist in vier Phasen gegliedert: eine *Forschungsbasierte Vorbereitung*, eine *Planungsphase*, die *Durchführung der entwickelten Unterrichtseinheiten* sowie eine abschließende *Reflexion* (Röwekamp et al., 2022).

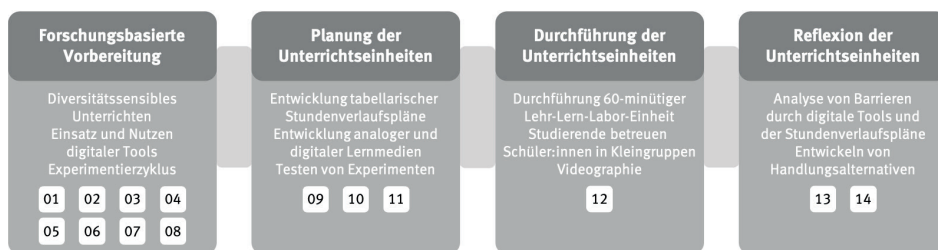


Abb. 3: Ablauf des Lehr-Lern-Labors mit Kennzeichnung der Seminarsitzungen

3.2.1 Forschungsbasierte Vorbereitung

Zu Beginn der Veranstaltung identifizieren die Studierenden an vier videographischen Beispielen von Lernenden mit sonderpädagogischem Förderbedarf potentielle Barrieren des Chemieunterrichts. Anschließend erarbeiten sie Methoden zur sprach- und leistungssensiblen Materialgestaltung wie *Strukturierungsmaßnahmen*, Möglichkeiten der *Visualisierung* (Marohn & Rott, 2020) sowie die Verwendung von *Leichter Sprache* (Netzwerk Leichte Sprache, 2013). Darüber hinaus lernen sie erste Möglichkeiten zur digitalen Erweiterung analoger Lernmaterialien kennen (QR-Codes, Anybook-Reader, Augmented Reality). Sie vergleichen zudem exemplarisch ein analoges und ein digitales Lernmedium (Planungsbrett zum Thema Stofftrennung) vor dem Hintergrund des SAMR-Modells (Puentedura, 2006).

Die nachfolgenden Sitzungen folgen den Phasen des Experimentierzyklus. Die Studierenden erproben Möglichkeiten, um Handlungen von Schülerinnen und Schülern in der jeweiligen Phase digital zu unterstützen und dabei potentielle Barrieren abzubauen: *Fragen stellen* (Werbeclip, Thinglink, digitaler Laborrundgang); *Ideen entwickeln* (digitale Interaktionsbox, LearningApps); *Ideen prüfen* (digitale Messwerterfassung, Slow-Motion-Aufnahmen, Wärmebildaufnahmen); *Ideen bewerten* (Erstellung verschiedener Erklärvideo-Typen).

Die Reflexion der verwendeten digitalen Lernmedien erfolgt ebenfalls unter Verwendung digitaler Tools (z. B. Jamboard, Padlet). Dies bietet die Möglichkeit, deren unterrichtliche Einsatzmöglichkeiten zu bewerten. Sämtliche digitalen Tools werden in einem Medienportfolio für den späteren Einsatz in der Schule gesichert. Dieses beinhaltet eine Beschreibung der jeweiligen Tools, notwendige technische Voraussetzungen sowie Anmerkungen.

3.2.2 Planung und Durchführung der Unterrichtseinheiten

In den drei darauffolgenden Sitzungen planen die Studierenden eine 60-minütige Unterrichtseinheit. Da zu große Freiheiten in der inhaltlichen Planung von Unterrichtseinheiten in der Vergangenheit als komplexitätssteigernd wahrgenommen wurden (Rath & Marohn, 2020), werden den Studierenden konkrete Themenfelder (z. B. Cola oder Brause) für die Unterrichtsplanung vorgegeben. Ausgehend von dem festgelegten Themenfeld erarbeiten die Studierenden eine Unterrichtsstunde, in der die Phasen des Experimentierzyklus durchlaufen werden. Dabei müssen sie entscheiden, welche Phasen sie stärker öffnen und welche sie vor dem Hintergrund des begrenzten Zeitrahmens schließen. Die Stunde soll ein Schülerexperiment beinhalten und mindestens eine Unterrichtsphase soll digital gestützt werden. Um die Komplexität der Unterrichtsplanung zu verringern (Marohn et al., 2020), werden die Studierenden durch Dozierende der Chemiedidaktik sowie technische Mitarbeitende begleitet.

Die Durchführung der Einheiten erfolgt – ebenfalls im Sinne einer Komplexitätsreduktion – nicht mit einer gesamten Klasse, sondern mit jeweils sechs bis acht Lernenden der 7. oder 8. Jahrgangsstufe eines Gymnasiums oder einer Gesamtschule.

3.2.3 Reflexion der Unterrichtseinheiten

Die letzten beiden Seminarsitzungen dienen der videographischen Reflexion der Unterrichtseinheiten. Die Studierenden sichten zunächst den gesamten Stundenverlauf und identifizieren Szenen, die entweder Hindernisse im Umgang mit digitalen Tools aufzeigen, oder umgekehrt good-practice-Beispiele repräsentieren. Anschließend wählen sie einen zwei- bis fünfminütigen Abschnitt aus, den sie anhand eines dreischrittigen Analyseschemas untersuchen: Sie beschreiben den Umgang mit den digitalen Tools, interpretieren die beobachteten Handlungen und leiten Erkenntnisse für ihr zukünftiges Unterrichtshandeln ab. Die ausgewählten Szenen werden abschließend im Plenum gezeigt und gemeinsam diskutiert.

4. Bezug zum fachdidaktischen Kompetenzmodell DiDiKom

Das *Fachdidaktische Kompetenzmodell für die Lehrkräftebildung zur diversitätssensiblen Nutzung digitaler Medien zur Förderung von Schülerkompetenzen (DiDiKom)* (Kürten et al., in diesem Band) setzt die Bereiche *Schülerkompetenzen*, *Diversität* und

digitale Medien in einer dreidimensionalen Darstellung miteinander in Beziehung. Die folgenden Abschnitte beschreiben, welche Teilkompetenzen dieses Modells das Lehr-Lern-Labor C(LE)VER.digital fokussiert. Die Verknüpfung der drei Dimensionen wird anschließend an einem Materialbeispiel von Studierenden exemplarisch erläutert.

4.1 Schülerkompetenzen

Das Lehr-Lern-Labor fokussiert auf der Achse der Schülerkompetenzen sowohl *Medienkompetenzen* als auch *fachbezogene Kompetenzen* im Bereich des Experimentierens. Im Kontext der Medienkompetenz werden vor allem die *Mediennutzung* und *Mediengestaltung* angesprochen, zum Beispiel wenn Schülerinnen und Schüler Smartphones oder Tablets zur Beobachtung und Dokumentation von Versuchen einsetzen oder eigene Erklärvideos gestalten.

Die von den Studierenden entwickelten, experimentbasierten Unterrichtseinheiten zu den Themen *Stoffeigenschaften*, *Trennverfahren*, *Kerzen*, *Cola* und *Brause-tabletten* lassen sich den curricularen Inhaltsfeldern *Stoffe und Stofftrennung* sowie *Energieumsätze bei Stoffveränderungen* zuordnen (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013). In diesen können fachspezifische Kompetenzen im Bereich des *Fachwissens*, der *Erkenntnisgewinnung*, der *Kommunikation* sowie der *Bewertung* gefördert werden.

4.2 Diversitätsdimensionen

Vor dem Hintergrund der breit gefächerten Diversität von Lerngruppen spricht das Seminar verschiedene Diversitätsdimensionen an. Ein Schwerpunkt liegt hierbei auf den Bereichen *Sprache* und *kognitive Leistung*. So lernen die Studierenden zum Beispiel Möglichkeiten kennen, Lernmaterialien sprachsensibel zu gestalten (Haas & Marohn, 2022) und kognitive Barrieren in der Wahrnehmung des Materials durch Strukturierung und Visualisierung zu verringern (Marohn & Rott, 2020; Rott, 2018).

Darüber hinaus beschäftigen sich die Studierenden mit motorischen Barrieren beim Experimentieren, etwa indem sie sich mit einem Rollstuhl durch das Labor bewegen (Thomsen, 2017). Sie üben zudem, motorisch anspruchsvolle Versuchsdurchführungen durch barriereärmere Alternativen auf Basis von Alltagsmaterialien zu ersetzen (Marohn, 2021; Marohn et al., 2021).

4.3 Digitale Medien

Der Einsatz digitaler Tools (vgl. Abschnitt 3.2) ist essentieller Bestandteil einer jeden Seminarsitzung. Die Studierenden nutzen diese Tools, um verschiedene Handlungen des Experimentierens wie das *Recherchieren*, *Planen*, *Dokumentieren*, *Kollaborieren* sowie das *Erfassen von Messwerten* zu fördern. Hierzu werden beispielsweise digitale

Whiteboard-Programme zur Gestaltung von Lernumgebungen genutzt (Dellbrügge, 2020; Haas & Marohn, 2022; Röwekamp & Marohn, 2022).

4.4 Materialbeispiel von Studierenden

Die digitale Lernumgebung in Abbildung 4 wurde von Studierenden im Sommersemester 2022 zum Thema Cola entwickelt. Sie wurde in der Whiteboard-App Explain Everything realisiert und leitet einen Versuch zur Unterscheidung von zuckerhaltiger und zuckerfreier Cola an. Im Versuch sollen Proben der beiden Colasorten eingedampft und die Rückstände verglichen werden.

Die genutzte App ermöglicht ein stufenloses Hinein- und Herauszoomen. Auf diese Weise wird es zum Beispiel möglich, Hilfestellungen zu integrieren, die zwar eine räumliche Nähe zur jeweiligen Aufgabenstellung zeigen, aber erst bei einem tieferen Heranzoomen sichtbar werden (Dellbrügge, 2020).

Das digitale Lernmedium der Studierenden berücksichtigt einige der im Seminar erarbeiteten Kriterien zur diversitätssensiblen Gestaltung von Lernmaterialien. Es nutzt Symbolik zur Kennzeichnung von Arbeitsaufträgen und Hilfestellungen, um die Orientierung im Material zu erleichtern. Die Formulierungen berücksichtigen des Weiteren die Regeln des Netzwerks Leichte Sprache (2013). Die Schülerinnen und Schüler können entscheiden, ob sie ihre Ergebnisse fotografisch, videographisch, auditiv oder in schriftlicher Form dokumentieren. Das Lernmedium zeichnet sich zudem durch unterstützende Strukturierungsmaßnahmen, wie beispielsweise abzuhakende Kästchen in der Versuchsdurchführung, aus.



Abb. 4: Digitale Lernumgebung von Studierenden zum Thema Cola

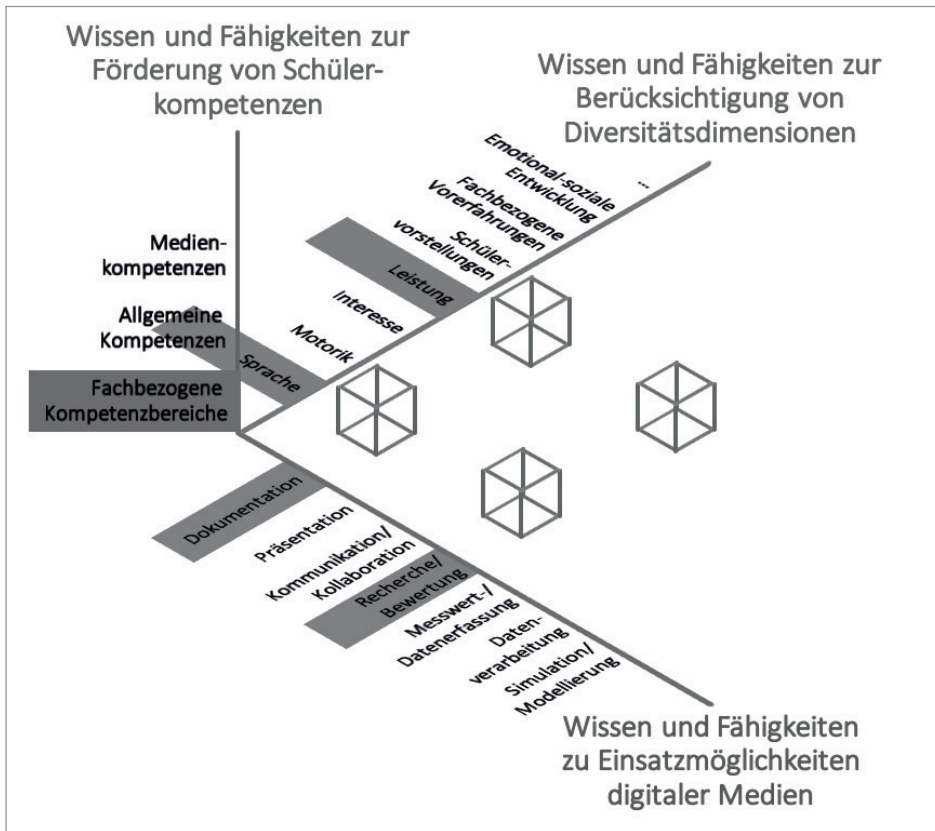


Abb. 5: Einordnung des Studierendenmaterials in das DiDiKom-Modell

Um der Leistungsdiversität der Lernenden gerecht zu werden, bietet die Lernumgebung auf der einen Seite optionale inhaltliche Hilfen in Form von Abbildungen der Experimentiermaterialien, Videos der Versuchsdurchführung und Stofflisten der Colasorten an. Auf der anderen Seite beinhaltet sie eine weiterführende Sprinteraufgabe, in der die Eigenschaften von Zucker und Süßstoff mit Hilfe der integrierten Browserfunktion der App recherchiert werden sollen.

Abbildung 5 ordnet das Materialbeispiel der Studierenden in das DiDiKom-Modell von Kürten et al. (in diesem Band) ein. Im Bereich der Schülerkompetenzen werden *fachbezogene Kompetenzen* im Bereich des Experimentierens berührt. Das digitale Lernmedium wird sowohl zur *Dokumentation* von Versuchsergebnissen als auch zur *Recherche* genutzt. Es berücksichtigt die Diversitätsdimensionen *Leistung* und *Sprache* durch die Anwendung von Strukturierungsmaßnahmen, den Einsatz einheitlicher Symbolik, optionaler Hilfestellungen, Sprinteraufgaben und differenzierender Möglichkeiten zur Wissenssicherung. Die drei Achsen sind dabei nicht getrennt, sondern synergetisch zu betrachten. So interagieren die vielfältigen digitalen Dokumentationsarten mit der sprachlich- und leistungsdiversitätssensiblen

Materialgestaltung. Die multimedialen Darstellungsarten des Materials entlasten die Schriftsprache und unterstützen die Durchführung des Versuches.

5. Vorerhebungen

Das beschriebene Seminar wurde im Wintersemester 2021/2022 ($n=21$) sowie im Sommersemester 2022 ($n=21$) durchgeführt. Der Schwerpunkt der bisherigen empirischen Analysen lag auf qualitativen Untersuchungen zur Verbesserung des Seminarkonzepts. Hierzu wurden zum Ende jedes Semesters leitfadengestützte Interviews mit Teilnehmenden geführt, die inhaltsanalytisch ausgewertet wurden. Zusätzlich wurden die Unterrichtsplanungen der Studierenden analysiert, um weitere Unterstützungspotenziale zu identifizieren.

Begleitend wurde ein Prä-Post-Fragebogen entwickelt, der im Rahmen offener Fragestellungen verschiedene Kompetenzen des Modells in Abbildung 1 erfasst, wie zum Beispiel die Fähigkeit, Barrieren in einem gegebenen Material zu identifizieren. Der Fragebogen beinhaltet zudem geschlossene Items zur Selbsteinschätzung des eigenen Wissens sowie Selbstwirksamkeitserwartungen in den Bereichen *digitale Tools*, *Diversität* und deren Verknüpfung. Die Item-Formulierung der Selbstwirksamkeitserwartungen orientiert sich an Jerusalem und Schwarzer (1999) sowie Rath und Marohn (2021). Die Einschätzung der Items erfolgte auf einer fünfstufigen Likert-Skala.

Abbildung 6 visualisiert die Prä-Post-Mittelwerte der Items für beide Kohorten. Am höchsten schätzen die Studierenden ihr Vorwissen über Diversitätsmerkmale von Lernenden ein. Am geringsten bewerten sie ihr Vorwissen darüber, in welcher Weise digitale Tools genutzt werden können, um Barrieren des Chemieunterrichts zu verringern. Hier zeigen sich in der Post-Erhebung die größten Zuwächse.

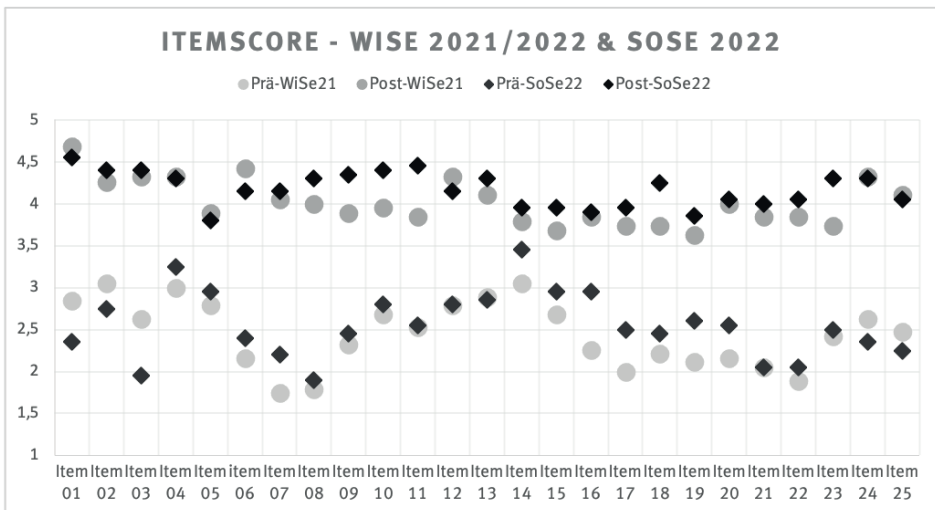


Abb. 6: Mittelwerte der erhobenen Items zu den Selbsteinschätzungen und zur Selbstwirksamkeit

Die Daten wurden mittels Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung geprüft (Bortz & Schuster, 2010) und Signifikanzen und Effektstärken berechnet (Cohen, 1988; Hedges, 1981; Hemmerich, 2020; Weiß, 2005). Die gepaarten t-Tests zeigen für 23 Items signifikante Zuwächse mit $p \leq 0,001$; 21 Items weisen hohe Effektstärken zwischen $d = 0,8$ und $d = 2,25$ auf.

Ergänzend zu den Selbsteinschätzungen wurde das Wissen zu Diversität und digitalen Tools in offenen Fragestellungen erhoben. Exemplarisch werden an dieser Stelle Antworten eines Studierenden geschildert, der in den Selbsteinschätzungen mit einer durchschnittlichen Mittelwertdifferenz von +3 eine deutliche Veränderung zeigt.

Auf die Bitte, den Begriff Inklusion zu definieren, schreibt der Studierende im Prä-Fragebogen: *„Die Integration von möglichst allen Personen in eine Gesellschaft, indem man individuelle Nachteile möglichst versucht auszugleichen. Also bspw. Schülerinnen mit körperlichen Beeinträchtigungen in Regelklassen anstatt in separaten Sonderschulen zu unterrichten.“* Diese Beschreibung verändert sich nach Ende des Seminars: *„Im Gegensatz zur Integration, bei der es darum geht, externe Faktoren durch Anpassung an die interne Gruppe einzuschließen, steht bei der Inklusion die Vielfalt im Vordergrund: Unterschiede werde[n] gewertschätzt und als Herausforderung gesehen, nicht als zu überwindendes Hindernis.“*

Der Studierende definiert Inklusion zum Seminarstart verstärkt im Sinne einer *Integration* (Lindemann, 2018; Nilsson & Håkansson, 2013), die er als gesellschaftlichen Prozess beschreibt und tendenziell aus defizitärer Perspektive deutet: Individuelle Nachteile sollen ausgeglichen werden. Demgegenüber steht am Ende des Seminars ein Verständnis von Inklusion als Vielfalt, die es wertzuschätzen gilt.

Die Frage: *„Welche digitalen Tools für den Chemieunterricht kennen Sie?“* beantwortet der Studierende vor Beginn des Seminars mit: *„Bisher noch keine, [...]. Gerade digitale Lehre ist eine Leerstelle in meiner Ausbildungsbiographie.“* Demgegenüber führt er nach Ende des Seminars eine Reihe digitaler Tools auf: *„QR-Codes, [A]ugmented Reality, digitale Spiele/Quizzes, Flinga-Boards, digitale Plattformen (learnweb), Videos und Audioinhalte.“*

Die individuelle Wahrnehmung einer Wissenszunahme, die sich in den veränderten Selbsteinschätzungen des Studierenden äußert, wird durch die Ergebnisse der offenen Antworten gestützt.

6. Ausblick

Die beiden geschilderten Seminardurchläufe dienten in erster Linie der Seminarentwicklung und -optimierung sowie der Konzeption der Erhebungsinstrumente. Aktuell findet die Hauptstudie statt. Neben den geschilderten Prä-Post-Erhebungen liegt der Fokus auf der Analyse von Herausforderungen im Umgang mit digitalen Tools, die auf Seite der Schülerinnen und Schüler, aber auch der Studierenden sichtbar werden. Dazu werden die schriftlichen Reflexionen der Studierenden sowie die Videographien der Unterrichtseinheiten analysiert.

Literatur

- Bönsch, M. & Moegling, K. (2012). Binnendifferenzierung in der schulischen Erprobung – Zur Einführung in den Praxisband. In M. Bönsch & K. Moegling (Hrsg.), *Binnendifferenzierung Teil 2 – Unterrichtsbeispiele für den binnendifferenzierten Unterricht* (S. 7–9). Prolog Verlag. <https://doi.org/10.2307/j.ctvddzjxq.3>
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-12770-0>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed). Lawrence Erlbaum Associates.
- Collins, A. (1990). *Towards a Design Science of Education. Technical Report No. 1*. Center for Technology in Education.
- Dellbrügge, B. (2020). *Choice2interact – Interaktiv Lernen mit Tablets im Chemieunterricht*. Logos Verlag.
- Fühner, L., Weck, H., Ferreira González, L., Pusch, A. & Abels, S. (2022). Der Einsatz des NinU-Unterstützungsrasters zur Planung und Reflexion inklusiven und naturwissenschaftlichen Unterrichts durch Lehramtsstudierende im Rahmen der Hochschullehre. In S. Anderson, J. Bartz, K. Kempfer, M. Kortmann, C. Kreutchen, A. Schröter, S. Schulze & G. Sevdiren (Hrsg.), *Inklusion in der Lehramtsausbildung – Lerngegenstände, Interaktionen und Prozesse*. Waxmann.
- Haas, J. & Marohn, A. (2022). Das Unterrichtskonzept chem:LEVEL – Fachsprache fördern auf Basis des Johnstone-Dreiecks. *CHEMKON*, 29(S1), 213–217. <https://doi.org/10.1002/ckon.202100092>
- Hedges, L. V. (1981). Distribution Theory for Glass's Estimator of Effect Size and Related Estimators. *Journal of Educational Statistics*, 6(2), 107–128. <https://doi.org/https://doi.org/10.3102/10769986006002107>
- Hemmerich, W. (2020). *Cohen's d für den gepaarten t-Test berechnen*. StatistikGuru. Abgerufen 08. November 2022, von <https://statistikguru.de/rechner/cohens-d-gepaarter-t-test.html>
- Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S. & Thyssen, C. (2019). Von TPaCK zu DPaCK – Digitalisierung im Unterricht erfordert mehr als technisches Wissen. *MNU Journal*, 05.2019, 358–364.
- Jerusalem, M. & Schwarzer, R. (1999). *Skala zur Allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung*. Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. – Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen. Abgerufen 22. März 2023, von http://userpage.fu-berlin.de/~health/world_24nations_25nov2006.sav
- Kürten, R., Greefrath, G., Hammann, M., Marohn, A. & Windt, A. (o. J.). Diversitätssensibel unterrichten mit digitalen Medien – ein Kompetenzmodell zur Planung und Reflexion von Lehr-Lern-Laboren. In R. Kürten, G. Greefrath & M. Hammann (Hrsg.), *Digitale Medien in Lehr-Lern-Laboren – Innovative Lehrformate in der Lehrerbildung im Umgang mit Heterogenität und Inklusion*. Waxmann.
- Lindemann, H. (2018). Visuelle Darstellungsformen und historische Einordnung der Inklusion – Eine kritische Analyse. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 69, 560–568.
- Marohn, A. (2021). Umgang mit Vielfalt – das Unterrichtskonzept choice2learn. *MNU Journal*, 1, 85–92.

- Marohn, A., Greefrath, G., Hammann, M., Hemmer, M., Kürten, R. & Windt, A. (2020). Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-Laboren – Ein Planungs- und Reflexionsmodell. In R. Kürten, G. Greefrath & M. Hammann (Hrsg.), *Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-Laboren – Innovative Lehrformate in der Lehrerbildung zum Umgang mit Heterogenität und Inklusion* (S. 17–31). Waxmann.
- Marohn, A. & Rath, Y. (2021). „Oh Gott, was mach’ ich jetzt?“ – Unerwartete Unterrichtssituationen reflektieren und bewältigen – ein Lehr-Lern-Labor-Format. 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. 176–185). Waxmann.
- Marohn, A. & Rott, L. (2020). Symbole und Zeichnungen. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 176, 40–43.
- Marohn, A., Schillmüller, R. & Stucky, S. (2021). Kaffeemaschine, Kaninchendraht & Co. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 185, 8–12.
- Ministerium für Bildung und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen. (o. J.). *Digitalpakt*. Bildungsportal NRW. Abgerufen 22. September 2022, von <https://www.schulministerium.nrw/digitalpakt>
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). (2013). *Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen – Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik*. Abgerufen 22. März 2023, von https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SI/GE/NW/KLP_GE_NW.pdf
- Netzwerk Leichte Sprache. (2013). *Die Regeln für Leichte Sprache*. Netzwerk leichte Sprache. Abgerufen 07. März 2022, von https://www.leichte-sprache.org/wp-content/uploads/2017/11/Regeln_Leichte_Sprache.pdf
- Nilsson, E. & Håkansson, K. (2013). *Forskning för klassrummet – Vetenskaplig grund och berövd erfarenhet i praktiken* (E. Nilsson, K. Håkansson & Skolverket, Hrsg.). Skolverket. Abgerufen 22. März 2023, von <https://www.skolverket.se/getFile?file=3095>
- Puentedura, R. R. (2006). *Transformation, Technology, and Education*. Hippasus. Abgerufen 28. Juli 2022, von http://hippasus.com/resources/tte/puentedura_tte.pdf
- Rath, Y. & Marohn, A. (2020). Stolpersteine im Lehrerhandeln: Aufbau eines Handlungsrepertoires im Kontext Schülervorstellungen – Das chemiedidaktische Lehr-Lern-Labor C(LE)²VER. 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. 79–104). Waxmann.
- Rath, Y. & Marohn, A. (2021). Stolpersteine im Lehrerhandeln – Aufbau eines Handlungsrepertoires durch videobasierte Reflexion. In S. Kapelari, A. Möller & P. Schiemann (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik – Band 9* (S. 59–76). Studienverlag. Abgerufen 22. März 2023, von <https://www.studienverlag.at/produkt/6132/lehr-und-lernforschung-in-der-biologiedidaktik-9/>
- Reuschling, T. & Marohn, A. (2021). *Problem gelöst?! – Entwicklung eines Problemzyklus für den Chemieunterricht*. GDCh-FGCU-Jahrestagung 2021: DiCE meets FGCU – Analog und digital: Chemieunterricht mit Potenzial.
- Rohrbach-Lochner, F. & Marohn, A. (2018). How research-based learning can increase teacher students’ knowledge and abilities: a design-based research project in the context of pupils’ (mis) conceptions in science. *Research in Subject-matter Teaching and Learning*, 1, 35–50.

- Roloff, S. (2012). *Schriftliche Prüfungen stellen und auswerten – methodisch, effektiv, objektiv*. Hochschule Offenburg. Abgerufen 22.März 2023, von <https://www.hochschuldidaktik.net/wp-content/uploads/20121127-Roloff-SchriftlPruef.pdf>
- Roth, J. & Priemer, B. (2020). Das Lehr-Lern-Labor als Ort der Lehrpersonenbildung – Ergebnisse der Arbeit eines Forschungs- und Entwicklungsverbund. 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
- Rott, L. (2018). *Vorstellungsentwicklungen und gemeinsames Lernen im inklusiven Sachunterricht initiieren – Die Unterrichtskonzeption „choice2explore“*. Logos Verlag.
- Röwekamp, S. & Marohn, A. (2022). Diversitätssensibel mit Jamboard. *digital unterrichten BIOLOGIE*, 5, 2.
- 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 NAWI-gation von Inklusion – Digitale Werkzeuge für einen inklusiven Naturwissenschaftsunterricht* (S. 175–184). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37198-2_14
- Schulz, L. (2021). *Diklusion – Lehren mithilfe digitaler Tools in inklusiven Lernsettings*. Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH.
- Stinken-Rösner, L., Abels, S., Hundertmark, S., Menthe, J., Nehring, A. & Rott, L. (2021). Inklusion und Naturwissenschaften systematisch verknüpfen. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?* (Nummer 1, S. 169–172). Abgerufen 22.März 2023, von https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/2021/07/GDCP_Band41_050721.pdf
- Thomsen, S. (2017). Chemie auf Rädern – Lernen und Lehren im Rollstuhl. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 162, 44–48.
- Weiß, C. (2005). Lagetests. In *Basiswissen Medizinische Statistik* (S. 205–225). Springer Medizin Verlag.

Individuelle Förderung des selbstregulierten Lernens

Digitaler Kompetenzerwerb von Studierenden im Rahmen der Intervention *EduDigiCompass*

1. Einleitung

Insbesondere an Hochschulen soll der digitale Wandel in der Lehrkräftebildung umgesetzt werden (KMK, 2016), denn der Professionalisierungsprozess von (angehenden) Lehrpersonen ist maßgeblich für die spätere Umsetzung von Digitalisierung in der Schule (Lachner et al., 2020). Im folgenden Beitrag wird unter anderem ein Projekt zur Digitalisierung in Form eines Dissertationsvorhabens vorgestellt, das genau das zum Ziel hat. Es trägt den Titel: „Die Effekte einer pädagogischen Intervention in Bezug auf die digitalen Kompetenzen von Lehramtsstudierenden. Die Intervention *EduDigiCompass* im Rahmen des Lehr-Lern-Labors „Diagnose & Individuelle Förderung“ zum Forder-Förder-Projekt. Damit soll ein Beitrag dazu geleistet werden, Studierende auf den Unterricht mit digitalen Medien im Rahmen des Teilprojekts „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“ der Qualitätsoffensive Lehrerbildung „Dealing with Diversity“ an der Universität Münster vorzubereiten. Denn im Zuge der digitalen Gestaltung von Unterricht ist die Förderung von digitalen Lehrkompetenzen bei Lehramtsstudierenden in der Erstausbildung ein ausschlaggebender Faktor. Sie werden digitale Informations- und Kommunikationstechniken nur dann erfolgreich in ihren künftigen Schulalltag integrieren (können), wenn sie in ihrer Erstausbildung einen qualitativen Einsatz digitaler Medien in den Unterricht kennenlernen (Romero-García et al., 2020).

Am Institut für Erziehungswissenschaft der Universität Münster wird daher für Lehramtsstudierende im Lehr-Lern-Labor „Diagnose und Individuelle Förderung“ im Kontext des Forder-Förder-Projekts (FFP) zum selbstregulierten, forschenden Lernen eine Intervention nach dem *SQD-Model* (Tondeur et al., 2012; Weiler et al., 2021) (Abb. 1) gestaltet, wobei die sechs Strategien der Mikroebene, der individuellen Ebene (Brändle et al., 2022) angewandt werden. *SQD* bedeutet in diesem Kontext einen *synthesis of qualitative evidence* Ansatz, d. h., dass dieses Modell evidenzbasiert Gelingensbedingungen für die Gestaltung der Intervention in Bezug auf die Förderung der Medienintegration bietet (Abb. 1). Konkret bedeutet dies, dass die Intervention auf den Aspekten Rollenvorbilder, Reflexion, Unterrichtsgestaltung, Kollaboration, authentische Erfahrungen und Feedback aufgebaut ist. Verortet ist sie in den Begleitseminaren zum Forder-Förder-Projekt (FFP). Dieses Projekt ist seit langem ein Angebot zur diagnosebasierten individuellen Förderung des selbstregulierten, forschenden Lernens für Schülerinnen und Schüler in Grund- und weiterführenden

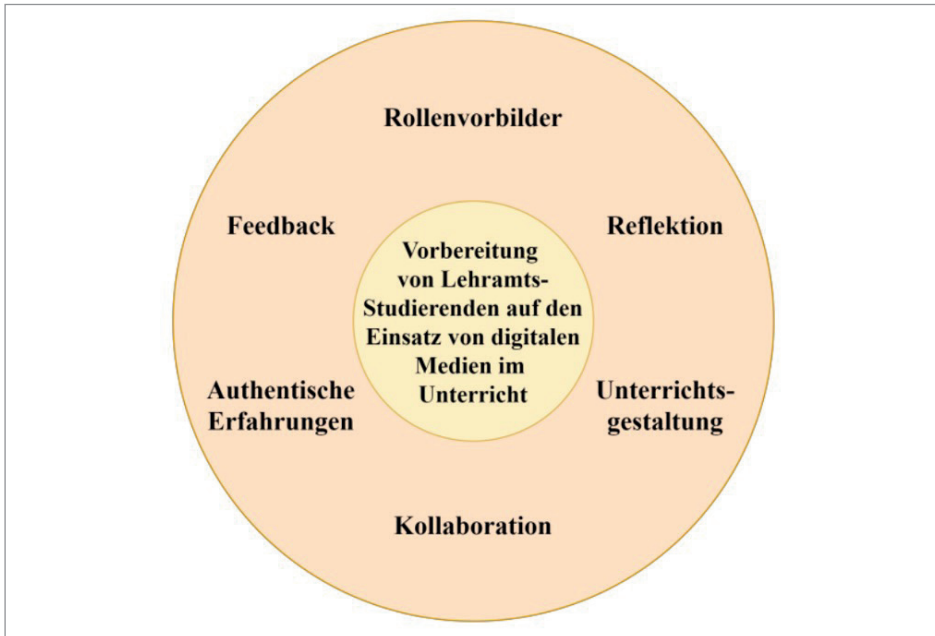


Abb. 1: SQD-Modell (Tondeur et al., 2012. Übersetzt von Weiler et al., 2021)

Schulen. Dieses Projektformat wird im Rahmen eines Forschungspraktikums von Studierenden der Seminare zum selbstregulierten Lernen in der individuellen Förderung sowie zum forschenden Lernen in der Begabungsförderung als Mentorinnen und Mentoren im schulischen Kontext begleitet. In beiden Lehrveranstaltungen soll an Intensivtagen eine erste Grundlage im Bereich Digitalisierung geschaffen werden, um diese im Verlauf der Seminare an diversen Stellen einzubinden und damit das Wissen und die Kompetenzen der Studierenden mit Blick auf die digital gestützte individuelle Förderung des selbstregulierten Lernens im Umgang mit der Diversität von Schülerinnen und Schülern zu vertiefen.

Zunächst soll das Lehr-Lern-Labor „Diagnose und Individuelle Förderung“ kurz vorgestellt werden, um es im Anschluss in das Modell in der zweiten Förderphase der Qualitätsoffensive Lehrkräftebildung entwickelte Modell einzuordnen. Danach wird das Projekt zur Förderung digitaler Kompetenzen, *EduDigiCompass*, in Form eines Dissertationsvorhabens, vorgestellt. Zunächst werden der aktuelle Forschungsstand und die Forschungslücke erläutert. Danach wird das Studiendesign skizziert und am Schluss erfolgt eine Darstellung erster Ergebnisse mit Diskussion.

2. Hauptteil

2.1 Vorstellung des Lehr-Lern-Labors

Das Lehr-Lern-Labor „Diagnose und Individuelle Förderung“ wurde im Rahmen der ersten Förderphase der Qualitätsoffensive Lehrerbildung im Rahmen des Teilpro-

jekts „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“ der Qualitätsoffensive Lehrerbildung „Dealing with Diversity“ im Institut für Erziehungswissenschaft an der Universität Münster eingerichtet. Das Lehr-Lern-Labor ist eine Lern- und Forschungswerkstatt, in der mit unterschiedlichen Konzepten und Formaten phasenübergreifend Professionalisierungsprozesse von (angehenden) Lehrpersonen mit einem inhaltlichen Fokus auf die schulische Diversität unterstützt und begleitet werden. Das Lehr-Lern-Labor weist eine hybride Grundstruktur mit zwei Grundpfeilern auf, zumal dieses sowohl als realer, materieller Raum in der Universität als auch als hochschuldidaktisches Prinzip konzeptualisiert ist (Feindt et al., 2020). Als realer Raum bildet das Lehr-Lern-Labor eine universitäre innovative Lernumgebung, in der vielfältige Reflexionsprozesse und Handlungskompetenzen der Studierenden im Themenfeld „Heterogenität in der Schule“ von Dozierenden gezielt adressiert werden können. Dazu umfasst die Lern- und Forschungswerkstatt neben thematischen Publikationen auch Verfahren zur pädagogischen Diagnostik sowie Materialien zur individuellen Förderung im potenzialorientierten Umgang mit der Diversität von Schülerinnen und Schülern. Damit eng verbunden ist der zweite Grundpfeiler des Lehr-Lern-Labors als hochschuldidaktisches Prinzip, zumal dort Dozierende mit den Studierenden innovative und materialgestützte Lehr-Lern-Formate etwa im Rahmen didaktischer Einführungen unter Einbindung des pädagogischen Doppeldeckers (Wahl, 2013) und des dialogischen Prinzips vor allem mit Blick auf die Umsetzung im schulischen Kontext entwickeln, erproben und reflektieren können (Rott, 2017).

Konkret wird das Lehr-Lern-Labor „Diagnose und Individuelle Förderung“ als realer Raum und als hochschuldidaktisches Prinzip im Rahmen der Begleitseminare zum Forder-Förder-Projekt (FFP) zum selbstregulierten, forschenden Lernen genutzt. Das FFP (Fischer et al., 2021) ist eine adaptive Lernarchitektur für Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 2 bis 4 in der Grundschule und der Klassenstufen 5 bis 13 an weiterführenden Schulen. Kinder und Jugendliche erarbeiten zu einem Thema bzw. einer Forschungsfrage ihrer Wahl auf der Basis von Informationsrecherchen eine Projektdokumentation und Ergebnispräsentation. In der Arbeit mit den Schülerinnen und Schülern sind effektive Strategien des selbstregulierten Lernens ebenso Bestandteil wie Strategien des Forschenden Lernens. Beteiligte Studierende und Lehrpersonen in den Schulen übernehmen in diesem Zusammenhang die Rolle der Mentorinnen und Mentoren, die auf die individuelle Lernbegleitung der Schülerinnen und Schüler zielt. Das Projekt erstreckt sich aus studentischer Perspektive insgesamt über knapp ein Jahr, wobei die theoretische Vorbereitung von Dozierenden im Lehr-Lern-Labor an der Universität Münster und die praktische Durchführung von Lehrpersonen in den beteiligten Schulen erfolgt. Im Wintersemester erfolgt die Teilnahme der Studierenden an einem Vorbereitungsseminar, in dem Dozierende theoretische Grundlagen zur diagnosebasierten individuellen Förderung im potenzialorientierten Umgang mit der Diversität der Schülerinnen und Schüler vermitteln. Zu Beginn des zweiten Schulhalbjahres startet die praktische Tätigkeit der Studierenden als Mentorinnen und Mentoren in den verschiedenen Schulen, die sich bis zu den Sommerferien erstreckt. Parallel wird von den Dozierenden im Sommersemes-

ter eine Begleitveranstaltung durchgeführt, bei der der Schwerpunkt auf der Reflexion der schulischen Praxiserfahrungen der Studierenden liegt. Empirische Untersuchungen belegen, dass die Lehramtsstudierenden durch Begleitung der Schülerinnen und Schüler im Forder-Förder-Projekt in der zweisemestrigen Projektarchitektur ihre Handlungskompetenzen deutlich weiterentwickeln (Rott, 2017). Dies zeigt sich in der pädagogischen Haltung, aber auch in den fachlichen, diagnostischen, didaktischen und kommunikativen Kompetenzen (siehe Abb. 3)

Das Schwerpunktthema der Qualitätsoffensive Lehrerbildung ist gemäß der zweiten Förderphase der kompetente Umgang mit der wachsenden Heterogenität der Schülerschaft durch reflektierte Praxiserfahrungen unter Einbezug digitaler Medien. Es wird in der universitären Praxis am Institut für Erziehungswissenschaft im Rahmen des Lehr-Lern-Labors „Diagnose und Individuelle Förderung“ konkret durch Dozierende in Form von zwei Begleitseminaren zum Förder-Förder-Projekt realisiert. Diese Seminare sind für Bachelor- und Masterstudierende konzipiert, wobei die Seminare zum forschenden Lernen eher denjenigen des Bachelors und diejenigen des selbstregulierten Lernens eher den Masterstudierenden zugeordnet werden. Erstgenannte begleiten im schulischen Kontext die Drehtürmodelle des Projektes insbesondere in den Klassen 3–6, also die Begleitung von Kleingruppen, sowie diejenigen des FFP-Advanced ältere Schülerinnen und Schüler vor allem der Klassen 8–10. Der Begriff „Drehtürmodell“ (Reis et al., 2021) bedeutet, dass Kinder den regulären Unterricht verlassen und sich stattdessen mit selbstgewählten Themen bzw. Forschungsfragen auseinandersetzen. Die Masterstudierenden begleiten eher das FFP-Regelprojekt, also Schülerinnen und Schüler ganzer Klassen, womit neben der individuellen Lernbegleitung auch das Classroom-Management im Rahmen der kommunikativen Kompetenzen der Studierenden adressiert wird.

Grundsätzlich können Studierende aller Lehramtsstudiengänge als Mentorinnen und Mentoren an dem schulischen Projektformat mitwirken, die Gruppengröße der universitären Seminare beläuft sich auf etwa 30–40 Studierende pro Seminar. Eine Besonderheit des Lehr-Lern-Formats liegt darin, dass die Studierenden über ein Studienjahr im Rahmen der universitären Seminare sehr umfassend von Dozierenden in Theorie und in Praxis mit einem Fokus auf die Vermittlung erweiterter adaptiver Lehrkompetenzen professionalisiert werden (Beck et al., 2008), wobei mit Blick auf das digital gestützte Lernen auch digitale Kompetenzen fokussiert werden. Im zweiten Schulhalbjahr begleiten die Studierenden die Schülerinnen und Schüler zudem wöchentlich bei der Realisierung der individuellen Projektvorhaben im schulischen Kontext nach dem Scaffolding-Prinzip unter systematischer Einbindung von digitalen Medien (Van de Pol et al., 2010). Letzterer Begriff kann an dieser Stelle weit gefasst werden und inkludiert zum einen die Nutzung digitaler Geräte zur Kommunikation untereinander. Andererseits werden den Schülerinnen und Schülern vor allem Strategien selbstregulierten Lernens vermittelt, wie bspw. Lese- und Schreibstrategien in digital gestützter Form, die sie auf dem Weg zu einer individuellen Projektdokumentation (z. B. Expertenarbeit) unterstützen, welche zudem in einer Ergebnispräsentation (z. B. Expertenvortrag) umgesetzt wird (Veber et al., 2013). Dabei können, je

nach Schule, ebenfalls digitale Medien eingesetzt werden, wie bspw. *Mindmeister* zur Gestaltung einer Mindmap zu Beginn der Schreibphase, *BookCreator* zur Erstellung einer digitalen Expertenarbeit oder *oncoo*, um digitales Feedback zu geben.

2.2 Einordnung in das DiDiKom-Modell

An dieser Stelle sollen diejenigen Kompetenzen, die das Lehr-Lern-Labor fördern soll, in das DiDiKom-Modell (Kürten et al., in diesem Band) eingeordnet werden. Wie bereits im vorherigen Abschnitt dargelegt, fokussiert das Lehr-Lern-Labor „Diagnose und Individuelle Förderung“ der Erziehungswissenschaft die Entwicklung der adaptiven Lehrkompetenzen der Studierenden. Damit sind die Fähigkeiten einer Lehrperson gemeint, die Planung und Durchführung ihres Unterrichts „[...] so auf die individuellen Voraussetzungen und Möglichkeiten der Lernenden anzupassen, dass möglichst günstige Bedingungen für individuell verstehendes Lernen entstehen und beim Lernen aufrecht erhalten bleiben“ (Beck et al., 2008, S. 287). Die Medienkompetenzen sind Teil jeder einzelnen Facette (Abb. 3) und sollen speziell in den zwei Bereichen Lehren und Lernen und berufliches Engagement, reflektierte Praxis und berufliche Zusammenarbeit aus dem *DigCompEdu*-Kompetenzrahmen (Redecker, 2017) gefördert werden. So erweitern die Studierenden in Bezug auf das DiDiKom-Modell (Abb. 2) auch ihr Wissen in Bezug auf die Kommunikation und Kollabora-



Abb. 2: DiDiKom-Modell

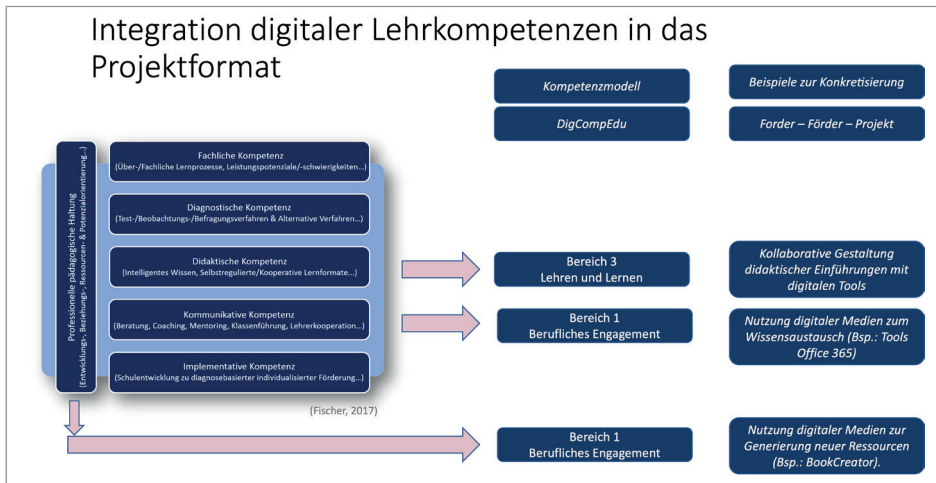


Abb. 3: Integration digitaler Lehrkompetenzen in das Projektformat des FFPs (eigene Darstellung)

tion untereinander. Dazu gestalten die Studierenden didaktische Einführungen zu wichtigen Strategien des selbstregulierten Lernens im Rahmen des Projektformats, wie bspw. Lesestrategien, was man den fachbezogenen Kompetenzbereichen zuordnen kann. Auch allgemeine Kompetenzen wie bspw. Kompetenzen zur Planung von Unterricht werden gefördert. Die Schülerinnen und Schüler erhalten durch ihre Mentorinnen und Mentoren Wissen und Fähigkeiten über Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien vor allem im Bereich der Dokumentation und Präsentation, der Recherche sowie der Kollaboration und Kommunikation. Dazu passend sieht das Projektformat vor, dass Schülerinnen und Schüler zu einem selbst gewählten Thema mit Blick auf eine Projektdokumentation und Ergebnispräsentation Informationen recherchieren und aus dieser Recherche eine Mind-Map oder Concept-Map, je nach Alter, erstellen. Dazu probieren die Studierenden im Seminarkontext im Sinne eines didaktischen Doppeldeckers selbst Strategien des selbstregulierten, forschenden Lernens digital aus, um sie dann im Projekt in der Lehrkräfterolle zu verwenden. Ein anderes Beispiel ist die Erweiterung der Kompetenzen im Bereich der Präsentation und Dokumentation. Die Schülerinnen und Schüler erstellen mithilfe der Mentorinnen und Mentoren ein digitales Produkt ihrer Arbeit, bspw. eine Power-Point-Präsentation. Die Studierenden machen dies vorab in einem anderen Rahmen selbst. Da das Förder-Förder-Projekt (Fischer et al., 2021) eine adaptive Lernarchitektur für Schülerinnen und Schüler ist, in der zu einem individuellen Thema bzw. einer Forschungsfrage auf der Basis von Informationsrecherchen eine Projektdokumentation und Ergebnispräsentation erstellt wird, erlangen die Studierenden im Lehr-Lern-Labor Wissen und Fähigkeiten, vor allem zu den Bereichen Interesse und Leistung (Abb. 2), außerdem, wie effektive Strategien des Selbstregulierten und Forschenden Lernens gefördert werden können.

