Digitale Basiskompetenzen

Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften

Sebastian Becker, Jenny Meßinger-Koppelt, Christoph Thyssen (Hrsg.)

JOACHIM HERZ STIFTUNG

Über die Joachim Herz Stiftung

Seit 2013 publiziert die Joachim Herz Stiftung Sach- und Fachbücher. Sie bereichern die gesellschaftlichen und fachlichen Diskurse um die Perspektiven ausgewiesener Experten und geben Handreichungen für Lehre und Unterricht. Studien erschließen neue Forschungsfelder und liefern Impulse für die Stiftungsarbeit und gesellschaftliche Entwicklungen. Die Publikationen aus den Programmbereichen Naturwissenschaften, Persönlichkeitsbildung und Wirtschaft begleiten die operative Arbeit der Stiftung, fassen Ergebnisse der Projektarbeit zusammen oder bilden Tagungen und Unterrichtsmaterialien ab.

Die gemeinnützige Joachim Herz Stiftung arbeitet überwiegend operativ und ist vorrangig in den Themenfeldern Naturwissenschaften, Wirtschaft sowie Persönlichkeitsbildung tätig. In diesen drei Bereichen werden auch kleine, innovative Projekte Dritter gefördert. Seit 2017 unterstützt die Stiftung zudem Forschungsprojekte in den Themenfeldern Medizin, Recht und Ingenieurwissenschaften. Die Joachim Herz Stiftung wurde 2008 errichtet und gehört zu den großen deutschen Stiftungen.

Der Programmbereich Naturwissenschaften führt Jugendliche an die Naturwissenschaften heran und fördert den wissenschaftlichen Nachwuchs auf dem Weg in die Wissenschaftskarriere.

Sebastian Becker, Jenny Meßinger-Koppelt, Christoph Thyssen (Hrsg.)

Digitale Basiskompetenzen

Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften

Inhaltsverzeichnis

04 **Digitale Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Lehramtsstudium – eine Einführung**
▸ Jörg Maxton-Küchenmeister, Jenny Meßinger-Koppelt

08 **Digitale Basiskompetenzen für den Naturwissenschaftsunterricht in universitärer Lehrerbildung systematisieren**
▸ Sebastian Becker, Christoph Thyssen

14 **Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN**
▸ Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen: Sebastian Becker, Till Bruckermann, Alexander Finger, Johannes Huwer, Erik Kremser, Monique Meier, Lars-Jochen Thoms, Christoph Thyssen, Lena von Kotzebue

44 **Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften**

46 **Digitale Werkzeuge für den Chemieunterricht – ein Hochschulseminar im Masterstudium**
▸ Franziska Zimmermann, Insa Melle

50 **Erklärvideos und digitale Messwerterfassung – fachliche, experimentelle und kreative Aspekte kombinieren**
▸ Moritz Krause, Ingo Eilks

54 **Kompetenzen zur digitalen Messwerterfassung fördern**
▸ Sascha Schanze, Niklas Schneeweiß, Bernhard Sieve

58 **Experimentieren mit digitalen Sensoren – Unsichtbares sichtbar machen**
▸ Lena von Kotzebue, Timo Fleischer

62 **Computerbasiertes und kollaboratives Lernen in den Naturwissenschaften anhand von Aufgaben entwickeln und fördern**
▸ Sascha Schanze, Jorge Groß, Sarah Hundertmark

66 **Digitale Kompetenzen in Praxisphasen fördern – gemeinsame Qualifizierung von Studierenden und Lehrenden**
▸ Emanuel Nestler, Carolin Retzlaff-Fürst

70 **Entwicklung des digitalen Lernspiels zur Nachhaltigkeit DiLeNa**
▸ Jürgen Paul, Jorge Groß

74 **Mit der App „ID-Logics“ mitteleuropäische Ameisen bestimmen**
▸ Jorge Groß, Jürgen Paul, Eva Ritter

78 **Freiland digital: Lehren und Lernen mit digitalen Werkzeugen an außerschulischen Lernorten**
▸ Marit Kastaun, Monique Meier

82 **Welches Wissen benötigen Lehrkräfte zum Erstellen von Erklärvideos und wie wird es in die Lehrkräfteausbildung integriert?**
▸ Daniela Mahler, Till Bruckermann

86 **Lehren und Lernen mit Erklärvideos im Lehr-Lern-Labor**
▸ Markus Bergmann, Christine Florian, Angela Sandmann

90 **Förderung von Kernkompetenzen im Umgang mit digitalen Medien im Biologieunterricht an der LMU München**
▸ Lena von Kotzebue, Ulrike Franke, Monika Aufleger

94 **Physik und Biologie verbinden – Bionik mit digitalen Medien kooperativ aufbereitet**
▸ Raimund Girwidz, Franz Bogner

99 **Experimentieren:Digital – ein Seminar zum digitalen Messen im Physikunterricht**
▸ Franz Boczianowski

103 **Umgang mit analogen und digitalen Werkzeugen beim Experimentieren**
▸ Stefan Kirchner, Cornelia Geller

107 **Digitale Lehre am Fachbereich Physik der TU Darmstadt für die Studierenden der Lehramtsstudiengänge**
▸ Erik Kremser

111 **Mit digitalen Medien experimentelle Kompetenzen fördern und komplexe Datenauswertungen schulen**
▸ Lars-Jochen Thoms, Christoph Hoyer, Raimund Girwidz

115 **Lernmaterialien mit digitalen Enhancements erstellen**
▸ Stefan Heusler, Susanne Heinicke, Daniel Laumann