2.3 Das Dissertationsvorhaben *EduDigiCompass*

Der schon genannte Titel *EduDigiCompass* (Abb. 4) aus dem Dissertationsvorhaben muss an dieser Stelle verdeutlicht werden, da er sowohl das Vorhaben an sich sehr gut umfasst als auch dessen Genese darstellt: Die Abkürzung *Edu* steht international für das englische Wort *education*, also Bildung bzw. Erziehung, *Digi* für *Digitales* bzw. Digitalität und *Compass* für das deutsche Wort *Kompass*. Auch im Spanischen passen die ersten beiden Begriffe sehr gut, nur der Begriff des Kompasses ist dort ein komplett anderer, so dass der verständlichere Ausdruck *Compass* gewählt wurde. Der Titel ist demnach auf zwei Ebenen sehr passend: Die wissenschaftliche Genese stammt zu großen Teilen aus dem englischsprachigen und spanischsprachigen Raum und es ist der Anspruch des Vorhabens, dort auch auf Beachtung zu stoßen. Weiterhin drückt der Titel dasjenige aus, was das Vorhaben für die Studierenden sein soll: Es soll ihnen, die im Bildungssektor studieren und arbeiten wollen (*Edu*), einen Richtungsweiser (*Compass*) in Bezug auf Digitales (*Digi*) geben.

In der Praxis besteht die Intervention aus zwei vierstündigen Blocktagen mit einer Durchmischung der zwei Seminare in zwei Blöcke (Wartekontrollgruppensign), wobei die Bachelor- und Masterstudierenden gleich aufgeteilt sind, sowohl auf die Blöcke als auch auf die bereits vorab eingeteilten Gruppen. Da keinem Teilnehmer und keiner Teilnehmerin des Projektes die Intervention vorenthalten werden soll, wurde sich für dieses Design entschieden. Vorgeschaltet wird den Blocktagen 2022/23 ein Concept-Map-Training. Inhaltlich sind die Blocktage aufgeteilt auf Phase 1, Theorie, und Phase 2, Praxis, wobei beide Phasen untrennbar miteinander verbunden sind. Sie sind im *Blended-Learning-Format* + (Drei – Phasen – Modell +) gestaltet, indem die Vorbereitung digital und asynchron ist, die Tage selbst digital über Zoom synchron stattfinden und deren Nachbereitung wiederum digital und asynchron ist. Das hinzugefügte Plus (+) ist an dieser Stelle von enormer Wichtig-

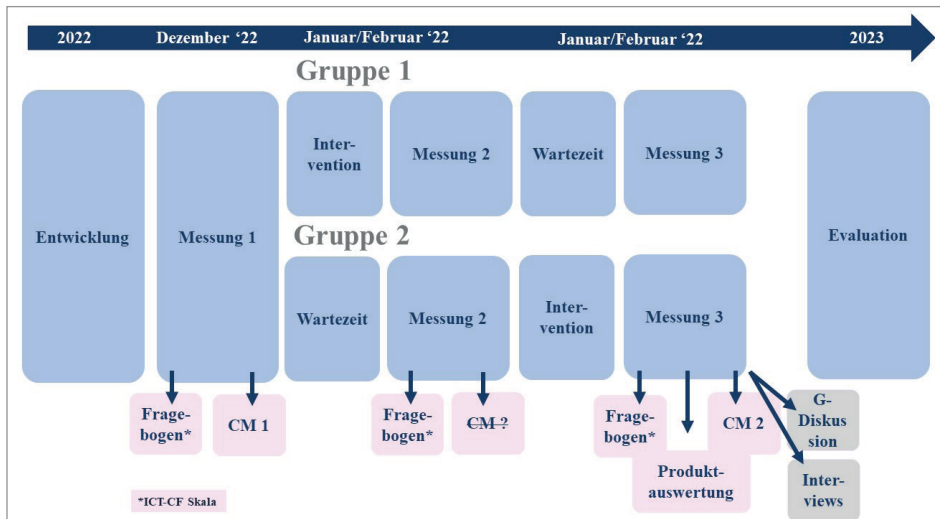


Abb. 4: Ablauf 1. Studie 2022/23 (eigene Darstellung)

keit, es bedeutet nämlich, dass die Studierenden ihre gestalteten Produkte, die didaktischen Einführungen, im Seminarkontext simulieren und außerdem das Ziel haben, diese im Projektkontext in der Schulpraxis durchzuführen. Das Herzstück ist die Gestaltung didaktischer Einführungen. Dieser Terminus, der speziell im Projektkontext verwendet wird, meint nichts anderes als den Einstieg sowie die daran anschließende Arbeitsphase einer Stunde. Das Ziel einer didaktischen Einführung im Projekt ist es, zentrale Lernstrategien wie bspw. Schreibstrategien (Mind-Map, Zitieren, Drauflosschreiben, Stichpunkte verfassen etc.) didaktisch einzuordnen und methodische Möglichkeiten zur Vermittlung der Strategien selbstregulierten Lernens an die Schülerinnen und Schüler so aufzuzeigen, dass diese anschließend autonom arbeitsfähig sind. Vor der Intervention könnte ein digitales Tool der Gegenstand dieser Einführung sein, in der Intervention soll ein Tool der Gegenstand sein. Diese Einführungen werden nach einem festen Schema, klaren Aufgaben, die nach Blooms Taxonomie aufgebaut sind, kollaborativ gestaltet und präsentiert. Nach einer ausführlichen Feedbackphase wird die Einführung ggf. revidiert und im Seminarkontext anschließend simuliert, um noch einmal mit einem Feedback versehen zu werden. Anschließend soll sie in der Schulpraxis mit den Schülerinnen und Schülern durchgeführt werden.

Als Vorbereitung für die beiden Sitzungen wurden den Studierenden zwei Screen-casts zur Verfügung gestellt, welche sich mit Modellen digitaler Lehrkompetenzen sowie der Medienintegration in den Unterricht beschäftigten. Beide Videos konnten über die Plattform Microsoft Stream von den Gruppen getrennt abgerufen und kommentiert werden. Die Intervention fand digital statt, unterstützt durch eine breite Verwendung der Programme von Microsoft Office 365 (Teams, Stream, Yammer, Planner, Sway). Die Termine der Interventionsgruppe waren der 14. Januar sowie der 22. Januar 2022, während die Wartekontrollgruppe am 28. Januar sowie am 05. Februar an der Intervention teilnahm. Der erste Blocktag fokussierte sich dabei stärker auf theoretische Aspekte digitaler Kompetenzmodelle (vgl. Carretero et al., 2017; Redecker, 2017; Medienkompetenzrahmen NRW, 2018), Medienintegration (vgl. Chi & Wylie, 2014) und Lernziele (vgl. Bloom, 1956), während die Studierenden am zweiten Termin in Gruppen an der Erstellung einer eigenen didaktischen Einführung mit digitaler Medienintegration arbeiten konnten und hierbei durch die Seminarleitung unterstützt wurden. Die Vorbereitung dessen fand bereits in einer asynchronen Sitzung statt, die von den Studierenden selbst organisiert und durchgeführt wurde.

2.3.1 Forschungsstand und Forschungslücke

Da die Studierenden der Seminare meist gar keine oder nur geringe Berührungspunkte mit digitalen Medien im Studium hatten, wird ein eher breiter Begriff der digitalen Kompetenz zugrunde gelegt. „Die digitale Kompetenz von Lehrenden wird als eine Reihe von Fähigkeiten, Fertigkeiten und Einstellungen definiert, die zu einer angemessenen Einbeziehung und Nutzung von digitalen Medien als methodische Ressource führen, die in den Lehr-Lern-Prozess integriert ist und somit digitale Me-

dien in eine Lern- und Wissenstechnologie mit einer klaren pädagogischen Anwendung verwandelt“ (Romero-García et al., 2020, S. 2). Es geht also um ein ganzheitliches Konzept des Wissensaufbaus, das sich in diesem Fall speziell auf diejenige von Lehrenden bezieht. Das vorrangige Kompetenzmodell, das auch für die Forschung bezogen wird, ist *DigCompEdu* (Redecker, 2017), welches auch die Mitglieder der QLB Münster nutzen. Es ist ein wissenschaftlich fundierter Referenzrahmen, der sich an Lehrende auf allen Bildungsebenen richtet. Lehrende wiederum werden digitale Medien nur dann erfolgreich in ihre zukünftige pädagogische Praxis integrieren können, wenn die digitalen Kompetenzen in der Erstausbildung möglichst umfassend ausgebildet worden sind (vgl. Romero-García et al., 2020). Die angehenden Lehrkräfte sind das Schlüsselement für eine Integration von Medien in die Schule (vgl. Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2013). Auch Eickelmann et al. (2019) bestätigen dies, indem sie die Lehrkräfteausbildung als einen zentralen Prädiktor der Nutzungshäufigkeit digitaler Medien ausweisen.

Es kann aus diesen Forschungsergebnissen gefolgert werden, dass es zwingend notwendig ist, auf die digitale Lehrkompetenz der Studierenden abzielende Trainingsprogramme zu schaffen, die digitale Kompetenzen integrieren und theoretische sowie praktische bzw. authentische Elemente integrieren. Dabei reicht es nicht aus, diese nur zu gestalten. Es müssen Möglichkeiten für die Studierenden geschaffen werden, diese technologiegestützten Designs nicht nur zu entwickeln, sondern diese auch in der Praxis durchzuführen und zu evaluieren (vgl. Tondeur et al., 2012). Den Rahmen bietet das *SQD-Modell* (*Synthesis of Qualitative Evidence*) von Tondeur et al. (2012), das die Strategien darstellt, mit welchen angehende Lehrkräfte am besten auf die Integration von Technologie in den zukünftigen Unterricht vorbereitet werden können (Abb. 1). Es müssen 12 Schlüsselthemen in den Lehrerausbildungsprogrammen vorhanden sein, um zukünftige Lehrkräfte auf die Technologieintegration vorzubereiten. Die beiden äußeren Kreise im *SQD-Modell* umfassen die auf institutioneller Ebene erforderlichen Bedingungen. Diese wurden im Rahmen der Intervention überprüft und sind vorhanden, besonders wurden jedoch diejenigen Strategien der Mikroebene bei der Gestaltung der Intervention berücksichtigt: Die Auszubildenden dienen als Vorbilder, welche Gerüste im Sinne eines *Scaffoldings* bereitstellen sollen, mit welchen die Studierenden lernen, schrittweise Medien in ihren Unterricht zu integrieren. Diese Integration diskutieren sie untereinander, indem sie bspw. über den Zweck des Mediums an einer bestimmten Stelle des Unterrichts ins Gespräch kommen. Weiterhin scheint es Studierende weiterzubringen, wenn sie technologiegestütztes Material neugestalten oder umgestalten (vgl. Lee & Lee, 2014) und dies am besten in Gruppenarbeit, was Unsicherheiten durch einen geschützten Raum abmildert. Dieses Material sollen sie dann in authentischen Settings anwenden, während sie prozessorientiertes Feedback begleitet (vgl. Tondeur et al., 2018).

Für die genannten Aspekte bieten die Seminare zum Förder-Förder-Projekt mit ihrem direkten Praxisbezug einen perfekten Rahmen, sodass für diese eine pädagogische Intervention, bestehend aus theoretischen und schulpraktischen Elementen,

in Bezug auf digitale Lehrkompetenzen von Studierenden im *Blended-Learning-Format* + gestaltet wurde; *EduDigiCompass*.

2.3.2 Studiendesign

Die Verortung liegt in den Begleitseminaren zum Forder-Förder-Projekt, welche aus je zwei Seminaren im Winter- und Sommersemester mit denselben Studierenden bestehen. Das *n* der Pilotierung im Jahr 2021/22 ist 35, dasjenige der 1. Studie 2022/23 50. Die Erhebung fand im Zeitraum zwischen Dezember 2021 und März 2022 innerhalb des Seminars statt, welches im Oktober 2021 startete und im Juli 2022 abgeschlossen wurde. Die Intervention samt Datenerhebung folgt einem randomisierten Vorgehen. Daher wurden die Studierenden im November 2021 zufällig der Interventions- oder Wartekontrollgruppe zugeteilt. Zur randomisierten Zuteilung der Studienteilnehmenden in die beiden Gruppen wurde die Methode der permutierten randomisierten Blöcke angestrebt. Die Entscheidung für dieses Vorgehen resultiert aus der Annahme, dass dieses für die geplante Studie die beste Passung hat. Ein Wartekontrollgruppendesign wird gewählt, weil es ethisch unzumutbar ist, die guten Ergebnisse der Kontrollgruppe vorzuenthalten.

Das Ziel ist die Integration digitaler Lehrkompetenzen in das Projektformat des FFPs, sodass die digitalen Lehrkompetenzen der Studierenden, vor allem in den Bereichen *Lehren und Lernen* und *berufliches Engagement*, entwickelt und gefördert werden. Die Forschungsfrage lautet: Welche Effekte hat die pädagogische Intervention in Bezug auf die digitalen Lehrkompetenzen der Lehramtsstudierenden in den Bereichen *Lehren und Lernen* und *berufliches Engagement* im Kontext des FFPs? Die erste Hypothese lautet: „Die Intervention führt zu einem Wissenszuwachs in den Konzepten zu Modellen digitaler Lehrkompetenzen, Modellen zur Integration von digitalen Medien in den Unterricht und Planung von Unterricht mit digitalen Medien“. In der Studie 2022/23 soll diese eine Hypothese um eine zweite Hypothese ergänzt werden: Die Intervention führt zu einer Wissensanwendung in den Konzepten zu Modellen digitaler Lehrkompetenzen, Modellen zur Integration von digitalen Medien in den Unterricht und Planung von Unterricht mit digitalen Medien. Das Design ist eine randomisierte, kontrollierte pädagogische Intervention (RCT) im Wartekontrollgruppendesign. Daher wurden die Studierenden im November 2021 zufällig der Interventions- oder Wartekontrollgruppe zugeteilt. Das Vorgehen orientiert sich an einer eigens erstellten Checkliste, zusammengestellt aus den standardisierten Listen von *CONSORT SPI*, *GREET* und *TIDieR*. Die zu messenden Konstrukte sind diejenigen des Bereichs 3, Lehren und Lernen, und 1 (berufliches Engagement, reflektierte Praxis & berufliche Zusammenarbeit aus dem *DigCompEdu* Kompetenzrahmen (vgl. Redecker, 2017). Zur Operationalisierung wurden für die Pilotierung folgende Instrumente hinzugezogen. Als quantitatives, validiertes Instrument wurde der Fragebogen *DigCompEdu Checkin* (Selbsteinschätzungstool) (vgl. Ghomi & Redecker, 2019) verwendet. Als zweites quantitatives Element wurden Concept-Maps gescort (vgl. Novak, 1990). Es wurde eine Aufgabenstellung für die Concept-Maps gewählt,

welche eine freie Gestaltung des Erhebungsinstrumentes zulässt. Dieser Vorgehensweise liegt die bereits erläuterte theoretische Annahme zugrunde, dass eine größere Freiheit zugleich auch eine bessere Abbildung des Lernens und seiner Bedeutsamkeit zulässt. Es muss erwähnt werden, dass die Fokusfrage nach einem Bezug auf die Kompetenzbereiche, dem Verweis auf Strategieeinführungen mit digitalen Medien und dem FFP einige Konzepte enthält, welche die Studierenden gemäß eines *Scaffolds* in ihre Maps übernehmen konnten. Das Ziel des Erhebungsinstrumentes war es, die digitalen Kompetenzen der Studierenden mit Blick auf die Integration von digitalen Medien in Strategieeinführungen innerhalb des Forder-Förder-Projektes zu erfassen.

Die Aufgaben zur Erstellung der Concept-Map des Prä-Tests wurden am 09. Dezember 2021 in das „Learnweb“ hochgeladen. Die Ergebnisse konnten die Studierenden bis zum Beginn der Intervention abgeben (Abb. 5 und 6). Nach Abschluss der Blocktage wurden die Studierenden gebeten, ihre im Prä-Test erstellte Concept-Map gemäß ihrem neu erworbenen Wissen unter der gleichen Fokusfrage zu überarbeiten oder, falls nötig, neu zu erstellen. Als qualitatives Instrument wurden Gruppendiskussionen mit Studierenden durchgeführt (Kühn & Koschel, 2011). Die Concept-Maps sollen nicht nur der Forschung als Instrument, sondern auch den Studierenden als Lernwerkzeug dienen (vgl. Novak, 1990), zur Assimilierung von neuem Wissen durch Verbindungen zu bereits vorhandenem. So kann bedeutsames Lernen gefördert werden (vgl. Jonassen & Strobel, 2006). Im Sinne eines pädagogischen Doppeldeckers kann dieses Lernen sogar noch insofern vertieft werden, da die Studierenden ihr in Studierendenperspektive erworbenes Wissen in der Perspektive des Lehrenden anwenden, indem sie vor allem die älteren Schülerinnen und Schüler des Projektformats bei der Gestaltung von Concept-Maps unterstützen.

Für die erste Studie 2022/23 (Abb. 4) wurden Änderungen vorgenommen. Dies liegt zum einen daran, dass ein noch passgenauerer Fragebogen für Studierende validiert wurde. Der ICT – CF (vgl. Tondeur, 2017) wird statt des *DigCompEdu* Fragebogens eingesetzt. ICT bedeutet in diesem Kontext eine Abkürzung für *information and communications technology*, auf Deutsch IKT Informations- und Kommunikationstechnik. Der *DigCompEdu* Fragebogen bezieht sich vor allem auf bereits aktive Lehrkräfte, derjenige von Tondeur et al. explizit auf Studierende in der Erstausbildung. Die Concept-Maps werden weiterhin als quantitatives Element eingesetzt, beide quantitativen Instrumente werden prä und post eingesetzt. In diesem Durchgang sollen die Concept-Maps jedoch nicht nur als starres Instrument im Sinne einer Prä-Post-Testung eingesetzt werden, sondern sollen vor allem im Hinblick auf zwei Aspekte verändert werden: Es werden mehrere Impulse zur Weitergestaltung der Maps zwischen den zwei Testzeitpunkten (prä-post) gegeben werden, um das bedeutsame Lernen zu fördern. Außerdem wird zurzeit nach einer wissenschaftlichen Möglichkeit gesucht, Concept-Maps auch qualitativ zu untersuchen, denn auch eine vermeintlich falsche Verbindung zwischen Konzepten kann von Wert sein (vgl. Kinchin et al., 2000). An dieser Stelle muss Feldforschung betrieben werden, da keine Auswertungsmethoden dafür vorliegen. Eine Möglichkeit wäre die Erstellung eines *Codebooks* nach Mayring

zur Auswertung. Als qualitatives Instrument werden Interviews mit Studierenden in Bezug auf den Zusammenhang zwischen Concept-Maps und bedeutsamem Lernen durchgeführt. Außerdem wird in diesem Durchgang die Veränderung durchgenommen, dass die Studierenden während der Intervention Produkte in Bezug auf digitale Medien erstellen. Konkret bedeutet dies, dass sie kollaborativ und kriterienorientiert Unterrichtseinstiege sowie anschließende Arbeitsphasen unter einem reflektierten Einbezug digitaler Tools planen. Diese könnten ebenfalls mit einem *Codebook* nach Mayring, dessen Codes sich an denen des eingesetzten Fragebogens orientieren, auszugsweise untersucht werden. Außerdem werden Gruppendiskussionen sowie leitfadengestützte Interviews seitens Masterstudierenden durchgeführt. Eine weitere Änderung ist ein Concept-Map-Training, das der Intervention vorgeschaltet ist und vor allem dazu dienen soll, sich mit der Concept-Map-Methode sowie der Idee des bedeutsamen Lernens vertraut zu machen.

Zusammenfassend soll die Wissenskonstruktion der Studierenden über den Fragebogen sowie die Concept-Maps erfasst werden. Die Anwendung des erworbenen Wissens wird über die qualitative Auswertung der Concept-Maps sowie der Produkte bzw. ggf. Gruppendiskussionen und Interviews erfasst.

2.3.3 Ergebnisse und Diskussion

Die Erhebung fand im Zeitraum zwischen Dezember 2021 und März 2022 innerhalb des oben beschriebenen Seminars statt, welches im Oktober 2021 startete und im Juli 2022 abgeschlossen wurde. Die Analyse der Zahlendaten erfolgte mit dem Statistik-Programm IBM SPSS. Da beide Gruppen durch das Wartekontrollgruppendesign der Studie die gleiche Intervention erhalten, wurde auf eine Unterteilung der Daten in Interventions- und Wartekontrollgruppe bei der Evaluation der Scoring-Methoden verzichtet, um die Stichprobe $n = 30$ nicht zu stark zu verkleinern. Der Datensatz wurde Prä- und Posttests entsprechend geteilt und bei der folgenden Analyse der gewonnenen Daten wurden übliche Verfahren der Statistik angewandt. Gemäß des zuvor entwickelten Klassifikationssystems für Concept-Map-Scoring-Methoden konnten passende, quantitative Vorgehensweisen eruiert werden, um sie anhand der erhobenen Rohdaten einer genaueren Untersuchung zu unterziehen. Konkret wurden die Vorschläge von Kinchin et al. (2000), Besterfield-Sacre et al. (2004) und Romero et al. (2017) verwendet, um Bewertungen zu erhalten. An dieser Stelle sollen die Ergebnisse des Scorings mit Kinchin et al. dargestellt werden. Dieser präsentierte Ansatz, referierend auf strukturelle Eigenschaften von Concept-Maps und deren Verbindung zum *meaningful learning*, scheint am effektivsten zu sein. Ausgehend von der These, dass bedeutsames Lernen in Netzstrukturen stattfindet, kann dieses mithilfe der Unterscheidung von *spoke*, *chain* und *net* theoretisch gut gemessen werden. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass an dem System von Kinchin et al. kleinere Veränderungen vorgenommen wurden. So wurden die drei Strukturformen *spoke*, *chain* und *net* jeweils durch die Punktezahlen 1, 2 und 3 ersetzt (vgl. Kinchin et al., 2000). Drei Rater bewerteten die Concept-Maps. Insgesamt konnte die Scoring-Methode im Vergleich

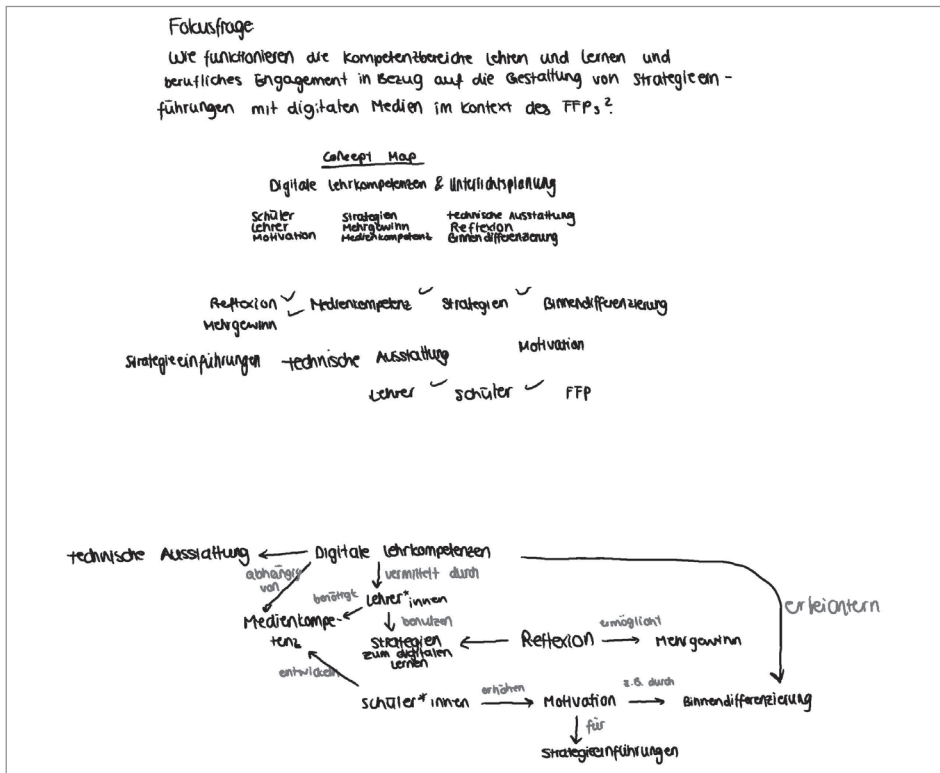


Abb. 5: Beispiel Forschungsinstrument Concept-Map Prä (eigene Darstellung)

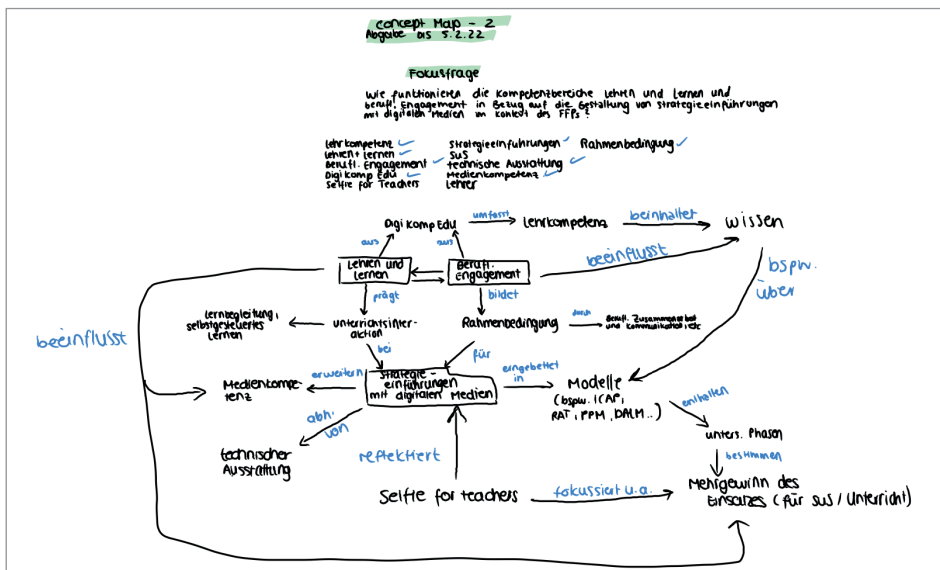


Abb. 6: Beispiel Forschungsinstrument Concept-Map Post (eigene Darstellung)

von Prä- und Postergebnis für das Verständnis von Konzepten sowie die Repräsentation von Wissen starke Effekte verzeichnen, während die Komplexität der Concept-Maps sowie deren Hierarchie einen weniger starken Effekt ausweisen (Abb. 5 und 6).

Die Resultate der Untersuchungen der Scoring-Methode von Kinchin et al. (2000) deuten auf eine Eignung für den Einsatz von Concept-Maps hin. Die Veränderungen von der Prä- hin zur Posttest-Concept-Map sind signifikant und haben eine hohe Effektstärke. Um jedoch eine valide Bewertung von *meaningful learning* nachweisen zu können, reichen die vorhandenen Methoden nach einer vorläufigen Einschätzung noch nicht aus. Die Annahme basiert auf den Items der Scoring-Methoden und deren Definitionen, die *meaningful learning* nicht oder verkürzt in die Bewertung einbringen. Folglich kann nicht sicher gesagt werden, dass die Verbesserungen bei den Concept-Maps tatsächlich auf *meaningful learning* zurückzuführen sind. Es wird zurzeit nach einer wissenschaftlichen Möglichkeit geforscht, Concept-Maps auch qualitativ zu untersuchen. An dieser Stelle muss Feldforschung betrieben werden, da keine Auswertungsmethoden vorliegen. Dazu gehört auch, dass die von den Studierenden erstellten Produkte mit einem *codebook* nach Mayring, dessen Codes sich an denen des eingesetzten Fragebogens ICT-CF orientieren, auszugsweise untersucht werden. Der Fragebogen von Tondeur soll ein weiteres, validiertes quantitatives Forschungsinstrument sein. Außerdem werden Gruppendiskussionen sowie leitfadengestützte Interviews seitens Masterstudierenden durchgeführt, um möglicherweise noch qualitative Aspekte einfließen lassen zu können. Ein eigens designtes Concept-Map-Training vor Beginn der Blocktage soll vor allem mehr Sicherheit in der Methode des Concept-Mappings bieten. Dieser Aspekt geht vor allem auf eine Gruppendiskussion zum Einsatz der Concept-Maps in der Pilotierung 2021/22 zurück. In diesen gaben einige Studierende an, trotz Anleitung und Fokusfrage nicht sicher genug in der Methode des Concept-Mappings zu sein.

Am Institut für Erziehungswissenschaft der Universität Münster wird daher für Lehramtsstudierende im Lehr-Lern-Labor „Diagnose und Individuelle Förderung“ im Kontext des Forder-Förder-Projekts (FFP) zum selbstregulierten, forschenden Lernen eine Intervention nach dem *SQD-Modell* (Tondeur et al., 2012 ; Weiler et al., 2021) (Abb. 1) gestaltet, wobei die sechs Strategien der Mikroebene, der individuellen Ebene (Brändle et al., 2022) angewandt werden. Konkret bedeutet dies, dass die Intervention auf den Aspekten Rollenvorbilder, Reflexion, Unterrichtsgestaltung, Kollaboration, authentische Erfahrungen und Feedback aufgebaut ist. Verortet ist sie in den Begleitseminaren zum Forder-Förder-Projekt (FFP). Dieses Projekt ist seit langem ein Angebot zur diagnosebasierten individuellen Förderung des selbstregulierten, forschenden Lernens für Schülerinnen und Schüler in Grund- und weiterführenden Schulen. Dieses Projektformat wird im Rahmen eines Forschungspraktikums von Studierenden der Seminare zum selbstregulierten Lernen in der individuellen Förderung sowie zum forschenden Lernen in der Begabungsförderung als Mentorinnen und Mentoren im schulischen Kontext begleitet. In beiden Lehrveranstaltungen soll an Intensivtagen eine erste Grundlage im Bereich Digitalisierung geschaffen werden, um diese im Verlauf der Seminare an diversen Stellen einzubinden und damit das

Wissen und die Kompetenzen der Studierenden mit Blick auf die digital gestützte individuelle Förderung des selbstregulierten Lernens im Umgang mit der Diversität von Schülerinnen und Schülern zu vertiefen.

3. Ausblick

Da die Begleitseminare zum Forder-Förder-Projekt innerhalb des Lehr-Lern-Labors „Diagnose und Individuelle Förderung“ verortet sind, sollen die Inhalte des Dissertationsvorhabens das digital gestützte Projektformat bereichern bzw. die digitalen Kompetenzen der Studierenden erweitern. Da das Schwerpunktthema der konstruktive Umgang mit dem Einbezug digitaler Medien ist, wurde ein Versuch unternommen, die digitale Kompetenz in das erweiterte Modell der adaptiven Lehrkompetenzen im Umgang mit Diversität einzuordnen (Fischer, 2019) (Abb. 7) und als übergreifende Kompetenz – neben der Implementationskompetenz – einzubinden, wobei diese dann die fachlichen, diagnostischen, didaktischen und kommunikativen Kompetenzen betrifft. Da die Intervention sich auf Schwerpunkte der Kompetenzförderung konzentriert, sind für die Pilotierung sowie die erste Studie vor allem die Bereiche der didaktischen und kommunikativen Kompetenz relevant. Ein Beispiel für die Projekterweiterung im Bereich der didaktischen Kompetenz wäre eine Integration des Bereichs Lehren und Lernen aus *DigCompEdu* (vgl. Redecker, 2017). Wenn die Studierenden didaktische Einführungen auf zwei digitale und analoge Weisen



Abb. 7: Erweitertes Modell der Adaptiven Lehrkompetenzen (nach Fischer, 2019)

lernen, stellt dies einen erheblichen Mehrwert auch für die Schülerinnen und Schüler dar.

Literatur

- Beck, E., Baer, M., Guldemann, T., Bischoff, S., Brühwiler, C., Müller, P., Niedermann, R., Rogalla, M., Vogt, F. (Hrsg.). (2008). *Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie: Bd. 63. Adaptive Lehrkompetenz: Analyse und Struktur, Veränderbarkeit und Wirkung handlungssteuernden Lehrerwissens*. Waxmann.
- Besterfield-Sacre, M. et al. (2004). Scoring Concept Maps: An Integrated Rubric for Assessing Engineering Education. *JEE*, 93(2), 105–115. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00795.x>
- Bloom, B. S. (1956). Taxonomy of Educational Objectives, *Handbook: The Cognitive Domain*, New York: David McKay.
- Brändle, M., Schmidt, J., Balcik, T., Gollnau, N., Wilcke, C., Gentemann, A. L., Bescherer, C., Sälzer, C., Schaal, S. & Zinn, B. (2022). *Digitalisierungsbezogene Kompetenzen von Lehramtsstudierenden im Kontext pädagogisch-didaktischen Makings: theoretische Grundlagen*. <https://doi.org/10.18419/OPUS-12035>
- Carretero Gomez, S., Vuorikari, R. & Punie, Y. (2017). *DigComp 2.1. The digital competence framework for citizens with eight proficiency levels and examples of use*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/38842>
- Chi, M. T. H. & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework. Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>
- Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M. & Vahrenhold, J. (Hrsg.) (2019). *ICILS 2018 #Deutschland: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Waxmann.
- Ertmer, P. A. & Ottenbreit-Leftwich, A. (2013). Removing obstacles to the pedagogical changes required by Jonassen's vision of authentic technology-enabled learning. *Computers & Education*, 64(05), 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.008>
- Feindt, A., Fischer, C. & Zeinz, H. (2020). Schulischen Umgang mit Vielfalt verstehen und gestalten. Konzentration auf Komplexität im erziehungswissenschaftlichen Lehr-Lern-Labor. 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. 121–136). Waxmann.
- Fischer, C. (2006). *Lernstrategien in der Begabtenförderung. Eine empirische Untersuchung zu Strategien Selbstgesteuerten Lernens in der individuellen Begabungsförderung*.
- Fischer, C. (2019). Professionalisierung von Lehrpersonen zur individuellen Begabungsförderung. In C. Reintjes, I. Kunze & E. Ossowski, (Hrsg.), *Begabungsförderung und Professionalisierung. Befunde, Perspektiven, Herausforderungen* (S. 174–189). Klinkhardt.
- Fischer, C. & Fischer-Ontrup, C. & Schuster, C. (2021). *Lernstrategien in der Begabtenförderung*. Beltz Verlag.
- Fischer, C., Kopmann, H., Rott, D., Veber, M. & Zeinz, H. (2014). Adaptive Lehrkompetenz und pädagogische Haltung. In E. Kiel, Ewald, I. Esslinger-Hinz, K. Reusser (Hrsg.), *Allgemeine Didaktik für eine inklusive Schule* (S. 14–36). Schneider Verlag Hohengehren.

- Ghomi, M., & Redecker, C. (2019). Digital Competence of Educators (DigCompEdu): Development and Evaluation of a Self-assessment Instrument for Teachers' Digital Competence. In *Proceedings of the 11th International Conference on Computer Supported Education*, 541–548. Science and Technology Publications. <https://doi.org/10.5220/0007679005410548>
- Hughes, J., Thomas, R. & Scharber, C. (2006). Assessing Technology Integration. The Rat – Replacement, Amplification, and Transformation-Framework. In C. Crawford, R. Carlsen, K. McFerrin, J. Price, R. Weber & D. Willis (Hrsg.), *Proceedings of SITE 2006. Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (S. 1616-1620) Orlando: Association for the Advancement of Computing in Education.
- Jonassen, D. & Strobel, J. (2006). *Modeling for Meaningful Learning*. https://doi.org/10.1007/1-4020-3669-8_1
- Kinchin, I., Hay, D. & Adams, A. (2000). How a Qualitative Approach to Concept Map Analysis Can Be Used to Aid Learning by Illustrating Patterns of Conceptual Development. *Educational Research*, 42(1), 43–57. <https://doi.org/10.1080/001318800363908>
- KMK (Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. Zugriff am 23.02.2021. Verfügbar unter: <https://www.kmk.org/themen/bildung-in-der-digitalen-welt/strategie-bildung-in-der-digitalen-welt.html>
- Kühn, T. & Koschel, K. (2011). *Gruppendiskussionen*. Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-93243-9>.
- Lachner, A., Scheiter, K. & Stürmer, K. (2020). Digitalisierung und Lernen mit digitalen Medien als Gegenstand der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. In S. Blömeke, C. Cramer, J. König & M. Rothland (Hrsg.) (2016), *Handbuch der Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 67–75. Stuttgart, Zugriff am 23.02.2021. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/346424836_Digitalisierung_und_Lernen_mit_digitalen_Medien_als_Gegenstand_der_Lehrerinnen_und_Lehrerbildung/link/5fd68547a6fdccdb8c47dbc/download.
- Lee, Y., & Lee, J. (2014). Enhancing pre-service teachers' self-efficacy beliefs for technology integration through lesson planning practice. *Computers & Education*, 73(4), 121–128. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.01.001>
- Medienberatung NRW (2018). *Medienkompetenzrahmen NRW*. Verfügbar unter: http://www.medienberatung.schulministerium.nrw.de/Medienpass-NRW/Allgemeines/LVR_ZMB_MKR_Broschuere_Final.pdf
- Novak, J.D. (1990). Concept Mapping: A Useful Tool for Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 937–949. <https://doi.org/10.1002/tea.3660271003>
- Novak, J.D. (1995). Concept mapping to facilitate teaching and learning. *Prospects*, 25(1), 79–86. <https://doi.org/10.1007/BF02334286>
- Redecker, C. (2017). European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. *Joint Research Centre* (Seville site). Zugriff am 23.02.2021. Verfügbar über: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC107466>
- Reis, S. M., Renzulli, J. S., & Müller-Oppliger, V. (2021). Das „Schoolwide Enrichment Model“ (SEM). In V. Müller-Oppliger & G. Weigand (2021). *Handbuch Begabung* (S. 333–347). Beltz (online inside).
- Romero, C., Cazorla, M. & Buzón, O. (2017). Meaningful Learning Usings Concept Maps as a Learning Strategy. *Journal of Technology and Science Education*, 7(3), 313–332.

- Romero-García, C., Buzón-Garica, O. & de Paz – Lugo, P. (2020). *Improving Future Teachers' Digital Competence Using Active Methodologies*. Zugriff am 03.01.2021. Verfügbar unter: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/18/7798>
- Rott, D. (2017). *Die Entwicklung der Handlungskompetenz von Lehramtsstudierenden in der Individuellen Begabungsförderung*. Waxmann.
- Tondeur, J., Aesaert, K., Prestridge, S., Consuegra, E. (2018). A multilevel analysis of what matters in the training of pre-service teacher's ICT competencies. *Computers & Education*, 122(07), 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.002>
- Tondeur, J., Aesaert, K., Pynoo, B., Vann Braak, J., Fraeyman, N. & Erstad, O. (2016). Developing a validated instrument to measure preservice teachers' ICT competencies: Meeting the demands of the 21st century. *British Journal of Educational Technology*, 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. *Computers & Education*. 59(1), 134–144. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.009>
- Van de Pol, J., Volman, M. & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in Teacher-Student Interaction: A Decade of Research. *Educational Psychology Review*, 22(3), 271–296.
- Veber, M., Rott, D., & Fischer, C. (2013). Lehrerbildung durch Schülerförderung – ein Baustein zur inklusiv-individuellen Förderung. In C. Dorrance & C. Dannenbeck (2013), *Doing inclusion. Inklusion in einer nicht inklusiven Gesellschaft* (S. 63–79). Verlag Julius Klinkhardt.
- Wahl, D. (2013). *Lernumgebungen erfolgreich gestalten. Vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln* (3. Auflage). Verlag Julius Klinkhardt.
- Weiler, D. C., Burde, J. P., Lachner, A., Riese, J., Schubatzky, T., & Große-Heilmann, R. (2021). *Entwicklung eines Seminars zur Förderung des Konzeptverständnisses mittels digitaler Medien*. PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.
- Weinert, F. E. (2000). Lehren und Lernen für die Zukunft – Ansprüche an das Lernen in der Schule. *Pädagogische Nachrichten Rheinland-Pfalz*, 2000(2), (1–16).

Mathematisches Modellieren mit digitalen Werkzeugen im Lehr-Lern-Labor-Seminar

Empirische Ergebnisse zur Förderung kognitiver Aspekte der bereichsspezifischen professionellen Diagnosekompetenz

1. Einleitung

Die prozessbezogenen Kompetenzen *mathematisch modellieren* und *mit Medien mathematisch arbeiten* sind durch die Bildungsstandards im deutschen Schulcurriculum zentral im Mathematikunterricht der Sekundarstufe I verankert (KMK, 2022). Die zunehmende Digitalisierung in Schule und Gesellschaft macht es nötig, verstärkt digitale Medien zu berücksichtigen (KMK, 2016). Im Mathematikunterricht kann durch Modellierungsaufgaben, die von Schülerinnen und Schülern mit digitalen Werkzeugen bearbeitet werden, eine Förderung der beiden genannten prozessbezogenen Kompetenzen gelingen. Dabei zeigt die aktuelle Forschung, dass der durch geeignete Modellierungsaufgaben initiierte „Kompetenzzuwachs beim Modellieren durch die zusätzliche Nutzung digitaler Werkzeuge nicht sinkt und somit digitale Werkzeuge und Modellieren gleichzeitig gelernt werden können“ (Hankeln & Greefrath, 2021, S. 389). Für die kombinierte Förderung der mathematischen Modellierungs- und Medienkompetenz reicht es jedoch nicht aus, den Lernenden lediglich eine entsprechende digitalgestützte Modellierungsaufgabe bereitzustellen. Vielmehr benötigen auch Lehrkräfte spezifische Kompetenzen, um Unterricht zum mathematischen Modellieren und zur Arbeit mit digitalen Werkzeugen gewinnbringend planen und durchführen zu können (Blum, 2015; Borromeo Ferri, 2018; Drijvers et al., 2016). Eine dieser professionellen Kompetenzen von Lehrkräften betrifft die Diagnose von Bearbeitungsprozessen von Schülerinnen und Schülern: Während Schülerinnen und Schüler Aufgaben bearbeiten, muss die Lehrkraft Phasen der Aufgabenbearbeitung analysieren und Schwierigkeiten der Lernenden erfassen. Auf diese Weise ist die Lehrkraft in der Lage, den Lernprozess sinnvoll zu begleiten sowie Lernende bei der Bearbeitung einer Aufgabe zielgerichtet und adaptiv zu unterstützen (Buchholtz, 2018).

Zur Förderung der Diagnosekompetenz sowie weiterer professioneller Kompetenzen von angehenden Lehrkräften eignen sich universitäre Lehr-Lern-Labor-Seminare (Priemer & Roth, 2020). Neben dem Erwerb theoretischen Wissens ermöglichen sie den Lehramtsstudierenden durch die Integration schulpraktischer Elemente (z. B. Praxiserprobungen mit Schülerinnen und Schülern) bei gleichzeitiger Komplexitätsreduktion (z. B. Betreuung von Kleingruppen statt ganzer Klassen) auch den Aufbau praxisnaher Handlungskompetenzen (Marohn et al., 2020). Für professionel-

le Kompetenzen zum Lehren mathematischen Modellierens haben frühere Studien bereits gezeigt, dass die Teilnahme an einem speziell zur Förderung dieser Kompetenzen konzipierten Lehr-Lern-Labor-Seminar (mit der Kurzbezeichnung *MiRA+*) zu einer signifikant erhöhten Diagnosekompetenz in dieser bereichsspezifischen Ausdeutung führt (Wess, 2020; Wess & Greefrath, 2020). Vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung digitaler Werkzeuge im Mathematikunterricht stellt sich nun die Frage, inwieweit auch die Diagnosekompetenz zum Lehren des mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen durch ein Lehr-Lern-Labor-Seminar gefördert werden kann. Daher wurde an der Universität Münster das Lehr-Lern-Labor-Seminar *MiRA+* zum Lehr-Lern-Labor-Seminar *MiRA digital* (Mathematik in realen Anwendungen unter Berücksichtigung digitaler Werkzeuge) weiterentwickelt und implementiert. Durch eine empirische Begleitforschung soll die Wirksamkeit des Seminars hinsichtlich der Förderung professioneller Kompetenzen zum Lehren des mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen fortlaufend evaluiert werden.

Das Ziel des vorliegenden Beitrags besteht zum einen darin, die Konzeption dieses Seminars vorzustellen. Zum anderen soll über erste quantitative Ergebnisse zur Förderung des fachdidaktischen Wissens über digitalgestützte Simulations- und Modellierungsprozesse im Rahmen des Seminars berichtet werden. Dieses bereichsspezifische Wissen bezieht sich auf das Identifizieren von Phasen und Schwierigkeiten in Bearbeitungsprozessen und wird als kognitiver Aspekt der Diagnosekompetenz zum Lehren des mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen betrachtet.

2. Theorie

2.1 Mathematisches Modellieren

Beim *mathematischen Modellieren* handelt es sich um Lösungsprozesse von realitätsbezogenen Problemen mit Hilfe mathematischer Methoden (Niss et al., 2007). Wie die Begriffsbezeichnung bereits andeutet, sind dabei mathematische Modelle von zentraler Bedeutung (Leiss & Blum, 2010, S. 40–41). Ein Modell ist eine vereinfachte Abbildung der Realität, bei der idealerweise nur die für das Ausgangsproblem relevanten Teilbereiche berücksichtigt werden (Henn, 2002, S. 5). Modelle beschreiben daher die Realität nie vollständig, können aber dazu dienen, die Komplexität des realen Problems gezielt zu vereinfachen und so zu sachgerechten Lösungen zu gelangen. Speziell für das mathematische Modellieren werden Modelle demnach gebildet, um ein Problem aus der Realität für die Verwendung innermathematischer Inhalte (z. B. geometrische Objekte, Formeln oder Gleichungen) zugänglich und somit mathematisch lösbar zu machen. Die wechselseitigen Übersetzungsprozesse zwischen Mathematik und Realität (bzw. Rest der Welt, vgl. Pollak, 1977) werden dabei häufig idealtypisch in sogenannten Modellierungskreisläufen veranschaulicht (vgl. Abb. 1). Da Modellierungsprozesse von Schülerinnen und Schülern in der Regel jedoch individuell und nicht linear verlaufen (Borromeo Ferri, 2011), ist ein Modellierungskreislauf selbst wiederum ein Modell des mathematischen Modellierens

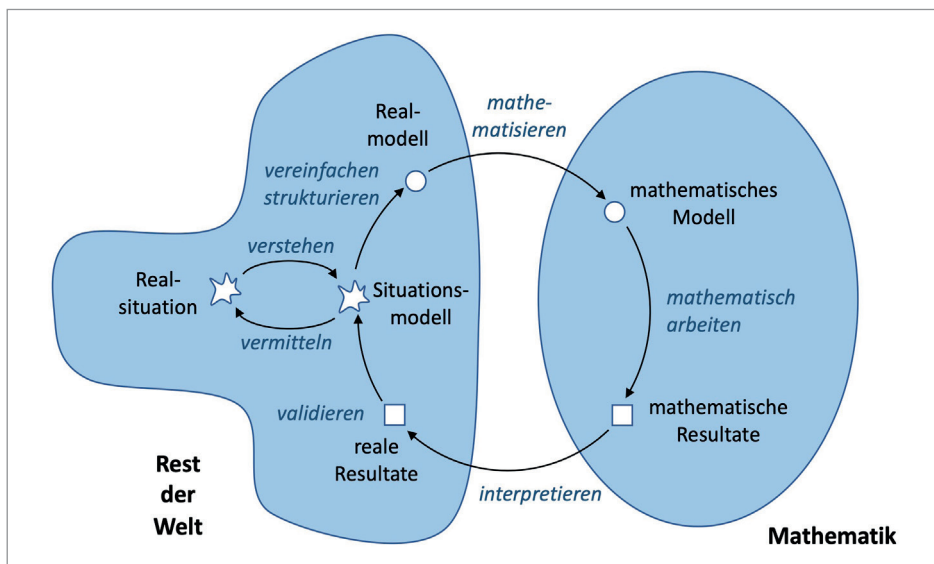


Abb. 1: Modellierungskreislauf von Blum (2010, S. 42) (vgl. auch Blum & Leiss, 2005)

(Greefrath, 2018, S. 37). Modellierungskreisläufe sind ein wertvolles Instrument für den Mathematikunterricht. Zum einen können Lernende Modellierungskreisläufe bei der Bearbeitung realitätsbezogener Aufgaben verwenden, um Bearbeitungsprozesse erfahrbar und damit strukturierbar zu machen (Schukajlow et al., 2015). Zum anderen ist der Modellierungskreislauf auch für Lehrende ein hilfreiches Instrument, um etwa Hürden im Lösungsprozess der Lernenden zu diagnostizieren (Galbraith & Stillman, 2006).