120 **Modellieren mit digitalen Werkzeugen – vom 3D-Druck zur mathematischen Visualisierung am Beispiel der Enzymkinetik**
▸ Dagmar Frick, Stefan Witzke, Claudia Nerdel

124 **Das E-Book zur kooperativen Seminardokumentation: Digitale Produkte erstellen, reflektieren und teilen**
▸ Barnd Unger, Nina Ulrich

128 **Augmented Reality in der Lehramtsausbildung**
▸ Christoph Stolzenberger, Nicole Wolf, Annika Kreikenbohm, Thomas Trefzger

132 **Te@m: Teacher Education @nd Media – Medienkompetenz für Lehramtsstudiengänge an der JLU Gießen**
▸ Nicole Graulich, Christof Schreiber

136 **LEHRE:digital – Lernmodule für Selbststudium und Präsenzlehre**
▸ Christoph Thyssen, Christoph Vogelsang, Johannes Huwer

140 **Impressum**

Digitale Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Lehramtsstudium – eine Einführung

▼ Jörg Maxton-Küchenmeister, Jenny Meßinger-Koppelt

Dieses Buch ist das vierte in einer Reihe von Publikationen der Joachim Herz Stiftung zum sinnvollen Einsatz digitaler Medien im Kontext Schule. Im Vorwort zur ersten Publikation 2014 haben wir noch verwundert gefragt, was eigentlich passiert ist seit den ersten Aktivitäten Anfang der 1980er Jahre und gemeinsam mit 50 Autorinnen und Autoren eine Reihe von Best-Practice-Beispielen für den naturwissenschaftlichen Unterricht aufgezeigt (Maxton-Küchenmeister & Meßinger-Koppelt, 2014).

Seitdem ist viel passiert: Mit der Strategie der Kultusministerkonferenz zur Bildung in der digitalen Welt wurde ein verbindlicher Rahmen geschaffen, über welche digitalen Kompetenzen Schülerinnen und Schüler am Ende ihrer Schulzeit verfügen müssen (Kultusministerkonferenz, 2016). Der DigitalPakt Schule soll die dazu benötigte Infrastruktur an den Schulen voranbringen. Und waren vor ein paar Jahren Ideen zu Smartphone-Experimenten im Physikunterricht noch extravagant und scheiterten an der noch lückenhaften Verbreitung dieser Geräte an den Schulen, haben sich mittlerweile passende Nutzungsszenarien im schulischen Alltag etabliert (siehe z. B. Staacks, 2018). Die limitierenden Faktoren sind heutzutage eher klare rechtliche Regularien in Bezug auf die Nutzung im Schulkontext oder eine darauf abgestimmte Lehrkräftebildung. Gleichzeitig bleibt die Skepsis in der Gesellschaft, unter Lehrkräften und sonstigen Bildungsakteuren groß. Döbeli Honegger (2016) listet über 70 Argumente gegen das Digitale in der Schule – und liefert gleich passende Gegenargumente. Parallel nennt er vier zentrale Gründe für deren Nutzung:

1. Das Lebensweltargument: ICT (Informations- und Kommunikationstechnologie) gehört in die Schule, weil es die Alltagsrealität der Schülerinnen und Schüler (mit)prägt.
2. Das Lernargument: ICT-Einsatz fördert das Lernen.
3. Das Effizienzargument: Mit ICT lassen sich gewisse Abläufe beim Lernen effizienter gestalten.
4. Das Zukunftsargument: Computer Literacy ist eine für die Informationsgesellschaft notwendige Kulturtechnik.

Die Argumente von Döbeli Honegger aufgreifend und den verbindlichen Forderungen der Kultusministerkonferenz (2016) folgend gilt es nun, die Digitalisierung in den Schulen entsprechend zu gestalten. Eine Schlüsselrolle nehmen dabei die Lehrerinnen und Lehrer ein. So führt die Strategie der Kultusministerkonferenz als zentralen Faktor auf: „Entscheidend für ein erfolgreiches Lernen in der digitalen Welt ist, dass die Lehrenden über entsprechende eigene Kompetenzen sowie didaktische Konzepte verfügen. Daher muss die Lehreraus-, -fort- und -weiterbildung in den kommenden Jahren einen entsprechenden Schwerpunkt setzen.“ (Kultusministerkonferenz, 2016, S. 52). Daraus resultieren auch weitreichende neue Aufgaben und Anforderungen für die universitäre Lehramtsausbildung. Um Studierende bereits frühzeitig an digitale Unterrichtselemente heranzuführen und Grundsteine für fachdidaktisch sinnvolle Lehrkonzepte zu legen, müssen unzweifelhaft wesentliche Aspekte des Lernens mit und über digitale Lernwerkzeuge bereits im Studium vermittelt werden. Die Joachim Herz Stiftung entschloss sich deshalb im Jahr 2015, Lehrende an Universitäten bei der Konzeption von innovativen Lehrveranstaltungen zur sinnvollen Integration digitaler Medien und Tools in den Unterricht individuell zu unterstützen. Mit dem Programm Kolleg Didaktik:digital hat die Stiftung gezielt unter Einbindung nationaler Experten ein strukturiertes Format für die Unterstützung und Begleitung von Lehrvorhaben im Bereich der naturwissenschaftlichen Lehrkräftebildung geschaffen. Hierbei zeigten sich eine Reihe von Herausforderungen, denen Hochschulen in diesem Kontext gegenüberstehen und auf die nachfolgend kurz eingegangen werden soll.

Von wegen Digital Native

Immer wieder ist in der Digitalisierungsdiskussion von Digital Natives die Rede. Also Personen der Generation, die in diesem „Neuland“ aufgewachsen und für die Smartphones selbstverständlicher Teil der Lebenswirklichkeit sind. Studien belegen regelmäßig, dass Smartphones bei inzwischen 99 % der jungen Erwachsenen fest zum Alltag gehören (z. B. JIM-Studie, Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, 2018).

Aber was heißt das für die fachbezogene Nutzung digitaler Medien in Schule und Hochschule? Leider legen Studien nahe, dass insbesondere Studierende des Lehramts nicht besonders digitalaffin sind (Schmidt et al., 2017). Vogelsang, Finger, Laumann und Thyssen (2019) konnten für Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften Ähnliches zeigen. Diese Begleitforschung im Rahmen von Aktivitäten des Kolleg Didaktik:digital generierte erste tiefere Einblicke in Strukturen von Kompetenzen im Bereich digitaler Medien als Elemente naturwissenschaftlichen Unterrichts und die diesbezügliche Kompetenzentwicklung von Lehramtsstudierenden. Vogelsang et al. (2019) zeigen in diesem Kontext auch, an welchen Stellen universitäre Lehrveranstaltungen zum Lehren und Lernen mit digitalen Medien die Kompetenzentwicklung der Studierenden positiv beeinflussen können.

Die Beobachtung, dass Lehramtsstudierende im Vergleich wenig digitalaffin sind, steht in einem starken Kontrast zu den Erwartungen an den Schulen. Vielfach setzt die schulische Praxis große Hoffnungen in die sogenannten Digital Natives, also in junge Lehrerinnen und Lehrer, die mit ihrer mutmaßlich vorhandenen Digitalexpertise und neuen Ideen aus den Universitäten an die Schulen kommen. Den Universitäten kommt damit eine besondere Bedeutung zu: Sie müssen die vorhandenen digitalen Kompetenzen der Lehramtsstudierenden erfassen und anschließend in strukturierten Curricula systematisch auf- bzw. ausbauen. Nur so kann in Kombination mit einer systematischen Lehrerfortbildung eine dauerhafte und gewinnbringende Veränderung in Schule und Unterricht in einer zunehmend digitalisierten Welt gelingen.

Basis hierfür ist jedoch eine Orientierung für Hochschulen, über welche Kompetenzen angehende Lehrkräfte am Ende ihres Lehramtsstudiums eigentlich verfügen müssen und wie sich deren Erwerb in die verschiedenen Phasen des Studiums und der Lehrkräftebildung integrieren lassen.

Universitäten als Innovationsstätten

Hochschulen sind Orte der Innovation. Das gilt auch für die fachdidaktische Forschung und Lehre. An vielen Standorten werden neue Technologien und/oder Konzepte entwickelt und ihr Einsatz für unterrichtliche Kontexte erprobt. Beispielhaft seien hier die Möglichkeiten des

Eye Trackings (Klein, Viiri, & Kuhn, 2019) oder der augmentierten Realität genannt (Hoffmann & Thyssen, 2018). Es ist wichtig, dass sich die fachdidaktische Forschung neuer technischer Möglichkeiten und innovativer Ansätze annimmt, um geeignete und sinnstiftende Anwendungsszenarien für Schule und Unterricht zu entwickeln und zu erproben. Was heute noch nach Zukunft aussieht, ist morgen vielleicht schon im Klassensatz günstig erhältlich, wie das oben genannte Beispiel der Smartphone-Experimente gut zeigt. Entsprechende Vorhaben werden daher beispielsweise im Zuge der Qualitätsoffensive Lehrerbildung gefördert (BMBF, 2018).

Genauso wichtig wie die Forschung ist es, diese neuen Technologien und ihre potenziellen Anwendungsmöglichkeiten im Unterricht auch in die fachdidaktische Lehre zu integrieren. Damit entsteht eine zukunftsorientierte Lehrkräftebildung, die sich nicht nur an aktuellen Bedarfen ausrichtet. Die fachdidaktischen Lehrstühle bieten sich hierfür in besonderem Maße an, da Forschung und anwendungsorientierte Lehre wie an kaum einer zweiten Stelle Hand in Hand gehen können. Dieser Transfer ist zu forcieren und zu fördern.

Die Naturwissenschaften in einer Doppelrolle

In den Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer ist im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung festgehalten, dass sich die Schülerinnen und Schüler mit fachbezogenen Denkweisen und Untersuchungsmethoden beschäftigen sollen (Kultusministerkonferenz, 2005). Die aktuelle naturwissenschaftliche Forschung und ihre Methoden sind in einem hohen Maß von Digitalisierung geprägt: Ob in der Messwert- und Datenerfassung bzw. Datenauswertung, der Bildgebung, bei Modellierungen und Simulationen ist eine digitale Unterstützung aus den Forschungslaboren nicht mehr wegzudenken. Aktuelle Forschungsthemen aus der Astro- und der Teilchenphysik, der biomedizinischen Strukturanalyse von Proteinen, der Genomforschung, der Systembiologie oder der gesamte Bereich der Forschung zur künstlichen Intelligenz wäre ohne modernste Methoden digitaler Datenanalyse undenkbar. Leider erschwert eine zunehmende Digitalisierung und Automatisierung von Forschungsmethoden oftmals ein Begreifen der zugrunde liegenden naturwissenschaftlichen Prinzipien. Moderne Forschungsapparaturen erscheinen oftmals als Blackbox, in die man eine Probe gibt und die dann am angeschlossenen Computer ein Forschungsergebnis ausdruckt.