2.2 Mathematisches Modellieren mit digitalen Werkzeugen

Zur Unterstützung der oben beschriebenen Modellierungsprozesse können *digitale Werkzeuge* eingesetzt werden. Im Mathematikunterricht verstehen wir digitale Werkzeuge als „Technologien, die flexibel innerhalb verschiedener mathematischer Domänen (wie Funktionslehre, Algebra, Geometrie) von Nutzen sind und somit der Bearbeitung einer breiten Klasse von Problemen dienen“ (Barzel & Klinger, 2022, S. 94). Für den Mathematikunterricht relevante digitale Werkzeuge sind u. a. Funktionenplotter, Tabellenkalkulationsprogramme, dynamische Geometrie-Software und Computer-Algebra-Systeme. Ein Multirepräsentationswerkzeug (wie *GeoGebra*) vereint die genannten digitalen Werkzeuge und verknüpft diese dynamisch. Ähnlich wie analoge Werkzeuge, zum Beispiel Lineal und Zirkel, haben digitale Werkzeuge das Potenzial, auf der Grundlage bereits vorhandener Fähigkeiten neue Handlungsoptionen für Schülerinnen und Schüler zu schaffen (Barzel & Weigand, 2008). Digitale Werkzeuge zeichnen sich also durch eine eigenständige und aktive Nutzung durch die Lernenden aus. Dies ist ein Unterschied zu allgemeinen digitalen Medien wie

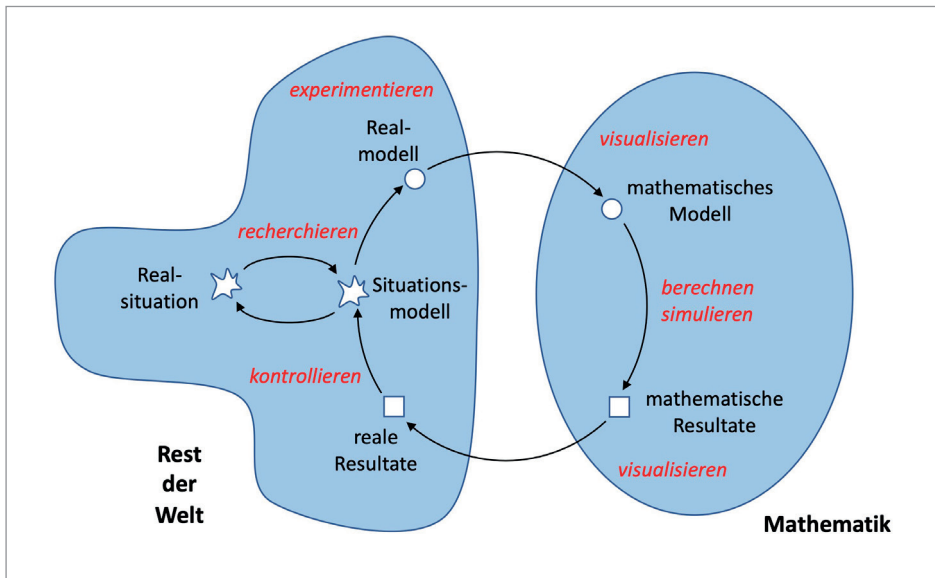


Abb. 2: Nutzungsmöglichkeiten digitaler Werkzeuge beim mathematischen Modellieren (Greefrath & Siller, 2018, S. 12)

einem Lernvideo, das auch passiv genutzt werden kann (Heintz et al., 2017). Digitale Werkzeuge sind in dieser Hinsicht eine Teilmenge der allgemeinen digitalen Medien.

Der Einsatz digitaler Werkzeuge beim mathematischen Modellieren kann dazu beitragen, komplexere und ggf. authentischere Realprobleme in die tägliche Unterrichtspraxis zu integrieren. Mit neuen technischen Möglichkeiten können vor dem Hintergrund realitätsbezogener Probleme beispielsweise größere Datenmengen verarbeitet und komplexe Berechnungen durchgeführt werden (Greefrath & Siller, 2018). Zudem können unterschiedliche Modelle in der Regel schneller erstellt, ausprobiert und miteinander verglichen werden. Auch die nachträgliche Änderung von Modellen wird durch digitale Werkzeuge erleichtert (Hertleif, 2018). Abbildung 2 zeigt (in *kursiv*) weitere Nutzungsmöglichkeiten digitaler Werkzeuge beim mathematischen Modellieren (recherchieren, experimentieren, visualisieren usw.) an unterschiedlichen Stellen des Modellierungskreislaufes. Es wird deutlich, dass der Einsatz digitaler Werkzeuge ein großes Potenzial bietet, Modellierungsprozesse in vielerlei Hinsicht zu unterstützen (Geiger, 2011). Wenn trotz des Einsatzes digitaler Werkzeuge eine analytische Lösung zu einem realitätsbezogenen Problem nicht erzielt werden kann, spielen digitale Simulationen – als Teil des in Abbildung 2 dargestellten Modellierungskreislaufes – eine wichtige Rolle. Sie ermöglichen es, in einem zuvor entwickelten und experimentierfähigen mathematischen Modell eine adäquate Näherungslösung zu finden, zum Beispiel durch die systematische Variation von Einflussgrößen (Greefrath & Siller, 2018; Podworny, 2019). Studien haben gezeigt, dass Simulationsprozesse vielfach beim mathematischen Modellieren mit digitalen Werkzeugen auftreten (Hankeln, 2018). Gleichzeitig unterscheiden sich digitalge-

stützte Simulationsaufgaben häufig stark von digitalgestützten Modellierungsaufgaben, da das mathematische Modell in einer digitalgestützten Simulationsaufgabe in der Regel bereits durch eine von der Lehrkraft vorgefertigte Applikation (z. B. ein dynamisches Arbeitsblatt zum schrägen Wurf) vorgegeben wird und nicht von den Lernenden gebildet werden muss. Daher wird im Folgenden bei der Beschreibung der Diagnosekompetenz zum Lehren des mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen das Simulieren als eigenständiger Ausdruck in die Beschreibung aufgenommen.

2.3 Diagnosekompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen

Die Diagnosekompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen konkretisiert die allgemeine Diagnosekompetenz. Diese beinhaltet die Fähigkeit, alle diagnostischen Aufgaben, die im Lehrberuf anfallen, adäquat zu bewältigen. Ziel ist es, auf der Basis der durchgeführten Diagnose eine pädagogische Entscheidung zu treffen, die beispielsweise für die Notengebung oder die Unterrichtsplanung und -durchführung notwendig ist (Schrader, 2013). Eine personenbezogene Voraussetzung für ein erfolgreiches diagnostisches Handeln im Unterricht ist das entsprechende fachdidaktische Wissen der Lehrkraft. Es wird als kognitive Disposition der Diagnosekompetenz beschrieben (Blömeke et al., 2015; Leuders et al., 2018). Für die Diagnosekompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen ist spezifisches Wissen erforderlich, nämlich das fachdidaktische Wissen über digitalgestützte Simulations- und Modellierungsprozesse. Dieses Wissen steht neben drei weiteren Wissensdimensionen, die für einen digitalgestützten realitätsbezogenen Mathematikunterricht relevant sind. Abbildung 3 zeigt diese vier Wissensdimensionen, die auf entsprechenden Arbeiten aus der Modellierungsdiskussion basieren (vgl. Borromeo Ferri, 2018; Greefrath et al., 2022) und für den Einsatz digitaler Werkzeuge sowie Simulationen konkretisiert und empirisch geprüft wurden (vgl. Gerber et al., 2022). Für den Fokus des vorliegenden Beitrags hebt Abbildung 3 das fachdidaktische Wissen über digitalgestützte Simulations- und Modellierungsprozesse als kognitiven Aspekt der bereichsspezifischen professionellen Diagnosekompetenz hervor.

Es ist nachgewiesen, dass jede Phase im Modellierungskreislauf für Schülerinnen und Schüler eine potenzielle Schwierigkeit im Bearbeitungsprozess darstellt (Galbraith & Stillman, 2006). Bei unzureichender Werkzeugkompetenz kann der zusätzliche Einsatz digitaler Werkzeuge solche Lernschwierigkeiten sogar noch verstärken (Hankeln, 2019). Um Bearbeitungsprozesse analysieren und sinnvoll begleiten zu können, ist es für Lehrende daher zum einen wichtig, die Phasen und die damit verbundenen Nutzungsmöglichkeiten digitaler Werkzeuge an bestimmten Stellen des Simulations- und Modellierungsprozesses identifizieren zu können. Dies kann zum Beispiel mit Hilfe von Modellierungskreisläufen erfolgen, die digitale Werkzeuge in ihrer Darstellung berücksichtigen (vgl. Abb. 2). Zum anderen ist es wichtig, die für

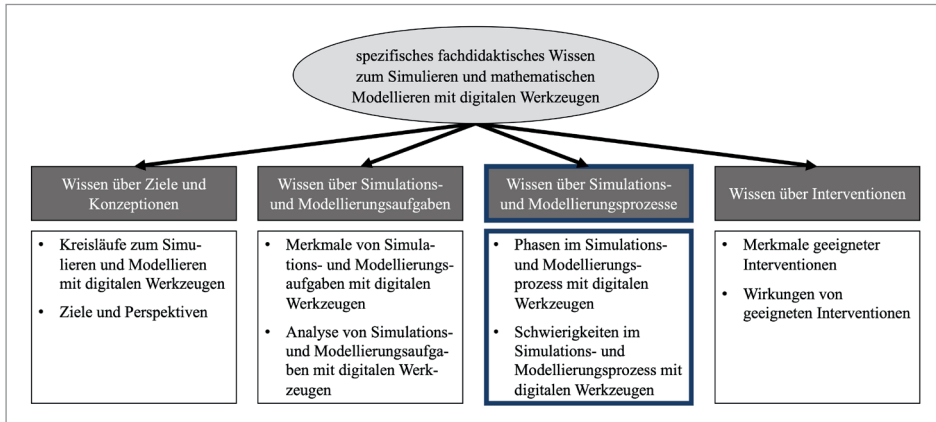


Abb. 3: Fachdidaktisches Wissen über digitalgestützte Simulations- und Modellierungsprozesse als kognitiver Aspekt der Diagnosekompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen (Gerber & Quarder, 2022, S. 3)

diese Phasen typischen Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Bearbeitungsprozess zu erkennen. Beispielsweise könnten Schwierigkeiten beim Berechnen entstehen, wenn Schülerinnen und Schüler ein digital erzeugtes Resultat vorschnell übernehmen, ohne es kritisch zu hinterfragen. Dies ist eine typische Schwierigkeit bei einer digitalgestützten Berechnung, da Lernende einem digitalen Output häufig grundsätzlich vertrauen (Cavanagh & Mitchelmore, 2000).

Das fachdidaktische Wissen über digitalgestützte Simulations- und Modellierungsprozesse wird in unserem Modell somit durch die beiden Wissensfacetten *Phasen* (Phasen im Simulations- und Modellierungsprozess mit digitalen Werkzeugen) und *Schwierigkeiten* (Schwierigkeiten im Simulations- und Modellierungsprozess mit digitalen Werkzeugen) charakterisiert (vgl. Abb. 3).

Aufgrund der selbstdifferenzierenden Eigenschaften von Simulations- und Modellierungsaufgaben und der erweiterten Bearbeitungsmöglichkeiten durch den Einsatz digitaler Werkzeuge sind die Bearbeitungsprozesse der Lernenden typischerweise sehr vielfältig. Das durch die beiden Facetten charakterisierte fachdidaktische Wissen ist für Lehrkräfte eine günstige personenbezogene Voraussetzung, um diese vielfältigen Bearbeitungsprozesse in der Unterrichtspraxis angemessen diagnostizieren zu können. Auf der Basis einer durchgeführten Diagnose können dann in weiteren Schritten individuell angepasste Fördermaßnahmen auf der Mikroebene (adaptive Interventionen) oder auf der Makroebene (Erstellung eines Förder- bzw. Förderplans) abgeleitet werden (Buchholtz, 2018; Moser Opitz, 2022).

3. MiRA digital: ein Lehr-Lern-Labor-Seminar zum mathematischen Modellieren mit digitalen Werkzeugen

Um angehende Mathematiklehrkräfte u. a. im Bereich der Diagnosekompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen zu fördern, wurde an der Universität Münster das Lehr-Lern-Labor-Seminar *MiRA digital* entwickelt und implementiert. *MiRA digital* (Mathematik in realen Anwendungen unter Berücksichtigung digitaler Werkzeuge) richtet sich als fachdidaktisches Wahl-Pflicht-Seminar an Studierende im Master of Education Mathematik für das Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen. Das Seminar wird in jedem Semester angeboten und umfasst ca. 20 Teilnehmende. *MiRA digital* ist strukturell an das Vorgängerseminar *MiRA+* (Wess & Greefrath, 2020), bei dem das mathematische Modellieren ohne den Einsatz digitaler Werkzeuge im Mittelpunkt stand, angelehnt und gliedert sich in eine Vorbereitungsphase, eine Praxisphase und eine Reflexionsphase (vgl. Abb. 4).

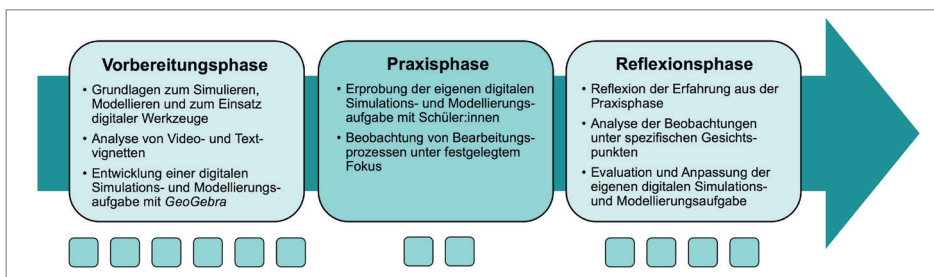


Abb. 4: Konzeption von MiRA digital mit Anzahl der Seminartermine

Auf der Grundlage des in diesem Band vorgestellten Kompetenzmodells DiDiKom (Kürten et al., in diesem Band) soll die Konzeption des Seminars *MiRA digital* näher erläutert werden: Der in Abbildung 5 dargestellte Würfel verortet das Seminar entlang der drei Achsen (i) *Wissen und Fähigkeiten zur Förderung von Schülerkompetenzen*, (ii) *Wissen und Fähigkeiten zu Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien* und (iii) *Wissen und Fähigkeiten zur Berücksichtigung von Diversitätsdimensionen*.

Durch die Seminarteilnahme sollen die Studierenden *Wissen und Fähigkeiten zur Förderung von Schülerkompetenzen* im Bereich der fachbezogenen Kompetenz *mathematisches Modellieren* erwerben. Dazu werden in der Vorbereitungsphase u. a. theoretische Grundlagen zum mathematischen Modellieren – zum Beispiel anhand geeigneter Modellierungskreisläufe (vgl. Abb. 1) – vermittelt. In Bezug auf *Wissen und Fähigkeiten zu Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien* werden in der Vorbereitungsphase außerdem die in Kapitel 2.2 beschriebenen Potenziale digitaler Werkzeuge bei *Simulation/Modellierung* aufgegriffen und für die Studierenden erfahrbar gemacht. Die Studierenden bearbeiten beispielsweise selbst Simulations- bzw. Modellierungsaufgaben mit dem digitalen Multirepräsentationswerkzeug *GeoGebra* und diskutieren entsprechende Lösungswege. Zudem sollen die Studierenden im Seminar *Wissen und Fähigkeiten zur Berücksichtigung von Diversitätsdimensionen* aufbauen. Daher

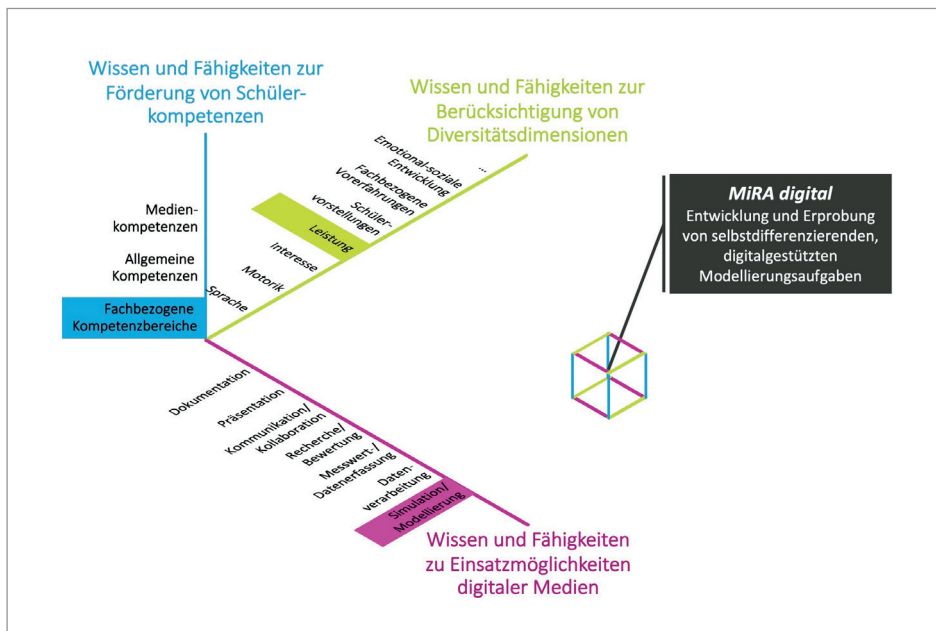


Abb. 5: Einordnung in das DiDiKom-Modell

wird in *MiRA digital* die *Leistung* der Schülerinnen und Schüler beim Simulieren und mathematischen Modellieren mit digitalen Werkzeugen thematisiert und als eine ausgewählte Heterogenitätsdimension explizit gemacht.

In der Praxisphase wird die Leistungsheterogenität sichtbar, indem die Studierenden digitalgestützte Simulations- und Modellierungsaufgaben mit Schülerinnen und Schülern erproben. Die Aufgaben werden von den Studierenden in der Vorbereitungsphase auf der Grundlage erarbeiteter Gestaltungskriterien selbst entwickelt (der Entwicklungsprozess wird von den Seminar dozierenden begleitet und die Qualität der Aufgabe durch Feedbackschleifen gesichert). Die Studierenden können in der Praxisphase mit Hilfe von Modellierungskreisläufen, ohne (vgl. Abb. 1) und mit digitalen Werkzeugen (vgl. Abb. 2), Prozesse der Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung der selbstentwickelten Aufgaben beobachten. Die zu beobachtenden Prozesse beziehen sich u. a. auf Teilkompetenzen (vereinfachen, strukturieren, mathematisieren usw.) und Nutzungsmöglichkeiten digitaler Werkzeuge (recherchieren, experimentieren, visualisieren usw.) beim mathematischen Modellieren und Simulieren. Auf diese Weise lassen sich unterschiedliche Bearbeitungswege diagnostizieren, die durch die selbstdifferenzierenden Simulations- und Modellierungsaufgaben initiiert und durch den Einsatz digitaler Werkzeuge erweitert werden.

Zur Veranschaulichung dient ein Beispiel aus dem Seminar, welches drei unterschiedliche Bearbeitungswege von Schülerinnen und Schülern einer von Studierenden selbstentwickelten Aufgabe zeigt (Abb. 6): Um einen gemeinsamen und ‚fairen‘ Wohnort für ein Paar zu bestimmen, das zwischen zwei Arbeitsplätzen pendelt, wird zum einen der Mittelpunkt der direkten Verbindungslinie gebildet. Zum anderen

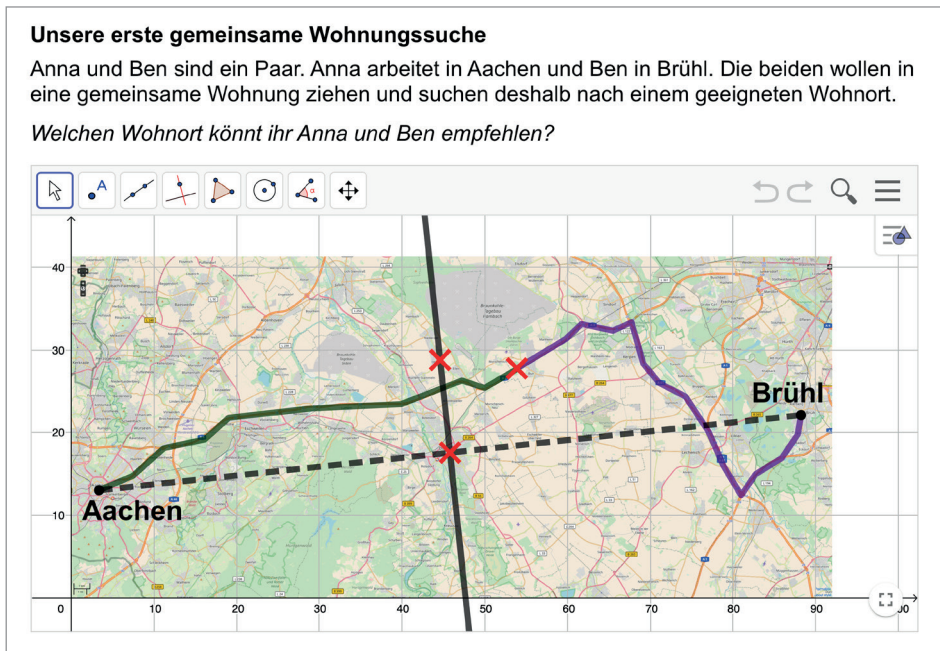


Abb. 6: Drei unterschiedliche Bearbeitungsmöglichkeiten einer Modellierungsaufgabe mit GeoGebra (Screenshot: © GeoGebra.org; Karte: © OpenStreetMap-Mitwirkende, www.openstreetmap.org/copyright)

wählen die Lernenden einen Punkt auf einer zuvor konstruierten Mittelsenkrechten, so dass eine eher ländliche Region für die Wohnungssuche in Betracht kommt. Außerdem wird ein Punkt zwischen zwei gleich langen Polygonzügen erzeugt, die das Schnellstraßennetz und nicht die Luftlinie berücksichtigen (Quarder & Gerber, 2021).

Die Suche nach einem geeigneten Wohnort könnte auch experimentell erfolgen, indem zum Beispiel ein Online-Kartendienst als digitale Simulation verwendet wird (Quarder et al., 2023). Das Beispiel verdeutlicht, dass mit Hilfe digitaler Werkzeuge verschiedene Modelle mit angemessenem Aufwand ausprobiert und miteinander verglichen werden können. Zeitraubende Konstruktionen können bei gleichbleibender Genauigkeit verkürzt werden. Durch die Zeitersparnis ist es möglich, andere Schwerpunkte (z. B. auf die Modellvalidierung) zu setzen (Hertleif, 2018).

Während der Aufgabenbearbeitung versuchen die Lehramtsstudierenden nicht nur die vielfältigen Bearbeitungswege zu diagnostizieren, sondern auch die Schülerinnen und Schüler bei Bedarf durch adaptive Interventionen zu unterstützen. Eine adaptive Lehrintervention basiert auf einer vorausgegangenen Diagnose und soll ein möglichst angepasster, minimaler Eingriff in den Bearbeitungsprozess der Lernenden sein. Eine solche individuelle Lernunterstützung zielt darauf ab, den Lernprozess positiv zu beeinflussen und gleichzeitig die Selbstständigkeit der Lernenden zu erhalten (Leiss, 2007, S. 82).

In der anschließenden Reflexionsphase werden die während der Praxisphase gesammelten Beobachtungen der Lösungsprozesse und Lehrerfahrungen analysiert. So werden die realisierten Bearbeitungswege der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf Leistungsheterogenität ausgewertet und die Wirksamkeit der eigenen Lehrinterventionen reflektiert. Abschließend evaluieren die Studierenden die eigene Aufgabe und passen diese auf der Grundlage der Analyse an. Am Ende des Semesters verfassen die Studierenden einen Reflexionsbericht, der die Ergebnisse des Lehr-Lern-Labor-Seminars dokumentiert.

In Bezug auf die Diagnosekompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen leistet das Seminar in allen drei Phasen zur expliziten und impliziten Förderung dieser Kompetenz einen Beitrag. So werden etwa in der Vorbereitungsphase Modellierungskreisläufe, die digitale Werkzeuge berücksichtigen, als Diagnoseinstrumente erörtert und diskutiert. In der Praxisphase werden Teilschritte aus diesen Modellierungskreisläufen verwendet, um Prozesse von Schülerinnen und Schülern bei der Bearbeitung von digitalgestützten Simulations- bzw. Modellierungsaufgaben gezielt zu beobachten. In der anschließenden Reflexionsphase werden die festgehaltenen Beobachtungen analysiert und Bearbeitungsprozesse der an der Praxisphase beteiligten Lernenden diagnostiziert.

4. Forschungsfrage

Der vorliegende Beitrag setzt sich mit professionellen Kompetenzen zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen auseinander. Zudem wird die Konzeption des Lehr-Lern-Labor-Seminars *MiRA digital* zur Förderung dieser Kompetenzen beschrieben. Das übergeordnete Forschungsinteresse besteht darin, zu untersuchen, inwieweit universitäre Lehrveranstaltungen mit schulpraktischen Elementen (wie *MiRA digital*) dazu beitragen, digitalisierungsbezogene professionelle Kompetenzen für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht bereits in der ersten Phase der Lehrkräftebildung aufzubauen. Mit der in diesem Beitrag vorgenommenen Fokussierung auf das fachdidaktische Wissen über digitalgestützte Simulations- und Modellierungsprozesse als kognitive Disposition einer bereichsspezifischen professionellen Diagnosekompetenz konkretisieren wir das Forschungsinteresse daher in folgender Forschungsfrage: *Wie entwickeln sich kognitive Aspekte der Diagnosekompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen von Mathematiklehramtsstudierenden durch die Teilnahme an einem fachdidaktischen Lehr-Lern-Labor-Seminar?*

5. Methodik

5.1 Studiendesign und Stichprobe

Um die Forschungsfrage zu beantworten, wurde eine quantitative Interventionsstudie im quasi-experimentellen Design mit zwei Gruppen (Experimental- und Kontrollgruppe) durchgeführt (vgl. Abb. 7).



Abb. 7: Forschungsdesign

Zu diesem Zweck wurden jeweils zu Beginn (Prätest) und am Ende eines Semesters (Posttest) Daten von 71 angehenden Lehrkräften erhoben, die an der Universität Münster im Wintersemester 2021/22 und im Sommersemester 2022 Mathematik im Master of Education studierten. Die Experimentalgruppe (EG) bestand aus 36 Mathematiklehramtsstudierenden, die an dem Lehr-Lern-Labor-Seminar *MiRA digital* teilnahmen und daher eine gezielte Förderung zur Diagnosekompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen erhielten. 35 Studierende, die im selben Zeitraum andere mathematikdidaktische Lehrveranstaltungen (Vorlesungen, Seminare oder Übungen) besuchten und demnach keine spezifische Förderung zur oben genannten Diagnosekompetenz erhielten, bildeten die Kontrollgruppe (KG). Tabelle 1 zeigt eine detaillierte Beschreibung der beiden Gruppen.

Tab. 1: Stichprobenbeschreibung (EG = Experimentalgruppe; KG = Kontrollgruppe; m = männlich; w = weiblich; d = divers; k. A. = keine Angabe; M = arithmetischer Mittelwert; SD = Standardabweichung)

	Anzahl	Geschlecht	Alter		Semester		Abiturnote	
		m/w/d/k. A.	M	SD	M	SD	M	SD
EG	36	10/25/0/1	23.44	2.20	8.97	2.16	1.96	0.49
KG	35	15/20/0/0	23.66	1.92	9.00	2.20	1.91	0.49
Gesamt	71	25/45/0/1	23.55	2.06	8.99	2.16	1.94	0.49

5.2 Testinstrument

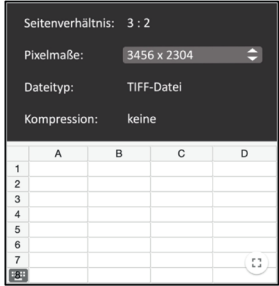
Um das fachdidaktische Wissen über digitalgestützte Simulations- und Modellierungsprozesse als zugrundeliegende kognitive Disposition einer bereichsspezifischen professionellen Diagnosekompetenz zu messen, wird in der vorliegenden Untersuchung auf eine Skala eines selbstentwickelten Testinstruments (Gerber & Quarder, 2022) zurückgegriffen.

Die verwendete Skala setzt sich aus 18 Items mit einem geschlossenen Single-Choice-Antwortformat zusammen. Zwölf der Items beziehen sich auf die Facette *Phasen* und sechs auf die Facette *Schwierigkeiten* (vgl. Abb. 3). Jedes Item umfasst vier Antwortmöglichkeiten, von denen eine ausgewählt werden muss. Die Items wer-

7.2 Bildbearbeitung (7. Klasse)

Für die Homepage eurer Schule habt ihr ein Klassenfoto im Seitenverhältnis 3:2 aufgenommen. Das Foto ist 22,7 MB groß. Leider darf das Foto für den Upload nicht größer als 22 MB sein. Mit einem Bildbearbeitungsprogramm könnt ihr die Pixelmaße (Breite x Höhe) und damit die Dateigröße des Fotos verändern.

Bestimmt die optimalen Pixelmaße, sodass der Upload auf der Homepage im Seitenverhältnis 3:2 funktioniert. Nutzt dazu das nebenstehende GeoGebra-Applet.



SCHÜLERIN 1:

SCHÜLER 2:

SCHÜLERIN 3:

SCHÜLERIN 3:

SCHÜLER 2:

[Hat **zuvor** die erste Zeile mithilfe von Formeln korrekt erzeugt.]

Nun können wir die Tabelle ausfüllen und schauen, wo die dritte Spalte 22 ist.

[Ergänzt die fehlenden Zellen durch die automatische Vervollständigung.]

Perfekt. In Zeile Nummer 6.

Die optimale Auflösung ist also 3406 x 2270,7 Pixel!

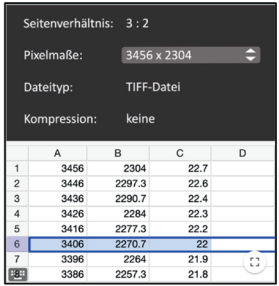


Abb. 8: Textvignette als Stimulus zur Beantwortung von nachfolgenden Items (Gerber & Quarder, 2022, S. 29)

den dichotom ausgewertet (0 = falsche Antwortmöglichkeit ausgewählt; 1 = richtige Antwortmöglichkeit ausgewählt). In der Skala gehören jeweils drei der Items (zwei *Phasen*-Items und ein *Schwierigkeiten*-Item) zu einer von sechs vorangestellten Textvignetten. Um die Items beantworten zu können, müssen die Testteilnehmenden zunächst die entsprechende Textvignette lesen. Bei diesen handelt es sich um eine Simulations- bzw. Modellierungsaufgabe sowie um Screenshots und Transkripte dazugehöriger Gespräche von Schülerinnen und Schülern während des Bearbeitungsprozesses mit digitalen Werkzeugen (siehe Abb. 8).

Die Abbildungen 9 und 10 zeigen Items, die zu der in Abbildung 8 dargestellten Textvignette gehören. Das Item in Abbildung 9 gehört zur Facette *Phasen* und soll erheben, ob die Testteilnehmenden identifizieren können, in welcher Phase des Modellierungskreislaufes, der digitale Werkzeuge integriert (vgl. Abb. 2), sich die Schülerinnen und Schüler befinden. Dazu ist es notwendig zu wissen, welche Funktion/ Nutzungsmöglichkeit der digitalen Werkzeuge (siehe kursive Schrift in Abb. 2) die Lernenden bei der Aufgabenbearbeitung nutzen.

7.2.2	Welche Funktion der digitalen Werkzeuge nutzen die Schüler:innen in dieser Situation hauptsächlich ? Bitte setzen Sie eine Markierung.	
	Recherchieren	☐
	Berechnen	☒
	Visualisieren	☐
	Kontrollieren	☐

Abb. 9: Beispielitem zum Identifizieren von Funktionen digitaler Werkzeuge im Modellierungsprozess (Gerber & Quarder, 2022, S. 29)

Das in Abbildung 10 dargestellte Item gehört zur Facette *Schwierigkeiten* und soll messen, ob die Testteilnehmenden die Schwierigkeiten der Schüler:innen und Schüler bei der Bearbeitung der Aufgabe diagnostizieren können.

7.2.3	Diagnostizieren Sie das Problem der Schüler:innen bei der Bearbeitung der Aufgabe in dieser Situation . Bitte setzen Sie eine Markierung.	
	Die Schüler:innen ...	
	... haben Probleme, das mathematische Modell in ein geeignetes digitales Werkzeugmodell zu übersetzen.	☐
	... vereinfachen die syntaktischen Regeln des digitalen Werkzeugs auf unzulässige Weise.	☐
	... haben Probleme, das digital berechnete Resultat für den Lösungsprozess angemessen zu visualisieren.	☐
	... ziehen falsche Schlüsse aus dem digitalen Resultat.	☒

Abb. 10: Beispielitem zum Identifizieren von Schwierigkeiten im Modellierungsprozess mit digitalen Werkzeugen (Gerber & Quarder, 2022, S. 30)

Die verwendete Skala mit ihren beiden Facetten *Phasen* und *Schwierigkeiten* kann durch ein eindimensionales Rasch-Modell adäquat beschrieben werden (Gerber & Quarder, 2022). Die EAP-Reliabilität ist mit 0.66 für gruppenvergleichende Analysen ausreichend (Lienert & Raatz, 1998).

6. Ergebnisse

Im Folgenden stellen wir Ergebnisse der quantitativen Auswertung der mit der vorgestellten Skala erhobenen Daten dar. In einem ersten Schritt werden dabei *deskriptive Befunde* vorgestellt: Abbildung 11 zeigt Box-Plots zu den beiden Messzeitpunkten (Prä- und Posttest) für die Experimental- und Kontrollgruppe und stellt damit die Entwicklung kognitiver Aspekte der Diagnosekompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen getrennt für beiden Gruppen dar. In der Experimentalgruppe werden im Prätest im Durchschnitt¹

¹ In der vorliegenden Untersuchung beziehen sich Durchschnittsangaben auf das arithmetische Mittel. In Abbildung 11 sind in den Box-Plots hingegen die Mediane dargestellt.

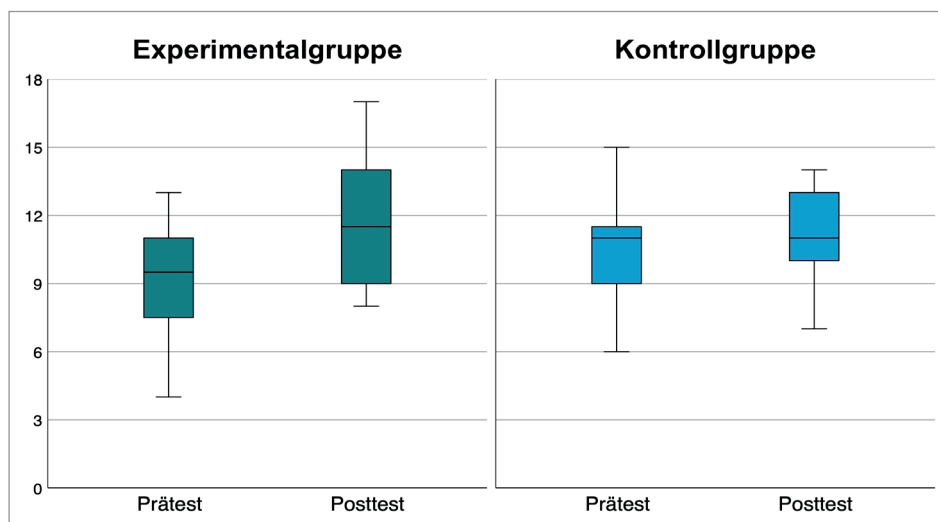


Abb. 11: Fachdidaktisches Wissen über digitalgestützte Simulations- und Modellierungsprozesse als kognitiver Aspekt der bereichsspezifischen professionellen Diagnosekompetenz

$M=9.2$ (ca. 51 %) der Items richtig beantwortet. Im Posttest werden in dieser Gruppe im Durchschnitt $M=11.9$ (ca. 66 %) der Items richtig beantwortet. In der Kontrollgruppe beträgt der Durchschnitt richtig beantworteter Items im Prätest $M=10.2$ (ca. 57 %) und im Posttest $M=11.1$ (ca. 62 %).

Auf der Basis der arithmetischen Mittelwerte ist zu erkennen, dass sich kognitive Aspekte der bereichsspezifischen professionellen Diagnosekompetenz im Zeitverlauf in beiden Gruppen positiv entwickeln, wobei der Zuwachs in der Experimentalgruppe stärker ist.

In einem zweiten Schritt wird überprüft, ob sich die Entwicklung dieser Diagnosekompetenz hinsichtlich der beiden Gruppen auch signifikant unterscheidet. Dazu werden *inferenzstatistische Untersuchungen* durchgeführt: Zunächst wird eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf einem Faktor berechnet. Mit dieser Analyse der Daten lässt sich ein signifikanter² Interaktionseffekt zwischen Messzeitpunkt und Gruppenzugehörigkeit feststellen. Dieser nach Cohen (1988) mittelgroße Effekt zeigt, dass die Entwicklung kognitiver Aspekte der bereichsspezifischen professionellen Diagnosekompetenz durch die im Voraus festgelegte Gruppenzugehörigkeit (spezifische Förderung: ja/nein) beeinflusst wird. Um die Ausprägung der Kompetenzentwicklung getrennt für beiden Gruppen zu untersuchen, wird anschließend jeweils ein t-Test für abhängige Stichproben durchgeführt. In der Experimentalgruppe verbessern die Studierenden ihre Testergebnisse vom Prä- zum Posttest signifikant mit einer nach Cohen (1988) großen Effektstärke. In der Kontrollgruppe

2 In der vorliegenden Untersuchung beziehen sich Aussagen zur statistischen Signifikanz stets auf ein Alpha-Niveau von 5 Prozent.

ist die Entwicklung im Durchschnitt, wie oben beschrieben, zwar ebenfalls positiv, diese Verbesserung ist jedoch nicht signifikant.

7. Diskussion und Ausblick

Durch eine quasi-experimentelle Interventionsstudie im Prä-Post-Design wurde quantitativ untersucht, wie sich kognitive Aspekte der Diagnosekompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen durch eine spezifische Förderung im Rahmen eines Lehr-Lern-Labor-Seminars entwickeln. Die mit einer selbstentwickelten Skala erhobenen Daten dieser Längsschnittstudie wurden dabei sowohl deskriptiv als auch inferenzstatistisch (ANOVA und t-Test) ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass Mathematiklehramtsstudierende durch die Teilnahme an einem fachdidaktischen Lehr-Lern-Labor-Seminar kognitive Aspekte ihrer professionellen Diagnosekompetenz in der oben beschriebenen bereichsspezifischen Ausdeutung signifikant verbessern können. Bei Studierenden, die diese Förderung im Rahmen fachdidaktischer Lehrveranstaltungen nicht erhielten, konnte hingegen kein signifikanter Zuwachs dieser Diagnosekompetenz festgestellt werden.

Im Hinblick auf die Förderung digitalisierungsbezogener professioneller Kompetenzen liegen damit erste Hinweise zur Wirksamkeit unseres Lehr-Lern-Labor-Seminars *MiRA digital* vor. Zudem erweitern die vorliegenden Befunde die Erkenntnisse früherer Untersuchungen um eine Aussage zur Rolle digitaler Werkzeuge im realitätsbezogenen Mathematikunterricht. Diese Studien (Greefrath et al., 2022; Wess, 2020; Wess & Greefrath, 2020) betrachteten die Diagnosekompetenz zum Lehren des mathematischen Modellierens und wiesen ebenfalls eine entsprechende Förderung durch ein Lehr-Lern-Labor-Seminar (*MiRA+*) nach, gingen dabei jedoch nicht auf die Nutzung digitaler Werkzeuge ein. Unter Erhalt der gewünschten Wirksamkeit ist es also nun gelungen, die bisherige Seminarkonzeption zur Förderung professioneller Kompetenzen durch die Integration digitaler Werkzeuge zu erweitern und an neue Herausforderungen von Lehrkräften in einer digitalen Welt (KMK, 2016, 2021) anzupassen.

Die Konzeption des Seminars wurde u. a. mit Blick auf eine mögliche Übertragung auf andere Standorte anhand des DiDiKom-Modells (Kürten et al., in diesem Band) und der drei aufeinander aufbauenden Phasen (Vorbereitungs-, Praxis- und Reflexionsphase) beschrieben. Dabei wurde das Seminar als Intervention in seiner Gesamtheit untersucht. Über den Einfluss einzelner Strukturelemente oder Seminarinhalte kann hier keine Aussage getroffen werden.

Obwohl unser Seminar den Anspruch erhebt, u. a. praktische Handlungskompetenzen zu fördern, wurde vor dem Hintergrund der Operationalisierung mittels geschlossener Items die bereichsspezifische professionelle Diagnosekompetenz lediglich durch das fachdidaktische Wissen über digitalgestützte Simulations- und Modellierungsprozesse erfasst. Da Wissen als kognitive Disposition ein wesentlicher Aspekt eines Kompetenzkontinuums (Blömeke et al., 2015) ist und die Testteilneh-

menden durch die Verwendung von Vignetten ihr erworbenes Wissen auf konkrete, situationsspezifische Anwendungskontexte in Unterrichtssituationen übertragen mussten (Friesen & Feige, 2020), lassen die Ergebnisse dennoch gewisse Rückschlüsse auf das gesamte Kompetenzkonstrukt zu. Trotzdem ist es wünschenswert, in nachfolgenden Studien neben weiteren Wissensdimensionen (Quarder et al., 2023) auch affektive Kompetenzaspekte (wie z. B. Selbstwirksamkeitserwartungen) sowie das Konzept der professionellen Unterrichtswahrnehmung (siehe z. B. Alwast & Vorhölder, 2022) in die Untersuchung und Interpretation einzubeziehen, um einem umfassenden Kompetenzbegriff gerecht zu werden. Darüber hinaus sollte in Folgestudien nicht nur die Diagnosekompetenz, sondern auch die Interventionskompetenz, die sich auf eine andere Wissensdimension in unserem Modell (siehe Abb. 3) bezieht, untersucht werden. Denn kompetentes Handeln von Lehrkräften verbindet Diagnose auch mit der geeigneten Entscheidung zur individuellen Unterstützung.

Die in dieser Untersuchung vorgestellten Erkenntnisse sind als erste Ergebnisse einer umfangreicheren Seminarevaluation zu verstehen. Sie stützen aber bereits jetzt die Vermutung, dass ein praxisnahes Lehr-Lern-Labor-Seminar mit Lernenden aus der Schule (wie *MiRA digital*) ein geeignetes Instrument sein kann, um spezifische digitalisierungsbezogene Kompetenzen angehender Lehrkräfte zu fördern und diese so auf neue Herausforderungen in der digitalen Berufswelt vorzubereiten.

Literatur

- Alwast, A., & Vorhölder, K. (2022). Measuring pre-service teachers' noticing competencies within a mathematical modeling context – an analysis of an instrument. *Educational Studies in Mathematics*, 109(2), 263–285. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10102-8>
- Barzel, B., & Klinger, M. (2022). Digitale Mathematikwerkzeuge. In G. Pinkernell, F. Reinhold, F. Schacht, & D. Walter (Hrsg.), *Digitales Lehren und Lernen von Mathematik in der Schule* (S. 91–108). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-65281-7_5
- Barzel, B., & Weigand, H.-G. (2008). Medien vernetzen. *mathematik lehren*, 146, 4–10.
- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E., & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies: Competence Viewed as a Continuum. *Zeitschrift für Psychologie*, 223(1), 3–13. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194>
- Blum, W. (2010). Modellierungsaufgaben im Mathematikunterricht. Herausforderung für Schüler und Lehrer. *Praxis der Mathematik*, 34(52), 42–48.
- Blum, W. (2015). Quality teaching of mathematical modelling: What do we know, what can we do? In S. J. Cho (Hrsg.), *The Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education* (S. 73–96). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12688-3_9
- Blum, W., & Leiss, D. (2005). Modellieren im Unterricht mit der „Tanken“-Aufgabe. *Mathematik lehren*, 128, 18–21.
- Borromeo Ferri, R. (2011). *Wege zur Innenwelt des mathematischen Modellierens. Kognitive Analysen zu Modellierungsprozessen im Mathematikunterricht*. Vieweg+Teubner. <https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9784-8>

- Borromeo Ferri, R. (2018). *Learning how to teach mathematical modeling in school and teacher education*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68072-9>
- Buchholtz, N. (2018). Wie können Lehrkräfte Mathematisierungskompetenzen bei Schülerinnen und Schülern fördern und diagnostizieren? Über den produktiven Einsatz von Grundvorstellungen bei Modellierungsprozessen in außerschulischen Lernumgebungen. In R. Borromeo Ferri & W. Blum (Hrsg.), *Lehrerkompetenzen zum Unterrichten mathematischer Modellierung* (S. 57–80). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-22616-9_3
- Cavanagh, M., & Mitchelmore, M. (2000). Graphics calculators in mathematics learning. Studies of student and teacher understanding. In M. O. J. Thomas (Hrsg.), *Proceedings of the 24th International Conference on Technology in Mathematics Education* (S. 112–119). Auckland Institute of Technology.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2. Auflage). Lawrence Erlbaum Associates.
- Drijvers, P., Ball, L., Barzel, B., Heid, M. K., Cao, Y., & Maschietto, M. (2016). *Uses of technology in lower secondary mathematics education: A concise topical survey*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-33666-4>
- Friesen, M. E., & Feige, E.-M. (2020). Konstruktion und Einsatz von Vignetten und Concept Cartoons in der Lehrerbildung. In M. E. Friesen, J. Benz, T. Billion-Kramer, C. Heuer, H. Lohse-Bossenz, M. Resch, & J. Rutsch (Hrsg.), *Vignettenbasiertes Lernen in der Lehrerbildung: Fachdidaktische und pädagogische Perspektiven* (S. 28–52). Beltz Juventa.
- Galbraith, P., & Stillman, G. (2006). A framework for identifying student blockages during transitions in the modelling process. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 143–162. <https://doi.org/10.1007/BF02655886>
- Geiger, V. (2011). Factors affecting teachers' adoption of innovative practices with technology and mathematical modelling. In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri, & G. Stillman (Hrsg.), *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling* (S. 305–314). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0910-2>
- Gerber, S., & Quarder, J. (2022). *Erfassung von Aspekten professioneller Kompetenz zum Lehren des Simulierens und mathematischen Modellierens mit digitalen Werkzeugen. Ein Test-instrument*. Universität Würzburg. <https://doi.org/10.25972/OPUS-27359>
- Gerber, S., Quarder, J., Greefrath, G., & Siller, H.-S. (2022). Pre-service teachers' pedagogical content knowledge for teaching simulations and mathematical modelling with digital tools. In J. Hodgen, E. Geraniou, G. Bolondi, & F. Ferretti (Hrsg.), *Proceedings of the Twelfth Congress of the European Research Society in Mathematics Education (CERME12)* (S. 1051–1058). ERME/Free University of Bozen-Bolzano.
- Greefrath, G. (2018). *Anwendungen und Modellieren im Mathematikunterricht. Didaktische Perspektiven zum Sachrechnen in der Sekundarstufe*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57680-9>
- 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., Siller, H.-S., Klock, H., & Wess, R. (2022). Pre-service secondary teachers' pedagogical content knowledge for the teaching of mathematical modelling. *Educational Studies in Mathematics*. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10038-z>

- Hankeln, C. (2018). Wie viel Simulieren steckt im Modellieren? Empirische Analysen von Simulations- und Modellierungsprozessen am Computer. In G. Greefrath & H.-S. Silber (Hrsg.), *Digitale Werkzeuge, Simulationen und mathematisches Modellieren* (S. 67–89). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21940-6_4
- Hankeln, C. (2019). *Mathematisches Modellieren mit dynamischer Geometrie-Software. Ergebnisse einer Interventionsstudie*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23339-6>
- Hankeln, C., & Greefrath, G. (2021). Mathematische Modellierungskompetenz fördern durch Lösungsplan oder Dynamische Geometrie-Software? Empirische Ergebnisse aus dem LIMo-Projekt. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 42, 367–394. <https://doi.org/10.1007/s13138-020-00178-9>
- Heintz, G., Elschenbroich, H.-J., Laakmann, H., Langlotz, H., Rüsing, M., Schacht, F., Schmidt, R., & Tietz, C. (2017). *Werkzeugkompetenzen: Kompetent mit digitalen Werkzeugen Mathematik betreiben*. medienstatt. http://www.mnu.de/weko/Werkzeugkompetenzen_2017_MO.pdf
- Henn, H.-W. (2002). Mathematik und der Rest der Welt. *mathematik lehren*, 113, 4–7.
- Hertleif, C. (2018). Wie groß ist die Etage? Dynamische Geometrie Software (DGS) als Hilfsmittel beim Modellieren nutzen. *mathematik lehren*, 207, 16–19.
- KMK. (2016). *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf
- KMK. (2021). *Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Die ergänzende Empfehlung zur Strategie „Bildung in der digitalen Welt“*. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf
- KMK. (2022). *Bildungsstandards für das Fach Mathematik. Erster Schulabschluss (ESA) und Mittlerer Schulabschluss (MSA) (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 15.10.2004 und vom 4.12.2003, i. d. F. vom 23.06.2022)*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2022/2022_06_23-Bista-ESA-MSA-Mathe.pdf
- Leiss, D. (2007). „Hilf mir, es selbst zu tun“. *Lehrerinterventionen beim mathematischen Modellieren*. Franzbecker.
- Leiss, D., & Blum, W. (2010). Beschreibung zentraler mathematischer Kompetenzen. In W. Blum, C. Drüke-Noe, & O. Köller (Hrsg.), *Bildungsstandards Mathematik: Konkret* (4. Auflage, S. 33–50). Cornelsen Scriptor.
- Leuders, T., Dörfler, T., Leuders, J., & Philipp, K. (2018). Diagnostic competence of mathematics teachers: Unpacking a complex construct. In T. Leuders, K. Philipp, & J. Leuders (Hrsg.), *Diagnostic Competence of Mathematics Teachers* (S. 3–31). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66327-2_1
- Lienert, G. A., & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse* (6. Auflage). Beltz 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 Verlag GmbH. <https://doi.org/10.31244/9783830989905>
- Moser Opitz, E. (2022). Diagnostisches und didaktisches Handeln verbinden: Entwicklung eines Prozessmodells auf der Grundlage von Erkenntnissen aus der pädagogischen Di-

- agnostik und der Förderdiagnostik. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 43(1), 205–230. <https://doi.org/10.1007/s13138-022-00201-1>
- 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 Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-25911-2>
- Pollak, H. O. (1977). The interaction between mathematics and other school subjects (including integrated courses). In H. Athen & H. Kunle (Hrsg.), *Proceedings of the Third International Congress on Mathematical Education* (S. 255–264). Zentralblatt für Didaktik der Mathematik.
- Priemer, B., & Roth, J. (Hrsg.). (2020). *Lehr-Lern-Labore: Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7>
- Quarder, J., & Gerber, S. (2021). Unsere erste gemeinsame Wohnungssuche. Den Arbeitsweg mit GeoGebra modellieren. *digital unterrichten Mathematik*, 2(10), 6–7.
- Quarder, J., Gerber, S., Siller, H.-S., & Greefrath, G. (2023). Simulieren und mathematisches Modellieren mit digitalen Werkzeugen im Lehr-Lern-Laborseminar. Förderung und empirische Analyse der bereichsspezifischen Aufgabenkompetenz. In M. Meier, G. Greefrath, M. Hammann, R. Wodzinski, & K. Ziepprecht (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung* (S. 33–46). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_3
- Schrader, F.-W. (2013). Diagnostische Kompetenz von Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 31(2), 154–165.
- Schukajlow, S., Kolter, J., & Blum, W. (2015). Scaffolding mathematical modelling with a solution plan. *ZDM*, 47(7), 1241–1254. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0707-2>
- Wess, R. (2020). *Professionelle Kompetenz zum Lehren mathematischen Modellierens – Konzeptualisierung, Operationalisierung und Förderung von Aufgaben- und Diagnosekompetenz*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29801-2>
- Wess, R., & Greefrath, G. (2020). Lehr-Lern-Prozesse zum mathematischen Modellieren im Lehr-Labor MiRa+ initiieren und erforschen. *mathematica didactica*, 43(1), 31–46.