Entsprechend müssen sich angehende Lehrkräfte der Naturwissenschaften im Studium sowohl fachspezifische digitale Methoden aneignen als auch mit der didaktischen und fachdidaktischen Einbindung digitaler Methoden und Werkzeuge auseinandersetzen. Für die universitäre Lehramtsausbildung ergeben sich damit elementare Fragen nach der Verortung der verschiedenen digitalbezogenen Inhalte im Studienverlauf und den damit verbundenen Zuständigkeiten.

Vom Einzelfall zur strukturellen Verankerung, vom Allgemeinen zum Spezifischen

Bereits vor der Strategie der Kultusministerkonferenz (2016) zur Bildung in der digitalen Welt gab es eine Reihe von Best-Practice-Beispielen, wie das Unterrichten mit digitalen Medien in den (naturwissenschaftlichen) Fächern aussehen kann. Wie an den Schulen gibt es auch an den Hochschulen eine Vielzahl solcher Beispiele für die naturwissenschaftliche Lehramtsausbildung. Eine Reihe davon wurden beispielweise im Rahmen des Programms Kolleg Didaktik:digital der Joachim Herz Stiftung gefördert. Diese Beispiele, wie sie auch in dieser Publikation gesammelt sind, können ein guter Ausgangpunkt für Innovationen in der Hochschullehre sein. Darüber hinaus erlauben Evaluationsdaten zu den getesteten Best-Practice-Beispielen, wie die von Vogelsang et al. (2019), einerseits Einsichten in die Wirkungsprofile der Konzepte und liefern andererseits Hinweise auf die Schwierigkeiten einer stimmigen Einschätzung des Lehrerfolges aus der Perspektive von Dozierenden im Vergleich zur Sicht der Studierenden.

Um jedoch von punktuellen Best-Practice-Beispielen motivierter und digitalinteressierter Lehrender zu einer strukturellen Verankerung digitaler Kompetenzen in den Curricula zur Lehrkräftebildung an den Hochschulen zu kommen, wird eine entsprechende übergreifende Orientierung benötigt. Das Fehlen eines solchen Rahmens erschwert es den Dozierenden, qualitativ hochwertige Lehrveranstaltungen mit einer sinnvollen Auswahl und Verbindung von digitalen Inhalten anzubieten. Die fehlenden Kenntnisse zum fachspezifischen Kompetenzstand im Bereich digitaler Medien und Tools und deren Struktur erschweren eine theoriegeleitete, adressatengerechte Planung und strukturierte Inhaltsauswahl mit gezielter Passung in (noch) nicht vorhandenen übergreifenden Ausbildungskonzepten. Nicht zuletzt auf Basis dieser Erfahrungen bildete sich aus dem Programm Kolleg Didaktik:digital heraus eine fachübergreifende Arbeitsgruppe, die sich die Entwicklung eines Orientierungsrahmens zu digitalen Basiskompetenzen im naturwissenschaftlichen Lehramt zum Ziel setzte und dabei auch die Erhebungsergebnisse aus dem Kolleg Didaktik:digital nutzte.

In der vorliegenden Publikation wird dieser Orientierungsrahmen vorgestellt und anhand von 23 Praxisbeispielen gezeigt, wie die Umsetzung in der universitären Lehre gelingen kann oder zukünftig gelingen könnte.

Über die Autorin und den Autor

- **Dr. Jörg Maxton-Küchenmeister** leitet den Bereich Naturwissenschaften der Joachim Herz Stiftung. Ein wesentliches Ziel der Programmarbeit ist für ihn, naturwissenschaftliche Bildung in die Breite der Gesellschaft zu tragen.
- **Dr. Jenny Meßinger-Koppelt** ist Projektmanagerin in der Joachim Herz Stiftung und zuständig für Bildungsthemen im Bereich Naturwissenschaften. Ihr Arbeitsschwerpunkt liegt dabei auf digitalen Medien im Unterricht.

Literatur

BMBF (2018). *Eine Zwischenbilanz der „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“: „Der Einsatz digitaler Medien in der Lehrerbildung“.* Abgerufen am 09.03.2020 von https://www.qualitaetsoffensive-lehrerbildung.de/files/BMBF-Zwischenbilanz_Qualitaetsoffensive_Lehrerbildung_Einsatz%20digitaler%20Medien%20in%20der%20Lehrerbildung.pdf

Döbeli Honegger, B. (2016). *Mehr als 0 und 1. Schule in einer digitalisierten Welt.* Bern: hep verlag.

Hoffmann, C., & Thyssen, C. & (2018). Medien mit Augmented Reality erweitern, In J. Maxton-Küchenmeister, & J. Meßinger-Koppelt (Hrsg.), *Naturwissenschaften digital: Toolbox für den Unterricht* (S. 28-31). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Klein, P., Viiri, J., & Kuhn, J. (2019). Visual cues improve students' understanding of divergence and curl: Evidence from eye movements during reading and problem solving. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res., 15,* 010116.

Kultusministerkonferenz (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie/Chemie/Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10).* Neuwied: Luchterhand.

Kultusministerkonferenz (2016). *Strategie der Kultusministerkonferenz. Bildung in der digitalen Welt.* Abgerufen am 09.03.2020 von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/Strategie_neu_2017_datum_1.pdf

Maxton-Küchenmeister, J., & Meßinger-Koppelt, J. (2014). *Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht.* Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Schmid, U., Goertz, L., Behrens, J., Michel, L. P., Radomski, S., & Thom, S. (2017). *Monitor Digitale Bildung: Die Hochschulen im digitalen Zeitalter.* Gütersloh.

Staacks, S. (2018). Smartphone-Experimente mit der App „phyphox“, *Plus Lucis, 3,* 40-42.

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (2018). *JIM-Studie 2018 – Jugend, Information, (Multi-)Media.* Stuttgart: Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest.

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht, *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25,* 115-129. https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6

Digitale Basiskompetenzen für den Naturwissenschaftsunterricht in universitärer Lehrerbildung systematisieren

▼ Sebastian Becker, Christoph Thyssen

Digitale Transformation – wie Digitales auch die analoge Realität verändert

Die digitale Transformation des Bildungssystems war 2016 mit der Konferenz „Digitaler Wandel in der Bildung: Perspektiven für Deutschland“ ein Themenschwerpunkt der Kultusministerkonferenz (2016a), um das „Potenzial des Lernens mit digitalen Medien übergreifend für alle Bildungsbereiche erschließen“ zu können und „zwar sowohl im Hinblick auf die Teilhabe an der digital geprägten Gesellschaft als auch mit Blick auf die Qualifikationsanforderungen“. Im Rahmen dieses ambitionierten Anspruchs konstatiert die Kultusministerkonferenz (KMK), dass der digitale Wandel alle Bildungsbereiche betrifft und verändert. Noch (immer) ist nicht im Detail klar, wie diese Veränderungen im Bildungsbereich aussehen werden und welche Konsequenzen daraus erwachsen.

Es gibt aus anderen Bereichen, die bereits stärker digitalisiert wurden, Beispiele dafür, wie fundamental die zu erwartenden Veränderungen sein können und gesellschaftliches, analoges Leben beeinflussen. Die dort bisher gemachten Erfahrungen und zu beobachtenden Auswirkungen haben letztlich auch dazu geführt, die Digitalisierung nicht nur technisch zu betrachten. Über die technische Digitalisierung hinaus werden deshalb vermehrt die Wechselwirkungen digitaler Aspekte mit der analogen Wirklichkeit im Konzept der Digitalität intensiver berücksichtigt.

Nur in einem solchen umfassenderen Ansatz können die zu erwartenden grundlegenden Veränderungen der digitalen Transformation – auch für den Bildungsbereich (Huwer, Irion, Kuntze, Schaal, & Thyssen, 2019) – deutlich werden: Betrachtet man z. B. den Finanzsektor, so wird ersichtlich, welche Veränderungen eine digitale Kontoführung in Kombination mit Onlinebanking, Börsenhandel mit Real-time-Kursen und das damit gewachsene, stärker von lokalen Filialen vor Ort unabhängige, Banken- und Börsenwesen mit sich brachte. Die resultierenden Möglichkeiten für Überweisungen und Finanztransaktionen zu jeder Zeit und von jedem Ort aus führten zu Veränderungen wie Bankfilialschließungen und neuen Dynamiken im Einzelhandel. Auf den erwachsenden Potenzialen basierend konnte sich der Onlinehandel zu einer Konkurrenz für den etablierten Einzelhandel entwickeln. Nach Deges (2020) ist es realistisch, dass aktuell ca. jeder zehnte Euro im gesamten deutschen Einzelhandel über den E-Commerce erwirtschaftet wird. Diese Zahl allein spiegelt nur unzureichend wider, welche Konsequenzen im Detail bereits jetzt oder erst bei zukünftig noch steigenden Anteilen damit einhergehen. Der über den Onlinehandel ausgelöste Wandel im Versandwesen beschäftigt die gesellschaftliche Diskussion aktuell bereits in Bezug auf daraus resultierende Beschäftigungsverhältnisse, Verkehrseffekte und Nachhaltigkeitsaspekte. Hier findet nach einer weitgehend selbstregulativen Phase aktuell eine gezielte Regulierung in Bezug auf Vorgaben zu z. B. Mindestlöhnen oder Retouren und deren Vernichtung statt. Macht man sich klar, dass die zu beobachtenden Phänomene das Resultat einer „Digitalisierung“ von nur knapp 10 % des deutschen Einzelhandels sind, wird klar, wie tiefgreifend die Veränderungen bei noch weiter zunehmender Realisierung digitaler Anteile und Potenziale werden könnten. Hierbei sind kommunikative Aspekte der Digitalisierung und Dezentralisierung sowie deren Auswirkungen wie z. B. im Rahmen von Arbeitsplätzen im Homeoffice noch gar nicht berücksichtigt. Auch die Effekte und Dynamiken von Filterblasen, Mobbing, Hatespeech und Hass im Internet sind noch nicht abschließend geklärt.

Klar ist jedoch bereits, dass digitale Kanäle Kommunikation und den Umgang mit Informationen massiv verändern. Unterricht als planmäßiges, regelmäßiges Vermitteln von Kenntnissen und Fertigkeiten durch einen Lehrenden ist von Kommunikation sowie Informationserschließung abhängig. Dementsprechend sind aufgrund der bisherigen Beobachtungen im Zuge der Digitalisierung mannigfaltige Potenziale und massive Veränderungen im Bereich der Bildung zu erwarten. MOOCS und virtuelle Hochschulen (z. B. Udacity, gegr. 2012) führten schon früh zu der Frage, ob es sich bei dieser Digitalisierung um offene Bildung oder ein Geschäftsmodell handelt (Schulmeister, 2013).