Kreative Produktionsprozesse begleiten im Lehr-Lern-Labor Musik

1. Einleitung

Mit der Entwicklung eines Lehr-Lern-Labors Musik wurde an der Universität Münster in mehrerer Hinsicht Neuland betreten: Zum einen gibt es innerhalb der Musikpädagogik bisher nur wenige solche Konzepte, zum anderen wurde damit eine Kooperation mit anderen didaktischen Fächern der Münsteraner Lehrkräftebildung begonnen. Das Fach Musik stieg in eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe ein, die bisher weitgehend durch naturwissenschaftliche Didaktiken geprägt war und bereits zuvor Lehr-Lern-Labore beforschte (vgl. Kürten et al., 2020). Diese Verankerung prägte das Projekt, indem es von einem Wissensvorsprung profitieren konnte, während gleichzeitig das Spezifische des eigenen Fachs durch die Auseinandersetzung mit den Perspektiven anderer Fachdidaktiken besonders in den Blick rückte. Es ist daher Anliegen dieses Beitrags, diese fachspezifische Perspektive herauszuarbeiten und dabei konzeptionelle Aspekte und erste Eindrücke aus der Arbeit des Lehr-Lern-Labors Musik darzulegen. Eine umfassende Ergebnispräsentation kann dagegen auf dem aktuellen Stand des Projekts noch nicht geleistet werden.

2. Theoretischer Rahmen

2.1 Digitale Medien und musikalische Praktiken

Kinder und Jugendliche verbringen immer mehr Zeit mit digitalen Medien und gehen dabei auf vielfältige Weise mit Musik um. Die JIM-Studie 2022 lässt diese Entwicklung deutlich erkennen: Youtube und Spotify gehören zu den beliebtesten Apps der Zwölf- bis Neunzehnjährigen.¹ Neben der Möglichkeit, Musik zu hören, auszuwählen, zu kommentieren und sich darüber auszutauschen gibt es zahlreiche digitale Tools für verschiedene Formen musikalischer Gestaltung, Bearbeitung und Kooperation. Das Spektrum reicht von einfachen Praktiken und spielerischen Anwendungen bis in den professionellen Sektor. Nutzerinnen und Nutzer eignen sich Kompetenzen in diesem Bereich weitgehend in informellen Kontexten an und greifen dabei auf Tutorials zurück, die sie unter anderem auf YouTube oder TikTok vorfinden.

Mit der medialen Entwicklung ändern sich die musikalischen Erscheinungs- und Verbreitungsformen, Produktionsweisen und musikkulturellen Praktiken. Jörissen (2014, S. 511) führt aus, dass überdies „jede Veränderung im Feld der Kultur, der

1 https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2022/JIM_2022_Charts.pdf

Technik oder der Praktiken“ das Gesamtgefüge verändere, „wodurch neue, emergente Perspektiven und Optionen entstehen“. Die Art und Weise, wie wir mit Musik umgehen, wie wir Musik machen und was wir unter Musik und Musizieren verstehen, verändert sich damit grundlegend.

Nicht nur im Pop, auch im Bereich der klassischen Musik ist Digitalität heute von erheblicher Bedeutung. Moderne Studioteknik ist hier essenziell, digitale Verbreitungs- und Rezeptionsformen sind ebenso relevant. Die Grenzen zwischen analog und digital verschwinden dabei zunehmend und auch diejenigen zwischen klassischer und populärer Musik verlieren an Bedeutung (vgl. Schläbitz 2022, S. 23). Diese Entwicklungen haben sich während der Corona-Pandemie seit 2020 nochmals verstärkt, da nicht nur Rezeption und Kommunikation nahezu ausschließlich im Internet stattfanden, sondern auch Proben und gemeinsames Musizieren, woraus sich wiederum neue Praktiken der klassischen Musik entwickelten. Digitale Medien sind im Bereich der Musik also weit mehr als computerbasierte Mittel der Datenverarbeitung und Kommunikation. Sie sind vielmehr Teil der Musikkultur und von ihr nicht zu trennen.

2.2 Digitale Medien und Musikunterricht

Die dargelegten Veränderungen bringen für das Unterrichtsfach Musik umfangreiche Innovationen mit sich. Wie in anderen Fächern bieten digitale Medien neue Werkzeuge und methodische Möglichkeiten, darüber hinaus verändern sie aber in erheblichem Maß den Unterrichtsgegenstand Musik selbst. Dies gilt besonders aus einer praxistheoretischen Perspektive: Musik wird demnach als eine kulturelle und soziale Praxis verstanden, die sich durch eine Vielzahl unterschiedlicher Praktiken auszeichnet, welche von den darin eingebundenen Menschen und Dingen gleichermaßen bestimmt werden (vgl. Klose, 2018, S. 16; siehe auch Regelski, 2015; Hillebrandt, 2014; Reckwitz, 2003).

Im musikpädagogischen Diskurs wird der Umgang mit neuen Technologien bereits seit mehreren Jahrzehnten thematisiert. Gleichzeitig hält sich jedoch bis in die Gegenwart eine Skepsis gegenüber diesen Entwicklungen. Ahner (2018, S. 373) diagnostiziert „bipolare Argumentationsmuster“, indem die Begriffe Musik und Digitalisierung als Leitdifferenzen verwendet werden und dadurch die Idee von Musik als einer „Gegenwelt zur Welt der digitalen Medien“ manifestieren. Auch Schläbitz (2022, S. 85) konstatiert das Problem und hält fest: „Wenn hier nicht im Unterrichtswesen umgedacht wird, ergibt sich ein eklatantes Missverhältnis zwischen einer musikalischen Schulwirklichkeit im Vergleich zu einer gesellschaftlich gelebten Musikwirklichkeit.“ Stange und Weidner (2022, S. 262) weisen zudem darauf hin, dass trotz einer argumentativen Breite in der Fachdiskussion zum musikunterrichtlichen Computer- und Medieneinsatz sowie einer großen Ideen- und Materialvielfalt der schulische Musikunterricht bisher kaum erreicht wurde.

Eine Erklärung bietet die musikpädagogische Fach- und Ausbildungstradition im deutschsprachigen Raum, die lange Zeit die Vermittlung klassischer Musik ins Zentrum stellte, sowie eine verbreitete Medienskepsis, die häufig mit dieser Tradition

einhergeht. Eine wesentliche Voraussetzung für den geforderten Wandel in der Musikpädagogik ist daher ein Umdenken in der Lehrkräftebildung. Hier gilt es, Ermöglichungsspielräume zu schaffen, die Studierende – gerade diejenigen mit einer klassikgeprägten musikalischen Sozialisation – für vielfältige musikalische Erfahrungen im digitalen Raum und zur Reflexion didaktischer Fragestellungen nutzen können (vgl. Schläbitz & Siedenburger, 2019, S. 151 f.).

Parallel zu den traditionalistischen Strömungen werden von anderen Akteurinnen und Akteuren digitale Medien in der Musikpädagogik bereits seit Jahrzehnten genutzt. Beschäftigte sich der Diskurs zunächst mit der Erklärung und Etablierung von digitalen Tools, verändert sich in der postdigitalen Ära der Fokus weg vom technischen Werkzeug hin zu einer Auseinandersetzung mit der digitalisierten Welt. Digitale Werkzeuge wie Musik-Apps können genutzt werden, um „Schemata, Paradigmen, Ideologien, Konventionen usw. musikalischer Lern- und Bildungspraxis aufzugreifen, zu rekombinieren und durch Einführung neuer Designs infrage zu stellen“ (Godau, 2022, S. 91). Für die Lehrkräftebildung ergibt sich daraus die Notwendigkeit, Studierende dafür zu qualifizieren, die Auseinandersetzung von Schülerinnen und Schülern mit digitalen Musikkulturen und Praktiken zu initiieren und begleiten. Eigene Erfahrungen in digitalen Musikwelten und deren Reflexion sind dafür ebenso erforderlich wie Kompetenzen in der Begleitung der spezifischen Aneignungsprozesse.

2.3 Digitale Musikpraxis und Bildungsgerechtigkeit

Ein besonderes Potenzial für den pädagogischen Kontext ergibt sich aus den technischen Entwicklungen im Hinblick auf kulturelle Teilhabe, den Umgang mit Vielfalt und die Ermöglichung von Kreativität. Das Musizieren mit traditionellen (also nicht-digitalen) Musikinstrumenten setzt in der Regel eine Expertise voraus, zu der ein beträchtlicher Teil der Kinder und Jugendlichen keinen Zugang hat, da sie in vielen musikalischen Bereichen normalerweise im Instrumentalunterricht erworben wird – ein Bildungsangebot, das aus sozioökonomischen Gründen nicht allen offensteht. Ob Schülerinnen und Schüler Zugang zu außerschulischen musikalischen Bildungsangeboten haben oder nicht, hat jedoch eine hohe Relevanz für ihr Interesse und ihren Erfolg im Schulfach Musik (vgl. u. a. Fiedler & Müllensiefen, 2017). Je stärker der Unterricht auf eine notationsbasierte Auseinandersetzung mit Musik ausgerichtet ist, umso mehr sind Schülerinnen und Schüler benachteiligt, die keinen außerschulischen Instrumentalunterricht erhalten (vgl. Bubinger & Barth, 2020).

Digitale Praktiken ermöglichen im Gegensatz zum herkömmlichen Instrumentarium einen niedrigschwelligen Zugang. Zwar fordern sie ebenfalls eine Expertise, diese ist aber auf informellem Weg zu erwerben und damit leichter zugänglich. Weidner und Stange (2022) halten fest: „Da durch mobile Digitaltechnologien praktisch jede*r zum bzw. zur potenziellen Musiker*in werden kann [...], erlangen sie den Status neuer ‚Volks‘- und ‚Hosentascheninstrumente‘ [...], die es nicht nur ermöglichen musikalische Kreativität freizulegen [...], sondern die darüber hinaus das Potenzial

haben können, die Demokratisierung der gesamten musikalischen Bildungslandschaft voranzutreiben“ (ebd., S. 263). Das Fach Musik kann damit nicht nur dazu beitragen, die von der KMK (2017) im Hinblick auf die digitale Welt formulierten Kompetenzen für eine verantwortliche soziale Teilhabe und einen erfolgreichen Bildungs- und Berufsweg zu vermitteln, sondern zusätzlich die Voraussetzungen für eine kulturelle Teilhabe verbessern.

2.4 Informelles Lernen und Wandel der Lehrendenrolle

Während viele traditionelle Inhalte innerhalb von Bildungsinstitutionen vermittelt werden – etwa das Notenlesen, Kenntnisse über klassische Musik und in vielen Fällen auch das Instrumentalspiel –, findet das Lernen im digitalen Bereich weitgehend in informellen Kontexten statt. Will man digitale musikalische Praxen in den Unterricht integrieren, ist daher ein Blick auf Praktiken informellen Lernens erforderlich, welche hier als außerinstitutionelle Aneignungsprozesse innerhalb von Peergroups und *Communities of Practice* (Lave & Wenger, 1991) verstanden werden. Innerhalb der Musikpädagogik hat eine solche Orientierung an informellen Lernpraktiken bereits eine längere Tradition. Ausgelöst durch den Paradigmenwechsel *from teaching to learning* (vgl. Wagner et al., 2005) sowie durch die gestiegene Bedeutung populärer Musik entstand ein zunehmendes Interesse an selbstgesteuerten Lernprozessen und dem Potential, das diese Art des Lernens für die Musikpädagogik innehat. Als richtungsweisend erwies sich eine Studie von Lucy Green (2002), die die zentrale Bedeutung informellen Lernens für Pop-Musikerinnen und -Musiker herausarbeitete und zum Ausgangspunkt für die Entwicklung eines didaktischen Konzepts nahm, das sich u. a. durch ein hohes Maß an Lernendenautonomie auszeichnet (vgl. Green, 2008). Der Ansatz wurde für den deutschen Sprachraum insbesondere von Godau (u. a. 2017) aufgegriffen und didaktisch vertieft. Ein wesentlicher Gewinn ist dabei die erheblich gesteigerte Motivation und Identifikation mit den Lerninhalten und -ergebnissen, aber auch das eher beiläufige, unbewusste Lernen innerhalb einer Peergroup, das der Praxis in Pop-Bands entspricht. Damit wird nicht nur die charakteristische Aneignungspraxis aus der populären Musik aufgegriffen, sondern auch der besonderen Bedeutung Rechnung getragen, die Pop für die Identität Jugendlicher hat. Für den schulischen Musikunterricht bietet dies sowohl Herausforderungen als auch Potenziale: Einerseits ist eine erhebliche Sensibilität im Umgang mit einem Gegenstand erforderlich, den die Schülerinnen und Schüler als ihre eigene Domäne betrachten und mit der sie sich ggf. von der älteren Generation abgrenzen wollen, andererseits bietet die Begeisterung für diese Musik die Chance einer hohen Motivation. Neben der Selbststeuerung transferiert Green auch andere Merkmale des Lernens in der populären Musik in den pädagogischen Kontext, etwa das notationsfreie Lernen nach dem Gehör sowie die Verbindung unterschiedlicher handelnder und kreativer Zugänge durch „integration of listening, performing, improvising and composing“ (vgl. ebd., S. 25).

Nachfolgend wurden die von Green herausgearbeiteten Lernstrategien auch im Hinblick auf digitale Medien aufgegriffen. Dieser Schritt ergibt sich folgerichtig bereits aus der Tatsache, dass, ähnlich wie in der populären Musik, im Bereich digitaler Medien die informelle Aneignung im Alltagskontext die Norm darstellt (vgl. u. a. Aßmann, 2016). Dies gilt auch für musikbasierte Aneignungsprozesse mit digitalen Medien wie etwa das musikalische Gestalten mit Musik-Apps (vgl. u. a. Eusterbrock et al., 2021). Des Weiteren haben die digitalen Medien ebenso wie die von Green untersuchte Popmusikpraxis eine hohe Bedeutung für die Identität Jugendlicher und stellen Freiräume für Aktivitäten innerhalb jugendlicher Peergroups und Musikkulturen dar. Autonomie kann damit als wesentliche Voraussetzung für die positive Besetzung digitaler (Lern-)Aktivitäten betrachtet werden. Schließlich ist auch das voneinander Lernen innerhalb von *Communities of Practice* im Hinblick auf digitale Musikpraktiken ein wesentlicher Aspekt.

Godau und Haenisch (2019) richten den Fokus in einer Studie auf Kompositionsprozesse von Bands in informellen Kontexten. Sie stellen fest, dass dabei innerhalb von Online- und Offline-Communities agiert wird und analoge und digitale musikalische Praktiken ineinandergreifen. Um in pädagogischen Kontexten vergleichbare (Lern-)Praxen zu ermöglichen, schlagen sie die Gestaltung von (Selbst-)Lernumgebungen im Sinne einer konstruktivistischen Didaktik vor. Um dies realisieren zu können, bedarf es neben den nötigen technischen Ressourcen der Gestaltung eines Lernsettings, welches Qualitäten informellen Lernens in die formellen Rahmenbedingungen integriert.

Ein solches am informellen Lernen orientiertes Konzept hat Konsequenzen für die Rolle der Lehrkräfte, die für Lehramtsstudierende oftmals eine Herausforderung darstellen. Positionen als Ermöglicher:in, Coach oder *Guide by the Side* (vgl. u. a. Siedenburg & Nolte, 2015, S. 231) müssen von vielen erst erkundet werden. Zur Strukturierung der Vielzahl möglicher Verortungen liefert Godau (2016) eine Differenzierung in vier Rollen der Lehrperson im Musikunterricht, die – trotz einer gewissen Vereinfachung durch die vorgenommene Typenbildung – eine geeignete Orientierung bietet. Das Rollenrepertoire der Lehrperson wird von ihm als das Ergebnis von Systemdynamiken betrachtet, für die das Erziehungssystem, das Organisationssystem Schule und das unterrichtliche Interaktionssystem von Bedeutung sind (vgl. ebd., S. 156). Die vier Rollen basieren auf der Auswertung qualitativer Daten zur Bandpraxis im schulischen Musikunterricht. An dieser Stelle werden sie weniger

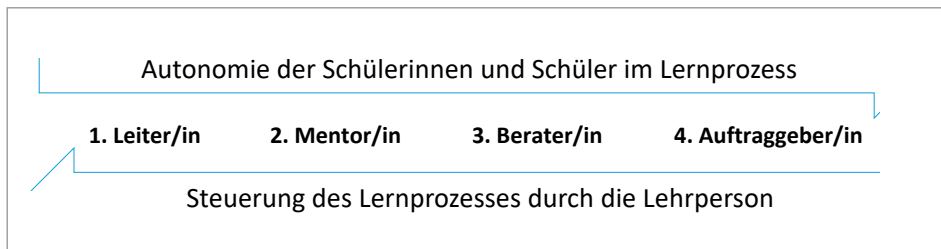


Abb. 1: Kontinuum der Rollen der Lehrperson in Anlehnung an Godau (2016)

als voneinander getrennt zu verstehende Modelle verstanden denn als Kontinuum, das ein Vokabular liefert, um unterschiedliche Positionierungen bei der Begleitung von Lernprozessen zu beschreiben und dabei den Aspekt der Selbststeuerung in den Fokus zu rücken.

Es liegt auf der Hand, dass ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Autonomie der Schülerinnen und Schüler und der Steuerung durch die Lehrperson besteht. Will man ein hohes Maß an Lernenden-Autonomie ermöglichen, muss von der Lehrperson eine Rolle eingenommen werden, die den nötigen Freiraum dafür schafft. Musiklehrkräfte in der Leitendenrolle strukturieren den Unterricht durch Anweisungen, geben wichtige Hilfestellungen sowie inhaltliche und methodische Impulse. In der Rolle der Mentorin bzw. des Mentors besitzt der Wissensvorsprung und die Erfahrung im Unterrichtsthema eine hohe Wertigkeit und unterstützt die Autorität der Lehrperson. Die beratende Lehrkraft profiliert sich z.B. als Schiedsrichterin in dynamischen Situationen oder bietet Hilfe im Arbeitsprozess an, während Lehrende als Auftraggebende nur bei Bedarf als koordinierend aktiv werden. Viele Aspekte der Rolle werden in diesem Fall von den Schülerinnen und Schülern übernommen, wesentliche pädagogische Ideen werden in die Erstellung des Arbeitsauftrags integriert (vgl. ebd., S. 161 ff.).

Im Lehr-Lern-Labor Musik wird angestrebt, dass durch die Erstellung entsprechender Arbeitsmaterialien ein hohes Maß an Selbststeuerung von Schülerinnen und Schülern ermöglicht wird. Studierende sammeln erste Erfahrungen darin, diesen Freiraum herzustellen und den Lernenden gleichzeitig die erforderliche Unterstützung zu geben. Dabei werden die Qualitäten einer *Community of Practice* umgesetzt, indem Akteur:innen aus musikpädagogischer Forschung, hochschuldidaktischer Lehre und schulischer Praxis sich gemeinsam dem Thema nähern.

2.5 Lehrendenkompetenzen und Kompetenzmodelle

Die veränderten Bedingungen für angehende Lehrkräfte in einer digitalen Welt erweitern den Bedarf an professionsspezifischen Kompetenzen um diverse digitalisierungsspezifische Kompetenzen, welche in verschiedenen Ansätzen wie dem TPACK-Modell oder DigCompEdu-Framework genauer beschrieben werden (vgl. Mishra & Koehler, 2006; European Commission et al., 2017). Der Fokus dieser Modelle liegt auf den verschiedenen Aspekten digitaler Kompetenz der Lehrperson, die erforderlich sind, um im Unterricht digitalisierungsbezogene Kompetenzen auf der Ebene der Schülerinnen und Schüler fördern zu können. Aus diesen Anforderungen gilt es, Konsequenzen für die hochschuldidaktische Konzeptentwicklung zu ziehen.

In der Musikpädagogik wurde TPACK für die Erfassung von Selbsteinschätzungen genutzt und für musikbezogene technologische Kompetenzen adaptiert. Godau und Fiedler (2018) liefern eine deutschsprachige Version des MTPACK-Fragebogen-manuals (Musical Technological Pedagogical And Content Knowledge Questionnaire) und stellen damit ein geeignetes Werkzeug zur Verfügung.

Das DiDiKom-Modell (Kürten et al., in diesem Band) liefert für das Lehr-Lern-Labor Musik eine geeignete Strukturierung der relevanten Kompetenzbereiche. Es erfordert jedoch einige fachspezifische Modifikationen, die sich aus den oben dargestellten Besonderheiten digitaler Musikpraxen ergeben und in Abschnitt 3.3 im Hinblick auf das Projekt näher erläutert werden.

2.6 Clustermodell für Musik-Apps

Angesichts der unüberschaubar hohen Zahl verfügbarer Musik-Apps – im November 2022 waren es im App-Store für das Apple iPad mindestens 36.000 – ist eine Strukturierung erforderlich. Ahner et al. (2018) nehmen in einem Clustermodell eine Einteilung in vier grundlegende Kategorien vor:

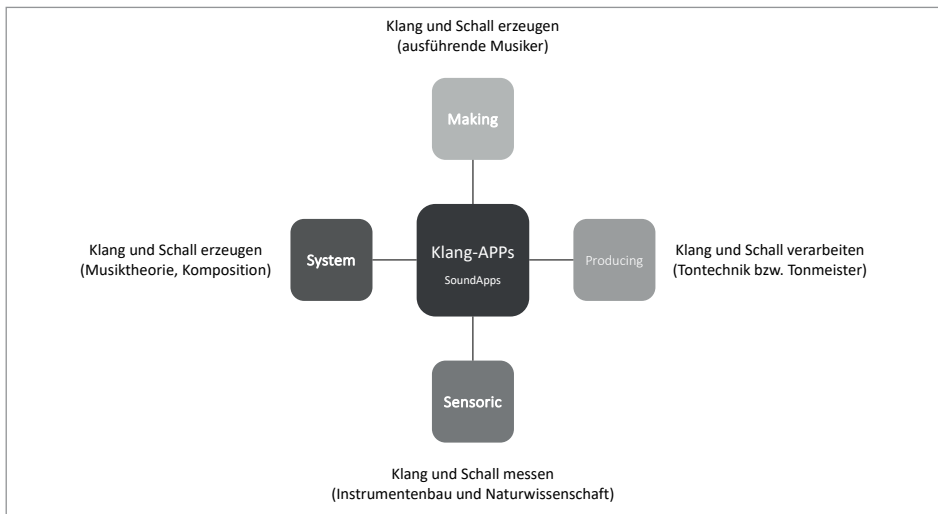


Abb. 2: Clustermodell für Musik-Apps von Ahner et al. (2018)

In den Musikunterricht haben bisher insbesondere Anwendungen aus den Clustern *Making* und *Producing* in größerem Umfang Eingang gefunden – also einerseits Apps, die innovative Möglichkeiten der Klangerzeugung und des Gestaltens von Klangfarben bieten, andererseits solche, die im Sinne eines virtuellen Tonstudios insbesondere das Arrangieren und Produzieren von Musik ermöglichen. Dies erklärt sich aus der Dominanz von Aufgaben der (Re-)Produktion von Musik, welche angesichts der besonderen Potenziale digitaler Medien im Hinblick auf die Zugänglichkeit kreativer Musikpraxis schlüssig ist (vgl. Weidner & Stange, 2022). Das Konzept des Lehr-Lern-Labors Musik folgt dieser didaktischen Schwerpunktsetzung, indem es ebenfalls die kreative und produktive Arbeit mit Musik-Apps aus den genannten Clustern in den Mittelpunkt stellt.

3. Das Lehr-Lern-Labor Musik

3.1 Vorüberlegungen

Das aus der Schülerlabor-Bewegung hervorgegangene Konzept der universitären Lehr-Lern-Labore etablierte sich zunächst im MINT-Bereich, sodass die konzeptuelle Basis durch diese didaktischen Fachrichtungen geprägt wurde (vgl. Rehfeldt et al., 2020). Da mittlerweile zahlreiche Studien zeigen, dass die Teilnahme an Lehr-Lern-Labor-Seminaren in diesen Fächern positive Effekte hat (vgl. ebd., S. 164), stellt sich die Frage, inwiefern sich das Format auf das Fach Musik übertragen lässt. Auch hier ist eine experimentierende Grundhaltung oftmals Voraussetzung für den Erfolg, beispielsweise beim Spielen eines Instruments oder beim Erfinden eines Musikstücks – wenn auch in einem anderen Sinne als in den MINT-Fächern.

Um die besonderen Potenziale zu nutzen, die digitale Medien im Bereich des produktionsorientierten kreativen Arbeitens haben, stehen musikalische Gestaltungsprozesse und ihre didaktische Begleitung im Zentrum. Damit werden wesentliche Ziele des Unterrichtsfachs Musik aufgegriffen, die laut Kernlehrplan NRW unter anderem darin bestehen, kreative Potenziale der Schülerinnen und Schüler auszubauen und durch eigene Produktionen ihre musikalisch-ästhetischen Kompetenzen zu erweitern (vgl. Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2012). Gleichzeitig soll die medienbasierte Arbeit didaktisch genutzt werden, um den Umgang mit musikbezogenen Vorerfahrungen im Musikunterricht zu verbessern und so mehr Bildungsgerechtigkeit und kulturelle Teilhabe zu ermöglichen.

Die oben skizzierte Notwendigkeit einer Neuorientierung des Fachs Musik legt es nahe, das Konzept der Lehrveranstaltung zunächst breit anzulegen, um ein vielfältiges Erkunden der Potenziale von Digitalität zu ermöglichen und gleichzeitig der Diversität der Vorerfahrungen und Einstellungen Rechnung zu tragen, die Studierende im Bereich digitaler musikalischer Praxis mitbringen. Auf diese Weise können die unterschiedlichen Kompetenzen Studierender im Umgang mit Musik-Apps in das Lehr-Lern-Labor einfließen und die damit verbundenen Strategien informellen Lernens in den institutionellen Kontext integriert werden.

Der Bundesverband Musikunterricht fordert in einem Positionspapier neben Qualifizierungsmaßnahmen auch die Entwicklung passender Unterrichtsmaterialien (vgl. BMU, 2019). Letzteres stellt angesichts der Vielzahl an Apps, der Uneinheitlichkeit von Systemen und der schnellen technischen Weiterentwicklungen eine Herausforderung dar. Dem begegnet das Lehr-Lern-Labor, indem es Studierende vor die Aufgabe stellt, eigene Lernmaterialien für Schülerinnen und Schüler zu erstellen und dabei auf individuelle Vorerfahrungen zurückzugreifen, sodass außerhalb des Studiums erworbene Fertigkeiten und Spezialisierungen eingebracht werden können. Da keine Normierung z.B. durch die Festlegung auf bestimmte Apps erfolgt, fließen so unterschiedlichste Kompetenzen und Interessen der Studierenden ein. Dieses Vorgehen fördert ihre Lernmotivation und ermöglicht die Gestaltung vielfältiger innovativer Projekte. Neben der weit verbreiteten Producing-App *Garage Band*, die bereits ein breites Spektrum an Möglichkeiten bietet, werden den Studierenden

daher weitere Anwendungen zur Verfügung gestellt oder auf ihre Anregung hin in das Lehr-Lern-Labor integriert, beispielsweise *Koala* (Sampling), *iMovie* (Kombination von Film und Sound), *TC-Performer* (elektronische Sounds per Multitouch für Live-Performance) oder *SoundPrism* (Komponieren und Improvisieren mit Hilfe von Visualisierungen).

3.2 Seminarkonzept

Zur Realisierung der genannten Zielsetzungen wurde ein Seminarkonzept entwickelt, in dem digitale Musikpraxis, Praxiserfahrungen in der Schule und didaktische Reflexionen ineinandergreifen. In einem projektorientierten Ansatz steht dabei die Entwicklung und Erprobung digitaler Unterrichtsmaterialien im Zentrum. Bei der Erstellung der Materialien üben sich die Studierenden darin, Lern- und Gestaltungsprozesse so zu initiieren, dass selbstgesteuertes Lernen und die Umsetzung individueller Strategien ermöglicht werden. Dabei reflektieren sie, auf welche Weise sie offene Impulse setzen, gleichzeitig aber auch notwendige Hilfestellungen zur Verfügung stellen können. Auf diese Weise erfolgt bereits in der Planungsphase eine Auseinandersetzung mit den am informellen Lernen orientierten Lernstrategien und deren didaktischer Begleitung, die dann im Rahmen eines Praxistags um Erfahrungen in der Lehrendenrolle erweitert wird.

Zielgruppe des Seminars sind Studierende unterschiedlicher Lehramtsstudiengänge im fortgeschrittenen Bachelor-Studium (4. bis 6. Semester). Der größte Teil von ihnen strebt eine Qualifikation für Gymnasien und Gesamtschulen an. Dementsprechend wurde eine Münsteraner Gesamtschule als Kooperationspartnerin für die Praxistage gewonnen. Die Unterrichtsversuche finden je nach Möglichkeiten in

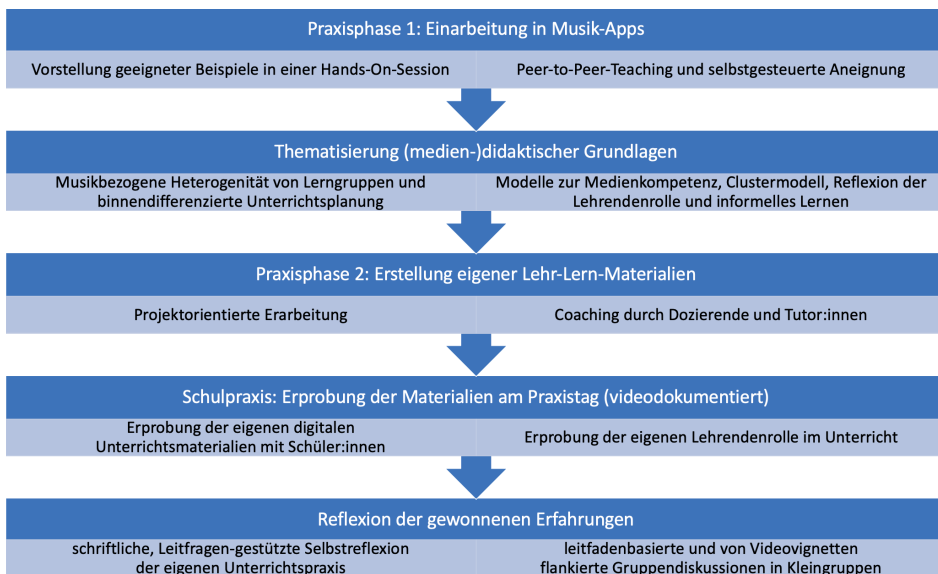


Abb. 3: Arbeitsphasen des Seminarkonzepts

Lerngruppen der Jahrgänge 9 bis 11 statt. Insgesamt besuchten vom Wintersemester 2020/21 bis Wintersemester 2022/23 50 Studierende das Seminar. Die Praxistage fanden pandemiebedingt zunächst in digitaler Form statt, ab Januar 2022 in Präsenz.

In das Seminar sind unterschiedliche Arbeitsphasen integriert, die sich teilweise ineinander verzahnen.

Die Studierenden weisen hinsichtlich ihrer Vorerfahrungen in digitaler Musikpraxis und im informellen Lernen eine extreme Heterogenität auf, die mit Unterschieden in der musikalischen Sozialisation und den daraus resultierenden individuellen Schwerpunkten in Verbindung steht: Während einige ein klassisches Instrument spielen, legen andere im Bereich der digitalen Musikpraxis ihren Schwerpunkt, da das Institut für Musikpädagogik in Münster als einer von wenigen Ausbildungsstandorten die Möglichkeit bietet, das Fach *Producing und digitale Musikpraxis* im Studium als „Hauptinstrument“ zu wählen. Aufgrund dieser Heterogenität wird ein individualisierter Lernverlauf ermöglicht, der sich dadurch auszeichnet, dass Studierende Unterrichtsthemen und die zu verwendenden Musik-Apps selbst wählen können und das *Peer-To-Peer-Teaching* einen wichtigen Anteil hat. Studierende mit einer hohen Expertise können ihre Kenntnisse einbringen und didaktisch einsetzen, während weniger Erfahrene davon profitieren oder sich eigenständig erreichbare Ziele setzen. Das projektorientierte Arbeiten und eine individuelle Begleitung der Arbeitsgruppen unterstützt dieses Vorgehen. Dabei gewinnen bzw. vertiefen die Studierenden Erfahrungen mit den informellen Lernstrategien, die sie später am Praxistag als Lehrende begleiten werden.

Die Unterrichtsmaterialien werden als digitale Schulbuchkapitel mit der plattformübergreifenden App *Book Creator* erstellt. Die App wird genutzt, um die Materialien graphisch zu gestalten, interaktive Möglichkeiten zu realisieren und Verlinkungen zu weiteren Lernmaterialien herzustellen. Unter anderem werden Tutorials eingebunden, die teilweise von den Studierenden selbst erstellt werden. Dabei orientieren sie sich in der Gestaltung an auf Youtube vorgefundenen Beispielen und schaffen so eine Anbindung an Lernmaterialien aus dem informellen Bereich. Ebenso spannt der Einsatz von kreativen Internetphänomenen wie Online-Videos, Memes und anderen populären Grafiken einen Bogen zwischen Alltagswelt und dem Unterrichtsgegenstand.

Die Studierenden gestalten die Materialien anhand von verschiedenen Kriterien. Dazu gehört die Förderung des selbstgesteuerten Lernens der Schülerinnen und Schüler. Mögliche Fragen werden bereits im Vorfeld aufgegriffen und mit Hilfsangeboten beantwortet. Das Material sollte außerdem eine differenzierte Aufgabenbearbeitung zulassen, so dass auch Schülerinnen und Schüler mit wenig musikbezogenen Vorkenntnissen zu einem gelungenen kreativen Ergebnis gelangen können.

Sowohl das Material als auch das didaktische Setting wird von den Studierenden innerhalb einer Kleingruppe von je zwei bis vier Personen im Laufe des Semesters selbstständig entwickelt. Lehrende und studentische Hilfskräfte stehen ihnen in diesem Prozess als Coaches zur Seite. Zwei Wochen vor dem Praxistag in der Schule

wird das entwickelte Material im Seminar unter Einholung von Peer-Feedback erprobt.

Ein Beispiel für ein erstelltes Unterrichtsmaterial sowie für die Ergebnisse der Schülerinnen und Schüler ist online abrufbar:



3.3 Verortung im Kompetenzmodell

Abbildung 4 verortet das Lehr-Lern-Labor Musik innerhalb des DiDiKom-Modells (Kürten et al., in diesem Band).

Auf der Achse *Wissen und Fähigkeiten zur Förderung von Schülerkompetenzen* wird der Schwerpunkt darauf gelegt, dass die Studierenden ihre Fähigkeiten in der Initiierung und *Begleitung selbstgesteuerter Lernprozesse* weiterentwickeln. Neben einem geeigneten Material erfordert dies ein Rollenrepertoire, das es den angehenden Lehrkräften ermöglicht, ihr Handeln an die jeweilige Unterrichtssituation und den Verlauf des kreativen Prozesses der Schülerinnen und Schüler anzupassen. Eine wesentliche Grundlage dafür bilden die eigenen Erfahrungen im selbstgesteuerten Lernen, die die Studierenden im Rahmen des Seminars sammeln können.

Auf der Achse *Wissen und Fähigkeiten zur Berücksichtigung von Diversitätsdimensionen* steht der Aspekt der *fachbezogenen Vorerfahrungen* im Zentrum. Diese Dimension hat für das Fach Musik eine besondere Relevanz, da sie stark mit den oben genannten sozioökonomischen Faktoren in Verbindung steht und somit über Differenzen schulischer Vorkenntnisse weit hinausgeht.

Auf der Achse *Wissen und Fähigkeiten zu Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien* wurde dem Rahmenmodell eine neue Kategorie hinzugefügt. Diese Erweiterung um den Themenkomplex *Produktion* spiegelt zum einen die Notwendigkeit wider, die oben dargelegten zentralen didaktischen Ziele und musikpädagogischen Potenziale

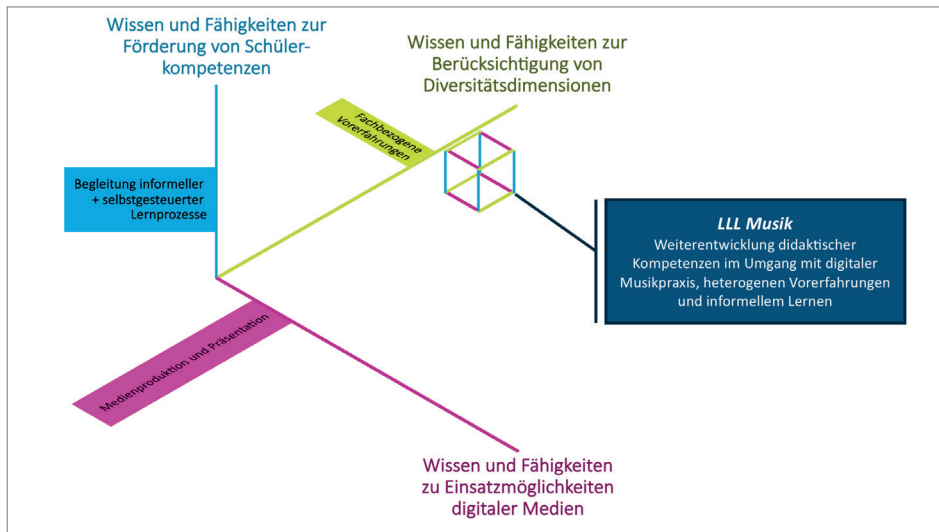


Abb. 4: Einordnung des Lehr-Lern-Labors Musik in das DiDiKom-Modell

digitaler Praktiken berücksichtigen zu können. Produktion ist zudem ein zentrales Kompetenzfeld in den Kernlehrplänen Musik des Landes Nordrhein-Westfalen (u. a. Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2012). Gleichzeitig bezieht der Aspekt die medienpädagogischen Rahmenbedingungen ein, welche im Medienkompetenzrahmen als Kompetenzbereich *Produzieren und Präsentieren* gefasst werden (Medienberatung NRW, 2018).

3.4 Forschungskonzept

Die Forschungsfrage der das Seminar begleitenden evaluierenden Forschung lautet:

Inwiefern nehmen Lehramtsstudierende im Lehr-Lern-Labor Musik einen Zuwachs ihrer professionellen Kompetenzen für den Einsatz von Musik-Apps in hinsichtlich ihrer musikalischen Vorerfahrungen heterogenen Lerngruppen wahr?

Diese Frage impliziert, dass der Fokus auf die Selbsteinschätzungen gerichtet wird, die die Studierenden hinsichtlich ihrer eigenen Kompetenzen formulieren. Eine Messung der Kompetenzen selbst erfolgt im Rahmen der Erhebungen dagegen nicht. Diese Entscheidung liegt zum einen darin begründet, dass das eigene Erleben von Kompetenz einen wesentlichen Einfluss darauf hat, ob Lehrkräfte die im Rahmen des Lehr-Lern-Labors erprobte Arbeitsweise künftig in ihren Unterricht integrieren werden. Zudem ist die Messung von Kompetenzen in den betroffenen Bereichen methodisch durchaus problematisch. Dies betrifft die im Zentrum stehenden kreativen Produktionsprozesse und ihre Begleitung², aber auch die Erfahrungen in der Lehrendenrolle. Aufgrund der erheblichen Unterschiedlichkeit der Vorerfahrungen der Studierenden wäre der Kompetenzgewinn im Bereich der digitalen Musikpraxis kaum sinnvoll zu operationalisieren, sodass der subjektive Kompetenzzuwachs als aussagekräftiger betrachtet werden kann.

Die Forschung ist als Mixed-Methods-Design angelegt, setzt aber den Schwerpunkt auf qualitative Methoden, da diese sich in besonderer Weise eignen, um sich den Reflexionsprozessen der Studierenden zu nähern. Eine quantitative Erfassung der Voraussetzungen und Selbsteinschätzungen flankiert die qualitativen Erhebungen und ermöglicht einen Vergleich mit den Lehr-Lern-Laboren anderer Fächer.

Im Verlauf des Forschungsprozesses kristallisierte sich die Lehrendenrolle als ein wesentlicher Aspekt der professionellen Kompetenz heraus. Diese Schwerpunktsetzung resultierte aus den Selbstreflexionen der Studierenden im Rückblick auf den Praxistag. Die Reflexion der eigenen Kompetenzen hinsichtlich des Einsatzes der Musik-Apps und ihrer Auswirkungen auf das didaktische Handeln spielte ebenfalls

2 Es existieren zwar empirische Studien zur Messung von Kreativität (vgl. Kupers et al., 2019), die sich in ihrer Ausrichtung jedoch stark unterscheiden und jeweils nur Ausschnitte dieses Konstruktes abbilden können. Eine allgemeingültige Definition von Kreativität gibt es nicht (vgl. Kraemer, 2004, S. 321).

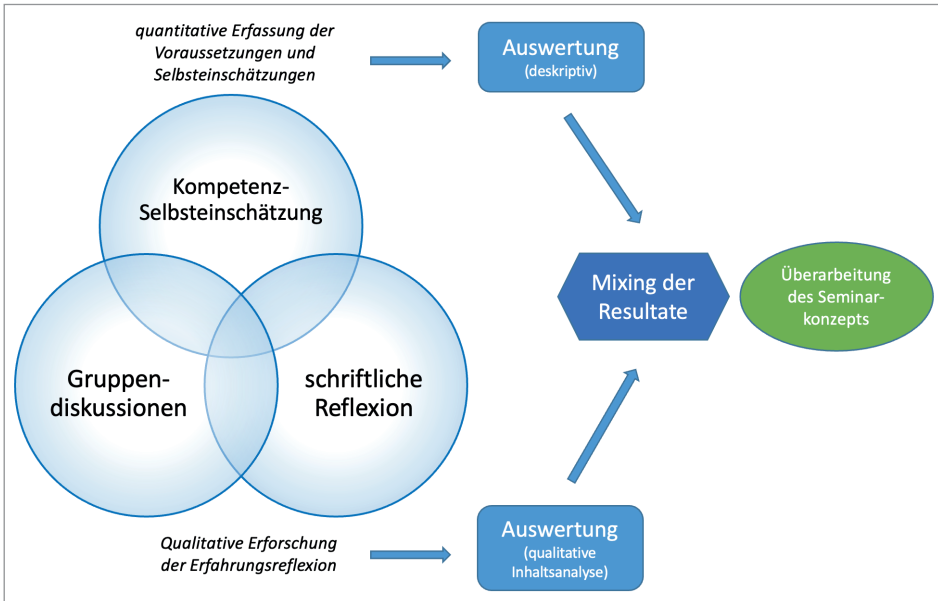


Abb. 5: Forschungsdesign Lehr-Lern-Labor Musik

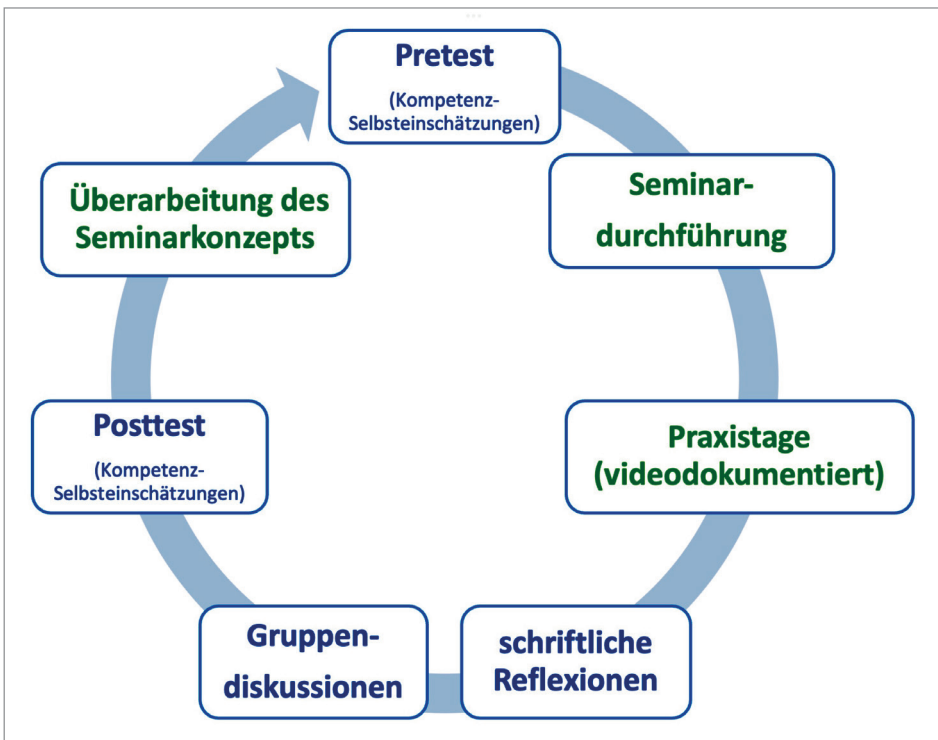


Abb. 6: Ablauf der Erhebungen

eine wichtige Rolle. Der Umgang mit Heterogenität wurde insbesondere in der Phase der Materialerstellung thematisiert und in den Reflexionen punktuell aufgegriffen.