Neben der Analyse von Potenzialen für die Bildung sind auch das Setzen von Zielen, das Schaffen einer geeigneten Infra- und Organisationsstruktur sowie deren Fixierung und Flankierung mit entsprechenden Regularien notwendig. Neben der Infrastruktur im Sinne von Hardware ist im sich wandelnden Schulsystem insbesondere die Lehrerbildung für ein erfolgreiches Bewältigen der kommenden Entwicklungen von Bedeutung. Nur so können bildungstaugliche digitale Potenziale im methodischen und didaktischen Bereich sinnvoll auf der Basis etablierter (fach-)didaktischer Erkenntnisse in Lehr-Lern-Prozessen genutzt werden. So formulierte die Bremer Senatorin für Kinder und Bildung, Claudia Bogedan: „Entscheidend ist dabei nicht, wie häufig oder wie lange die digitalen Technologien genutzt werden, sondern dass sie mit der bestehenden Didaktik klug verknüpft werden“ (Kultusministerkonferenz, 2016a). Eine entsprechende Strategie für die Ausbildung zukünftiger Lehrkräfte und deren Hochschuldozierenden als Erweiterung der bisherigen, bewährten (fach-)didaktischen und pädagogischen Schwerpunkte hinaus ist dafür eine Voraussetzung.

Bildungspolitische Ausgangssituation

Im Jahr 2016 haben sich die Bundesländer mit der Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ (Kultusministerkonferenz, 2016b) auf einen verbindlichen Rahmen für die Erweiterung des Bildungsauftrages in einer zunehmend von der Digitalisierung geprägten Gesellschaft geeinigt. Leitfrage für den schulischen Bereich war zum einen, über welche Kompetenzen Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene verfügen müssen, um künftigen Anforderungen der digitalen Welt zu genügen und zum anderen, welche Konsequenzen dies für Lehrpläne, Lernumgebungen, Lernprozesse und die Lehrerbildung hat.

Mit der Strategie einhergehend wurden verbindliche Anforderungen formuliert, „über welche Kenntnisse, Kompetenzen und Fähigkeiten Schülerinnen und Schüler am Ende ihrer Pflichtschulzeit verfügen sollen, damit sie zu einem selbstständigen und mündigen Leben in einer digitalen Welt befähigt werden“ (Kultusministerkonferenz, 2016b), die als Grundlage für die künftige Überarbeitung von Bildungs-, Lehr- und Rahmenplänen dienen sollen. Dazu wurde ein Kompetenzrahmen geschaffen, der die „Kompetenzen in der digitalen Welt“ strukturiert und detailliert beschreibt. Da jedes einzelne Fach spezifische Zugänge zur unterrichtlichen Nutzung digitaler Medien sowie multiple inhaltliche und prozessbasierte Möglichkeiten zur Förderung von Kompetenzen für die digitale Welt bietet, sollen diese Kompetenzen jedoch nicht in einem eigenständigen Fach, sondern vielmehr „integrativer Teil der Fachcurricula aller Fächer“ sein. Um dies zu erreichen, wird von den Lehrkräften erwartet, digitale

Lernumgebungen systematisch zur Gestaltung von Lehr-Lern-Prozessen einzusetzen und auch entsprechende digitale Kompetenzen zu vermitteln.

Diese Vorgaben induzieren neue Anforderungen an zukünftige, aber auch bereits berufstätige Lehrkräfte. So müssen sie „selbst über allgemeine Medienkompetenz verfügen" und zugleich „digitale Medien in ihrem jeweiligen Fachunterricht professionell und didaktisch sinnvoll nutzen". Hierbei reicht es jedoch nicht aus, bestehende Arbeitsmittel und -methoden schlicht durch digitale Medien zu substituieren. Vielmehr muss eine entsprechend ausgebildete Lehrkraft auch in der Lage sein, tradierte Lehr- und Lernformen durch den Einsatz von Technologie zu erweitern, zu transformieren oder gar neue Wege des Lernens zu kreieren. Moderne Technologien bieten dazu neuartige Möglichkeiten zur Gestaltung von Lernprozessen, insbesondere in den Naturwissenschaften. Man denke beispielsweise an digitale Messwerterfassungssysteme, die es ermöglichen, Messwerte automatisch zu erfassen, in unterschiedlichen Repräsentationsformen zu visualisieren und statistisch zu analysieren.

Durch den vermehrten Einsatz solcher digitaler Lernwerkzeuge kann Unterricht zudem schülerzentrierter gestaltet werden. Damit einhergehend nimmt die Lehrkraft mehr die Rolle eines Lernbegleiters ein, welcher die individuellen Lernprozesse moderiert und unterstützt. Um Lehrkräfte entsprechend auszubilden, ist eine punktuelle Anpassung der derzeitigen Ausbildung jedoch nicht ausreichend. Vielmehr bedarf es einer Neuausrichtung und -gestaltung der Aus- und Fortbildung von Lehrkräften, sodass ein kumulativer Aufbau und eine stetige Weiterentwicklung entsprechender Kompetenzen über alle Phasen der Lehrerbildung hinweg ermöglicht werden. Die geltenden KMK-Standards für die Lehrerbildung (Kultusministerkonferenz, 2019) verlieren damit zwar nicht ihre Gültigkeit und Berechtigung, müssen jedoch zeitnah erweitert werden, damit die Ausbildung dem erweiterten digitalen Anteil des Kompetenzprofils heutiger Lehrkräfte gerecht wird.

Im Gegensatz zu den Kompetenzen auf Schülerebene, die im von der Kultusministerkonferenz geschaffenen Kompetenzrahmen detailliert beschrieben werden, verbleibt die Beschreibung der Kompetenzen für Lehrkräfte jedoch auf einer oberflächlichen Ebene ohne Spezifikation für die einzelnen Fächer oder Ausbildungsphasen. Eine curriculare Ausgestaltung, verbunden mit einer Konkretisierung der in der jeweiligen Phase zu erwerbenden oder weiterzuentwickelnden Kompetenzen, wird den Verantwortlichen der einzelnen Ausbildungsphasen übertragen. Demzufolge obliegt es beispielsweise den Hochschulen, in Abstimmung mit den Beteiligten der anschließenden zweiten Phase, Ausbildungsziele der Lehrkräfte in der ersten Phase der Lehrerbildung im Hinblick auf digitale Kompetenzen zu konkretisieren und den entsprechenden nachhaltigen Kompetenzerwerb curricular zu verankern. Aufgrund der Verpflichtung der Bundesländer, dass alle Schülerinnen und Schüler, die zum Schuljahr 2018/19 in die Grundschule oder die Sekundarstufe 1 eintreten, bis zum Ende der Pflichtschulzeit diese Kompetenzen im regulären Unterricht erwerben können (Kultusministerkonferenz, 2016b, S. 18/51), muss zeitnah proaktiv von den an der Lehrerbildung Beteiligten gehandelt werden. Denn nur durch eine entsprechende, definierte Qualifizierung des in der Ausbildung befindlichen Lehrpersonals für Schulen können die ambitionierten Ziele der KMK in naher Zukunft auch erfüllt werden. Dafür müssen auf Basis der bei Lehramtsstudierenden bereits vorhandenen Vorkenntnisse und Kompetenzen mit Blick auf die Anforderungen für Lehrkräfte nach entsprechenden Analysen neue universitäre Lehrveranstaltungen mit darauf abgestimmten Inhalten und Zielen geschaffen werden, die eine frühzeitige Professionsentwicklung ermöglichen.

Analyse des Ist-Zustands der universitären Lehrerbildung

Inwieweit eine entsprechende Professionsentwicklung an den Schulen in Deutschland bereits eingesetzt hat und wie weit diese bereits fortgeschritten ist, um die ambitionierten Vorgaben der Kultusministerkonferenz erfüllen zu können, kann aus den zentralen Ergebnissen der international vergleichenden Schulleistungsstudie International Computer and Information Literacy Study (ICILS, 2018) abgeleitet werden. Nach der ersten Studie dieser Art (ICILS, 2013) wurden in dieser Studie zum zweiten Mal die computer- und informationsbezogenen Kompetenzen von Achtklässlerinnen und Achtklässlern in Deutschland im internationalen Vergleich untersucht, um den „Status quo der digitalen Bildung" (ICILS, Eickelmann et al., 2018, S. 4) zu beschreiben. Im Vergleich zu ICILS 2013 lassen die aktuellen Befunde zwar erkennen, dass dem Lernen und Lehren mit digitalen Medien und der Förderung entsprechender Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler ein größerer Stellenwert zugeschrieben wird, aber eben auch, dass „nur vergleichsweise wenige der Entwicklungen und Maßnahmen der letzten Jahre in Deutschland bei den Schülerinnen und Schülern tatsächlich ankommen" (ICILS, Eickelmann et al., 2018, S. 5). Hinweise auf mögliche Ursachen dieser Disparität geben die folgenden Resultate der Studie: An deutschen Schulen hat der unterrichtliche Einsatz digitaler Medien keine hohe Priorität. Nur 40,8 % der befragten Lehrkräfte stimmen der Aussage zu, dass der Einsatz digitaler Medien im Unterricht an ihrer Schule Priorität hat, in allen anderen Teilnehmerländern ist der Anteil signifikant höher.

Korrespondierend werden im internationalen und auch europäischen Vergleich digitale Medien an deutschen Schulen unterdurchschnittlich oft im Unterricht eingesetzt. Das sich daraus ergebende Bild manifestiert sich durch die Angaben der befragten Achtklässlerinnen und Achtklässler. Nur 23 % der Schülerinnen und Schüler dieser Jahrgangsstufe in Deutschland nutzen digitale Medien für schulbezogene Zwecke. Damit liegt der Anteil weit unterhalb des internationalen Mittelwerts (44 %). Zum Vergleich liegt dieser Wert in Dänemark, einem europäischen Vorreiterland bezüglich Digitalisierung, bei ca. 91 %. Überdies verbleiben deutsche Lehrkräfte laut der Studie meist auf der niedrigsten Stufe der technologischen Integration, indem bestehende Lehr-Lern-Mittel durch digitale Medien lediglich substituiert werden, ohne das didaktische Potenzial dieser Medien zur funktionalen Änderung von Lehr-Lern-Prozessen zu erschließen. So nutzen Lehrkräfte in Deutschland digitale Medien im Unterricht mit Abstand am häufigsten zur Präsentation von Informationen im Frontalunterricht (44 % in der Kategorie „Häufig bis immer") und nur selten zur individuellen Förderung der Schülerinnen und Schüler (14,8 %), was weit unter dem internationalen (35,5 %) und dem europäischen Mittelwert (27,2 %) liegt. Diese Disparitäten lassen sich bis in die Lehrkräftebildung zurückverfolgen. So geben nur 25,9 % der befragten Lehrkräfte an, im Rahmen der eigenen Ausbildung gelernt zu haben wie man digitale Medien nutzt, und 26,6 %, wie man digitale Medien im Unterricht verwendet. Beide Anteile liegen signifikant unterhalb des internationalen Mittelwerts.