Die qualitative Erfassung der gewonnenen Erfahrungen erfolgte im Anschluss an den Praxistag zunächst durch eine leitfragengestützte, schriftliche Selbstreflexion, welche als Vorbereitung der nachfolgenden leitfadengestützten Gruppendiskussionen diente. Diese wurde durch Videovignetten flankiert, die es ermöglichen, konkrete Situationen aus der Unterrichtserfahrung der Studierenden in den Blick zu nehmen und die Erlebnisse retrospektiv zu reflektieren (vgl. Schneider-Binkl, 2018). Die Transkripte der Gruppendiskussionen werden in Form einer inhaltlich-strukturierten qualitativen Inhaltsanalyse nach Udo Kuckartz (2016) ausgewertet. Die quantitative Befragung wird unter Verwendung von Fragebogen-Items des TPACK- (vgl. Mishra & Koehler, 2006; Koehler et al., 2013) bzw. MTPACK-Modells (vgl. Godau & Fiedler, 2018) sowie Items auf Grundlage des DigCompuEdu-Modells realisiert (vgl. European Commission et al., 2017). Aus diesem methodischen Konzept ergibt sich der in Abbildung 6 dargestellte Ablauf.

4. Fazit und Ausblick

Aus dem Lehr-Lern-Labor Musik geht ein breites Spektrum an unterschiedlichen Unterrichtsideen der Studierenden hervor. Dabei kommen in erster Linie Apps aus den Bereichen *Making* und *Producing* zum Einsatz. Dies ergab sich aus den individuellen Interessen und Vorerfahrungen der Studierenden sowie aus ihren Kenntnissen hinsichtlich der Potenziale von digitaler Musikpraxis im Bereich der Förderung kreativer Kompetenzen.

Erste Auswertungen des qualitativen Datenmaterials lassen erkennen, dass es den Studierenden nicht leichtfiel, als Lehrkraft eine begleitende Rolle einzunehmen und Schülerinnen und Schüler in ihren kreativen Arbeitsprozessen zu unterstützen, ohne dabei steuernd einzugreifen. Der Umgang mit den eigenen Pausen während der offenen Arbeitsphasen fiel den Studierenden sichtlich schwer und wurde tendenziell als unangenehm beschrieben. Diese Erfahrung initiierte eine Reflexion über die eigenen Handlungsoptionen in der Begleitung von Lernprozessen.

Hatten die Studierenden im Vorfeld insbesondere die Materialerstellung im Blick, wurden sie sich durch den Praxistag der Herausforderungen bewusst, die sich ihnen als Lehrkräfte in der Unterrichtssituation stellen. Diese Schwierigkeiten der Rollenfindung wurden in der Reflexion zu Aspekten der Materialerstellung und dem eigenen Kompetenzerleben im Umgang mit digitalen Musik-Medien in Beziehung gesetzt. In der weiteren Auswertung wird es darum gehen, diese Erfahrungs- und Reflexionsprozesse anhand des erhobenen qualitativen Datenmaterials tiefergehend zu analysieren und vor dem Hintergrund der Ergebnisse der quantitativen Erhebung von musikbezogenen Kompetenzselbsteinschätzungen auszuwerten.

Im Kontext des interdisziplinären Projekts stellt sich die Frage, inwiefern im Fach Musik, ähnlich wie in anderen beteiligten Fächern, eine konkretere Fokussierung von spezifischen digitalisierungsbezogenen Kompetenzen – etwa den Umgang mit

ausgewählten Musik-Apps – möglich wäre, um den Lernfortschritt genauer erfassen und die in der didaktischen Anwendung gewonnenen Erkenntnisse besser vergleichen zu können. Ein solches alternatives Vorgehen wäre denkbar, würde aber eine andere musikdidaktische Ausrichtung voraussetzen. Das hier vorgestellte Modell verortet sich im Umfeld musikdidaktischer Positionen, die ästhetische Erfahrungen und Aspekte der Teilhabe in den Mittelpunkt stellen (vgl. Wallbaum, 2016). Dieser Schwerpunkt wurde unter anderem gesetzt, um die speziellen Potenziale digitaler Musikpraxen im schulischen Musikunterricht umfassend ausschöpfen und dabei das dargelegte veränderte Verständnis von musikalischer Praxis integrieren zu können. Der offene Ansatz bietet Studierenden auf ihrem jeweiligen Stand Spielräume für unterschiedliche Professionalisierungsprozesse und nutzt gleichzeitig ihre vorhandenen Kompetenzen für didaktische Innovationen, die im Bereich der Digitalisierung in besonderem Maße von der jungen Generation zu erwarten sind. Auf diese Weise kann das Lehr-Lern-Labor Musik nicht nur die Professionalisierung von Studierenden voranbringen, sondern auch dazu beitragen, neue Perspektiven für das Unterrichtsfach Musik generationsübergreifend zu entwickeln und in der Praxis zu etablieren.

Literatur

- Ahner, P. (2018). Im Zusammenspiel der Dinge. Musik(-Lernen) und Digitalisierung als iterativer Prozess. *Zeitschrift für Religions- und Geistesgeschichte*, 4/2018, 371–388. <https://doi.org/10.1163/15700739-07004006>
- Ahner, P., Hertzsch, L., Heiting, D. & Flad, T. (2019). *Music Apps. Unterrichten mit Smartphones und Tablets*. Schott.
- Aßmann, S. (2016). Informelles Lernen mit digitalen Medien in der Schule. In M. Rohs (Hrsg.), *Handbuch Informelles Lernen* (S. 515–527). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-05953-8_29
- BMU (Bundesverband Musikunterricht e. V.) (2019). *Musikunterricht und Digitalisierung. BMU-Position zur Entwicklung des Musikunterrichts im Zeitalter der Digitalisierung*. https://www.bmu-musik.de/fileadmin/Medien/BV/BMU_Positionen_Digitalisierung_DRUCK.pdf
- Bubinger, A. & Barth, D. (2020). Gerechtigkeit und gutes Leben? Zur Frage der ethischen Rechtfertigung eines auf „sicherer Notenkenntnis“ gründenden Musikunterrichts. *Diskussion Musikpädagogik*, 85, 30–40.
- Eusterbrock, L., Godau, M., Haenisch, M., Krebs, M. & Rolle, C. (2021). Von ‚inspirierenden Orten‘ und ‚Safe Places‘. Die ästhetische Nutzung von Orten in der Appmusikpraxis. In J. Hasselhorn, O. Kautny & F. Platz (Hrsg.), *Musikpädagogik im Spannungsfeld von Reflexion und Intervention* (S. 155–172). Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:24337>
- European Commission, Joint Research Centre, Redecker, C., Punie, Y. (Hrsg.) (2017). *European framework for the digital competence of educators – DigCompEdu*. Publications Office of the European Union. <http://dx.doi.org/10.2760/159770>
- Fiedler, D. & Müllensiefen, D. (2017). Musikalisches Selbstkonzept und Musikalische Erfahrung beeinflussen die Entwicklung des Interesses am Schulfach Musik. Eine empirische Längsschnittuntersuchung von Schülerinnen und Schülern an Haupt-, Gemein-

- schafts- und Realschulen sowie Gymnasien in Baden-Württemberg. In A. J. Cvetko & C. Rolle (Hrsg.), *Musikpädagogik und Kulturwissenschaft* (S. 217–235). Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:15527>
- Godau, M. (2016). „Am besten ist, der Musiklehrer geht einen Kaffee trinken oder was weiß ich“. Zur Lehrer_innenrolle in selbstständigen Lernprozessen im Musikunterricht. In J. Knigge & A. Niessen, A. (Hrsg.), *Musikpädagogik und Erziehungswissenschaft* (S. 155–169). Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:15250>
- Godau, M. (2017). *Gemeinsam allein: Klassenmusizieren mit populärer Musik: Eine systemisch-konstruktivistische Grounded Theory über Prozesse selbstständigen Lernens von Gruppen mit informellen Lernmethoden im schulischen Musikunterricht*. Lit.
- Godau, M. (2022). Touch-Screen-Music. Eine postphänomenologische Perspektive auf ästhetische Lern- und Bildungspraxis mit Musikapps auf Smarttechnologien. In M. Ahlers et al. (Hrsg.), *Musikmachdinge im Kontext. Forschungszugänge zur Soziomaterialität von Musiktechnologie* (S. 89–121). Georg Olms Verlag.
- Godau, M. & Fiedler, D. (2018). Erfassung des Professionswissens von Musiklehrkräften. Validierung einer deutschen Übersetzung eines Selbstauskunftsfragebogens zur Erfassung des Musical Technological Pedagogical And Content Knowledge (MTPACK). In B. Clausen & S. Dreßler (Hrsg.), *Soziale Aspekte des Musiklernens* (S. 185–205). Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:20732>
- Godau, M. & Haenisch, M., (2019). How popular musicians learn in the postdigital age. Ergebnisse einer Studie zur Soziomaterialität des Songwritings von Bands in informellen Kontexten. In V. Weidner & C. Rolle (Hrsg.), *Praxen und Diskurse aus Sicht musikpädagogischer Forschung* (S. 51–67). Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:20704>
- Green, L. (2002). *How popular musicians learn: A way ahead for music education*. Ashgate. <https://doi.org/10.4324/9781315253169>
- Green, L. (2008). *Music, informal learning and the school: a new classroom pedagogy*. Ashgate. <https://doi.org/10.4324/9781315248523>
- Hillebrandt, F. (2014). *Soziologische Praxistheorien. Eine Einführung*. Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-94097-7>
- Jörissen, B. (2014). Digitale Medialität. In C. Wulf & J. Zirfas (Hrsg.), *Handbuch Pädagogische Anthropologie* (S. 503–514). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18970-3_46
- Klose, P. (2018). Musik als Praxis. Ein anderer Weg, Musik und Bläserklassen zu denken. In I. Siedenburg & G. Harbig (Hrsg.), *Kreatives Musizieren in der Bläserklasse. Wege zum Improvisieren und Komponieren zwischen Jazz und experimentellem Klang* (S. 9–30). read-box unipress (Wissenschaftliche Schriften der WWU Münster).
- KMK. (2017). *Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016 in der Fassung vom 07.12.2017*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf
- Koehler, M., Mishra, P., Akcaoglu, M. & Rosenberg, J. (2013). *The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework for Teachers and Teacher Educators*. http://www.matt-koehler.com/publications/Koehler_et_al_2013.pdf
- Kraemer, R.-D. (2004). *Musikpädagogik: eine Einführung in das Studium*. Augsburg: Wissner.
- Kuckartz, U. (2016) *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3., überarb. Aufl.). Beltz Juventa.

- Kupers, E., Lehmann-Wermser, A., McPherson, G. & van Geert, P. (2019). Children's Creativity: A Theoretical Framework and Systematic Review. *Review of Educational Research*, 89(1), 93–124. <https://doi.org/10.3102/0034654318815707>
- Kürten, R., Greefrath, G. & Hammann, M. (Hrsg.) (2020). *Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-Laboren. Innovative Lehrformate in der Lehrerbildung zum Umgang mit Heterogenität und Inklusion*. Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830989905>
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated Learning. Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511815355>
- Medienberatung NRW (2018). *Medienkompetenzrahmen NRW*. Münster/Düsseldorf: Medienberatung NRW. https://medienkompetenzrahmen.nrw/fileadmin/pdf/LVR_ZMB_MKR_Broschuere.pdf
- Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW (2012). *Kernlehrplan für die Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen – Musik*. https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SI/GE/musik/KLP_GE_MU.pdf
- Mishra, P. & Koehler, M. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Reckwitz, A. (2003). Grundelemente einer Theorie sozialer Praktiken. Eine sozialtheoretische Perspektive. *Zeitschrift für Soziologie*, 32, 282–301. <https://doi.org/10.1515/zfsoz-2003-0401>
- Regelski, T. A. (2015). *A Brief Introduction to a Philosophy of Music and Music Education as Social Praxis*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315686493>
- 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>
- Schläbitz, N. (2022). *Die Turing-Galaxis. Zur Ästhetik digitaler Musik und zum diskreten Charme der Neuen Medien*. Electronic Publishing Osnabrück.
- Schläbitz, N. & Siedenburger, I. (2019). Musikpädagogik und der Weg vom Erwartungshorizont zum Ermöglichungsspielraum. In S. Froleyks, U. Rademacher & F. Vollmer (Hrsg.), *Musik für Münster: Musikhochschule und Westfälische Schule für Musik 1919–2019* (S. 144–165). Aschendorff Verlag.
- Schneider-Binkl, S. (2018). Video-Stimulated Recall Interviews als methodischer Ansatz für die qualitative Unterrichtsforschung im Fach Musik. *Beiträge empirischer Musikpädagogik*, 9, 1–20. <https://www.b-em.info/index.php/ojs/article/view/150>.
- Siedenburger, I. & Nolte, E. (2015). Auf dem Weg zu einer neuen Lernkultur: Popvermittlung in der Musikschule. In M. Ahlers (Hrsg.), *Popmusik-Vermittlung. Zwischen Schule, Universität und Beruf* (S. 221–236). LIT Verlag.
- Wagner, B., Welbers, U. & Gaus, O. (2005). *The shift from teaching to learning: Konstruktionsbedingungen eines Ideals*. Bielefeld: Bertelsmann.
- Wallbaum, C. (2016). Didaktische Position III: Erfahrung – Situation – Praxis. In D. Barth (Hrsg.), *Musik. Kunst. Theater. Fachdidaktische Positionen ästhetisch-kultureller Bildung an Schulen* (S. 39–55). Electronic Publishing Osnabrück.
- Weidner, V. & Stange, C. (2022). Musikalische Bildung in der digitalen Welt. Die digitale Transformation im Fokus von Musikpädagogik und -didaktik. In V. Frederking & R. Romeike (Hrsg.), *Fachliche Bildung in der digitalen Welt: Digitalisierung, Big Data und KI im Forschungsfokus von 15 Fachdidaktiken* (S. 260–289). Waxmann.

Digitale Medien als Hilfsmittel zur Visualisierung im Physikunterricht

1. Einleitung

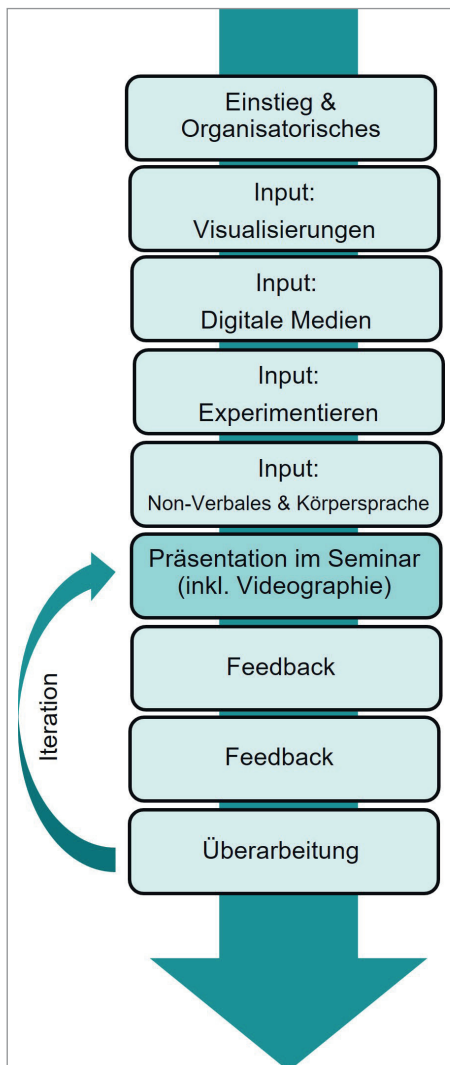


Abb. 1: Ablauf des Lehr-Lern-Labors der Physikdidaktik

Physikunterricht ist laut den Ergebnissen vieler Studien der letzten 40 Jahre bei Lernenden wenig beliebt (z.B. Häußler, 1987; Hoffmann et al., 1998). Seit den 1980er Jahren wurde das Interesse am Physikunterricht ausführlich untersucht, wobei u.a. geschlechterspezifische Unterschiede aufgezeigt wurden (Hoffmann et al., 1998). Über die zugrundeliegenden Ursachen für das mangelnde Interesse an Physik ist dabei weiterhin wenig bekannt. Zusätzlich lässt sich die Frage stellen, ob bisherige Unterteilungen nach Geschlecht der Lernenden zielführend sind und tatsächlich eine Ursache für ein unterschiedliches Interesse an Physik darstellen. Ein möglicher alternativer Ansatz zu einer geschlechterunabhängigen Betrachtung des Interesses sind beispielsweise die Konstrukte der „Empathizing-Systemizing Theory“ (EST), die die Neigung von Personen in der Art ihres Denkens zum „Empathisieren“ oder „Systematisieren“ beschreibt (Baron-Cohen, 2002, 2004). Dabei umfasst das empathisierende Denken die Fähigkeit, die Gefühle und Emotionen anderer Menschen zu verstehen und ihr Verhalten richtig zu interpretieren und vorherzusagen. Systematisieren beschreibt die Fähigkeit, Aspekte des Alltags und der Umwelt als System zu verstehen und logische „Wenn-dann“-Aussagen zu treffen (Baron-Cohen, 2004).

Des Weiteren wird das Fach Physik von Lernenden in Studien (Winkelmann et al., 2021) als schwierig kategorisiert, da sie diesem einen fehlenden Alltagsbezug, eine schwierige Fachsprache, einen hohen Abstraktionsgrad und eine hohe notwendige Anstrengung zum Verständnis der physikalischen Inhalte zuschreiben. Neben diesen Punkten äußern Lernende, dass in der Physik unverständliche Modelle genutzt werden. Zusammengefasst deuten diese Aussagen darauf hin, dass der Physikunterricht als zu wenig persönlich-lebensweltlich und die Inhalte als zu schwierig und zu abstrakt-formal empfunden werden (Winkelmann et al., 2021).

Das Lehr-Lern-Labor der Physikdidaktik der Universität Münster möchte diesem begegnen und hat sich zum Ziel gesetzt, angehende Physiklehrkräfte im komplexitätsreduzierten Lehrsetting für die abstrakt-formale Ausprägung des Physikunterrichts zu sensibilisieren und ihnen unterschiedliche Visualisierungstechniken an die Hand zu geben. Dabei spielen Wiederholungsschleifen mit Videographie und Feedback von Kommilitoninnen und Kommilitonen, erfahrenen Dozierenden und Lernenden und daraus resultierenden Optimierungsmöglichkeiten eine zentrale Rolle (s. Abb. 1). Das Hauptaugenmerk neben der Heterogenitätsdimension Interesse am Fachunterricht liegt auf der medialen Aufbereitung und Veranschaulichung der zu erklärenden Inhalte anhand von digitalen Medien, auch, um dem von den Lernenden bemängelten hohen Abstraktionsgrad zu begegnen. Die begleitende Forschung geht dabei der Frage nach, mit welchen Persönlichkeitsmerkmalen Fachinteresse und empfundene Schwierigkeit des Physikunterrichts bei Lernenden und (angehenden) Lehrkräften zusammenhängen, wie sich diese speziell in der Kohorte der (angehenden) Physiklehrkräfte ausprägen und inwiefern sich Einstellungen und Motivationen beispielsweise in Bezug auf den Einsatz (digitaler) Medien durch den Besuch des Lehr-Lern-Labors verändern lassen.

2. Theorie

2.1 Interesse im Physikunterricht

Die Person-Gegenstands-Theorie (Krapp, 1992) beschreibt Interesse allgemein als eine Beziehung zwischen einer Person und einem Gegenstand. Als Gegenstände werden hierbei unterscheidbare Objekte aus der Umwelt und dem Alltag der Personen verstanden. Im Physikunterricht sind diese Gegenstände Inhalte oder Wissensgebiete, aber z. B. auch Tätigkeiten (Krapp, 1992). Während des Heranwachsens von Kindern und Jugendlichen zu Erwachsenen bilden sich dabei Vorlieben für bestimmte Themenbereiche heraus, die dann als eher interessant oder eher uninteressant empfunden und bezeichnet werden. Man unterscheidet hierbei zwischen individuellem Interesse, welches eher ein Personenmerkmal ist, und dem situativen Interesse, welches sich durch Merkmale einer Lernumgebung beeinflussen lässt (s. Abb. 2). Diese beiden Begriffe sind jedoch nicht klar voneinander abgrenzbar und daher nicht trennscharf (Krapp, 1992). Bei der Beschäftigung mit einem (Lern-)Gegenstand kommt es zum situationalen und dispositionalen Interesse der Person. Nach Krapp wird diese Interaktion als „aktuelles Interesse“ bezeichnet.

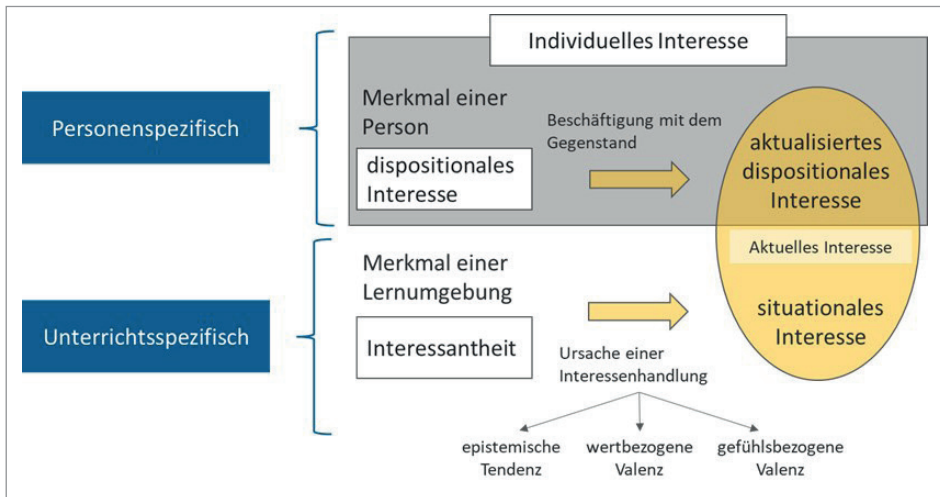


Abb. 2: Interessenskonstrukte nach Krapp (1992), Grafik angelehnt an Engeln (2004)

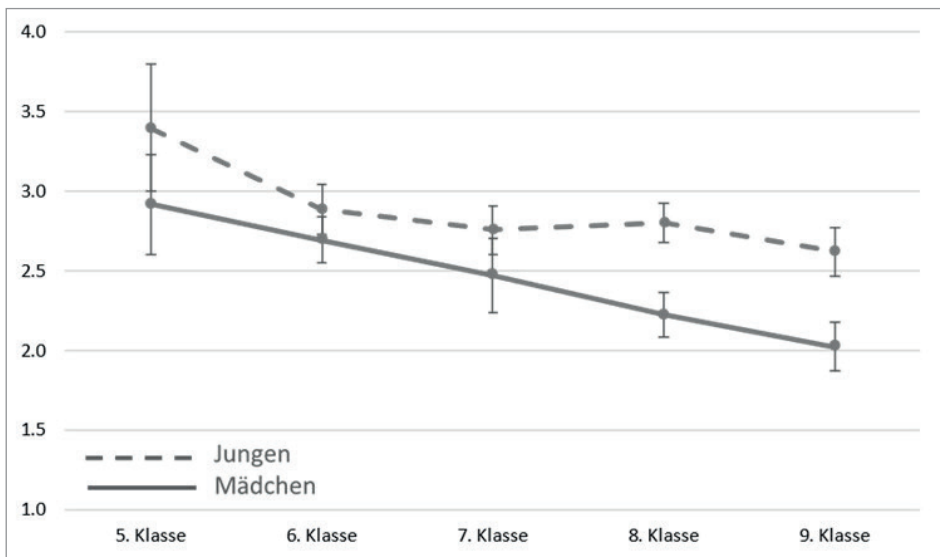


Abb. 3: Interesse am Fach Physik (Daten aus eigenen Studien, $n = 588$, $1 \triangleq$ interessiert mich nicht, $4 \triangleq$ interessiert mich stark)

Im Vergleich zu anderen Fächern ist das Interesse an Physikunterricht sehr gering (Häußler et al., 1998; Hoffmann et al., 1998; Merzyn, 2013). Auch aktuelle Untersuchungen replizieren die Ergebnisse der IPN-Interessensstudie (Hoffmann et al., 1998): Das Interesse am Fach Physik nimmt im Laufe der Sekundarstufe I stark ab (s. Abb. 3). Dabei verweisen die genannten Studien darauf, dass das Interesse von Mädchen am Physikunterricht das der Jungen noch unterschreitet und sich nach dem stärksten Einbruch um die 7. und 8. Jahrgangsstufe herum auch nicht wieder erholt.

Hierdurch wurde eine Korrelation zwischen Geschlecht und Fachinteresse angenommen. Es lässt sich aber hinterfragen, ob das Geschlecht tatsächlich eine Ursache hierfür darstellt oder ob sich diese Korrelation auf komplexere Art ergibt.

Neben dem mangelnden Interesse an Physik empfinden Lernende das Fach zusätzlich als schwierig. Ford (1989) sieht als Ursache der empfundenen Schwierigkeit jedoch nicht das Fach Physik selbst, sondern vielmehr seine Art der Vermittlung. Um der Frage nach den konkreten Schwierigkeiten im Physikunterricht nachzugehen und geeignete Interventionen zu planen, untersuchten Winkelmann und Kollegen in mehreren quantitativen und qualitativen Studien die für Lernende schwierigen Merkmale im Physikunterricht (Winkelmann et al., 2021). Sie stellten fest, dass Schülerinnen und Schüler sich an einer Auseinandersetzung der Physik mit Modellen erfreuen, jedoch ihre Verallgemeinerung und Arbeit mit diesen als schwierig empfanden (Winkelmann et al., 2021). Weiter wünschen sich die befragten Lernenden einen größeren Alltagsbezug der Physik, sodass sie dieser mehr persönliche Relevanz zuschreiben können. Eine weitere Hürde im Physikunterricht ist laut den Befragten die aktive Verwendung der Fachsprache. Möglicherweise können hier auf Lehrendenseite Kompetenzen im Umgang mit den empfundenen Schwierigkeiten helfen, um den Unterricht für die Lernenden effizienter zu gestalten. Eine mögliche Vorgehensweise hierzu könnten Visualisierungen sein, da die höhere Motivation der Lernenden beim Umgang mit Modellen bereits ein Indiz dafür lieferte, dass Veranschaulichungen wie Modelle oder weitere Visualisierungen gut eingesetzt für die Schülerinnen und Schüler die Schwierigkeit an der Physik vermindern könnten.

2.2 Empathisieren und Systematisieren

Für die genaue Passung der Methoden und Kontexte des Unterrichts wurden bisher vor allem geschlechterspezifische Merkmale zur Unterscheidung von Gruppen herangezogen. Speziell in der Interessensforschung wurden dem Interesse geschlechterspezifische Unterschiede zugewiesen. Eine Förderung von Interesse an Physik unter Berücksichtigung geschlechterspezifischer Merkmale erwies sich in Bezug auf Fördermaßnahmen allerdings nur begrenzt als zielführend. Zusätzlich beschreibt diese Unterteilung und eine anschließende Mittelwertsbetrachtung einige Gruppen eher schlecht (z. B. Mädchen, die sich für Physik interessieren und Jungen, für die dieses nicht gilt). Zusätzlich stellt sich die Frage, ob nicht andere Merkmale die Ursache für unterschiedliche Bedürfnisse wie die wahrgenommene Schwierigkeit oder das Interesse an Physik sind. Daher sollen im Lehr-Lern-Labor der Physikdidaktik die Studierenden für andere Personenmerkmale sensibilisiert werden. Hierzu wird die Heterogenitätsdimension „Interesse an Physik“ unter dem Blickwinkel der Empathizing-Systemizing Theory (EST) von Baron-Cohen im Seminar vorgestellt und thematisiert (Baron-Cohen, 2002, 2004).

In der EST werden beim menschlichen Denken zwei Dimensionen unterschieden: Einerseits die Dimension des „Empathisierens“ und andererseits die Dimension des „Systematisierens“.

Das Empathisieren ist die Fähigkeit, Gefühle und Emotionen anderer Personen zu verstehen und deren Verhalten richtig zu interpretieren und vorherzusagen. Die Messung der Stärke der Ausprägung erfolgt über den Empathisierungs-Quotienten (EQ). Das Systematisieren beschreibt hingegen die Fähigkeit, Dinge als System zu verstehen und logische „wenn-dann“-Aussagen zu folgern (Baron-Cohen, 2004). Die Stärke dieser Dimension wird durch den Systematisierungs-Quotienten (SQ) gemessen. Von Person zu Person variieren die Ausprägungen der beiden Dimensionen. Zur genaueren Beschreibung von Personen und als Gesamtmaß beider Dimensionen wird meist ein Differenzwert („D-Wert“) gebildet (Billington et al., 2007) und daraus die konkreten Brain Types ermittelt:

- *Typ E (Empathisierend): EQ ist stärker ausgeprägt als SQ.*
- *Typ S (Systematisierend): SQ ist stärker ausgeprägt als EQ.*
- *Typ B (Balanced/Ausgeglichen): EQ und SQ sind etwa gleich stark ausgeprägt.*

In den nachfolgenden didaktischen Betrachtungen werden dabei die Konstrukte der EST als Persönlichkeitsmerkmal genutzt, ohne die neurologischen Ursachen zu betrachten.

Zusätzlich zur alleinigen Betrachtung der Brain Types hat sich außerdem gezeigt, dass eine Einzelbetrachtung der jeweiligen Dimensionen, vor allem des Systematisierens, ebenfalls zielführend sein kann (Svedholm-Häkkinen & Lindeman, 2016). Dies erscheint auch vor dem Hintergrund der negativen Rückmeldungen von Lernenden über den typischen abstrakt-formalen Zugang der Physik sinnvoll.

2.3 Visualisierungen, Repräsentationsformen und mediale Aufbereitung

Lernbezogene Herausforderungen in Form von Abstraktionsgrad und komplexer Fachsprache lassen sich durch den Einsatz adäquater Visualisierungen abmildern. Sie begegnen der Flüchtigkeit des gesprochenen Wortes und können für eine kognitive Entlastung sorgen (Cognitive Load Theory, Sweller et al., 2011) sowie das Verstehen und die nachhaltige Sicherung von Informationen unterstützen (Dual Coding Theory, Paivio, 1986). Visualisierungen kommt daher im Physikunterricht eine zentrale Bedeutung zu. Neben dem gesprochenen Wort (verbale Repräsentation, auditive Wahrnehmung) spielen entsprechend in Situationen mündlicher Erklärungen visuelle Repräsentationen eine Rolle, die hier in Anlehnung an Leisen (2013) dargestellt sind (siehe Abb. 4). Der Kanon von Darstellungsformen in der Präsentation physikalischer Inhalte weist dabei eine große Vielfalt auf, um teils hoch abstrakte physikalische Gegenstände und Phänomene für das menschliche Auge erfassbar zu machen. Zum „Sichtbarmachen von Informationen“ können dabei z. B. (verschriftlichte) Texte, Bilder, Modelle, Diagramme, Gleichungen, Tabellen, Graphen, Experimente oder Zeichnungen dienen (Heinicke et al., 2022).

Visualisierungen in der Physik erfüllen dabei epistemische und kommunikative Funktionen: So können einerseits über die visuellen Darstellungen Wissen vermittelt, Vorstellungen ausgedrückt und auch Verstehensdifferenzen diskutiert werden

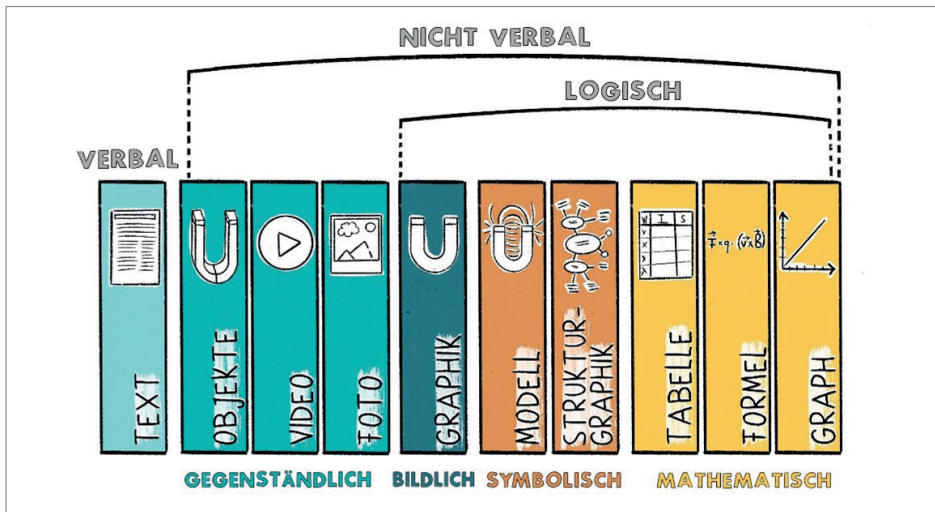


Abb. 4: Darstellungsformen in der Physik in Anlehnung an Leisen (2013) entnommen aus Heinicke et al. (2022)

(kommunikative Funktionen) und damit auch Schülervorstellungen diagnostiziert werden. Andererseits können mit Visualisierungen auch Inhalte erschlossen und Ideen weiterentwickelt werden (Heinicke et al., 2022). Zusätzlich hat die Physik auch ihre eigene Bildersprache, mit der eine sozial-symbolische Funktion verbunden ist: Glühlampen auf einem gezeichneten Schaltplan sehen anders aus als in der Realität, und so muss diese Sprache zum Verständnis erst entschlüsselt werden: Nur wer die (Bilder-)Sprache der Physik beherrscht, kann sie verstehen und in ihrer Form selbst kommunizieren. Der Wahl und dem Einsatz von Visualisierungen in der Vermittlung der Physik müssen daher vertiefte fachdidaktische Überlegungen unterliegen, damit sie adressatengerecht und lernzielangemessen sind.

2.4 Medien in der Gestaltung von Erklärsituationen und Visualisierungen

Für die Präsentation von Visualisierungen bedarf es der Einbindung verschiedener Medien. Experimentaufbauten und gegenständliche Artefakte oder Zeichnungen auf Lernmaterialien, in Schulbüchern oder an der Tafel sind hier traditionelle analoge Beispiele. Durch die zunehmende Digitalisierung des schulischen Unterrichts haben ergänzend digitale Medien und Repräsentationen Einzug in den Unterricht erhalten. Digitale Medien erweitern dabei das Spektrum der Möglichkeiten vor allem durch ihre zeitökonomische Einsetzbarkeit je nach Verwendung deutlich. Betrachtet man beispielsweise den Einsatz eines Fotos oder Videos von einer experimentellen Durchführung: Während der zu betrachtende reale Effekt des experimentell aufbereiteten Phänomens oft nur eine flüchtige Erscheinung des Augenblicks ist (eine Kugel fliegt eine bestimmte Bahnkurve, zwei Gegenstände ziehen sich an oder stoßen sich ab, ein Zeiger schlägt für kurze Zeit aus), so kann mit Hilfe von Videoaufnahmen dieser

visuelle Eindruck „verdauert“ werden. Anhand eines digitalen Endgerätes und einer Projektionsvorrichtung lässt sich eine solche Aufnahme als Foto, Video oder auch als Zeitlupen- und vergrößernde Detailaufnahme mit entsprechender technischer Ausstattung und technikbezogenen Kompetenzen in kurzer Zeit und mit wenig Aufwand umsetzen. Anschließend kann diese Aufnahme an die mobilen Endgeräte der Lernenden geschickt oder in der Schulcloud gesichert und zugänglich gemacht werden. Der derart „entflüchtigte“ Sinneseindruck des Experiments kann so immer wieder aufgerufen und gezielt ausgewertet werden. Wird das Experiment der Bahnkurve beispielsweise mit der Software „Tracker“ gefilmt und analysiert, kann eine Auswertung dieser Bahnkurve mit Hilfe des digitalen Mediums erfolgen. Das Experiment könnte außerdem z. B. via Simulationen von den Lernenden selbst durchgeführt oder durch ein H5P-Applet in eine eigenständige Arbeitsumgebung eingebettet werden. All dies ist mit analogen Techniken nicht oder nur sehr begrenzt möglich und fast immer mit deutlich mehr zeitlichem Aufwand verbunden.

Im SAMR-Modell (Puentedura, 2006) lassen sich entsprechend beim Einsatz digitaler Medien vier Ebenen unterscheiden:

- Ersetzung (Substitution) des analogen Mediums ohne funktionale Änderung.
- Erweiterung (Augmentation) durch den Einsatz eines digitalen Mediums mit funktionaler Verbesserung.
- Änderung (Modification) von Aufgaben: Durch den Einsatz von digitalen Medien ermöglichen sich komplett neue Möglichkeiten zur Aufgabengestaltung.
- Neubelegung (Redefinition): Zuvor unvorstellbare Aufgaben werden durch den Einsatz digitaler Medien möglich.

Im Physikunterricht werden daher häufig Simulationen zur Visualisierung mit digitalen Medien genutzt, um z. B. aufwendige Experimente digital durchzuführen oder auf den Endgeräten der Lernenden zu bearbeiten, damit diese Experimente selbst oder auch außerhalb des Unterrichts durchführen können. Dabei zeigten Studien, „dass der klassische Unterricht mittels Computersimulationen [...] erweitert und verbessert werden kann. [...] Einen besonderen Vorteil zeigen Simulationen vor allem aber bei der Visualisierung von Phänomenen, die nicht direkt zu beobachten sind“ (Girwidz, 2020, S. 502). Auf diese Weise ist eine Erweiterung oder Änderung des unterrichtlichen Geschehens in den oben aufgeführten Beispielen gut umzusetzen.

2.5 Benötigte Kompetenzen von (angehenden) Lehrkräften

Um digitale Medien in den Unterricht einbinden zu können, bedarf es zum einen der notwendigen technischen Ausstattung, zum anderen aber auch der technischen und technisch-pädagogischen Kompetenzen der Lehrkräfte. Laut dem TPACK-Modell (Harris & Hofer, 2011) sind bei der Vermittlung des Lerninhaltes folgende drei Wissensbereiche notwendig: Pädagogisches Wissen („Pedagogical Knowledge“, PK), inhaltliches Wissen („Content Knowledge“, CK) und technologisches Wissen („Tech-

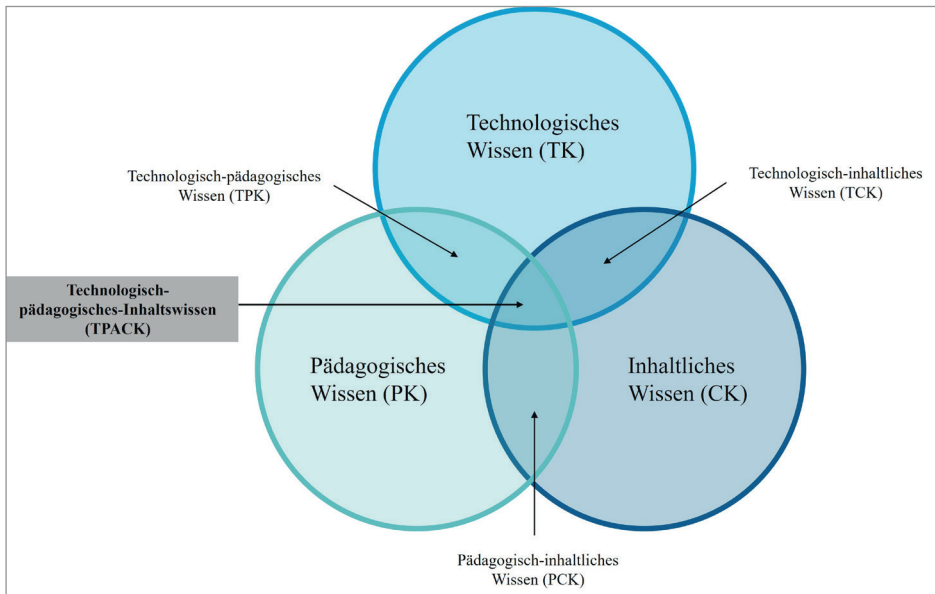


Abb. 5: TPACK-Modell, adaptierte Darstellung nach Harris und Hofer (2011)

nological Knowledge“, TK). Die Schnittmengen von jeweils zwei Wissensbereichen (s. Abb. 5) bilden dabei neue Wissensgebiete aus und die Schnittmenge aller drei Wissensbereiche bildet das von (angehenden) Lehrkräften benötigte „technologisch-pädagogische Inhaltswissen“.

Ein solches Wissen kann sich nur über längere Zeiträume und durch Praxiserfahrung vollends ausbilden. Die universitäre Ausbildung kann hier allerdings bereits eine Grundlage bezüglich beispielsweise des technischen Wissens, der Motivation und des Selbstkonzeptes legen. Nach einer Studie von Schmid et al. (2017) standen Studierende des Lehramts digitalen Medien vor der Digitalisierungswelle aufgrund der Schulschließungen ab 2020 eher kritisch gegenüber. Sie zeigten eine eher geringe diesbezügliche Motivation und Affinität und brachten aus ihrer eigenen Schulzeit und ihrem bisherigen Studium eher wenig Erfahrung im Umgang mit digitalen Medien in Lernsituationen mit (Thyssen et al., 2018; Vogelsang et al., 2019). Beispielsweise gaben Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften mehrheitlich an, mit spezifisch naturwissenschaftlichen Nutzungsformen wie Modellierungen und Simulationen noch kaum in Berührung gekommen zu sein.

Diese Befunde können auf die jetzige Situation der Schulen und auch der fachdidaktischen Ausbildung aufgrund der digitalen Weiterentwicklungen des Lehrens und Lernens in der Zeit des Distanzunterrichts nicht unmittelbar übertragen werden. Es lässt sich aber annehmen, dass auch die jetzigen angehenden Lehrkräfte viel Unterstützung in der lehr- und lernbezogenen Anwendung digitaler Medien in Bezug auf ihr technologisches Wissen benötigen.

3. Forschungsfragen

Aus dem angeführten Stand der Forschung lassen sich nun Forschungsfragen der Begleitforschung des Lehr-Lern-Labors sowie eine Ausgestaltung des Lehr-Lern-Labors und ein resultierender Forschungsablauf ableiten. Die begleitende Forschung geht dabei den folgenden Fragen nach:

- FF1: Lassen sich neben oder anstelle des Geschlechts der Lernenden weitere Merkmale finden, die das geäußerte Fachinteresse und auch die empfundenen schwierigkeiterzeugenden Merkmale von Physikunterricht besser aufklären?
- FF2: Wie sind die Persönlichkeitsmerkmale bei (angehenden) Physiklehrkräften auch im Vergleich zu (angehenden) Lehrkräften anderer Fächer ausgeprägt?
- FF3: Inwiefern hängen diese Persönlichkeitsmerkmale mit weiteren Aspekten wie Einschätzungen zum Einsatz (digitaler) Medien, Nutzen von Visualisierungen und Kreativität zusammen?
- FF4: Welchen Einfluss nimmt ein auf den Einsatz von Visualisierungen und digitalen Medien ausgerichtetes Seminar auf diese weiteren Aspekte?

Resultierender Forschungsablauf:

Das Lehr-Lern-Labor der Lehramtsausbildung der Physik ist Teil des Studiengangs HRGe (Haupt-, Real- und Gesamtschule, Sek I), das immer im Wintersemester stattfindet. Die in den Forschungsfragen beschriebene Studie verläuft dabei über drei Durchgänge der Lehrveranstaltung:

1. Durchgang: Persönlichkeitsmerkmal testen, Skala entwickeln, Bezug zu Fachinteresse prüfen, Adaption des bestehenden LLL (FF1 & FF2)
2. Durchgang: Zusammenhang dieser Persönlichkeitsmerkmale zum Einsatz digitaler Medien und Entwicklung durch Besuch des adaptierten LLLs (FF3 & FF4)
3. Durchgang: Zusammenhang dieser Persönlichkeitsmerkmale zum Einsatz digitaler Medien, Kreativität, lebensweltlicher Bezug und Entwicklung durch LLL-Besuch (FF3 & FF4)

4. Persönlichkeitsmerkmale (Physik-)Lehramtsstudierender (FF1&2)

4.1 Empathisieren und Systematisieren und Fachinteresse Physik

4.1.1 Empathisieren und Systematisieren und ihr Zusammenhang zum Geschlecht

Baron-Cohen und Kollegen stellten in weiteren Arbeiten Zusammenhänge zu ihrer EST und der Entscheidung zugunsten eines naturwissenschaftlichen Studiums fest. So sei die Fähigkeit zu systematisieren ein guter Prädiktor, unabhängig vom Geschlecht, ob eine Person ein natur- oder eher geisteswissenschaftliches Studium aufnimmt (Billington et al., 2007). Zeyer implementierte als erster die Konstrukte der

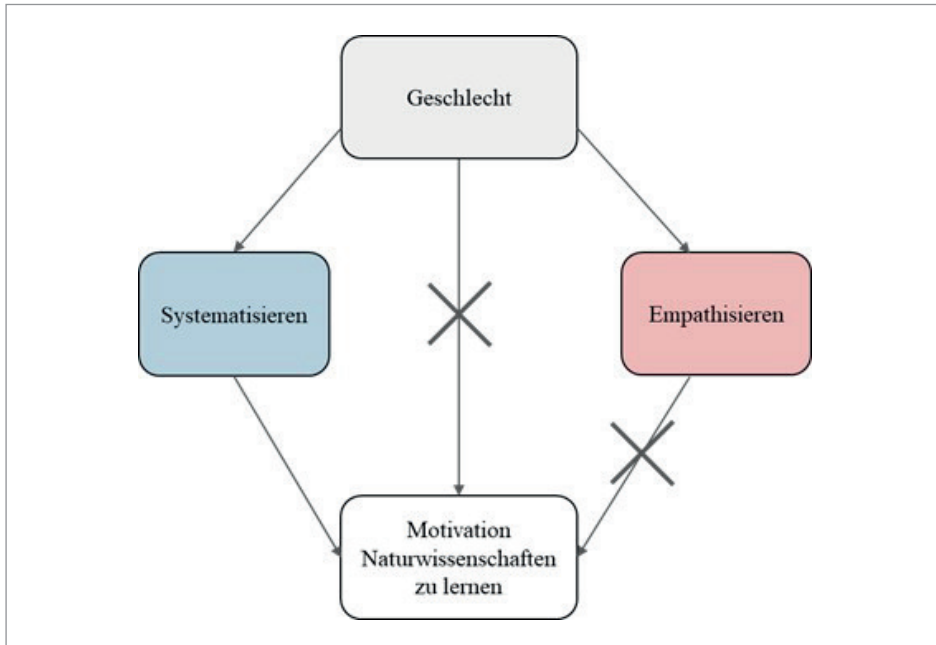


Abb. 6: Das „Gender-Systemizing-Empathizing-Motivation“ (GSEM)-Modell, eigene Darstellung nach Zeyer und Dillon (2019)

EST im deutschsprachigen Raum bei Lernenden der Sekundarstufe I und konnte die in Abbildung 6 gezeigten Zusammenhänge zwischen Empathisieren und Systematisieren und der Motivation Naturwissenschaften zu lernen („Science Motivation Questionnaire“, SMQ) nachweisen: Es konnte ein Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und EQ bzw. SQ festgestellt werden, aber kein Zusammenhang zwischen Geschlecht und SMQ. Es existiert jedoch ein Zusammenhang zwischen SQ und SMQ, jedoch keiner zwischen EQ und SMQ (Zeyer et al., 2012; Zeyer & Dillon, 2019). Insgesamt scheint demnach das Systematisieren der prägnantere Faktor zu sein, sowohl zum Eintritt in ein naturwissenschaftliches Studium als auch zur Motivation Naturwissenschaften zu lernen, analog zu den Ergebnissen aus vorherigen Studien (Svedholm-Häkkinen & Lindeman, 2016).

4.1.2 Empathisieren und Systematisieren und der Zusammenhang zum Fachinteresse Physik (FFI)

In einer Einzelbetrachtung der Naturwissenschaften konnte Zeyer (2018) zudem das Strukturgleichungsmodell für die Fächer Physik und Chemie replizieren, bei Biologie gelten jedoch andere Zusammenhänge. Ursachen hierzu könnten sein, dass es sich bei der Chemie und Physik um stärker systematisierende Fächer handelt als bei der Biologie. Speziell bei Physik zeigt ein Blick in den Kernlehrplan der Sekundarstufe I (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen [MSB

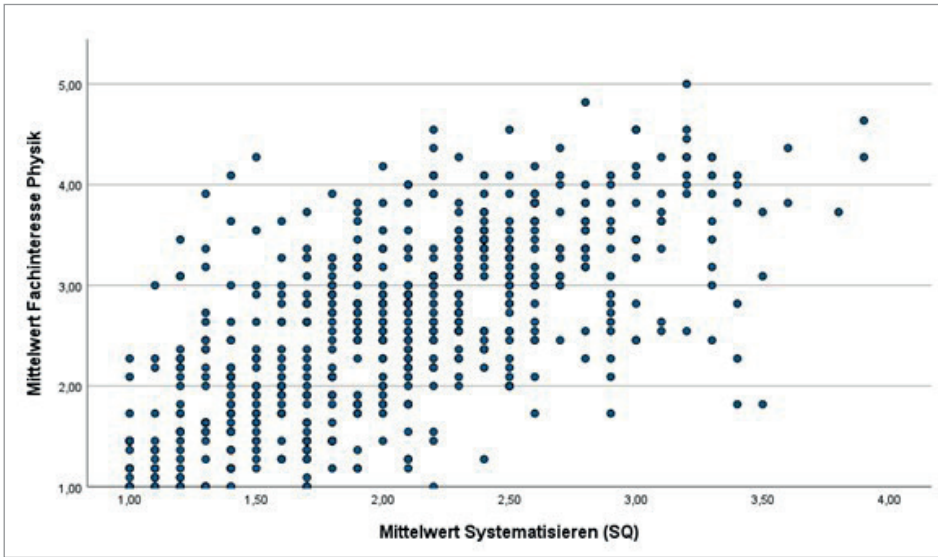


Abb. 7: Ausprägung des Systematisierens gegen Fachinteresse Physik aufgetragen von Lernenden einer Realschule ($n = 563$; $\text{Mittelwert}_{\text{Klassenstufe}} = 7,5$; $\text{SD} = 1,7$)

NRW], 2019), dass diese Naturwissenschaft im Verlauf der Sekundarstufe I stärker auf logische Aussagen und speziell „Wenn-dann“-Aussagen setzt, was der Dimension des Systematisierens entspricht.

Daher scheint es plausibel, dass eher systematisierend veranlagte Personen Gefallen an der Physik finden. Es lagen bislang allerdings noch keine Daten zu Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I vor, sodass in eigenen Studien zur Vorbereitung auf das Lehr-Lern-Labor die Zusammenhänge zwischen Fachinteresse und der Ausprägung des Systematisierens untersucht wurden, da dies nach Zeyer et al. (2012) der prädikative Faktor sei. In Abbildung 7 ist dazu die Ausprägung des SQ gegen das Fachinteresse nach Bergmann aufgetragen. Untersuchungen auf Korrelation zeigten, dass nach Cohen (1988) ein starker Zusammenhang zwischen Fachinteresse Physik und der Ausprägung des Systematisierens besteht ($r = .649$, $p < .001$, $n = 563$). Somit lässt sich festhalten, dass bei Lernenden folgende Aussage gilt: Je höher die Ausprägung des Systematisierens, desto höher das Interesse am Fach Physik. Dazu wurden diese Daten auch mithilfe von SPSS Amos in ein Strukturgleichungsmodell übertragen und analog zu Abbildung 6 konnte ein Zusammenhang zwischen Geschlecht und den Ausprägungen des Empathisierens und Systematisierens gezeigt werden und auch ein Zusammenhang zwischen Systematisieren und Fachinteresse Physik. Zwischen Empathisieren und dem Geschlecht konnte auch bei Lernenden der Sekundarstufe I kein Zusammenhang zwischen diesen Merkmalen und dem Fachinteresse Physik ermittelt werden.

4.1.3 Empathisieren und Systematisieren und ihre Ausprägung unter angehenden Lehrkräften (FF2)

Zudem liegt die Vermutung nahe, dass bei Physiklehrenden ein erhöhter SQ vorliegt und diese bei der Planung von Unterricht für ihre heterogene Lerngruppe mit unterschiedlichen Brain Types sensibilisiert werden sollen. Dazu wurden in weiteren Studien Lehramtsstudierende unterschiedlicher Fächer in einer gemeinsamen bildungswissenschaftlichen Vorlesung untersucht, um diese Vermutung zu prüfen und um die Stichprobe des Lehr-Lern-Labors der Physikdidaktik ($n = 6$) zu vergrößern. Die Studierenden dieser Vorlesung befanden sich im Gegensatz zu den Studierenden im Lehr-Lern-Labor im Master. Da nach Baron-Cohen (2002) die Konstrukte des Empathisierens und Systematisierens im Altersverlauf konstant sind, können diese Daten als Vergleich herangezogen werden. In Tabelle 1 sind die Mittelwerte des Systematisierungsquotienten SQ von Studierenden nach Anzahl ihrer MINT-Fächer (Mathematik, Biologie, Chemie, Physik, Informatik) und Physiklehramt dargestellt.

Tab. 1: Ausprägung des SQ von Lehramtsstudierenden mit und ohne Physik (M = arithmetischer Mittelwert; SD = Standardabweichung)

	Anzahl	SQ	
		M	SD
Kein MINT-Fach	234	1.94	0.52
Ein MINT-Fach	250	1.99	0.59
Zwei oder mehr MINT-Fächer	90	2.20	0.58
Lehramt Physik	105	2.24	0.62

Der Zusammenhang zwischen SQ und Anzahl der MINT-Fächer von Lehramtsstudierenden ist signifikant ($F(2,571) = 6.657, p = .001$). Die Effektstärke liegt bei $f = 0.16$ und entspricht einem schwachen Effekt nach Cohen (1988). Post-hoc-Tests mit Bonferroni-Korrektur zeigen, dass sich die Gruppierungen der MINT-Fächer nicht alle signifikant unterscheiden. Kein MINT-Fach und Ein MINT-Fach unterscheiden sich nicht signifikant in ihrem SQ voneinander. Lehramtsstudierende mit zwei oder mehr MINT-Fächern unterscheiden sich signifikant von allen anderen in der Ausprägung ihres SQ.

4.2 Vorstellung des Lehr-Lern-Laborseminars

Ein besonderer Augenmerk wird im Lehr-Lern-Labor „La:gune“ (Lehr-Lern-Labor: **G**emeinsam **U**mwelt und **N**atur **e**rforschen) auf die Förderung des Umgangs mit digitalen Medien von angehenden Physiklehrkräften gelegt. Dabei liegt der spezielle Fokus auf der Visualisierung physikalischer Sachverhalte mit Hilfe von digitalen Medien. Das Seminar richtet sich als fachdidaktisches Pflichtseminar an Studierende im Bachelor des Lehramts an Haupt-, Real- und Gesamtschulen. Das Seminar wird in jedem Wintersemester angeboten und umfasst ca. 10 Teilnehmende. Das um die

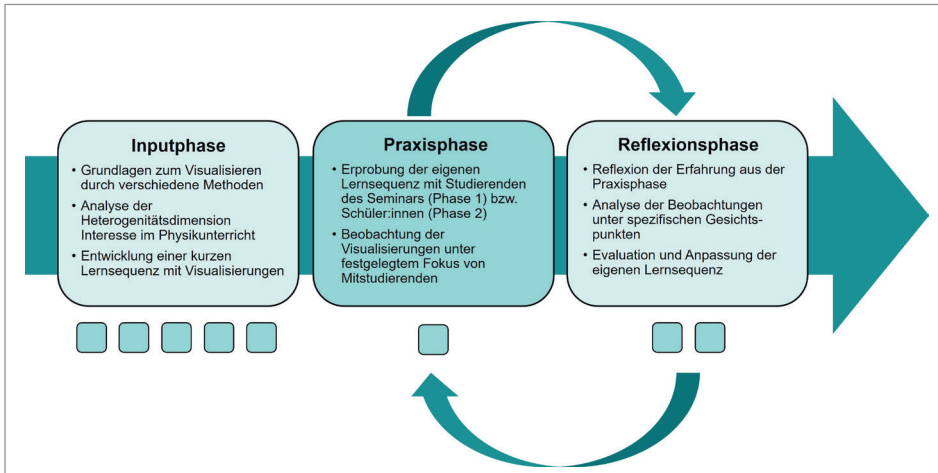


Abb. 8: Konzeption des Lehr-Lern-Labors La:gune mit Veranschaulichung der Sitzungstermine

digitalen Medien erweiterte Lehrkonzept baut auf dem in Holz und Heinicke (2020) beschriebenen Konzept auf und gliedert sich in eine Inputphase, zwei Präsentationsphasen und zwei Reflexionsphasen (vgl. Abb. 8).

Zu Beginn des Seminars erhalten die Studierenden ein Thema aus einem Themengebiet des Physikunterrichts der Sekundarstufe I. Dieses Thema begleitet sie durch das gesamte Lehr-Lern-Labor und wird kontinuierlich mit unterschiedlichen Visualisierungsmöglichkeiten angereichert. In der Inputphase werden den Studierenden verschiedene Möglichkeiten der Visualisierung im Physikunterricht anhand von Beispielen erläutert, die dann auf das eigene Thema angewendet werden. Dabei werden im Lehr-Lern-Labor der Physikdidaktik die in Abbildung 9 gezeigten Formen der Visualisierung thematisiert.

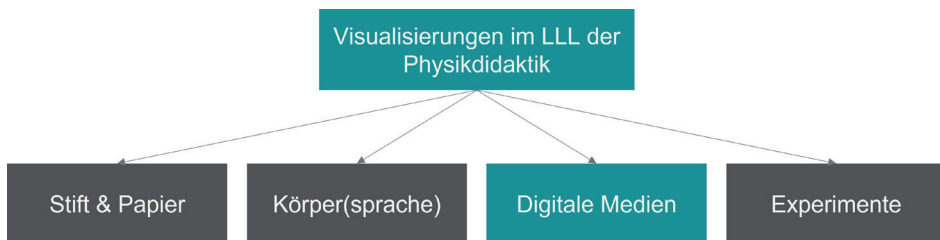


Abb. 9: Thematisierung von Visualisierungen im Lehr-Lern-Labor La:gune

Auf der Grundlage des DiDiKom-Kompetenzmodells (Kürten et al., in diesem Band) soll die Konzeption des Seminars *La:gune* nun näher erläutert werden: Der in Abbildung 10 dargestellte Würfel verortet das Seminar entlang der drei Achsen (i) *Wissen und Fähigkeiten zur Förderung von Schülerkompetenzen*, (ii) *Wissen und Fähigkeiten zu Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien* und (iii) *Wissen und Fähigkeiten zur Berücksichtigung von Diversitätsdimensionen*.



Abb. 10: Einordnung in das Modell

Die erste Achse am Beispiel des Lehr-Lern-Labors der Physikdidaktik berücksichtigt, dass die Physiklehramtsstudierenden durch ihre Seminarteilnahme Kompetenzen im Präsentieren mithilfe von unterschiedlichen Visualisierungen mit und durch digitale Medien vertiefen. Dazu vertiefen sie in der Inputphase einerseits ihr Wissen über das Lernen und Lehren mit digitalen Medien und erhalten zur Förderung ihrer Präsentationskompetenz Input über ihre Körpersprache und grundlegende Kommunikationstechnik. Speziell in der Präsentation während des Semesters soll dabei ein Schwerpunkt auf das Präsentieren der Einheit mit digitalen Medien gelegt werden. Bei der zweiten Achse liegt der Fokus des Lehr-Lern-Labors der Physikdidaktik auf der Förderung fachbezogener Kompetenzbereiche: Die Studierenden sollen ihr zugewiesenes physikalisches Thema fachlich korrekt und adressatenspezifisch aufbereiten und angemessen mithilfe von digitalen Medien präsentieren. Hierdurch kann zusätzlich die Kante der ersten und zweiten Achse gut beschrieben werden, denn die Studierenden planen die Präsentation ihrer Lerneinheit so, dass fachbezogene Kompetenzen mit ihrem Wissen über die Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien schülergerecht vermittelt werden. Die dritte Achse fokussiert sich im Lehr-Lern-Labor der Physikdidaktik auf die Berücksichtigung des unterschiedlichen Interesses

von Lernenden an der Physik mit zusätzlicher Beachtung von geschlechtsunabhängigen Persönlichkeitsmerkmalen wie dem Brain Type. Dazu erhalten die Lernenden einerseits das Wissen über ihren eigenen Brain Type und zusätzlich unterschiedliche Methodenwerkzeuge – digital und analog – zur möglichen Steigerung des Fachinteresses unterschiedlicher Lernendengruppen. Die Kante der zweiten und dritten Achse kann daher so zusammengefasst werden, dass das Interesse an der Physik oftmals auch themenspezifisch bzw. kontextabhängig ist und dazu im Lehr-Lern-Labor auch das Interesse an den fachbezogenen Inhalten thematisiert wird. Die letzte Kante des Würfels kann demnach die Achsen drei und eins verbinden, indem die Studierenden durch ihre Präsentation und Einsatz der digitalen Medien verschiedene Lernstile und deren unterschiedliches Fachinteresse als Diversitätsdimension berücksichtigen. Insgesamt lässt sich der Würfel des Lehr-Lern-Labors Physikdidaktik als Förderung der fachbezogenen Kompetenzen von Lernenden einordnen. Diese Einordnung erfolgt auf Grundlage verschiedener Aspekte, wie der Berücksichtigung der verschiedenen Brain Types, der Berücksichtigung des unterschiedlichen Fachinteresses von Lernenden und Studierenden und der Präsentation eines zuvor im Seminar festgelegten Themenbereichs unter Einsatz von digitalen Medien.

5. Laufende Forschungsarbeit

5.1 Studiendesign

Vor dem Hintergrund der vorgestellten Theorien und Seminarkonzeption stellt sich im Lehr-Lern-Labor der Physikdidaktik die Frage, inwieweit Lehramtsstudierende der Physik sich selbst über ihren Brain Type bewusst sind und wie sie für heterogene Lerngruppen speziell in Bezug auf deren Interesse an Physik und unterschiedlichen Ausprägungen des Empathisierens und Systematisierens sensibilisiert werden können. Dazu erhalten die Studierenden Informationen über ihren eigenen Brain Type und den typischen Verteilungen unter Lernenden. Dies ist von Bedeutung, da vermutet wird, dass S-starke Lehrkräfte mit ihrem Unterricht auch eher S-starke Lernende bedienen. Zur Gestaltung von Unterricht und der stärkeren Veranschaulichung der typischen abstrakten Inhalte, wird im Lehr-Lern-Labor ein Fokus auf das Unterrichten mit digitalen Medien zur Visualisierung und das direkte Feedback von Schülerinnen und Schülern gelegt. Es stellt sich daher die Frage, inwieweit sich im Lehr-Lern-Labor die Einschätzungen der angehenden Lehrkräfte in Bezug auf deren Einstellungen zum Lernen und der motivationalen Orientierung zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht verändern und ob sich ein Zusammenhang zum Brain Type der Studierenden feststellen lässt.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wird den Studierenden zu Beginn des Seminars ein Online-Fragebogen zur Messung ihrer digitalen Kompetenzen und zur Ermittlung ihres Brain Types ausgehändigt. Aufgrund der zuletzt niedrigen Studierendenzahlen im Bachelorstudiengang HRSGe liegen hierzu noch zu wenige Datensätze vor, um verlässliche Aussagen treffen zu können. Die Daten, die bereits

vorliegen, können lediglich erste Einblicke liefern. Hier werden die nächsten Seminarjahrgänge die weiteren notwendigen Daten liefern.

5.2 Messinstrument

Um die digitalen Kompetenzen der Lehramtsstudierenden zu messen, werden wie im Beitrag von Heuckmann und Kürten (in diesem Band) zwei Skalen adaptiert nach Vogelsang et al. (2019) genutzt. Die verwendete Skala zur Messung der „Motivation zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht“ besteht aus 4 Items, die Skala zur Messung der „Selbsteinschätzung zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht“ besteht aus 19 Items. Die Erfassung erfolgt analog zu Vogelsang und Kollegen mit Hilfe einer vierstufigen Likert-Skala. Zur Erhebung des Brain Types wurde der Originalfragebogen von Baron-Cohen und Kollegen in einer deutschen Übersetzung verwendet (Baron-Cohen, 2004). Die Studierenden positionieren sich zu den Aussagen mithilfe einer ebenfalls vierstufigen Likert-Skala.

5.3 Erste Ergebnisse

Da bislang nur Datensätze von $n = 6$ Studierenden des Lehr-Lern-Labors der Physikdidaktik vorliegen, kann nur von ersten deskriptiven Ergebnissen oder Indizien berichtet werden. Zu Beginn des Lehr-Lern-Labors weisen Studierende des Brain Types S die geringste Motivation zum Einsatz digitaler Medien in ihrem Unterricht auf. Im Gegensatz dazu weisen Studierende des Brain Types E die höchste Motivation auf, in ihrem späteren Unterricht digitale Medien einzusetzen. Der Brain Type B, von dem im Lehr-Lern-Labor-Durchgang Wintersemester 2022/21 nur eine Person vorhanden war, ordnet sich mit der angegebenen Einschätzung seiner Motivation dazwischen ein. Im Post-Test, am Ende des Semesters, mehrere Diskussionen, Inputs und Reflexionen durch Mitstudierende und Schülerinnen und Schüler später zeigt sich bei allen Gruppen ein Zuwachs der Motivation zum Einsatz digitaler Medien. Studierende aller Brain Types weisen am Ende des Seminars ähnlich hohe Werte in ihrer Motivation auf. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Selbsteinschätzung zum Einsatz digitaler Medien. Der Typ S schätzt seine Fähigkeiten am geringsten ein, dann Typ B und die höchste Selbsteinschätzung schreibt sich Typ E zu. Nach Besuch des Lehr-Lern-Labors verbessert sich die Selbsteinschätzung bei allen Gruppen deutlich. Typ E und Typ B zeigen nun eine etwa gleich hohe Selbsteinschätzung, die Selbsteinschätzung von Typ S ist auch gestiegen, aber insgesamt noch geringer als von Typ E und Typ B.

Digitale Medien als Hilfsmittel zur Visualisierung werden von unterschiedlichen Gruppierungen von Lehramtsstudierenden demnach vermutlich unterschiedlich wahrgenommen. In den nächsten Durchgängen soll dies weiter untersucht werden und insbesondere zum Fachinteresse Physik und den Brain Types der Lernenden in Zusammenhang gebracht werden.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Die aktuellen Studien weisen darauf hin, dass zwischen der Ausprägung des Systematisierens und dem Fachinteresse Physik ein starker Zusammenhang vorliegt, demnach ist es Aufgabe der Lehrkraft, diejenigen Lernenden, die eine weniger starke Ausprägung im Bereich des Systematisierens zeigen, ebenso im Physikunterricht mit einzubeziehen wie diejenigen, die stärker zum systematisierenden Denken neigen. Für die Lehrkräfte der Physik kann hier eine Diskrepanz vorherrschen: Weisen die Daten doch darauf hin, dass angehende Physiklehrkräfte stark im Systematisieren sind. Im Lehr-Lern-Labor der Physikdidaktik sollen sie daher für ihre zukünftigen Lerngruppen sensibilisiert werden und besser verstehen, was deren Fachinteresse beeinflusst. In zukünftigen begleitenden Arbeiten soll zusätzlich untersucht werden, welche Themen und Methoden des Physikunterrichts für die Lernenden interessant sind und inwiefern es hier Unterschiede im Hinblick auf die Brain Types der Lernenden gibt. Diese Ergebnisse nehmen im Anschluss weiter Einfluss auf das Lehr-Lern-Labor, beispielsweise in der Auswahl des zu erklärenden Themenfeldes (bisher Optik). Ein weiterer Bestandteil des Lehr-Lern-Labors der Physikdidaktik ist die Visualisierung abstrakter Inhalte mithilfe digitaler Medien. Hierbei soll in der Begleitforschung stärker identifiziert werden, bei welchen Themen Schwierigkeiten auftreten und von welchen Lernenden welche Inhalte als zu abstrakt oder zu schwierig wahrgenommen werden. Möglicherweise kann sogar ein Zusammenhang zwischen zu abstrakten/schwierigen und als uninteressant empfundenen Themen festgestellt werden, um die beiden Bereiche im Lehr-Lern-Labor noch weiter zu verbinden. An der Konzeption des Lehr-Lern-Labors soll vorerst nichts angepasst werden: Dieses Zusammenspiel zwischen Input-, Praxis- und Reflexionsphase hat sich in den vorherigen Durchgängen als gewinnbringend dargestellt, dies zeigten besonders die Evaluationsergebnisse nach Ende des Seminars. In der Inputphase kann es aber – je nach Datenlage der Begleitforschung – eine Verstärkung der digitalen Medien und kreativen Zugänge geben.

Literatur

- Baron-Cohen, S. (2002). The extreme male brain theory of autism. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(6), 248–254. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(02\)01904-6](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(02)01904-6)
- Baron-Cohen, S. (2004). *The essential difference*. Penguin.
- Bergmann, A. *Mathematisch-naturwissenschaftliches Fachinteresse durch Profilunterricht fördern – Theoriebasierte Evaluation eines Thüringer Schulversuchs in der Sekundarstufe I: Dissertation*, Universität Leipzig.
- Billington, J., Baron-Cohen, S. & Wheelwright, S. (2007). Cognitive style predicts entry into physical sciences and humanities: Questionnaire and performance tests of empathy and systemizing. *Learning and Individual Differences*, 17(3), 260–268. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2007.02.004>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. ed.). Erlbaum. <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0731/88012110-d.html>

- Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken: Dissertation*, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Ford, K. W. (1989). Guest Comment: Is physics difficult? *American Journal of Physics*, 57(10), 871–872. <https://doi.org/10.1119/1.15837>
- Girwidz, R. (2020). Multimedia und digitale Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & H. E. Fischer (Hrsg.), *Physikdidaktik | Grundlagen* (S. 457–527). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59490-2_13
- Harris, J. B. & Hofer, M. J. (2011). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in Action. *Journal of Research on Technology in Education*, 43(3), 211–229. <https://doi.org/10.1080/15391523.2011.10782570>
- Häußler, P. (1987). Measuring students' interest in physics - design and results of a cross-sectional study in the Federal Republic of Germany. *International Journal of Science Education*, 9(1), 79–92. <https://doi.org/10.1080/0950069870090109>
- Häußler, P., Hoffman, L., Langeheine, R., Rost, J. & Sievers, K. (1998). A typology of students' interest in physics and the distribution of gender and age within each type. *International Journal of Science Education*, 20(2), 223–238. <https://doi.org/10.1080/0950069980200207>
- Heinicke, S., Heusler, S., Heinen, R. & Westhoff, P. M. (2022). Visualisieren – eine Kunst des Sichtbarmachens: Visualisierungen für das Lehren und Lernen von Physik nutzen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, (188), 2–7.
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik. IPN: Bd. 158*. IPN.
- Holz, C. & Heinicke, S. (2020). Unsichere Daten beim Experimentieren: Förderung des Lehrerhandelns in ungeplanten Situationen im physikdidaktischen Lehr-Lern-Labor La:gune. In R. Kürten, G. Greefrath & M. Hammann (Hrsg.), *Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-Laboren* (S. 185–206). Waxmann.
- 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.
- Kürten, R., Greefrath, G., Hammann, M., Marohn, A. & Windt, A. (2024). Diversitätssensibel unterrichten mit digitalen Medien – ein Kompetenzmodell zur Planung und Reflexion von Lehr-Lern-Laboren. In R. Kürten, G. Greefrath & M. Hammann (Hrsg.), *Digitale Medien in Lehr-Lern-Laboren. Innovative Lehrformate in der Lehrkräftebildung zum Umgang mit Diversität und Inklusion* (S. 39–62). Waxmann.
- Leisen, J. (2013). Darstellungs- und Symbolisierungsformen im Bilingualen Unterricht. In W. Hallet & F. G. Königs (Hrsg.), *Handbuch Bilingualer Unterricht. Content and Language Integrated Learning* (S. 152–160). Klett-Kallmeyer.
- Merzyn, G. (2013). *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen* (2. unveränd. Aufl.). Schneider Verlag Hohengehren.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2019). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen – Physik*.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach. Oxford psychology series: Bd. 9*. Oxford Univ. Press. <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0635/85018743-d.html>

- PuenteDura, R.R. (2006). *Transformation, Technology, and Education*. <http://hippasus.com/resources/tte/>
- Schmid, U., Goertz, L., Radomski, S., Thorn, S. & Behrens, J. (2017). *Monitor Digitale Bildung: Die Hochschulen im digitalen Zeitalter*. Bertelsmann Stiftung.
- Svedholm-Häkkinen, A.M. & Lindeman, M. (2016). Testing the Empathizing-Systemizing theory in the general population: Occupations, vocational interests, grades, hobbies, friendship quality, social intelligence, and sex role identity. *Personality and Individual Differences*, 90, 365–370. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2015.11.044>
- Sweller, J., Ayres, P. & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory. Explorations in the learning sciences, instructional systems and performance technologies*. Springer.
- Thyssen, C., Finger, A., Laumann, D. & Vogelsang, C. (2018). Erfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen von angehenden Biologielehrkräften zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht. In M. Hammann & M. Lindner (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (S. 339–355). Studienverlag.
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 115–129. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6>
- Winkelmann, J., Freese, M. & Strömmer, T. (2021). Schwierigkeitserzeugende Merkmale im Physikunterricht. *Progress in Science Education*(5), 6–23. <https://doi.org/10.25321/pri-se.2022.1168>
- Zeyer, A. (2018). Gender, complexity, and science for all: Systemizing and its impact on motivation to learn science for different science subjects. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(2), 147–171. <https://doi.org/10.1002/tea.21413>
- Zeyer, A., Bölsterli, K., Brovelli, D. & Odermatt, F. (2012). Brain Type or Sex Differences? A structural equation model of the relation between brain type, sex, and motivation to learn science. *International Journal of Science Education*, 34(5), 779–802. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.635165>
- Zeyer, A. & Dillon, J. (2019). The role of empathy for learning in complex Science|Environment|Health contexts. *International Journal of Science Education*, 41(3), 297–315. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1549371>

Professionelles Wissen für einen digitalgestützten Sachunterricht im Lehr-Lern-Labor aufbauen, anwenden und reflektieren

1. Einleitung

Aus dem Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt“ der KMK (2016) ergibt sich, dass in allen Fächern, somit auch im Sachunterricht, das Lernen *mit* und *über* digitale Medien Einzug halten soll. Während beim Lernen *mit* digitalen Medien diese zum Lehren und Lernen fachlicher Inhalte beitragen, sollen Schülerinnen und Schüler beim Lernen *über* Medien Medienkompetenz erwerben. Auf Basis des KMK-Papieres hat das Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes NRW in Kooperation mit der Medienberatung NRW 2020 den Medienkompetenzrahmen NRW herausgegeben. In diesem werden Kompetenzbereiche aufgeführt, die Schülerinnen und Schüler an allgemeinbildenden Schulen in NRW im Laufe ihrer Schullaufbahn in allen Fächern erwerben sollen. Blickt man auf die Lehrkräfte, ergibt sich, dass auch diese über medienbezogene Kompetenzen (Herzig & Martin, 2018) verfügen müssen, damit sie den Forderungen der KMK nachkommen können. Eine Förderung dieser Medienkompetenz bei Studierenden gilt es deswegen in der universitären Lehrkräfteausbildung zu verankern (KMK, 2019).

Deswegen wurde auf der Basis eines neu entwickelten Strukturmodells für digitalitätsbezogenes fachdidaktisches Wissen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht eine Lehrveranstaltung mit Anschluss an ein Lehr-Lern-Labor konzipiert und im Sachunterrichtsstudium der Universität Münster implementiert. Das Ziel der Veranstaltung liegt in der Förderung eines anwendungsnahen digitalitätsbezogenen sachunterrichtsdidaktischen Wissens von Sachunterrichtsstudierenden.

Die entwickelte Lehrveranstaltung wird in diesem Beitrag mithilfe des in diesem Sammelband genutzten DiDiKom-Modells ausführlich vorgestellt (Kapitel 2). Außerdem werden Methode und Ergebnisse einer ersten Studie zur Evaluation dieses Seminars thematisiert (Kapitel 3), bevor der Beitrag in Kapitel 4 in einer Diskussion der Veranstaltung und der ersten Evaluationsergebnisse mündet.

2. Vorstellung der Lehrveranstaltung zur Förderung des digitalitätsbezogenen sachunterrichtsdidaktischen Wissens

Nachfolgend wird die entwickelte und implementierte Lehrveranstaltung zur Förderung des digitalitätsbezogenen sachunterrichtsdidaktischen Wissens detailliert beschrieben. Dafür werden zunächst Vorüberlegungen zur Seminarkonzeption

vorgestellt, die auf einem im Projekt entwickelten Modell für digitalitätsbezogenes sachunterrichtsdidaktisches Wissen für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht beruhen, um die inhaltliche Zielstellung der Lehrveranstaltung zu verdeutlichen. Darauf folgend werden die Rahmenbedingungen der Lehrveranstaltung erläutert, um dann die Inhalte anhand des DiDiKom-Modells (Kürten et al., in diesem Band) und des entwickelten Modells für digitalitätsbezogenes sachunterrichtsdidaktisches Wissen zu beschreiben und zu diskutieren. Abschließend wird erläutert, wie in der Lehrveranstaltung eine Komplexitätsreduktion hinsichtlich der Praxiserfahrung (vgl. Marohn et al., 2020) für die Studierenden erzielt wurde.

2.1 Vorüberlegungen zur Seminargestaltung

Damit Lehrkräfte digitale Medien sinnvoll in den Sachunterricht integrieren können, benötigen sie digitalitätsbezogene Kompetenzen, die bereits verschieden modelliert wurden. Während sich viele dieser Modellierungen eher auf allgemeindidaktische bzw. medienpädagogische Kompetenzen fokussieren (z.B. EU, 2017; DCB, 2017; UNESCO, 2018; Herzig & Martin, 2018), ermöglicht es das DPACK-Modell (Huer et al., 2019, siehe dazu auch Kürten et al., in diesem Band) fachdidaktische Kompetenzen mitzudenken. Jedoch beschreibt das Modell nur grob Wissensbereiche, ohne konkrete Inhalte zu benennen. Der für die Sachunterrichtsdidaktik als fachdidaktische Disziplin relevanteste Teilbereich des Modells liegt dabei im inneren Kern des Modells, also dem digitalitätsbezogenen fachdidaktischen Wissen (DPCCK). Bislang fehlte allerdings ein Strukturmodell, das das digitalitätsbezogene sachunterrichtsdidaktische Wissen in seinen einzelnen Aspekten umfassend beschreibt. Vor der Entwicklung einer Lehrveranstaltung zur Förderung des digitalitätsbezogenen sachunterrichtsdidaktischen Wissens wurde deswegen – aufbauend auf dem Modell für *fachspezifisch-pädagogisches Wissen im Bereich Naturwissenschaften* nach Lange (2010) – ein Strukturmodell für digitalitätsbezogenes fachdidaktisches Wissen für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht entwickelt. Dieses besteht aus folgenden vier Dimensionen:

1. Wissen über digitalitätsbezogene, naturwissenschaftliche Curricula
2. Wissen über digitalitätsbezogene, naturwissenschaftliche Diagnostik
3. Wissen über digitalitätsbezogene Voraussetzungen naturwissenschaftlichen Lernens
4. Wissen über digitalitätsbezogenes, naturwissenschaftliches Lehren und Lernen

Die einzelnen Dimensionen sind durch Facetten genauer beschrieben. So fällt in die vierte Dimension z.B. das Wissen über digitale naturwissenschaftliche Repräsentationen wie Animationen physikalischer Prozesse, über digitalitätsbezogene Unterrichtsmethoden wie die Simulation von naturwissenschaftlichen Phänomenen und über Potenziale und Gefahren des Einsatzes digitaler Repräsentationen und Methoden für das naturwissenschaftliche Lehren und Lernen. So können digitale Repräsentationen beispielsweise das Potenzial der Veranschaulichung des Inhalts bieten

(Irion & Scheiter, 2018), gleichzeitig jedoch auch u. a. die Gefahr der Reizüberflutung und kognitiven Überlastung bergen (Irion, 2010). Ein weiteres Beispiel für eine Facette der vierten Dimension ist das Wissen über digitalitätsbezogene Strategien zur Anregung und Unterstützung naturwissenschaftlicher Lernprozesse. Hierunter fällt etwa das Wissen über digitalitätsbezogene Maßnahmen der kognitiven Aktivierung und Unterstützung.

Nachdem nun zunächst die Rahmenbedingungen der entwickelten Lehrveranstaltung vorgestellt werden, wird in Abschnitt 2.3 deutlich, wie die oben benannten Vorüberlegungen zu den Dimensionen des digitalitätsbezogenen sachunterrichts-didaktischen Wissens für die inhaltliche Gestaltung der Lehrveranstaltung genutzt wurden.

2.2 Rahmenbedingungen der entwickelten Lehrveranstaltung

Bei der entwickelten Lehrveranstaltung mit dem Titel „Inklusiver Umgang mit Heterogenität im Sachunterricht – Digitale Medien“ handelt es sich um ein Seminar im Masterstudiengang „Lehramt an Grundschulen“ mit dem Fach „Sachunterricht“ an der Universität Münster. Es kann von den Studierenden ab dem zweiten Mastersemester belegt werden und baut spiralcurricular auf vorherigen Inhalten des Studiums auf. So haben die Studierenden beispielsweise in vorherigen Seminaren Maßnahmen der kognitiven Aktivierung kennen und auf den Sachunterricht anwenden gelernt. Außerdem haben sie sich mit der Planung, Durchführung und Reflexion von Sachunterricht auseinandergesetzt. Dabei wurden nicht nur theoretische Aspekte zur Thematik besprochen, sondern diese waren auch Basis für die Planung und Erprobung einer Sachunterrichtsstunde im Lehr-Lern-Labor des Instituts für Didaktik des Sachunterrichts. Entsprechend baut das Seminar auf diesem Vorwissen und den Vorerfahrungen der Studierenden auf. Der Umfang des Seminars beträgt zwei Semesterwochenstunden und drei Leistungspunkte à 30 Arbeitsstunden.

In Anlehnung an den Aufbau des vorausgehenden Seminars mit Anschluss an das Lehr-Lern-Labor (siehe hierzu auch Rochholz et al., 2020) ist das entwickelte Seminar in vier Phasen aufgeteilt (siehe Abb. 1).

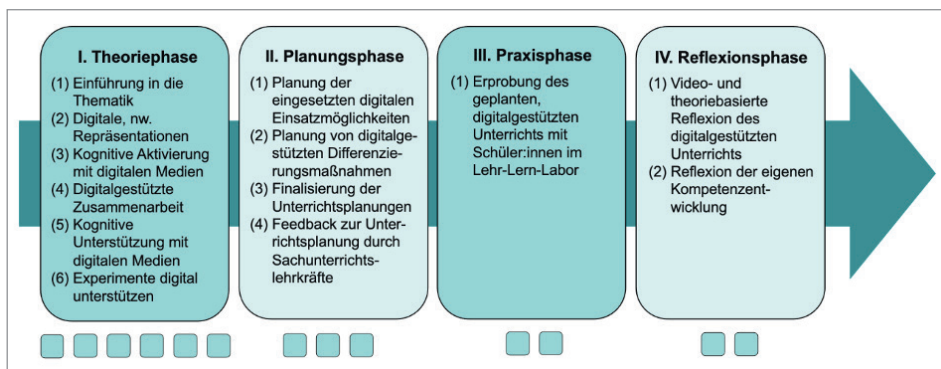


Abb. 1: Phasen und Inhalte des Seminars

Dabei werden in Phase I theoretische Inhalte insbesondere zum digitalgestützten Lehren und Lernen im Sachunterricht diskutiert. Diese werden dann in Phase II genutzt, um eine vorgegebene Unterrichtsstunde zur Thematik „Was brennt bei einer Kerze?“ zu modifizieren und durch den Einsatz digitaler Medien zu erweitern. Die geplante, digitalgestützte Sachunterrichtsstunde wird dann in Phase III von den Studierenden mit Schülerinnen und Schülern der dritten bzw. vierten Klasse im Lehr-Lern-Labor erprobt. Die dabei entstehende Unterrichtsvideographie ist in Phase IV – neben der in Phase I erarbeiteten Theorie – Grundlage für die Reflexion des Unterrichts. Zuletzt reflektieren die Studierenden auf Basis der Seminarinhalte die eigene Kompetenzentwicklung. Die Anzahl der Seminarsitzungen zu den einzelnen Phasen (siehe Kästen unterhalb der Seminarphasen in Abb. 1) versteht sich dabei unter Einbezug zusätzlicher Zeiten der Vor- und Nachbereitung der einzelnen Sitzungen im Selbststudium.

2.3 Analyse der Lehrveranstaltung anhand des DiDiKom-Modells

Abbildung 2 zeigt, wie das Seminar im Fachdidaktischen Kompetenzmodell für die Lehrkräftebildung zur diversitätssensiblen Nutzung digitaler Medien zur Förderung von Schülerkompetenzen (DiDiKom, Kürten et al., in diesem Band) zu verorten ist. Der Fokus des Seminars liegt auf dem Kompetenzzuwachs der Studierenden in

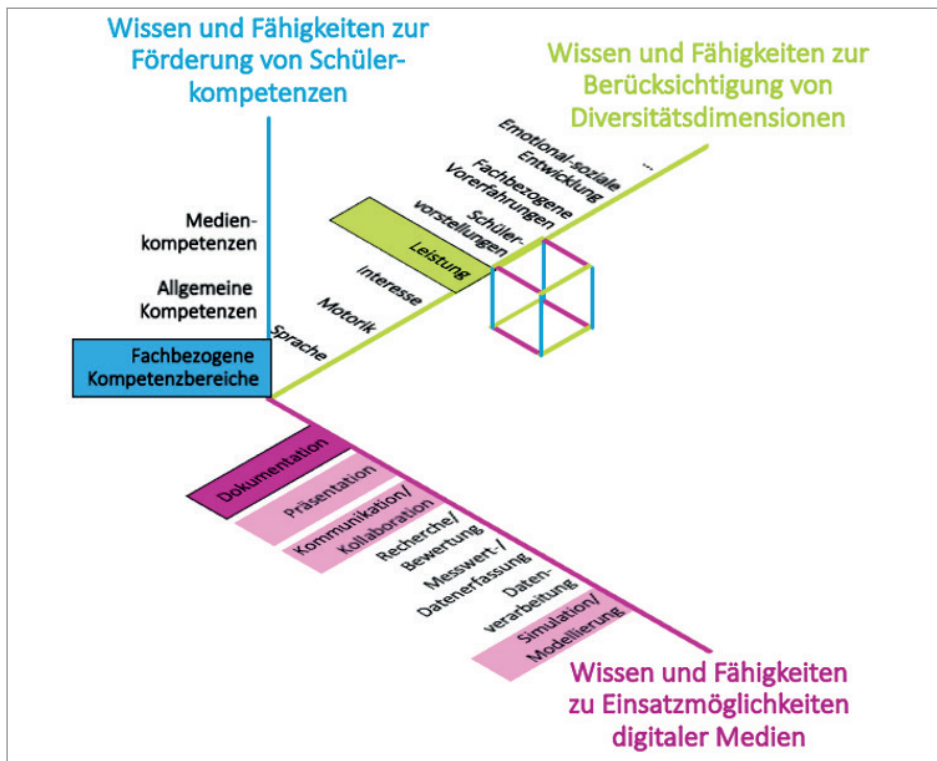


Abb. 2: Verortung des Seminars im DiDiKom-Modell

der Dimension „Wissen und Fähigkeiten zu Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien“ dieses Modells, insbesondere im Hinblick auf das Lernen *mit* digitalen Medien (KMK, 2016) im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Wie in Kapitel 2.2 deutlich wurde, haben die Studierenden bereits in vorhergehenden Seminaren Kompetenzen in den beiden anderen Dimensionen „Wissen und Fähigkeiten zur Förderung von Schülerkompetenzen“ und „Wissen und Fähigkeiten zur Berücksichtigung von Diversitätsdimensionen“ erworben. Deswegen ist es nicht Ziel des Seminars, dass die Studierenden hier neue Kompetenzen erwerben. Viel eher sollen sie die neu zu erwerbenden Kompetenzen in Bezug auf digitale Medien mit bereits bestehenden Kompetenzen der anderen Dimensionen verknüpfen, um so zu einem vernetzten digitalitätsbezogenen fachdidaktischen Wissen zu gelangen. Betrachtete Diversitätsdimension ist die Diversität in der Leistungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht. Als anzustrebende fachbezogene Kompetenz sollen die Dritt- bzw. Viertklässler in dem von den Studierenden konzipierten Unterricht lernen, dass der Brennstoff einer Kerze der gasförmige Wachsdampf ist.

Zur näheren Beschreibung des Seminars werden im Folgenden die Inhalte der einzelnen Phasen anhand der Modelldimensionen erläutert.

2.3.1 Phase I: theoretische Verortung

In Phase I erfolgt die Erarbeitung, Diskussion und Anwendung theoretischer Aspekte. Hier werden hinsichtlich der Dimension „Wissen und Fähigkeiten zu Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien“ verschiedene digitale Umsetzungsmöglichkeiten vorgestellt und ihr Einsatz im Sachunterricht diskutiert. Wie Abbildung 2 zu entnehmen ist, werden dabei insbesondere die Basiskompetenzen Dokumentation, Präsentation, Kommunikation/Kollaboration und Simulation/Modellierung angesprochen. Jede digitale Umsetzungsmöglichkeit wird dann im Seminar mit fachdidaktisch relevanten Bereichen des „Wissens und der Fähigkeiten zur Förderung von fachlichen Schülerkompetenzen“ sowie des „Wissens und der Fähigkeiten zur Berücksichtigung von Diversitätsdimensionen“ verknüpft (siehe Tab. 1). Hierbei sieht man, dass das DiDiKom-Modell gut geeignet ist, um die Grundkonzeption des Lehr-Lern-Labor-Seminars (Tabellenspalten) deutlich zu machen. Da diesem Modell jedoch keine sachunterrichtsspezifischen Inhalte inhärent sind, braucht es zudem das im Projekt entwickelte Modell für digitalitätsbezogenes sachunterrichtsdidaktisches Wissen (siehe Kapitel 2.1), um relevante Inhalte für die Seminarsitzungen (Tabellenzeilen) zu finden.

Die Verortung der ersten inhaltliche Seminarsitzung im DiDiKom-Modell (Zeile 1 der Tabelle) wird in Abbildung 2 dargestellte. Diese Sitzung soll an dieser Stelle beispielhaft vorgestellt werden, um das Vorgehen innerhalb des Seminars zu veranschaulichen: In dieser Sitzung wird theoriebasiert diskutiert, wie (Slow-Motion-) Videos zur Versuchsanleitung oder zur Dokumentation von Versuchsbeobachtungen genutzt werden können. Videos bieten das Potenzial der Interaktivität, indem Schülerinnen und Schüler mit Funktionen wie Start, Stopp oder Spulen eine eigene Wiedergabesteuerung über die im Video dargebotenen Informationen besitzen und

Tab. 1: Seminarinhalte in den einzelnen Dimensionen

Seminarsitzung	Dimension „Wissen und Fähigkeiten zu Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien“	Vernetzung mit der Dimension „Wissen und Fähigkeiten zur Förderung von Schülerkompetenzen“	Vernetzung mit der Dimension „Wissen und Fähigkeiten zur Berücksichtigung von Diversitätsdimensionen“
1	(Slow-Motion-)Videos (Präsentation, Dokumentation)	Potenziale und Gefahren digitaler Repräsentationen für den Aufbau mentaler Modelle am Beispiel von Videos zur Versuchsanleitung und -dokumentation ...	... für Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlicher Leistungsfähigkeit
2	Erklärvideos (Präsentation)	Kognitive Aktivierung mit Erklärvideos und anderen digitalen Umsetzungsmöglichkeiten ...	
3	Digitale Pinnwände (Kommunikation/Kollaboration)	Produktive Zusammenarbeit im Sachunterricht mit digitalen Pinnwänden unterstützen ...	
4	eBooks (Präsentation, Dokumentation)	Kognitive Unterstützung mit und in digitalen Forscherheften ...	
5	Simulationen (Simulation/Modellierung)	Experimente und Versuche mit Simulationen und anderen digitalen Umsetzungsmöglichkeiten digital erweitern ...	

die Informationsaufnahme so an ihre eigenen Lernvoraussetzungen anpassen können (Findeisen et al., 2019). Slow-Motion-Videos bieten außerdem den Vorteil, dass diese nicht- oder nur schwer wahrnehmbare Phänomene sichtbar machen können, indem sie sehr schnelle Prozesse verlangsamen (Hilfert-Rüppell & Sieve, 2017). Filmt man den Versuch „Die springende Flamme“ (siehe Abb. 3) in Zeitlupe, ermöglicht das Slow-Motion-Video den Lernenden zu beobachten, wie sich das gasförmige Wachs entflammt, ohne dass der Docht entzündet wird. Da Schülerinnen und Schüler häufig davon ausgehen, dass es der Docht ist, der brennt (Unthan et al., 2007), hat das Slow-Motion-Video an dieser Stelle außerdem das Potenzial der kognitiven Aktivierung, indem es einen kognitiven Konflikt auslösen kann.

Gleichzeitig bergen solche Videos, je nach Umsetzung im Unterricht, auch Gefahren. Eine solche Gefahr ist der Verlust von Primärerfahrungen (Blaseio, 2017), sollte sich die Lehrkraft dazu entscheiden, ein Video eines Versuchs zu zeigen, ohne dass die Lernenden diesen selbst durchführen. Solch ein Vorgehen wäre wohl auch im Hinblick auf den Bildungsanspruch des Sachunterrichts, der auch darin besteht, dass Lernende „selbstständig, methodisch und reflektiert neue Erkenntnisse auf[...] bauen“ (GDSU, 2013, S. 9) sollen, kritisch zu hinterfragen und sollte deswegen mit den Studierenden diskutiert werden.

Es kann außerdem hinterfragt werden, welches didaktische Potenzial das jeweilige Video hat. Nutzbar für solch eine Reflexion ist das SAMR-Modell nach Puentedura (2006). Auch wenn es an diesem Modell Kritik gibt, wie z. B., dass es derzeit

Versuch: Die springende Flamme

Materialien: Ein Teelicht, eine feuerfeste Unterlage, ein Feuerzeug

Anleitung für Grundschüler:innen: Stelle das Teelicht auf die feuerfeste Unterlage. Zünde das Teelicht an. Lasse das Teelicht eine halbe Minute brennen. Zähle währenddessen langsam bis 30. Gleich musst du schnell sein. Halte das Feuerzeug bereit. Puste die Kerze vorsichtig aus. Halte schnell das brennende Feuerzeug in den aufsteigenden Dampf. Berühre dabei nicht den Docht.

Beobachtung: Beim Auspusten der Kerze steigt weißer Dampf auf. Hält man das Feuerzeug an diesen, entzündet er sich bis hin zum Docht. Der Docht beginnt wieder zu brennen.

Erklärung: Beim Anzünden der Kerze wird das Wachs erst flüssig, dann gasförmig. Das gasförmige Wachs verbrennt an der Spitze des Dochtes. Pustet man die Kerze aus, steigt noch etwas Wachsdampf auf, der durch das brennende Feuerzeug erneut entzündet werden kann.

Abb. 3: Versuchsanleitung zum Versuch „Die springende Flamme“

noch nicht genügend Evidenz für dieses Modell gibt (Hamilton et al., 2016), ermöglicht es den Studierenden im Seminar zu analysieren, ob man sich an der jeweiligen Stelle des Unterrichts mit der Konzeption des digitalen Mediums eher auf der Ebene einer reinen Ersetzung eines analogen Mediums bewegt oder ob bereits weitere Möglichkeiten des digitalen Mediums genutzt werden, die ggf. ein (fach-)didaktisches Potenzial bieten können.

Hinsichtlich der Dimension „Wissen und Fähigkeiten zur Berücksichtigung von Diversitätsdimensionen“ wird im Seminar diskutiert, wie Videos diversitätssensibel zur Versuchsanleitung und -dokumentation eingesetzt werden können. Beispielsweise werden im naturwissenschaftlichen Sachunterricht häufig textuelle Versuchsanleitungen genutzt (siehe Abb. 3), die sich im Hinblick auf den Abstraktionsgrad gemäß Leisen (1998) (siehe Tab. 2) auf der sprachlichen Ebene verorten lassen. Eine Versuchsanleitung in Form einer Videoanleitung hingegen liegt auf der bildlichen Ebene und bietet somit einen geringeren Abstraktionsgrad für die Schülerinnen und Schüler. Diese veränderte Darstellung der Information könnte in Anlehnung an die Cognitive Load Theory (Sweller et al., 1998) dazu führen, dass insbesondere bei Lernenden mit geringerer Leistungsfähigkeit zusätzliche kognitive Kapazität frei werden kann, die nicht für das Entschlüsseln der textlichen Versuchsanleitung benötigt werden, sondern für das tiefere Nachdenken über den fachlichen Inhalt aufgewendet werden kann. Hier fehlt es derzeit jedoch noch an Studien, die diesen Zusammenhang genauer beleuchten.

Tab. 2: Abstraktionsebenen nach Leisen (1998)

Zunehmende Abstraktion	Mathematische Ebene
	Symbolische Ebene
	Sprachliche Ebene
	Bildliche Ebene
	Gegenständliche Ebene

2.3.2 Phase II bis IV: Planung, Erprobung und Reflexion von digitalgestütztem Sachunterricht

In Phase II des Seminars erweitern die Studierenden in Gruppen aus 5–6 Personen eine vorgegebene Doppelstunde zum Thema „Was brennt bei einer Kerze?“ um den Einsatz von Tablets. Die geplante Doppelstunde wird anschließend in Phase III im komplexitätsreduzierten Lehr-Lern-Labor mit Schülerinnen und Schülern erprobt und in Phase IV video- und theoriebasiert reflektiert. Dabei sollen die Studierenden die Tablets so in der Unterrichtsstunde einsetzen, dass Potentiale für das naturwissenschaftliche Lernen genutzt und mögliche Einschränkungen bedacht werden. Dafür müssen die Studierenden die erarbeiteten Theorien vernetzen, aus ihnen Kriterien für einen lernförderlichen digitalgestützten Sachunterricht generieren und diese in ihrer Planung und Reflexion anwenden. Hinsichtlich der Dimension „Wissen und Fähigkeiten zur Berücksichtigung von Diversitätsdimensionen“ sollen die Studierenden die Tablets so einsetzen, dass Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlicher Leistungsfähigkeit adäquat gefördert und gefordert werden. Um den Studierenden Informationen über die Leistungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler zukommen zu lassen, führen die Lehrkräfte im Vorhinein in ihren Klassen eine Diagnose durch und stellen den Studierenden die Ergebnisse der Diagnose zur Verfügung. Entsprechend dienen auch die Phasen II, III und IV des Seminars der Vernetzung der drei Modelldimensionen.

2.4 Komplexitätsreduktion in der Lehrveranstaltung

Warum eine Komplexitätsreduktion im Bereich von Praxiserfahrungen in der Lehrkräfteausbildung sinnvoll sein und wie diese umgesetzt werden kann, ist bei Marohn et al. (2020) nachzulesen. Abbildung 4 zeigt verschiedene Aspekte der Umsetzung eines Lehr-Lern-Labors auf inhaltlicher und struktureller Ebene, die nach Marohn et al. (2020) für die Komplexitätsreduktion in den Blick genommen werden können sowie wie diese in dem entwickelten Seminar ausgeprägt sind.

Für die entwickelte Lehrveranstaltung sind beispielsweise die Anforderungen hinsichtlich der *Anzahl und des Niveaus der betrachteten Theorie*, der *Medien und Materialien*, der *zu reflektierenden Dimensionen* sowie auch hinsichtlich der *Heterogenität der Lerngruppe* und der *Dauer der Unterrichtssequenz* hoch. Aus diesem Grund wurde sich dafür entschieden, die Anforderungen in der *Betreuungsrelation Studierender zu Lernenden* mit ca. 6 zu 13 gering zu halten und verschiedene Unter-

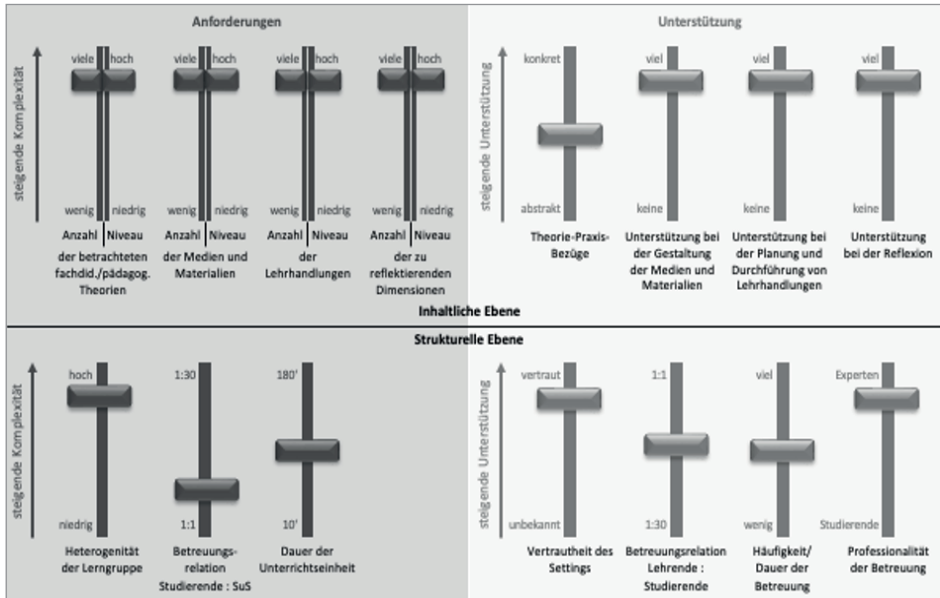


Abb. 4: Komplexität in Lehr-Lern-Laboren nach Marohn et al. (2020)

stützungsangebote zu implementieren, von denen einige beispielhaft hier aufgeführt werden sollen.

Einige Unterstützungsangebote beziehen sich auf die Unterstützung bei der *Planung und Durchführung der Lehrhandlungen*. Zur *Unterstützung der Planung* erhalten die Studierenden eine fertige Unterrichtsplanung, die sie um den Einsatz von Tablets erweitern. Darüber hinaus führen sie zu ihrer erweiterten Unterrichtsplanung vor der Erprobung ein etwa einstündiges Feedback-Gespräch mit einer erfahrenen Sachunterrichtslehrkraft. Die Bereitstellung der notwendigen Versuchsmaterialien dient beispielsweise der *Unterstützung bei der Durchführung der Lehrhandlungen*.

Einen wichtigen Faktor im Hinblick auf die Komplexitätsreduktion nimmt die Unterstützung in Bezug auf die *Vertrautheit des Settings* ein. Vertraut sind den Studierenden hierbei nicht nur die Räumlichkeiten, sondern auch die technischen Voraussetzungen. Die Tablets, welche im Unterricht genutzt werden, werden den Studierenden nicht nur für die Erprobung bereitgestellt, sondern können für das gesamte Semester von den Studierenden ausgeliehen werden, um sich mit der Technik vertraut zu machen. Auch die vorhandene technische Infrastruktur (wie z. B. Beamer & AppleTV) kann von den Studierenden während der Unterrichtsplanung im Hinblick auf die Erprobung intensiv getestet werden. Die Wartung und Vorbereitung der Hard- und Software übernehmen dabei Hilfskräfte des Instituts für Sachunterrichtsdidaktik, welche auch bei Fragen der Studierenden zu Rate gezogen werden können. Die Idee hinter diesen Unterstützungsangeboten zum Umgang mit den technischen Gegebenheiten ist dabei vor allem, eine durch digitale Medien möglicherweise ent-

stehende Überforderung auf Seiten der Studierenden zu vermeiden und eventuell bestehende Vorbehalte abzubauen.

Die Videographie der Erprobung dient neben anderen Maßnahmen als Unterstützung bei der *Reflexion der Unterrichtsstunde*.

3. Evaluation der Lehrveranstaltung

In einem ersten Schritt wurde die Lehrveranstaltung bezüglich der Selbsteinschätzungen der Studierenden evaluiert. Die Fragestellung hierbei war: „Inwiefern fördert das Seminar die Selbsteinschätzungen der Teilnehmenden in Bezug auf TK, TCK, TPK und TPCK im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Teilnahme am Seminar?“ Da derzeit noch kein DPCK-Test existiert, wurde zunächst auf bereits etablierte Skalen basierend auf dem TPACK-Modell nach Mishra und Koehler (2006) zurückgegriffen. Im Folgenden werden die Methodik sowie die Ergebnisse der Evaluation dargestellt.

3.1 Methodik

Es wurde ein quasi-experimentelles Prä-Post-Kontrollgruppendesign gewählt (siehe Abb. 5).

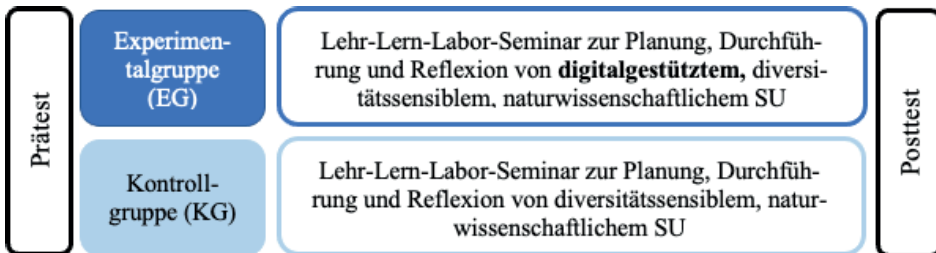


Abb. 5: Design der Evaluation

Bei der Experimentalgruppe (EG) handelt es sich um die Studierenden, die im Sommersemester 2022 das oben beschriebene Seminar „Inklusiver Umgang mit Heterogenität im Sachunterricht – Digitale Medien“ besuchten. Kontrollgruppe (KG) waren Studierende eines anderen Seminars im Sommersemester 2022, welches im Studiengang im ersten Mastersemester verortet und ebenfalls an ein Lehr-Lern-Labor angesiedelt ist. In diesem Seminar wurde auch eine Sachunterrichtsstunde (zu einem anderen naturwissenschaftlichen Thema) geplant, erprobt und reflektiert. Es wurde jedoch keine explizite Förderung des digitalitätsbezogenen sachunterrichtsdidaktischen Wissens vorgenommen. Eine nähere Beschreibung der Stichprobe findet sich in Tabelle 3. Dabei unterscheiden sich die beiden Gruppen hinsichtlich der in Tabelle 3 beschriebenen Daten nicht signifikant voneinander, sodass die Kontrollgruppe hinsichtlich dieser Daten geeignet erscheint.

Tab. 3: Stichprobenbeschreibung (m = männlich; w = weiblich; d = divers; k. A. = keine Angabe; M = arithmetischer Mittelwert; SD = Standardabweichung)

	Anzahl (n)	Geschlecht	Alter		Mastersemester	
		m/w/d/k. A.	M	SD	M	SD
EG	30	1/29/0/0	24,83	2,68	2,17	0,65
KG	18	2/16/0/0	25,06	2,28	1,17	0,71
Gesamt	48	3/45/0/0	24,92	2,52	1,79	0,82

Tab. 4: Verwendete Skalen mit Kennwerten aus Prä- und Posttest und Beispielitem

Skala	Anzahl der Items	Interne Konsistenz (Cronbachs α) (prä/post)	Beispielitem
Technologiebezogenes Wissen (TK)	4	.87/.88	<i>Ich habe die nötigen technischen Fähigkeiten, um digitale Medien effektiv zu nutzen.</i>
Technologiebezogenes fachwissenschaftliches Wissen (TCK)	4	.73/.80	<i>Ich kann passende digitale Medien (z. B. Simulationen, Videos, ...) auswählen und nutzen, um naturwissenschaftliche Inhalte darzustellen.</i>
Technologiebezogenes pädagogisches Wissen (TPK)	4	.86/.90	<i>Ich kann Schüler:innen dabei unterstützen, ihren eigenen Lernprozess mit digitalen Medien zu planen und zu überwachen.</i>
Technologiebezogenes fachdidaktisches Wissen (TPCK)	5	.84/.92	<i>Ich kann Lernumgebungen gestalten, die Schüler:innen dabei unterstützen naturwissenschaftliche Inhalte auf verschiedene Weise mit digitalen Medien (z. B. Mindmaps, Wikis ...) darzustellen.</i>

Der Prätest wurde in der ersten Seminarsitzung, der Posttest in der letzten Seminarsitzung des Sommersemesters 2022 durchgeführt.

Als Messinstrument wurde ein bereits etablierter Fragebogen zur TPACK-Selbsteinschätzung von Chai et al. (2013) adaptiert. Genutzte Skalen, die dazugehörigen Kennwerte und jeweils ein Beispielitem sind Tabelle 4 zu entnehmen. Zu den enthaltenen Thesen des Tests sollten die Studierenden auf einer 5-stufigen Likert-Skala einschätzen, inwiefern die Aussage auf sie zutrifft (1 = Stimme gar nicht zu; 5 = Stimme völlig zu). Die interne Konsistenz liegt sowohl im Prä- als auch im Posttest bei allen Skalen mindestens in einem akzeptablen Bereich.

3.2 Ergebnisse

Tabelle 5 zeigt die Mittelwerte der einzelnen Skalen für die Experimental- und Kontrollgruppe mit der dazugehörigen Standardabweichung zum Zeitpunkt prä und post.

Für einen Vergleich der Entwicklung der beiden Gruppen (EG & KG) wurde eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf einem Faktor berechnet. Dabei wurden nur ganze Datensätze in die Betrachtung miteingeschlossen (EG: n = 30, KG: n = 18). Es wurden, beurteilt nach dem Boxplot, keine Ausreißer identifiziert. Die

Tab. 5: Ergebnisse der einzelnen Skalen als arithmetisches Mittel mit der dazugehörigen Standardabweichung (in Klammern) (1 = Stimme gar nicht zu; 5 = Stimme voll zu)

	TK		TCK	
	prä	post	prä	post
EG	3.13 (.84)	3.42 (.62)	2.77 (.63)	3.68 (.51)
KG	2.75 (.99)	2.75 (.92)	2.58 (.89)	2.78 (.70)

	TPK		TPCK	
	prä	post	prä	post
EG	3.13 (.78)	4.03 (.69)	2.63 (.71)	3.79 (.61)
KG	2.88 (1.13)	3.10 (.94)	2.35 (1.07)	2.58 (.96)

Voraussetzung der Varianzhomogenität wurde mit dem Levene-Test geprüft und ist für die Skalen TK und TCK gegeben. Da der Levene-Test für die Skalen TPK und TPCK sowohl für den Zeitpunkt prä als auch post signifikant wurde, wurde die „variance ratio“ (Pearson & Hartley, 1954) berechnet. Da diese unter den jeweils kritischen Werten lag, wurden die Ergebnisse des Levene-Tests vernachlässigt. Im Hinblick auf die Normalverteilung wurde der Shapiro-Wilk-Test durchgeführt. Dieser wurde für zwei Ergebnisse signifikant. Nach Glass, Peckham & Sanders (1972) erweist sich die Varianzanalyse jedoch als sehr robust gegenüber dieser Verletzung, sodass dennoch die ANOVA berechnet wurde.

Während die Ergebnisse für TK nur für den Faktor der Gruppenzugehörigkeit (EG vs. KG) statistisch signifikant wurden ($F(1,46) = 5,39, p = 0.025$), zeigt sich für die Skalen TCK, TPK und TPCK ein statistisch hochsignifikanter Interaktionseffekt für den Faktor Zeit x Gruppe (TCK: $F(1,46) = 13,351, p = 0.001, .23 \eta_p^2$; TPK: $F(1,46) = 9,122, p = 0.004, .17 \eta_p^2$; TPCK: $F(1,46) = 14,550, p < 0.001, .24 \eta_p^2$). Unter Einbezug der Mittelwerte (siehe Tabelle 4) ergibt sich also, dass das selbsteingeschätzte Wissen in diesen Skalen im Verlaufe des Semesters in der Experimentalgruppe signifikant stärker zunahm als das der Kontrollgruppe. Dabei liegt jeweils ein schwacher Effekt vor.

4. Diskussion und Ausblick

Der Fokus dieses Beitrages lag auf der Beschreibung einer Lehrveranstaltung zur Förderung eines anwendungsorientierten, digitalitätsbezogenen sachunterrichtsdiaktischen Wissens. Im Vorfeld wurde aus diesem Grund ein Modell für digitalitätsbezogenes sachunterrichtsdiaktisches Wissen entwickelt und die Lehrveranstaltung auf dieser Basis konzipiert und implementiert. Im Seminar werden Aspekte eines Wissens über Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien thematisiert und diese mit anderen zentralen Studieninhalten des Sachunterrichts spiralcurricular verknüpft. Zur Sicherung der Anwendungsorientierung wurde die Lehrveranstaltung an ein Lehr-Lern-Labor angebunden. Die Planung, Erprobung und Reflexion einer eigenen,

digitalgestützten Sachunterrichtsstunde bietet die Möglichkeit der Anwendung und Reflexion des Wissens in einem komplexitätsreduzierten Setting.

Durch die Evaluation des Seminars konnte gezeigt werden, dass das Seminar, zumindest in der Selbsteinschätzung der Studierenden, zu einer Förderung des technologiebezogenen fachdidaktischen Wissens (TPCK) für den Sachunterricht beitrug (siehe Kapitel 3). Dabei wurde durch das Seminar in der Selbsteinschätzung der Studierenden nicht nur TPCK, sondern auch das technologiebezogene fachwissenschaftliche Wissen (TCK) und das technologiebezogene allgemeindidaktische Wissen (TPK) gefördert. Dies lässt sich mit bisherigen Erkenntnissen zu Lehr-Lern-Labor-Seminaren in Verbindung bringen. So konnte bereits gezeigt werden, dass solche Seminare dazu in der Lage sind, das fachdidaktische Wissen (siehe etwa Wess & Greefrath, 2020) oder die Selbstwirksamkeitserwartungen von Lehramtsstudierenden (siehe etwa Heinicke et al., 2020) zu fördern. Insgesamt erweist sich das entwickelte Seminar also, zumindest im Hinblick auf Selbsteinschätzungen der Studierenden und die abgefragten Items, als geeignet, um ein technologiebezogenes sachunterrichtsdidaktisches Wissen zu fördern. Um jedoch zu evaluieren, ob es zu einer tatsächlichen Förderung des Wissens im Bereich des digitalitätsbezogenen Wissens kommt oder ob diese nur in der Selbsteinschätzung der Studierenden besteht, wird derzeit innerhalb des vorgestellten Projektes ein DPCK-Wissenstests für den Sachunterricht entwickelt und zukünftig eingesetzt. Dabei sollen die Ergebnisse dieser ersten kleinen Studie außerdem mit größeren Stichproben überprüft werden, um größere Aussagekraft zu erreichen.

Insgesamt lässt sich sagen, dass die in diesem Beitrag vorgestellten Ergebnisse einen ersten, wichtigen Zwischenstand im Hinblick auf die Konzeption eines Seminars mit dem Ziel der Förderung des digitalitätsbezogenen sachunterrichtsdidaktischen Wissens darstellen. Dieser ist dann die Grundlage, um die vorgestellten Desiderate bearbeiten zu können.

Literatur

- Blaseio, B. (2017). Mit digitalen Medien lernen. Einsatz digitaler Medien im Sachunterricht. *Grundschulunterricht Sachunterricht*, 2, 4–7.
- Chai, C. S., Ng, E. M. W., Li, W., Hong, H.-Y. & Koh, J. H. L. (2013). Validating and modelling technological pedagogical content knowledge framework among Asian preservice teachers. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(1), 41–53.
- DCB (Forschungsgruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern: Schultz-Pernice, F., von Kotzebue, L., Franke, U., Ascherl, C., Hirner, C., Neuhaus, B. J., Ballis, A., Hauck-Thum, U., Aufleger, M., Romeike, R., Frederking, V., Krommer, A., Haider, M., Schworm, S., Kuhbandner, C. & Fischer, F.) (2017). Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt. *Merz Medien + Erziehung: Zeitschrift für Medienpädagogik*, 4, 65–74.
- Europäische Union (EU) (2017). *Digitale Kompetenz Lehrender*. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/system/files/2018-09/digcompedu_leaflet_de_2018-01.pdf (zuletzt geprüft am 29.03.2023).

- Findeisen, S., Horn, S. & Seifried, J. (2019). Lernen durch Videos. Empirische Befunde zur Gestaltung von Erklärvideos. *MedienPädagogik*, Oktober, 16–36. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2019.10.01.X>
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Klinkhardt.
- Glass, G. V., Peckham, P. D. & Sanders, J. R. (1972). Consequences of Failure to Meet Assumptions Underlying the Fixed Effects Analyses of Variance and Covariance. *Review of Educational Research*, 42(3), 237–288. <https://doi.org/10.3102/00346543042003237>
- Hamilton, E. R., Rosenberg, J. M. & Akcauglu, M. (2016). The Substitution Augmentation Modification Redefinition (SAMR) Model: A Critical Review and Suggestions for its Use. *TechTrends* (2016, 60), 433–441. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0091-y>
- Heinicke, S., Kürten, R., Holz, C. & Wess, R. (2020). Professionalisierung von Studierenden des Lehramts durch Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-Laboren. 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. 227–255). Waxmann.
- Herzig, B. & Martin, A. (2018). Lehrerbildung in der digitalen Welt. Konzeptionelle und empirische Aspekte. In S. Ladel, J. Knopf, A. Weinberger (Hrsg.), *Digitalisierung und Bildung* (S. 89–113). Springer VS.
- Hilfert-Rüppell, D. & Sieve, B. F. (2017). Entschleunigen biologischer und chemischer Abläufe durch Zeitlupenaufnahmen. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze, J. Groß (Hrsg.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen. Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (S. 147–160). Joachim Herz Stiftung.
- Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S., & Thyssen, C. (2019). Von TPaCK zu DPaCK – Digitalisierung im Unterricht erfordert mehr als technisches Wissen. *MNU Journal*, 2019(5), 358–364.
- Irion, T. (2010). Medienbildung im Sachunterricht – Aufgaben für den Sachunterricht zur Förderung von Kompetenzen für das Sachlernen mit Medien. In M. Peschel (Hrsg.), *Neue Medien im Sachunterricht. Gestern – heute – morgen* (S. 55–69). Schneider-Verl. Hohengehren.
- Irion, T. & Scheiter, K. (2018). Didaktische Potenziale digitaler Medien. *GS Aktuell*, 2018(142), 8–11.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2016). Bildung in der digitalisierten Welt. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf (zuletzt geprüft am 29.03.2023)
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2019). *Empfehlungen zur Digitalisierung in der Hochschullehre*. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2019/2019_03_14-Digitalisierung-Hochschullehre.pdf (zuletzt geprüft am 14.02.2023)
- Lange, K. (2010). *Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftsbezogenem fachspezifisch-pädagogischem Wissen von Grundschullehrkräften und Fortschritten im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bei Grundschüler*innen und -schülern*. Dissertation. Universität Münster.
- Leisen, J. (1998). Förderung des Sprachlernens durch den Wechsel von Symbolisierungsformen im Physikunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften Physik*, 47(2), 9–13.
- 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. 17–32). Waxmann.
- Medienberatung NRW (2020). *Medienkompetenzrahmen NRW*. https://medienkompetenzrahmen.nrw/fileadmin/pdf/LVR_ZMB_MKR_Rahmen_A4_2020_03_Final.pdf (zuletzt geprüft am 29.03.2023)
- Mishra, P. & Koehler, M. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Pearson, E. S. & Hartley, H. O. (1954). *Biometrika tables for statisticians*, volume I. Cambridge University Press.
- Rochholz, A., Fricke, K. & Windt, A. (2020). Naturwissenschaftlichen Unterricht planen lernen. Professionalisierung durch Unterrichtserprobung im Lehr-Lern-Labor der Sachunterrichtsdidaktik. 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. 207–226). Waxmann.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G. & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–269.
- UNESCO (2018): *UNESCO ICT Competency Framework for Teachers*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000265721> (zuletzt geprüft am 29.03.2023)
- Unthan, H., Dunker, N. & Steffensky, M. (2007). Am Anfang war das Feuer ... Experimentierserien für den naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. *Lernchancen*, 57(10), 9–20.
- Wess, R. & Greefrath, G. (2020). Komplexitätsreduktionen im Bereich Medien und Materialien Entwicklung förderdiagnostischer Kompetenz im mathematikdidaktischen Lehr-Labor MiRA+. 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. 164–183). Waxmann.

Entwicklung professioneller Kompetenzen von Studierenden durch den Besuch von Lehr-Lern-Labor-Seminaren zum Einsatz digitaler Medien

Ergebnisse einer Evaluationsstudie zur Veränderung von Selbstwirksamkeitserwartungen

Einleitung

Die in diesem Band vorgestellten Lehr-Lern-Labor-Seminare der Fachdidaktiken und der Erziehungswissenschaft zielen darauf ab, Facetten der Lehrkräfteprofessionalisierung zu fördern, wobei sowohl die zu fördernden professionellen Kompetenzen der Lehrkräfte als auch die Art der Förderung in den einzelnen Fächern vielfältig umgesetzt wird. Im Rahmen des Teilprojektes *Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center* der Qualitätsoffensive Lehrerbildung an der Universität Münster soll der diesbezügliche Erfolg neben den fachspezifischen Untersuchungen auch in einer fachübergreifenden Teilprojektevaluation untersucht werden. Die entsprechende Evaluation setzt folgerichtig bei den Gemeinsamkeiten der verschiedenen Fächer an, die sich beispielsweise im Einsatz digitaler Medien durch die Lehrkräfte wiederfinden lassen. Dieser Aspekt steht in allen Fächern im Fokus der Arbeit. Für eine fachübergreifende Evaluation bieten sich daher digitalitätsbezogene Kompetenzaspekte an.

Aufgrund der Handlungsorientierung (Bandura, 1999) und der Bedeutung für nachfolgende Leistung (Bandura, 1997; Lent et al., 1986; Schunk & Pajares, 2002) wird in der hier vorgestellten Evaluationsstudie vor allem die Entwicklung der Selbstwirksamkeitserwartung Studierender betrachtet. Die Selbstwirksamkeitserwartung ist ein Teil professioneller Kompetenz, welche je nach erhobener Dimension auch fachunabhängig wirksam ist. Darüber hinaus konnte in der Vergangenheit bereits gezeigt werden, dass eine (medienunabhängige) Förderung der Selbstwirksamkeitserwartung in Lehr-Lern-Labor-Seminaren an der Universität Münster möglich ist und dadurch ein Praxisschock, wie ihn etwa Tschannen-Moran et al. (1998) beschreiben, vermieden werden kann (Heinicke et al., 2020). Der Beitrag widmet sich der Entwicklung der Selbstwirksamkeitserwartung vor allem vor dem Hintergrund, inwiefern die positive Entwicklung von Selbstwirksamkeitserwartung im Lehr-Lern-Labor gelingen kann, wenn die Studierenden die Heterogenität der Schülerinnen und Schüler sowie digitale Medien berücksichtigen müssen. Dieser Beitrag liefert dafür einen Einblick in die Evaluationsstudie, in der die Lehr-Lern-Labor-Seminare von sechs der am Teilprojekt beteiligten Fächer (Chemie, Geographie, Mathematik, Mu-

sik, Physik und Sachunterricht) untersucht wurden. Dazu wurden die Studierenden der Lehr-Lern-Labor-Seminare sowie entsprechender Veranstaltungen ohne Lehr-Lern-Labor jeweils zu Beginn und am Ende des Semesters mit einem Fragebogen befragt.

Theoretische Rahmung

Professionalisierung in Lehr-Lern-Laboren

Lehrkräfte benötigen für die Bewältigung von Herausforderungen im Schulalltag professionelle Kompetenzen, die kognitive Leistungsdispositionen, motivationale, volitionale und soziale Aspekte umfassen (Kürten et al., in diesem Band). Neben Professionswissen spielen dabei Überzeugungen, Werthaltungen und selbstregulative Fähigkeiten ebenso eine Rolle wie motivationale Orientierungen, zu denen auch die Selbstwirksamkeitserwartung zählt (Baumert & Kunter, 2011). Darüber hinaus hat sich in der fachdidaktischen Forschung ein um technologiebezogene Aspekte erweitertes Verständnis professioneller Kompetenz etabliert (Koehler & Mishra, 2009). Häufig wird dabei im Bereich des Professionswissens neben einem fachlichen (*content knowledge*, CK), pädagogischen (*pedagogical knowledge*, PK) und fachdidaktischen Wissen (*pedagogical content knowledge*, PCK) auch technologiebezogenes Wissen (*technology-related knowledge*, TK) ergänzt. Im Kern dieses erweiterten Modells steht dann das technologiebezogene fachdidaktische Wissen (*technology-related pedagogical content knowledge*, TPaCK).

Im Rahmen des Studiums und des anschließenden Referendariats sollen Studierende diese professionellen Kompetenzen erwerben. Dafür reicht jedoch die „[r]eine Vermittlung abstrakten Wissens, so wie es in der ersten Phase der Lehrkräftebildung häufig üblich ist bzw. war“ (Dohrmann, 2019, S. 31) keineswegs aus. Professionalisierung setzt nach Dohrmann (2019) vielmehr den „Erwerb [...] von theoretischem, universitärem Wissen, dessen Anwendung in (realitätsnahen) Handlungssituationen (Unterricht i. w. S.) sowie die (kollektive) theoriebasierte Reflexion [...] über die dort gesammelten Erfahrungen voraus“ (Dohrmann, 2019, S. 33). Lehr-Lern-Labore, die Studierenden authentische aber zugleich in ihrer Komplexität reduzierte Unterrichtssituationen bieten (Haupt et al., 2013), sollen dies durch ihre Gliederung in eine theorievermittelnde Vorbereitungsphase, die komplexitätsreduzierte Praxisphase und eine theorie- und erfahrungsbasierte Reflexionsphase unterstützen (Marohn et al., 2020).

Aufgrund dieser Potentiale sind Lehr-Lern-Labore inzwischen an vielen Hochschulen anzutreffen und treten auch vermehrt in den Fokus der Forschung. Einige Studien zur Professionalisierung in Lehr-Lern-Laboren zeigen, dass einzelne oder viele Facetten des Professionswissens in entsprechenden Veranstaltungen zunehmen (Anthofer & Tepner, 2016; Buchholz et al., 2013; Dohrmann, 2019; Greefrath et al., 2022; Krofta et al., 2013; Wess, 2020). Im Projekt CHEMOL aus Oldenburg wurde darüber hinaus im Vergleich mit einer herkömmlichen Praktikumsveranstaltung gezeigt, dass in einem Lehr-Lern-Labor-Seminar Fachwissen, fachdidaktisches Wis-

sen und pädagogisches Wissen stärker gefördert wurden (Steffensky & Parchmann, 2007). Es gibt jedoch auch andere Ergebnisse: Fried und Trefzger (2017) fanden in ihrer Untersuchung keine messbaren Zuwächse beim physikdidaktischen Wissen.

Auch die Entwicklung von Selbstwirksamkeitserwartung in Lehr-Lern-Laboren wurde in verschiedenen Studien untersucht und trotz der Konfrontation mit Lehrpraxis wurden stabile (Krofta & Nordmeier, 2014; Rehfeldt & Nordmeier, 2019) oder sogar ansteigende Selbstwirksamkeitserwartungen festgestellt (Dohrmann, 2019; Heinicke et al., 2020; Rosendahl, 2018; Siller et al., 2023).

Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf das Lehren mit digitalen Medien

Das Konstrukt der Selbstwirksamkeit geht zurück auf Albert Bandura, der es als die Überzeugung, das für ein gewünschtes Ergebnis benötigte Verhalten erfolgreich ausführen zu können, definiert (Bandura, 1977). Die Selbstwirksamkeitserwartung beeinflusst die Handlungsentscheidung, die aufgewandte Anstrengung und das Durchhaltevermögen und ist somit nach Bandura (1977) einer der stärksten Motoren für Verhaltensänderungen. Dabei können die Überzeugungen in Bezug auf den Schwierigkeitsgrad der auszuführenden Handlung, die Stabilität der Überzeugung gegenüber widersprüchlichen Informationen und ihre Allgemeinheit variieren (Bandura, 1997). Für eine möglichst hohe Vorhersagekraft sollte Selbstwirksamkeitserwartung dementsprechend in Anpassung an die betrachteten Verhaltensweisen gemessen werden (Bandura, 1977). Für die hier vorgestellte Studie spielt daher Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf das Lehren mit digitalen Medien eine besondere Rolle (Doll et al., 2022). Sie umfasst neben der Einschätzung grundlegender technischer Kompetenzen – wie das Nutzen von Präsentationssoftware – die Vorbereitung, Durchführung und nachbereitende Reflexion der Mediennutzung im Unterricht. Eine Selbstwirksamkeitserwartung, die sich auf digitale Medien bezieht, unterliegt in ihrer Definition aufgrund des rasanten Wandels der zur Verfügung stehenden digitalen Medien ebenfalls einer stetigen Veränderung (Norden et al., 2017). Eine programmorientierte Messung, die den aktuellen Stand der Entwicklung berücksichtigen soll, kann daher voraussichtlich nur für einen relativ kurzen Zeitraum valide sein. Eine auf programmübergreifende Aspekte verallgemeinerte Betrachtung der Selbstwirksamkeit bietet dementsprechend das Potenzial diese Schwierigkeit zu umgehen.

Für Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf die Fähigkeit, Technologie im Unterricht einzusetzen und TPaCK hat Abbitt (2011) einen hohen korrelativen Zusammenhang feststellen können. Dabei handelt es sich bei den in der Studie verwendeten Items zu Erfassung von Selbstwirksamkeitserwartung um fachunabhängige und größtenteils auch inhaltsunabhängige (generische) Items. Auch Lee und Lee (2014) weisen in ihrer Studie einen Zusammenhang zwischen vergleichbarer Selbstwirksamkeitserwartung und dem Kompetenzaspekt der Planung von Unterricht mit Einsatz digitaler Medien nach.

Die Beeinflussung von Selbstwirksamkeitserwartung kann durch Informationen aus vier unterschiedlichen Quellen erfolgen, die sich in der Stärke und Stabilität ihres Einflusses unterscheiden: eigene Erfolgs- bzw. Misserfolgserlebnisse, Modelllernen, Verbale Einflüsse und physiologische Reaktionen. Eigene Erfolgs- bzw. Misserfolgserlebnisse üben einen besonders starken Einfluss aus. Modelllernen ist in seinem Einfluss schwächer und wirkt insbesondere, wenn (aktuell) keine eigenen Erfahrungen gemacht werden können oder diese z. B. aufgrund einer zunächst extrem geringen Selbstwirksamkeitserwartung sehr wahrscheinlich negativ wären. Dagegen sind verbale Einflüsse nur dann wirksam, wenn die Person, die sie äußert, als vertrauenswürdig und in Bezug auf die entsprechende Handlung kompetent erlebt wird. Physiologische Reaktionen schließlich können i. d. R. nur dann einen nennenswerten Einfluss ausüben, wenn neue Handlungen ausgeführt werden können, für die aus keiner anderen Quelle stammende Informationen vorhanden sind (Bandura, 1997). So haben Wang et al. (2004) eine Erhöhung von Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf die Nutzung digitaler Technologie im Unterricht durch Modelllernen festgestellt. In einer Studie aus Thailand konnte ein Zuwachs der Selbstwirksamkeitserwartung durch eigene Erfahrungen und Feedback in projektbasiertem Lernen festgestellt werden (Tantrurongroj & Suwannatthachote, 2012). Lehr-Lern-Labore sollen durch ihre Praxisintegration und Komplexitätsreduktion eigene Erfolgserlebnisse ermöglichen und dadurch eine positive Entwicklung der Selbstwirksamkeitserwartung fördern (Heinicke et al., 2020).

Die Evaluationsstudie

Vor dem Hintergrund der Forschung zur Entwicklung professioneller Kompetenz und dem besonderen Stellenwert der Selbstwirksamkeitserwartung geht der vorliegende Beitrag der Fragestellung nach, inwiefern sich die Selbstwirksamkeitserwartungen Studierender durch den Besuch eines Lehr-Lern-Labors zum Einsatz digitaler Medien verändern? Wie im Beitrag von Kürten et al. (in diesem Band) beschrieben wurde, ist es für eine umfassende Kompetenzmessung im DiDiKom-Modell nicht ausreichend, die einzelnen Dimensionen *Wissen und Fähigkeiten zur Förderung von Schülerkompetenzen*, *Wissen und Fähigkeiten im Umgang mit Diversität* und *Wissen und Fähigkeiten zu Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien* zu betrachten, da auch die Schnittmengen dieser drei Dimensionen wichtige Kompetenzaspekte für gelungenen Unterricht beinhalten können. Aufgrund der fachübergreifenden Konzeption der Evaluationsstudie ist jedoch eine Einschränkung auf generische, fach- und inhaltsunabhängige Kompetenzaspekte notwendig, die von Studierenden aller Fächer in vergleichbarer Art und Weise erhoben werden können. Infolgedessen wird die Achse zu *Wissen und Fähigkeiten zur Förderung von Schülerkompetenzen* und ihre Schnittmengen mit den anderen Achsen in der Evaluation nur in stark verallgemeinerter Form evaluiert. Auch zahlreiche Aspekte der Achse zu *Wissen und Fähigkeiten zur Berücksichtigung von Diversitätsdimensionen* werden nicht fachbezogen erhoben.

Entwicklung des Erhebungsinstruments

Im Rahmen der Evaluation der im Projekt entwickelten Lehr-Lern-Labor-Veranstaltungen soll Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf das Lehren mit digitalen Medien untersucht werden. Dabei soll diese Selbstwirksamkeitserwartung fachübergreifend und auf die Ziele der Seminare zugeschnitten erhoben werden. Zunächst wurden dafür verschiedenen Modelle zu digitalitätsbezogenen Kompetenzen für Lehrkräfte und Lehramtsstudierende betrachtet und auf ihre Passung hin untersucht. Das Kompetenzmodell DiDiKom (vgl. Kürten et al. in diesem Band) konnte als Grundlage nicht genutzt werden, da es sich in erster Linie um ein Kompetenzstrukturmodell und kein Kompetenzentwicklungsmodell handelt. Deshalb wurden, wie auch bei der Konzeption des oben genannten Modells die Modelle von TEDS-M (Blömeke et al., 2010), COACTIV (Baumert & Kunter, 2011), FALKO (Krauss et al., 2017), TPaCK (Koehler & Mishra, 2009) bzw. DPaCK (Huwer et al., 2019), NiNU (Stinken-Rösner et al., 2020) und DiKoLAN (Becker et al., 2020) betrachtet. Als Grundlage für eine fachübergreifende Messung von Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf das Lehren mit digitalen Medien fallen auch hier zunächst die Modelle von TEDS-M, COACTIV, FALKO und NiNU wegen der fehlenden expliziten Thematisierung digitaler Medien heraus. In den Modellen von TPaCK und DPaCK steht das professionelle Wissen im Vordergrund, sodass sie für die gewünschte Erhebung weniger geeignet erscheinen. Das DiKoLAN-Modell liefert zumindest für den Bereich der Naturwissenschaften ausformulierte Kompetenzbeschreibungen, die teilweise als Grundlage für die Konstruktion der Selbstwirksamkeitserwartungs-Skala genutzt werden können. Da in der hier beschriebenen Studie jedoch auch nicht naturwissenschaftliche Fächer untersucht werden sollen, wurden als weitere Kompetenzrahmen die fachspezifischen und fachübergreifenden medienbezogenen Lehrkompetenzen des digitalen Campus Bayern (Forschungsgruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern, 2017), das UNESCO ICT (information and communications technology) Competency Framework for Teachers (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 2011) und der Europäische Rahmen für die digitale Kompetenz Lehrender (DigCompEdu: Redecker, 2019) analysiert. Zwischen diesen Kompetenzrahmen finden sich große konzeptionelle Übereinstimmungen.

Für die weitere Arbeit wurde DigCompEdu gewählt, da die klare Ausformulierung der handlungsbezogenen Kompetenzen das Erstellen geeigneter Items zur Erfassung der Selbstwirksamkeitserwartung erleichtert. Darüber hinaus bietet dieses Modell neben der Fokussierung auf digitalitätsbezogene Kompetenzen auch Kompetenzen, die sich auf den Umgang mit Diversität beziehen, sodass die beiden im DiDiKom-Modell beschriebenen (teilweise) fachunabhängigen Rahmenachsen berücksichtigt werden. Im Fokus des hier genutzten Instruments zur Erhebung der Selbstwirksamkeitserwartung stehen demnach vier Kompetenzbereiche des DigCompEdu Frameworks (Digitale Ressourcen, Lehren und Lernen, Lernerorientierung und Förderung digitaler Kompetenzen der Lernenden (Digitale Ressourcen, Lehren und Lernen, Lernerorientierung und Förderung digitaler Kompetenzen der Lernenden; Redecker, 2019) sowie die Kompetenzbeschreibungen des DiKoLAN-Kataloges (Becker et al., 2020).

In einer Arbeitsgruppe mit Vertreterinnen und Vertretern verschiedener an dem Projekt beteiligter Fächer wurden zu diesen Kompetenzen zugehörige Einschätzungen der Selbstwirksamkeit formuliert. Dabei wurde aus testökonomischen Gründen und zur Anpassung an die Lehr-Lern-Labor-Seminare eine Auswahl der Aussagen getroffen. In Orientierung an der Zielgruppe des Erhebungsinstrumentes (Studierende des Lehramtes) thematisiert es vorwiegend die Stufen der Entdeckerinnen und Entdecker, der Insiderinnen und Insider sowie der Expertinnen und Experten (Redecker, 2019). Vereinzelt werden ergänzend auch Aussagen der Stufen der Leaderinnen und Leader bzw. Vorreiterinnen und Vorreiter (Redecker, 2019) aufgenommen. Die ausgewählten Kompetenzaspekte umfassen die in den Lehr-Lern-Laboren direkt oder indirekt thematisierten Kompetenzen zum Lehren mit digitalen Medien. Andere Aspekte, die nicht oder nur in einzelnen Lehr-Lern-Laboren thematisiert werden, werden aus diesem Grund nicht berücksichtigt.

Der DiKoLAN-Kompetenzrahmen (Becker et al., 2020) wurde ebenfalls zur Formulierung von Items herangezogen. Hier liegt der Fokus auf den Dimensionen Unterrichten (TPaCK) und Methodik und Digitalität (TPK). Für den Fragebogen wurden dabei handlungsorientierte Kompetenzaspekte ausgewählt. Diese lassen sich vorwiegend der Niveaustufe des Anwendens und Durchführens zuordnen. Einige der Kompetenzen wurden für die Erhebung verallgemeinert, um auch für nicht naturwissenschaftliche Fächer (z. B. Musik, Religion) anwendbar zu sein, oder vereinfacht, wenn sie zu viele Teilkompetenzen vereinten. Andere Aspekte wurden im Sinne der fachübergreifenden Anwendbarkeit nicht herangezogen.

In einem folgenden Schritt wurden Items aus verschiedenen Dimensionen mit starker inhaltlicher Überschneidung gestrichen, da davon ausgegangen werden musste, dass diese Items nicht zu einer reliablen und validen Erhebung eines spezifischen Konstrukts geeignet sind.

Aus den zuvor beschriebenen Entwicklungszyklen resultierte ein Erhebungsinstrument bestehend aus 43 Items. Diese wurden zusammen mit neun neu konstruierten Items zu subjektiven Normen und normativen Überzeugungen und Kovariaten wie Skalen zu medienbezogenen Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationalen Orientierungen zum Einsatz digitaler Werkzeuge im Unterricht aus der Erhebung von Vogelsang et al. (2019) im Sommersemester 2021 mit Studierenden der beteiligten Lehr-Lern-Labor-Seminare zu zwei Testzeitpunkten pilotiert und die Fragebögen auf Basis der Pilotierungsergebnisse ($n = 254$) überarbeitet. Es wurden Items mit fehlender Relevanz für die Zielgruppe, mit Dopplungen, Decken- oder Bodeneffekten (Mittelwert plus bzw. minus Standardabweichung liegen außerhalb der Antwortskala) sowie mit deutlicher Verletzung der Normalverteilung (Sichtprüfung) entfernt (Field, 2018). Mit den verbliebenen 31 Items wurden explorative Faktorenanalysen durchgeführt (Promax mit Kaiser-Normalisierung, Maximum-Likelihood-Extraktion). Dabei wurden Items mit Faktorladungen unterhalb eines Grenzwertes von $\lambda \leq .30$ sowie Items mit Doppelladungen aus dem Itempool entfernt. Als Resultat dieses Vorgehens konnten faktorenanalytisch drei Faktoren mit je sechs bzw. sieben Items extrahiert werden (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: Items zur Messung der Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) und ihre Faktorenladung bei drei Faktoren und Maximum Likelihood-Extraktion

Items	Faktor mit Faktorladungen		
	1	2	3
Didaktische Beurteilung digitaler Medien	Ich traue mir zu, für meine Lerngruppe geeignete digitale Materialien auszuwählen, um ein bestimmtes Lernziel zu erreichen.	0.503	
	Ich kann über die Angemessenheit der von mir eingesetzten digitalen Medien für die Förderung des selbstgesteuerten Lernens reflektieren.	0.678	
	Ich traue mir zu, Vor- und Nachteile der digitalen Medien bezogen auf konkrete Lehr-Lern-Situationen zu prüfen.	0.804	
	Ich traue mir zu, über die Angemessenheit der von mir eingesetzten digitalen Medien für die individuelle Förderung zu reflektieren.	0.978	
	Ich kann reflektieren, inwieweit sich die unterschiedlichen eingesetzten digitalen Medien dazu eignen, das aktive Lernen der Lernenden zu verbessern.	0.757	
	Ich kann kritisch darüber reflektieren, inwieweit sich meine Unterrichtsplanungen zur Förderung von digitaler Kommunikation und Zusammenarbeit der Lernenden eignen.	0.724	
Didaktischer Einsatz von digitalen Medien im Unterricht	Ich traue mir zu, vielfältige digitale Medien bei der Gestaltung von Unterrichtsmaterialien zu nutzen.		0.849
	Ich traue mir zu, digitale Medien im Unterricht zur Steigerung der Methodenvielfalt zu nutzen.		0.822
	Ich traue mir zu, verschiedene digitale Medien zu nutzen, um eine vielfältige digitale Lernumgebung zu schaffen (z. B. mittels methodischer Variation).		0.916
	Ich traue mir zu, digitale Medien und Lernarrangements zu gestalten, die die Beschäftigung der Lernenden mit dem behandelten Unterrichtsthema fördern können.		0.526
	Ich traue mir zu, Lernaktivitäten einzusetzen, bei denen Lernende digitale Medien zur Informationsgewinnung nutzen.		0.753
	Ich traue mir zu, die Lernenden zu ermutigen, ihre digitale Kompetenz unkonventionell auf neue Situationen (z. B. im Homeschooling) anzuwenden.		0.622
	Ich kann Lernaktivitäten einsetzen, bei denen Lernende kriteriengeleitet digitale Inhalte erstellen (z. B. in Form von Texten, Bildern oder Videos).		0.558
Technische Anwendung digitaler Medien	Ich kann digitale Präsentationsmedien sach-, adressaten- und fachgerecht im Unterricht einsetzen.		0.613
	Ich traue mir zu, die Qualität von Inhalten (z. B. Videos oder Simulationen) nach grundlegenden Kriterien wie z. B. fachliche Richtigkeit, Ort der Veröffentlichung, Autor, Feedback anderer Nutzerinnen und Nutzer zu bewerten.		0.597
	Ich traue mir zu, mögliche Beschränkungen der Kompatibilität von digitalen Materialien zu berücksichtigen (z. B. Dateityp oder technische Anforderungen).		0.724
	Ich kann verfügbare Unterrichtstechnologien (z. B. digitale Whiteboards, Projektoren und PCs) im Unterricht nutzen.		0.793
	Ich kann mit den Lernenden in einer gemeinsamen digitalen Lernumgebung (z. B. Learnweb) interagieren, um sie bei der Erreichung der Lernziele zu unterstützen.		0.609
	Ich traue mir zu, den Lernenden beizubringen, wie sie digitale Inhalte adäquat neu verwenden können.		0.418

Die Faktoren lassen sich inhaltlich der didaktischen Beurteilung digitaler Medien (Faktor 1), dem didaktischen Einsatz digitaler Medien im Unterricht (Faktor 2) und der technischen Anwendung digitaler Medien zuordnen (Faktor 3, siehe Tabelle 1).

Für die im Erhebungsinstrument verwendeten Skalen wurde die interne Konsistenz mittels Cronbach's Alpha als Maß der Reliabilität analysiert und auf eine Reliabilität von $\alpha \geq .70$ abgezielt (Field, 2018). Tabelle 2 stellt eine Übersicht der verwendeten Skalen, Itemzahlen und ihrer internen Konsistenz dar.

Tab. 2: Interne Reliabilität der Skalen des Erhebungsinstruments in der Pilotstudie

Skala		Anzahl Items	Cronbach's Alpha	N
Faktor	SWE zum Lehren mit digitalen Medien *	19	0.96	208
	Didaktische Beurteilung digitaler Medien *	6	0.93	234
	Didaktischer Einsatz von digitalen Medien im Unterricht *	7	0.94	234
	Technische Anwendung digitaler Medien *	6	0.86	218
Nutzung digitaler Medien NU #		12	0.77	250
Lernbezogene Vorerfahrungen mit digitalen Medien in Schule und Hochschule #		13	0.73	248
Subjektive Normerwartung *		4	0.51	222
Einstellungen zum Lernen mit digitalen Medien im Unterricht #		8	0.89	252
Motivation zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht #		4	0.86	253

* Eigenkonstruktion; # adaptiert nach Vogelsang et al. (2019)

Methodik

Studiendesign

Im Rahmen einer Studie mit zwei Messzeitpunkten (Prätest zu Semesterbeginn; Posttest zu Semesterende) wurden im Zeitraum Sommersemester 2022 und Wintersemester 2022/2023 Studierende mithilfe eines geschlossenen Fragebogens befragt. Dabei wurde quasi-experimentell unterschieden zwischen einer Kontrollgruppe, die an regulären Lehrveranstaltungen der Masterstudiengänge teilnahm, und einer Experimentalgruppe, die im jeweiligen Semester ein Lehr-Lern-Labor-Seminar mit dem Schwerpunkt „Einsatz digitaler Medien im Fachkontext“ im Fach besuchten.

Vorgehen zur Datenerhebung und Datenanalyse

Als Erhebungsinstrument wurde das oben skizzierte Instrument aus der Pilotstudie erneut eingesetzt. Tabelle 3 stellt eine Übersicht der verwendeten Skalen und Items sowie ihrer internen Konsistenz dar. Wie in der Pilotstudie wurde Cronbach's Alpha als Maß der internen Konsistenz berechnet und Werte $\alpha \geq .70$ anvisiert. Es gelang mit Ausnahme der Skala „Subjektive Normerwartung“, reliable Skalen zu bilden. Wie in der Pilotstudie zur Entwicklung des Erhebungsinstruments ($\alpha_{\text{Pilot}} = .51$) ge-

lang es auch in der Evaluationsstudie nicht, die $n = 4$ Items zur Erfassung subjektiver Normerwartungen zum Einsatz digitaler Medien in eine reliable Skala zu aggregieren ($\alpha_{\text{Eval.}} = .32$). Inhaltlich konnten in Anlehnungen an Vogelsang et al. (2019) zwei Kurzskalen „Subjektive soziale Normerwartungen“ und „Verhaltensintention“ getrennt werden, die nachfolgend separat betrachtet wurden.

Tab. 3: Interne Reliabilität der Skalen des Erhebungsinstruments in der Evaluationsstudie

Skala	Prätest			Posttest	
	Anzahl Items	Cronbach's Alpha	N	Cronbach's Alpha	N
SWE zum Lehren mit digitalen Medien	19	0.95	354	0.96	256
Didaktische Beurteilung digitaler Medien	6	0.90	354	0.92	256
Didaktischer Einsatz von digitalen Medien im Unterricht	7	0.91	354	0.92	256
Technische Anwendung digitaler Medien	6	0.85	354	0.84	256
Nutzung digitaler Medien NU	12	0.76	364	0.76	251
Lernbezogene Vorerfahrungen mit digitalen Medien in Schule und Hochschule	13	0.73	341	0.77	255
Subjektive Normerwartung	4	0.32	354	0.37	256
Verhaltensintention	2	0.87	354	0.87	256
Subjektive soziale Normerwartungen	2	0.49	354	0.55	256
Einstellungen zum Lernen mit digitalen Medien im Unterricht	8	0.88	348	0.87	251
Motivation zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht	4	0.84	351	0.84	254

Zur Beschreibung der Veränderungen des Antwortverhaltens der Studierenden in Kontroll- und Experimentalgruppe wurde neben den deskriptiven Befunden (Mittelwert, Standardabweichung) eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung mit den Faktoren Zeit (Prätest vs. Posttest) und Treatment (Kontroll- vs. Experimentalgruppe) spezifiziert. Zur Bestimmung der Effektstärken von Haupt- und Interaktionseffekten wurde das partielle Eta-Quadrat (η_p^2) bestimmt, wobei nach Cohen (1992) Grenzwerte von $\eta_p^2 = .01$ einen kleinen, $\eta_p^2 = .06$ einen mittleren und $\eta_p^2 = .14$ einen großen Effekt beschreiben.

Stichprobe

An der Studie haben $n = 354$ (Prätest) und $n = 256$ (Posttest) Studierende lehrkräftebildender Studiengänge teilgenommen. Die Datenerhebungen fand im Rahmen von Lehrveranstaltungen der Chemie-, Geographie-, Mathematik-, und Physikdidaktik sowie in den Fächern Didaktik des Sachunterrichts, Erziehungswissenschaft und Musikpädagogik überwiegend im Masterstudium (84.4 %, i. d. R. 1.–2. Fachsemester)

statt. Für $n = 237$ Studierende liegen vollständige Datensätze zu Prä- und Posttest vor, die für die Analysen der Kompetenzentwicklung herangezogen werden. Tabelle 4 stellt die Fächerzugehörigkeit von Erst- oder Zweitfach dar, wobei die häufigsten Fachkombinationen neben Sachunterricht und sprachlich-mathematischer Grundbildung die Fächer Chemie und Biologie, Chemie und Mathematik, Geografie und Mathematik sowie Physik und Mathematik waren.

Tab. 4: Fachzugehörigkeit der Studierenden in der Evaluationsstudie

Fach	Anzahl	Fach	Anzahl	Fach	Anzahl
Sachunterricht*	99	Geographie	25	Geschichte	10
Mathematik	72	Musik	22	Deutsch	9
Chemie	37	Sport	15	Englisch	9
Biologie	26	Physik	12	Weitere	< 5

Weitere Fächer umfassen: Religionslehre (Kath., Evangel., Islam.), Latein, Italienisch, Französisch, Niederländisch, Spanisch, Sozialwissenschaften, Philosophie und Pädagogik; *Sachunterricht: umfasst das Fach Sachunterricht ($n = 99$) sowie die Lernbereiche sprachliche und mathematische Grundbildung ($n = 97$).

Ergebnisse

Tabelle 5 stellt die Ergebnisse der ANOVAs mit Messwiederholung sowie die deskriptiven Befunde aus Prä- und Posttest getrennt nach Kontroll- und Experimentalgruppe dar. In Abbildung 1 sind die deskriptiven Befunde grafisch dargestellt. Zusammengefasst verdeutlichen die Befunde, dass sich für die Skalen zur Selbstwirksamkeitserwartung, für die Lernbezogenen Vorerfahrungen mit digitalen Medien, sowie für die Motivation zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht Interaktionseffekte Zeit x Treatment ergaben, demnach sich die Beantwortung der Items dieser Skalen zwischen Prä- und Posttest in Abhängigkeit des Treatments (Kontrollgruppe ohne LLL-Seminar vs. Experimentalgruppe mit LLL-Seminar) verändert hat. Darüber hinaus konnte für die normativen Erwartungen (Subjektive soziale Normerwartung) ein Haupteffekt für die Zeit identifiziert werden. Für die Skalen zur Nutzung digitaler Medien, zur Verhaltensintention sowie bei den Einstellungen zum Lernen mit digitalen Medien konnten keine signifikanten Haupt- oder Interaktionseffekte beschrieben werden (siehe Tabelle 6).

Tab. 5: Deskriptive Befunde für Kontroll- und Experimentalgruppe für Prä- und Posttest

Skala	Kontrollgruppe		Experimentalgruppe	
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest
SWE zum Lehren mit digitalen Medien	4.42 (1.03)	4.76 (.90)	4.70 (.92)	5.46 (.72)
Faktor	Didaktische Beurteilung digitaler Medien	4.35 (1.04)	4.77 (.90)	4.57 (.93)
	Didaktischer Einsatz von digitalen Medien im Unterricht	4.44 (1.15)	4.73 (.99)	4.76 (.96)
	Technische Anwendung digitaler Medien	4.47 (1.10)	4.79 (1.03)	4.76 (1.05)
Nutzung digitaler Medien NU	3.75 (.75)	3.75 (.62)	3.82 (.67)	4.01 (.75)
Lernbezogene Vorerfahrungen mit digitalen Medien in Schule und Hochschule	3.01 (.69)	3.10 (.64)	3.02 (.65)	3.30 (.76)
Verhaltensintention	5.74 (.98)	5.75 (.91)	5.88 (1.05)	5.92 (1.02)
Subjektive soziale Normerwartung	5.17 (1.28)	5.33 (1.27)	4.92 (1.24)	5.07 (1.27)
Einstellungen zum Lernen mit digitalen Medien im Unterricht	4.93 (.87)	4.97 (.77)	5.06 (.81)	5.11 (.76)
Motivation zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht	4.09 (1.15)	3.94 (1.17)	4.26 (1.15)	4.41 (1.18)

Tab. 6: Übersicht der Haupt- und Interaktionseffekte für die rmANOVA

Skala	Effekt	Teststatistik	η^2
SWE zum Lehren mit digitalen Medien	Zeit x Treatment	$F(233) = 13.219, p < .001$	.054
Faktor	Didaktische Beurteilung digitaler Medien	$F(233) = 15.018, p < .001$	.061
	Didaktischer Einsatz von digitalen Medien im Unterricht	$F(233) = 13.239, p < .001$	.054
	Technische Anwendung digitaler Medien	$F(233) = 5.302, p = .022$	.022
Nutzung digitaler Medien NU	Kein signifikanter Haupt- oder Interaktionseffekt		
Lernbezogene Vorerfahrungen mit digitalen Medien in Schule und Hochschule	Zeit x Treatment	$F(233) = 4.228, p = .041$	.018
Verhaltensintention	Kein signifikanter Haupt- oder Interaktionseffekt		
Subjektive soziale Normerwartung	Haupteffekt Zeit	$F(233) = 3.904, p = .049$	.016
Einstellungen zum Lernen mit digitalen Medien im Unterricht	Kein signifikanter Haupt- oder Interaktionseffekt		
Motivation zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht	Zeit x Treatment	$F(233) = 5.269, p = .023$	.022

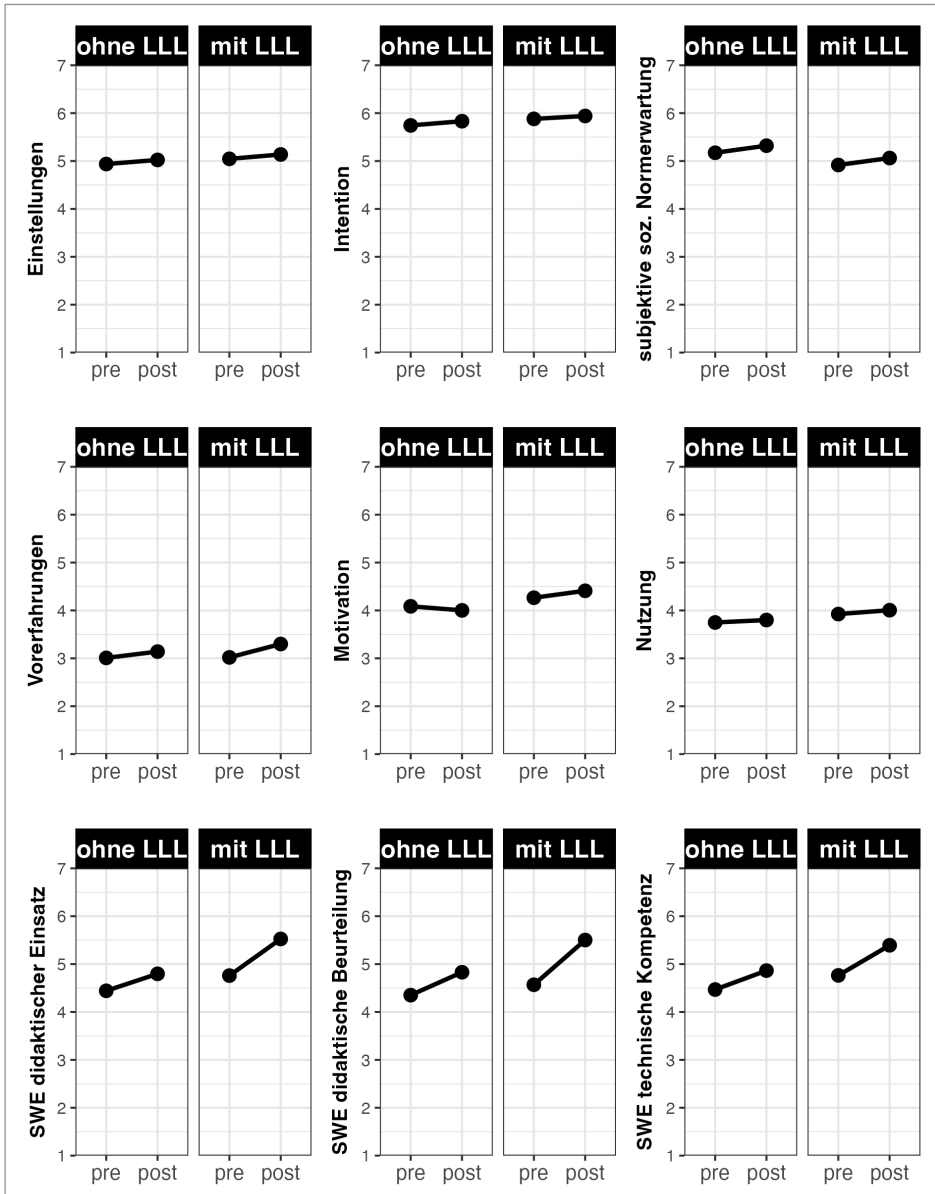


Abb. 1: Vergleich der Entwicklung professioneller Kompetenz bezogen auf den Besuch eines Lehr-Lern-Labor-Seminars (pre = Prätest, post = Posttest, ohne LLL = Studierende in der Kontrollgruppe ohne Besuch eines Lehr-Lern-Labor-Seminars, mit LLL = Studierende in der Experimentalgruppe mit Besuch eines Lehr-Lern-Labors; SWE = Selbstwirksamkeitserwartung)

Als Hauptergebnis der Evaluationsstudie kann beschrieben werden, dass sich hinsichtlich der *Selbstwirksamkeitserwartungen* zwischen den Studierenden, die das LLL-Seminar besucht haben, und Studierenden in den Kontrollgruppen ohne LLL deutliche Unterschiede zeigen. Dabei lässt sich ein signifikanter Interaktionseffekt Zeit x Treatment mit mittlerer Effektstärke identifizieren, $F(233) = 13.219$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .054$. Studierende im LLL schätzen dabei ihre Selbstwirksamkeit im Vergleich von Prätest ($M = 4.70$; $SD = .92$) zu Posttest ($M = 5.46$, $SD = .72$) erheblich positiver ein als Studierende, die kein LLL-Seminar besucht haben. Bei diesen Studierenden veränderte sich die Selbstwirksamkeit zwischen Prätest ($M = 4.42$, $SD = 1.03$) und Posttest ($M = 4.76$, $SD = .90$) kaum. Die Wirksamkeit des Besuchs eines LLL-Seminars für die positive Einschätzung der Selbstwirksamkeit bestätigt sich auch für die drei Faktoren „Didaktische Beurteilung digitaler Medien“, „Didaktischer Einsatz von digitalen Medien im Unterricht“ und „Technische Anwendung digitaler Medien“ (siehe Tabelle 5, Abbildung 1). Bei allen drei Faktoren sind gleiche Muster des Interaktionseffekts Zeit x Treatment beschreibbar, wobei die Effektstärken für den Faktor „Didaktische Beurteilung“ ($\eta_p^2 = .061$) und „Didaktischer Einsatz“ ($\eta_p^2 = .054$) höher sind als für „Technische Anwendung digitaler Medien“ ($\eta_p^2 = .022$). Studierende, die das LLL-Seminar besucht haben, schätzen also ihre Selbstwirksamkeit bezogen auf die reflektierte und angemessene Auswahl von digitalen Medien und deren Einsatz im Unterricht, sowie ihre technischen Anwendung digitalen Medien zur Nutzung digitaler Medien im Unterricht statistisch signifikant positiver ein als Studierende, die kein LLL-Seminar besucht haben (siehe Tabelle 5 und Tabelle 6).

Bezogen auf die Entwicklung der *lernbezogenen Vorerfahrungen* mit digitalen Medien in Schule und Hochschule konnte ein Interaktionseffekt Zeit x Treatment identifiziert werden, $F(233) = 4.228$, $p = .041$. Dieser Effekt beschreibt eine Zunahme von Erfahrungen, die die Studierenden mit dem Einsatz digitaler Medien im Lehramtsstudium gemacht haben. Studierende, die das LLL-Seminar besucht haben, haben dabei im Vergleich von Prätest zu Posttest häufiger Erfahrungen mit digitalen Medien gemacht, als Studierende ohne LLL-Seminar (siehe Tabelle 5). Damit wird ein schwacher Effekt beschrieben ($\eta_p^2 = .018$).

Hinsichtlich der *Motivation* zum Einsatz digitaler Medien konnte ebenfalls ein Interaktionseffekt Zeit x Treatment identifiziert werden, $F(233) = 5.269$, $p = .023$; $\eta_p^2 = .022$. Im Vergleich von Prätest zu Posttest hat die Motivation, digitale Medien im Unterricht einzusetzen, dabei innerhalb der Experimentalgruppe mit Besuch des LLL-Seminars leicht zugenommen ($M = 4.25$; $SD = 1.15$ zu $M = 4.41$; $SD = 1.18$), wobei die Motivation bei Studierenden ohne LLL-Seminar auf einem mittleren Niveau verblieb ($M = 4.09$; $SD = 1.15$ und $M = 3.94$, $SD = 1.17$). Auffällig ist dabei, dass die Motivation zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht in Kontroll- und Experimentalgruppe eine im Vergleich zu anderen Skalen recht hohe Varianz aufweist (siehe Tabelle 5).

Für die *subjektive soziale Normerwartung* konnte ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Zeit identifiziert werden, $F(233) = 3.904$, $p = .049$. Demnach nehmen unabhängig vom Besuch eines LLL-Seminars die von den Studierenden subjektiv wahr-

genommenen sozialen Erwartungen zum Medieneinsatz im Unterricht in Kontroll- und Experimentalgruppe leicht zu und verbleiben auf einem hohen Niveau (siehe Tabelle 5). Damit wird ein schwacher Effekt beschrieben ($\eta_p^2 = .016$, siehe Tabelle 6).

Für die übrigen Skalen konnten weder signifikante Haupteffekte, noch Interaktionseffekte identifiziert werden. Demnach unterscheiden sich die Ausprägungen zu den Skalen zwischen Studierenden mit LLL-Seminar und Studierenden ohne LLL-Seminar statistisch nicht signifikant (siehe Tabelle 6). Bezogen auf die *Nutzung digitaler Medien* nimmt die Häufigkeit der Mediennutzung in der Experimentalgruppe leicht zu ($M = 3.82$; $SD = .67$ zu $M = 4.01$, $SD = .75$), wogegen er in der Kontrollgruppe unverändert bleibt (siehe Tabelle 5). Ein ähnliches Muster sehen wir bezogen auf die *Verhaltensintention*, digitale Medien im zukünftigen Unterricht einzusetzen. Hier ist in Kontroll- und Experimentalgruppe bereits im Prätest eine stark ausgeprägte *Intention* zum Medieneinsatz vorzufinden, die sich in der Experimentalgruppe im Post-Test mit LLL-Seminar noch einmal leicht positiv entwickelt. Auch hinsichtlich der *Einstellungen* zum Einsatz digitaler Medien finden sich in Kontroll- und Experimentalgruppe bereits zum Zeitpunkt des Prätests eher positive Bewertungen des Medieneinsatzes, die auch zum Zeitpunkt des Posttests beibehalten werden (siehe Tabelle 5).

Diskussion

Im Rahmen der hier vorgestellten Evaluationsstudie wurden die Entwicklung der professionellen Kompetenz Studierender im Rahmen des Besuchs eines Lehr-Lern-Labor-Seminars empirisch untersucht. Dabei wurde der Schwerpunkt der Evaluation auf die Entwicklung der Selbstwirksamkeitserwartungen im Umgang mit digitalen Medien gelegt. Die vorliegende Evaluationsstudie setzt damit an den Arbeiten zu Lehr-Lern-Laboren mit Schwerpunkt „Dealing with Diversity“ aus der ersten Förderphase der QLB an der Universität Münster an, die sich der Förderung professioneller Kompetenz in komplexitätsreduzierten Settings gewidmet hat (Heinicke et al., 2020). Im Zuge fortschreitender Digitalisierung von Unterrichtspraxis und Lehrkräftebildung (ggf. Roth et al., 2023) widmete sich die Evaluationsstudie der Frage, ob im Rahmen von Lehr-Lern-Labor-Seminaren eine positive Entwicklung von Selbstwirksamkeitserwartungen auch dann gelingen kann, wenn die Studierenden die Diversität von Lernenden sowie digitale Medien berücksichtigen (vgl. Beitrag zum DiDiKom-Modell von Kürten et al., in diesem Band). Neben den Selbstwirksamkeitserwartungen als zentralem Konstrukt wurden dazu auf Grundlage weiterer Kompetenzmodelle (u. a. DiKoLAN, Becker et al., 2020) auch Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Medien berücksichtigt (u. a. Vogelsang et al., 2019). Vor diesem Hintergrund sollen die Ergebnisse der Evaluationsstudie entlang der folgenden beiden Aspekte diskutiert werden: (1) Wirkungen der Lehr-Lern-Labor-Seminare auf die Entwicklung der Selbstwirksamkeitserwartung und (2) Positive Ausgangslange professioneller Kompetenz für den Medieneinsatz im Unterricht.

1. *Wirkungen der Lehr-Lern-Labor-Seminare auf die Entwicklung der Selbstwirksamkeitserwartung*

Als Hauptergebnis der Evaluation kann festgehalten werden, dass der Besuch der Lehr-Lern-Labor-Seminare im Vergleich zum Besuch anderer fachdidaktischer Lehrveranstaltungen zu einem stärkeren Zuwachs der Selbstwirksamkeitserwartungen im Verlauf eines Semesters beiträgt. Damit bestätigt die vorliegende Evaluation die Befunde früherer Studien, dass Lehr-Lern-Labore als Format der Hochschulbildung im Lehramtsstudium zur Entwicklung der professionellen Kompetenz angehender Lehrkräfte beitragen können (Anthofer & Tepner, 2016; Buchholz et al., 2013; Dohrmann, 2019; Doll et al., 2022; Krofta et al., 2013; Wess, 2020).

In der vorliegenden Evaluation wurden angelehnt an die Rahmenframeworks des DigCompEdu (Redecker, 2019) und des DiKoLAN (Becker et al., 2020) Entwicklungen der Selbstwirksamkeitserwartung mit reliablen Skalen zu „didaktischer Einsatz digitaler Medien“, „didaktische Beurteilung digitaler Medien“ und „Technische Anwendung digitaler Medien“ untersucht. Dabei wurden höhere Effektstärken für die Entwicklung der Selbstwirksamkeitserwartung im Bereich „didaktischer Einsatz“ und „didaktische Beurteilung“ beobachtet als für den Bereich „Technische Anwendung digitaler Medien“ (siehe Tabelle 6). Einerseits wird verdeutlicht, dass Lehr-Lern-Labore als Orte der Professionalisierung einen Beitrag zur Entwicklung von Kompetenzfacetten beitragen können, die über das reine Professionswissen hinausgehen (Steffensky & Parchmann, 2007). Andererseits wird auch deutlich, dass die Praxisnähe und die notwendige Auseinandersetzung mit didaktischen Entscheidungen konkrete Lehr-Lern-Szenarien betreffend spezifische Selbstwirksamkeitserwartungen adressieren, die über die Selbsteinschätzungen zur „technischen Anwendung digitaler Medien“ hinausreichen (Dohrmann, 2019; Heinicke et al., 2020; Rosendahl, 2018). Gleichwohl muss kritisch betrachtet werden, dass bei der Evaluation auch Zuwächse der Selbstwirksamkeitserwartung in der Kontrollgruppe beobachtet werden konnten, die nicht am Lehr-Lern-Labor teilnahmen (siehe Abbildung 1). Dies kann einerseits auf Testwiederholungseffekte, aber auch auf die Auseinandersetzung mit digitalen Medien in weiteren Lehrveranstaltungen während der Evaluationsstudie hindeuten. Gleichwohl konnten durch die methodischen Analysen Interaktionseffekte identifiziert werden, die einen stärkeren Zuwachs der Selbstwirksamkeitserwartungen in den Experimentalgruppen mit Lehr-Lern-Labor im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne Lehr-Lern-Labor nahelegen, der über die Testwiederholungseffekte hinausgeht.

2. *Positive Ausgangslange professioneller Kompetenz für den Medieneinsatz im Unterricht*

Im Rahmen der Evaluationsstudie wurden über die Selbstwirksamkeitserwartungen hinaus weitere Facetten professioneller Kompetenz angehender Lehrkräfte untersucht. Zu diesen zählten Nutzung digitaler Medien, Lernbezogene Vorerfahrungen mit digitalen Medien in Schule und Hochschule, Verhaltensintention, subjektive

soziale Normerwartung, Einstellungen zum Lernen mit digitalen Medien im Unterricht und Motivation zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht (siehe Tabelle 5). Sie alle lassen sich im Bereich der nicht-wissensbezogenen Facetten professioneller Kompetenz verorten und gelten als zentrale Einflussfaktoren des Einsatzes digitaler Medien im Unterricht (Vogelsang et al., 2019). Als Befund der Evaluationsstudie konnte festgehalten werden, dass der Besuch des Lehr-Lern-Labors nur einen Einfluss auf die lernbezogenen Vorerfahrungen mit digitalen Medien sowie die Motivation zum Einsatz digitaler Medien nicht aber auf die übrigen Facetten hatte (siehe Tabelle 5 und Tabelle 6). Dieses Ergebnis kann zunächst einmal positiv interpretiert werden: Die Motivation zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht gilt als unmittelbarer Einflussfaktor auf die Intention zum Einsatz digitaler Medien, die wiederum proximaler Einflussfaktor des tatsächlichen Verhaltens ist (Vogelsang et al., 2019). Damit gelingt es durch den Besuch eines Lehr-Lern-Labors einen zentralen Prädiktor des Verhaltens in Richtung einer Befürwortung des Einsatzes digitaler Medien zu entwickeln. Auch gewinnt das Ergebnis an Bedeutung, da sich die Motivation zum Einsatz digitaler Medien bei Studierenden in der Vergleichsgruppe ohne den Besuch eines Lehr-Lern-Labors nicht positiv entwickelte. Im Gegenteil, es kann sogar ein leichter Rückgang der Motivation beobachtet werden (siehe Abbildung 1).

Dass ähnliche Entwicklung für die übrigen Konstrukte nicht beobachtet werden konnten, kann auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein. So gelten etwa Einstellungen prinzipiell als schwer veränderbar (Maio et al., 2019). Gleichwohl muss berücksichtigt werden, dass bereits der Prätest in Kontroll- und Experimentalgruppe ausgeprägte positive Einstellungen (Kontrollgruppe $M = 4.93$; $SD = .87$ bzw. Experimentalgruppe $M = 4.97$ $SD = .77$) gegenüber dem Einsatz digitaler Medien offenbarte. Wie auch für die Skala „Intention“ kann hier fast von einem Deckeneffekt gesprochen werden, der auf eine grundlegende Befürwortung und positive Haltung zum Einsatz digitaler Medien schließen lässt, wie sie für angehende Lehrkräfte häufig beschrieben wird (u. a. Vogelsang et al., 2019; Teo et al., 2008).

Insgesamt verdeutlichen die Befunde der Evaluationsstudie, dass für zentrale Facetten professioneller Kompetenz, die als wichtige Faktoren für die Integration digitaler Medien in Lehr-Lern-Prozesse gelten (Knezek & Christensen, 2016), positive Ausprägungen vorliegen. Darüber hinaus konnte für bedeutsame Aspekte wie Selbstwirksamkeitserwartungen, aber auch für die Facette Motivation eine positive Beeinflussung durch den Besuch eines Lehr-Lern-Labor-Seminars herausgestellt werden. Damit konnte im Rahmen der Lehr-Lern-Labore der zweiten Förderphase der QLB an der Universität Münster gezeigt werden, dass das Format bezogen auf den Einsatz digitaler Medien spezifisch zur Entwicklung professioneller Kompetenz beitragen kann (Heinicke et al., 2020).

Literatur

- Abbitt, J. T. (2011). An Investigation of the Relationship between Self-Efficacy Beliefs about Technology Integration and Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) among Preservice Teachers. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 27(4), 134–143. <https://doi.org/10.1080/21532974.2011.10784670>
- Anthofer, S. & Tepner, O. (2016). Experimentell-fachdidaktisches Wissen und Handeln von Chemie-Lehramtsstudierenden. In C. Maurer (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Band 36, Authentizität und Lernen: Das Fach in der Fachdidaktik: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung 2015* (S. 316–318). Universität Regensburg.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological review*, 84(2), 191.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. Freeman.
- Bandura, A. (1999). Social cognitive theory of personality. In L. A. Pervin & O. P. John (Hrsg.), *Handbook of Personality: Theory and Research* (2. Aufl., S. 154–196). The Guilford Press.
- 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.
- 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.
- Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.). (2010). *TEDS-M 2008: Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Primarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich*. Waxmann.
- Buchholz, M., Saeli, M. & Schulte, C. (2013). PCK and reflection in computer science teacher education. In M. E. Caspersen, M. Knobelsdorf & R. Romeike (Hrsg.), *Proceedings of the 8th Workshop in Primary and Secondary Computing Education* (S. 8–16). ACM. <https://doi.org/10.1145/2532748.2532752>
- Cohen, J. (1992). Quantitative methods in psychology: A power primer. *Psychol. Bull.*, 112, 1155–1159.
- 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. <https://doi.org/10.30819/4958>
- Doll, J., Meyer, D., & Vorhölter, K. (2022). Zur Selbstwirksamkeit von Lehramtsstudierenden im Hinblick auf die Integration digitaler Medien in den Unterricht. In N. Buchholtz, B. Schwarz, & K. Vorhölter (Hrsg.), *Initiationen mathematikdidaktischer Forschung* (S. 389–406). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-36766-4_20
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5. Aufl.). SAGE.
- 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.

- Fried, S. & Trefzger, T. (2017). Eine qualitative Untersuchung zur Anwendung von physik-didaktischem Wissen im Lehr-Lern-Labor. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fach-didaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis: Jahrestagung 2016*. Zürich (S. 492–495). Universität Regensburg.
- Greefrath, G., Siller, H.-S., Klock, H. & Wess, R. (2022). Pre-service secondary teachers' pedagogical content knowledge for the teaching of mathematical modelling. *Educational Studies in Mathematics*, 109(2), 383–407. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10038-z>
- Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W. & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 66(6), 324–330.
- Heinicke, S., Kürten, R., Holz, C. & Wess, R. (2020). Professionalisierung von Studierenden des Lehramts durch Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-Laboren. In R. Kürten, G. Greefrath & M. Hammann (Hrsg.), *Begabungsförderung: Individuelle Förderung und Inklusive Bildung: Bd. 8. Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-Laboren: Innovative Lehrformate in der Lehrerbildung zum Umgang mit Heterogenität und Inklusion* (S. 227–255). Waxmann.
- Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S. & Thyssen, C. (2019). Von TPaCK zu DPaCK – Digitalisierung im Unterricht erfordert mehr als technisches Wissen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 72(5), 358–364.
- Knezek, G. & Christensen, R. (2016). Extending the will, skill, tool model of technology integration: adding pedagogy as a new model construct. *Journal of Computing in Higher Education*, 28(3), 307–325. <https://doi.org/10.1007/s12528-016-9120-2>
- Koehler, M. J. & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70.
- Krauss, S., Lindl, A., Schilcher, A., Fricke, M., Göhring, A. & Hofmann, B. (2017). *FALKO: Fachspezifische Lehrkompetenzen: Konzeption von Professionswissenstests in den Fächern Deutsch, Englisch, Latein, Physik, Musik, Evangelische Religion und Pädagogik. Mit neuen Daten aus der COACTIV-Studie*. Waxmann.
- Krofta, H., Fandrich, J. & Nordmeier, V. (2013). Fördern Praxisseminare im Schülerlabor das Professionswissen und einen reflexiven Habitus bei Lehramtsstudierenden? *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/493>
- Krofta, H. & Nordmeier, V. (2014). Bewirken Praxisseminare im Lehr-Lern-Labor Änderungen der Lehrerselbstwirksamkeitserwartung bei Studierenden? *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/584>
- Lee, Y. & Lee, J. (2014). Enhancing pre-service teachers' self-efficacy beliefs for technology integration through lesson planning practice. *Computers & Education*, 73, 121–128. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.01.001>
- Lent, R. W., Brown, S. D. & Larkin, K. C. (1986). Self-Efficacy in the Prediction of Academic Performance and Perceived Career Options. *Journal of Counseling Psychology*, 33(3), 265–269.
- Maio, G. R., Haddock, G. & Verplanken, B. (2019). *The psychology of attitudes and attitude change* (3. Aufl.). SAGE.
- 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.), *Begabungsförderung: Individuelle Förderung und Inklusive Bildung: Bd. 8. Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-Laboren: Innovative Lehrformate in der Lehrerbildung zum Umgang mit Heterogenität und Inklusion* (S. 17–31). Waxmann.
- Norden, L.-A., Mannila, L. & Pears, A. (2017). Development of a self-efficacy scale for digital competences in schools. In IEEE (Hrsg.), *2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (S. 1–7). IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE.2017.8190673>
- Redecker, C. (2019). *Europäischer Rahmen für die digitale Kompetenz Lehrender: DigCompEdu* (Goethe-Institut, Übers.).
- Rehfeldt, D. & Nordmeier, V. (2019). Entwicklung und Reflexion von Lehrperformanz zum Umgang mit Vorwissen und Schülervorstellungen im Lehr-Lern-Labor-Seminar. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe: Jahrestagung 2018*. Kiel (S. 886–889). Universität Regensburg. <https://doi.org/10.17169/REFUBIUM-1701>
- Rosendahl, N. (2018). *Mit Vielfalt experimentieren – Entwicklung der Selbstwirksamkeitserwartungen angehender Geographielehrkräfte im GEO Lehr-Lern-Labor*. Poster. 4. Dortmunder Symposium der Empirischen Bildungsforschung.
- Schunk, D.H. & Pajares, F. (2002). The Development of Academic Self-Efficacy. In A. Wigfield & J.S. Eccles (Hrsg.), *Development of achievement motivation* (S. 16–31). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012750053-9/50003-6>
- Siller, H.-S., Greefrath, G., Wess, R. & Klock, H. (2023). Pre-service Teachers' Self-Efficacy for Teaching Mathematical Modelling. In G. Greefrath, S. Carreira & G.A. Stillman (Hrsg.), *International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling. Advancing and Consolidating Mathematical Modelling: Research from ICME-14* (S. 259–274). Springer International Publishing; Imprint Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-27115-1_16
- Steffensky, M. & Parchmann, I. (2007). The project CHEMOL: Science education for children – Teacher education for students! *Chem. Educ. Res. Pract.*, 8(2), 120–129. <https://doi.org/10.1039/B6RP90025A>
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A. & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. *Research in Subject-matter Teaching and Learning (RISTAL)*, 3(1), 30–45. <https://doi.org/10.23770/rt1831>
- Tantrarungroj, P. & Suwannathachote, P. (2012). Enhancing Pre-service Teacher's Self-efficacy and Technological Pedagogical Content Knowledge in Designing Digital Media with Self-regulated Learning Instructional Support in Online Project-based Learning. *Creative Education*, 03(08), 77–81. <https://doi.org/10.4236/ce.2012.38b017>
- Teo, T., Chai, C.S., Hung, D. & Lee, C.B. (2008). Beliefs about teaching and uses of technology among pre-service teachers. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 36(2), 163–174. <https://doi.org/10.1080/13598660801971641>
- Tschannen-Moran, M., Hoy, A.W. & Hoy, W.K. (1998). Teacher Efficacy: Its Meaning and Measure. *Review of Educational Research*, 68(2), 202–248. <https://doi.org/10.3102/00346543068002202>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Hrsg.). (2011). *UNESCO ICT Competency Framework for Teachers*. UNESCO.

- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 115–129. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6>
- Wang, L., Ertmer, P.A. & Newby, T.J. (2004). Increasing Preservice Teachers' Self-Efficacy Beliefs for Technology Integration. *Journal of Research on Technology in Education*, 36(3), 231–250. <https://doi.org/10.1080/15391523.2004.10782414>
- Wess, R. (2020). *Professionelle Kompetenz zum Lehren mathematischen Modellierens: Konzeptualisierung, Operationalisierung und Förderung von Aufgaben- und Diagnosekompetenz. Studien zur theoretischen und empirischen Forschung in der Mathematikdidaktik: Bd. 12.* Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29801-2>

Autorinnen und Autoren

LINDA DÜPERTHAL ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Didaktik des Sachunterrichts der Universität Münster. In der Qualitätsoffensive Lehrerbildung arbeitet sie im Teilprojekt „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“ an der Entwicklung und Evaluation eines Lehr-Lern-Labors, in dem Studierende des Masterstudiengangs die Planung von digitalgestütztem Sachunterricht erlernen. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen Ausbildung von Sachunterrichtslehrkräften und Einsatz digitaler Medien im Sachunterricht. Kontakt: linda.braun@uni-muenster.de

TILLMANN ELLER war bis März 2023 Mitarbeiter am Institut für Musikpädagogik der Universität Münster. In der Qualitätsoffensive Lehrerbildung arbeitete er innerhalb des Teilprojekts „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“ an der Entwicklung des Lehr-Lern-Labors Musik. Seit Mai 2023 arbeitet er als akademischer Mitarbeiter an der Vernetzungs- und Transferstelle für das Lernen und Lehren in der digitalen Welt im Rahmen des Forschungs-, Innovations- und Transferprojekts „Kompetenzzentren für digitales und digital gestütztes Unterrichten in Schule und Weiterbildung“ an der Universität Potsdam. Kontakt: tillmann.eller@uni-potsdam.de

CHRISTIAN FISCHER, Dr., ist Professor für Erziehungswissenschaft mit dem Schwerpunkt Schulpädagogik: Begabungsforschung und Individuelle Förderung am Institut für Erziehungswissenschaft der Universität Münster. Im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung der Universität Münster beteiligt er sich an den Teilprojekten „Curriculare Maßnahmen – Heterogenität als durchgängiges Thema im Curriculum“ und „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“. Im letztgenannten arbeitet er in seinem Einzelprojekt an einem Lehr-Lern-Labor ‚Diagnose und Individuelle Förderung‘ zum Themenfeld „Heterogenität in der Schule“. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen Individuelle Begabungsförderung, Pädagogische Diagnostik, Selbstreguliertes Lernen, Lernstrategien, Lernschwierigkeiten, Lehrkräftebildung und Umgang mit Diversität. Kontakt: ch.fischer@uni-muenster.de

GILBERT GREEFRATH, Dr., ist Professor am Institut für Didaktik der Mathematik und der Informatik der Universität Münster. In der Qualitätsoffensive Lehrerbildung an der Universität Münster ist er gemeinsam mit Marcus Hammann Leiter des Projekts „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“ im Rahmen der Qualitätsoffensive an der Universität Münster. In seinem Einzelprojekt arbeitet er an der Entwicklung eines mathematikdidaktischen Lehr-Lern-Labors zur

Professionalisierung angehender Lehrpersonen. Im Fokus stehen dabei digitale Medien und der produktive Umgang mit Heterogenität im Mathematikunterricht. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen mathematisches Modellieren, Einsatz digitaler Mathematikwerkzeuge, Übergang Schule – Hochschule und Entwicklung von Test- und Prüfungsaufgaben.

Kontakt: greefrath@uni-muenster.de

MARCUS HAMMANN, Dr., ist Professor am Zentrum für Didaktik der Biologie der Universität Münster. Er beteiligt sich am Teilprojekt „Curriculare Maßnahmen – Heterogenität als durchgängiges Thema im Curriculum“ und ist zusammen mit Gilbert Greefrath Leiter des Teilprojekts „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“ im Rahmen der Qualitätsoffensive an der Universität Münster. Seine Forschungsschwerpunkte liegen bei Vorstellungen, Interessen und Einstellungen von Schülerinnen und Schülern zu verschiedenen Themen des Biologieunterrichts.

Kontakt: hammann.m@uni-muenster.de

SUSANNE HEINICKE, Dr., ist Professorin am Institut für Didaktik der Physik der Universität Münster. In der Qualitätsoffensive Lehrerbildung der Universität Münster arbeitet sie im Teilprojekt „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“ an der Entwicklung eines Lehr-Lern-Labors zur Förderung der Handlungsfähigkeit angehender Physiklehrkräfte in Bezug auf den Einsatz digitaler Medien zur visualisierenden Unterstützung von Lernsituationen. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen im Umgang mit Heterogenität im Physikunterricht, der kreativen und sprachsensiblen Gestaltung von naturwissenschaftlichem Unterricht und der Fehlerkultur im Lernen von Physik.

Kontakt: susanne.heinicke@uni-muenster.de

BENEDIKT HEUCKMANN, Dr., ist Jun.-Professor für Didaktik der Biologie am Zentrum für Didaktik der Biologie der Universität Münster. Im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung der Universität Münster beteiligt er sich an dem Teilprojekt „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“. Dabei hat er mit Sarah Wilken ein Lehr-Lern-Labor für digitale Bildung im Kontext der Humanbiologie konzeptualisiert und realisiert. Seine Forschungsschwerpunkte betreffen die Integration digitaler Werkzeuge beim Lehren und Lernen biologischer Inhalte, zum Beispiel mit Computersimulationen und 3D-Modellierungen, sowie die darauf bezogene Forschung zu Gelingensbedingungen und professioneller Kompetenz von Lehrenden und digitaler Kompetenz von Lernenden.

Kontakt: benedikt.heuckmann@uni-muenster.de

GUIDO HUNZE, Dr., ist Akademischer Oberrat am Institut für Religionspädagogik und Pastoraltheologie der Katholisch-Theologischen Fakultät der Universität Münster. In der zweiten Phase der Qualitätsoffensive Lehrerbildung ist er am Teilprojekt „Curriculare Maßnahmen – Heterogenität als durchgängiges Thema

im Curriculum“ im Einzelprojekt Katholische Theologie sowie am Teilprojekt „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“ mit einem assoziierten Einzelprojekt beteiligt. Seine Arbeits- und Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich Inklusion, Religiöse Bildung für Nachhaltige Entwicklung, Digitalisierung in der Lehre und Dialog zwischen Naturwissenschaft und Theologie. Er ist Leiter des Videografie-Teams TheoTVIST der Katholisch-Theologischen Fakultät.

Kontakt: hunze@uni-muenster.de

RONJA KÜRTE, Dr., ist Rätin im Hochschuldienst am Institut für Didaktik der Mathematik und der Informatik der Universität Münster. In der Qualitätsoffensive Lehrerbildung arbeitete sie bis Ende 2021 als Koordinatorin des Teilprojekts „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Hochschuldidaktik Mathematik, der Entwicklung und Evaluation von Vorkursen und der Selbstwirksamkeitserwartung von Studierenden.

Kontakt: ronja.kuerten@uni-muenster.de

ANNETTE MAROHN, Dr., ist Professorin am Institut für Didaktik der Chemie der Universität in Münster. In der Qualitätsoffensive Lehrerbildung arbeitet sie im Teilprojekt „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“ an der Entwicklung des chemiedidaktischen Lehr-Lern-Labors C(LE)VER.digital mit den Schwerpunkten „Digitale Tools“, „Umgang mit Diversität“ und „Experimentieren“. Ihr Forschungsinteresse gilt der Entwicklung und Erforschung innovativer Konzepte für den naturwissenschaftlichen Unterricht und die Lehrkräftebildung sowie der empirischen Erforschung von Lernprozessen. Thematische Schwerpunkte liegen unter anderem im Bereich des inklusiven und sprachsensiblen Unterrichts, der Förderung von Bewertungskompetenz, Schülervorstellungen, Nature of Science, Mathematisierungen sowie die Nutzung digitaler Tools.

Kontakt: a.marohn@uni-muenster.de

JASCHA QUARDER ist Lehrer für Gymnasien und Gesamtschulen mit den Unterrichtsfächern Mathematik und Sport. Seit Februar 2021 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Didaktik der Mathematik und der Informatik der Universität Münster. Im Teilprojekt „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“ der Qualitätsoffensive Lehrerbildung arbeitet er an der Weiterentwicklung und Evaluation eines Lehr-Lern-Labor-Seminars zur Professionalisierung angehender Lehrkräfte. Im Mittelpunkt des Seminars steht das Simulieren und mathematische Modellieren mit digitalen Werkzeugen. Sein Forschungsschwerpunkt besteht u. a. darin, die Entwicklung der bereichsspezifischen Diagnosekompetenz von Lehramtsstudierenden dieses Seminars quantitativ zu untersuchen.

Kontakt: jascha.quarder@uni-muenster.de

STEFFEN RÖWEKAMP ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Didaktik der Chemie der Universität Münster. In der Qualitätsoffensive Lehrerbildung arbeitet er im Teilprojekt „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“ an der Entwicklung und Evaluation des chemiedidaktischen Lehr-Lern-Labors C(LE)VER.digital zur Professionalisierung von Lehramtsstudierenden. Sein Forschungsfokus liegt auf der diversitätssensiblen, digital gestützten Gestaltung von Unterrichtsmaterialien und Experimentiersituationen im Chemieunterricht.
Kontakt: steffen.roewekamp@uni-muenster.de

ILKA SIEDENBURG, Dr., ist Professorin für Musikpädagogik am Institut für Musikpädagogik der Universität Münster. In der Qualitätsoffensive Lehrerbildung der Universität Münster arbeitete sie im Teilprojekt „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“ an der Entwicklung eines musikpädagogischen Lehr-Lern-Labors zum professionellen Handeln in digitalen Lernumwelten, das sich der Begleitung von Prozessen produktiven Gestaltens mit Musik-Apps in einem heterogenitätssensiblen Musikunterricht widmet. Ihre weiteren Arbeitsschwerpunkte liegen in der musikpädagogischen Genderforschung, der Didaktik populärer Musik sowie in der musikalischen Improvisation.
Kontakt: i.siedenburg@uni-muenster.de

WIEBKE MARIA STÜVEN arbeitet am Institut für Erziehungswissenschaft an der Universität Münster. In der zweiten Förderphase der Qualitätsoffensive Lehrerbildung hat sie als abgeordnete Lehrerin im Teilprojekt „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“ an einem Lehr-Lern-Labor ‚Diagnose und Individuelle Förderung‘ zum Themenfeld „Digitale Kompetenzen von Lehramtsstudierenden“ gearbeitet. Ihr Forschungsfokus liegt in der Integration digitaler Lehrkompetenzen in das Projektformat des Forder-Förder-Projekts. Ihre Arbeits- und Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich (digitale) Lehrkräftebildung, individuelle Begabungsförderung, pädagogische Diagnostik, selbstreguliertes Lernen, Lernstrategien und Umgang mit Diversität.
Kontakt: wstueven@uni-muenster.de

JULIA WELBERG ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Didaktik der Physik der Universität Münster. In der Qualitätsoffensive Lehrerbildung arbeitet sie im Teilprojekt „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“ an der Entwicklung eines Lehr-Lern-Labors zur Förderung der Handlungsfähigkeit angehender Physiklehrkräfte in Bezug auf den Einsatz digitaler Medien zur visualisierenden Unterstützung von Lernsituationen. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Interesse und Motivation im Physikunterricht mit besonderem Fokus auf geschlechterunabhängige Merkmale der Lernenden wie ihrem „Cognitive Style“ (E-S-Theorie/„Brain Type“).
Kontakt: julia.welberg@uni-muenster.de

SARAH WILKEN ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Zentrum für Didaktik der Biologie der Universität Münster. In dem durch die Qualitätsoffensive Lehrerbildung geförderten Projekt „Dealing with Diversity – Kompetenter Umgang mit Heterogenität durch reflektierte Praxiserfahrung“ konzeptualisierte und realisierte sie gemeinsam mit Benedikt Heuckmann ein Lehr-Lern-Labor. Dieses beschäftigt sich mit der zielführenden Integration digitaler Medien in den Humanbiologieunterricht, wobei der Fokus auf der diversitätssensiblen Gestaltung und Umsetzung liegt. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Lehrkräfteprofessionalisierung, insbesondere bei der Erfassung und Veränderung domänenspezifischer Überzeugungen zur Integration digitaler Tools in den Biologieunterricht.

Kontakt: sarah.wilken@uni-muenster.de

ANNA WINDT, Dr., ist Professorin am Institut für Didaktik des Sachunterrichts der Universität Münster. In der Qualitätsoffensive Lehrerbildung arbeitet sie im Teilprojekt „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“ an der Entwicklung und Evaluation eines Lehr-Lern-Labors, in dem Studierende des Masterstudiengangs die Planung von digitalgestütztem Sachunterricht erlernen. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen Naturwissenschaftliches Lernen im Primar- und Elementarbereich, Ausbildung von Sachunterrichtslehrkräften, Qualität von Sachunterricht, Planung und Reflexion von Sachunterricht und Einsatz digitaler Medien im Sachunterricht.

Kontakt: anna.windt@uni-muenster.de

HORST ZEINZ, Dr., ist Professor für Erziehungswissenschaft mit dem Schwerpunkt Grundschulpädagogik am Institut für Erziehungswissenschaft der Universität Münster. In der Qualitätsoffensive Lehrerbildung arbeitet er im Teilprojekt „Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center“ an einem Lehr-Lern-Labor zum Themenfeld „Heterogenität in der Schule“. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der empirischen (Grund-)Schulforschung, der Professionalisierung von Lehrkräften und der Schulentwicklung.

Kontakt: horst.zeinz@uni-muenster.de