Diese Einschätzung wird auch von den Autoren der ICILS-Studie geteilt, welche aus der lehrerzentrierten Unterrichtsgestaltung mit digitalen Medien Entwicklungs- und Nachholbedarfe in der Professionalisierung von Lehrkräften ableiten. Demzufolge identifizieren die Autoren die „systematische und kontinuierliche Weiterentwicklung der Lehrerausbildung in allen Fächern, Fachdidaktiken sowie in Bildungswissenschaften und Weiterentwicklung des staatlichen Fortbildungsangebotes, unter Berücksichtigung neuer methodischer, auch digital gestützter Angebotsformate sowie substanzielle Weiterentwicklung der Inhalte von Fächern und Fachdidaktiken in allen Bereichen der Lehrerbildung" (S. 12) als eine essenzielle Entwicklungsperspektive für die notwendige digitale Transformation des deutschen Bildungssystems, insbesondere im Hinblick auf die Sicherung der internationalen Anschlussfähigkeit.

Wie wichtig solche Erweiterungen auch in der universitären Lehrerbildung sind, zeigen Studien, welche die digitalen Kompetenzen und Haltungen von Lehramtsstudierenden beleuchten. Eine nicht nach Fächern differenzierende Studie (Schmid et al., 2017) belegt, dass Studierende des Lehramtes digitalen Medien eher kritisch gegenüberstehen und nur wenige davon als digitalaffin einzustufen sind. Verstärkend kommt hinzu, dass Lehramtsstudierende während ihres Studiums in Deutschland offensichtlich bisher nur wenig Kontakt mit digitalen Medien haben, sowohl in den fachdidaktischen als auch fachwissenschaftlichen Bereichen (Vogelsang, Finger, Laumann, & Thyssen, 2019; Thyssen, Finger, Laumann, & Vogelsang, 2018).

Von den in den Studien befragten Lehramtsstudierenden der Naturwissenschaften geben mindestens 60 % an, für Nutzungsformen, die spezifisch für den naturwissenschaftlichen Unterricht sind (z. B. Modellierung und Simulation, Smartphone-Experimente), keine Erfahrungen aus der eigenen Schulzeit mitzubringen. Auch für ihr eigenes Studium geben nach durchschnittlich sieben Semestern beispielsweise noch mehr als 70 % der Befragten an, nie oder eher selten mit digitaler Messwerterfassung gearbeitet zu haben.

Lehramtsstudierende, die im oder nach Abschluss des Referendariats an Schulen kommen, eignen sich somit weder als treibende Kraft des digitalen Wandels von Unterricht noch finden sie dort ein Umfeld vor, in dem sie sich leicht mit Unterstützung des Kollegiums in Bezug auf digitale Kompetenzen weiterentwickeln können. Vor dem Hintergrund dieses Ist-Zustandes sind neue Impulse und Strategien insbesondere in der universitären Lehrerbildung notwendig.

Konsequenzen aus der Analyse des Ist-Zustands

Die Studien zu digitalen Kompetenzen aktiver Lehrkräfte und Lehramtsstudierender sowie der schulischen Integration digitaler Elemente in den Unterricht belegen den Bedarf einer gezielt mit Inhalten zu digitalen Kompetenzen erweiterten Lehrerbildung. Im Bereich der Fort- und Weiterbildung sind dafür modulare, mehrstündige Konzepte parallel zur Unterrichtstätigkeit denkbar. Für Lehramtsstudierende müsste hingegen eine strukturierte curriculare Einbindung von Elementen zur Kompetenzentwicklung im Bereich der benötigten digitalen Basiskompetenzen in die erste Phase der Lehrerbildung erfolgen.

Die aktuellen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung (Kultusministerkonferenz, 2019) enthalten als Vorgabe in den Fachprofilen der naturwissenschaftlichen Fächer dazu nur, dass Studierende in der Lage sein sollen, „Entwicklungen im Bereich Digitalisierung aus fachlicher und fachdidaktischer Sicht angemessen zu rezipieren sowie Möglichkeiten und Grenzen der Digitalisierung kritisch zu reflektieren“ und „die daraus gewonnenen Erkenntnisse in fachdidaktischen Kontexten zu nutzen sowie in die Weiterentwicklung unterrichtlicher und curricularer Konzepte einzubringen.“ Die Studierenden sollen weiterhin für die Chancen digitaler Lernmedien im Hinblick auf Barrierefreiheit und das Nutzen digitaler Medien zur Differenzierung und individuellen Förderung im Unterricht sensibilisiert sein (Kultusministerkonferenz, 2019). Grundlegende Kenntnisse bezüglich der fachspezifischen analogen und digitalen Medien und Werkzeuge werden ebenfalls erwartet.

Die somit vorhandene Aufgabe, die bisher in den Curricula und Standards existierende Lücke in Bezug auf notwendige Ergänzungen mittels detaillierter Beschreibungen und Zielsetzungen digitaler Kompetenzstandards zu schließen, setzt gewisse Vorüberlegungen voraus. Für eine koordinierte Integration digitaler Elemente eines zukunftsfähigen Lehramtsstudiums an den Universitäten in die Lehre aller Beteiligten müssen digitale Basiskompetenzen vorab strukturiert werden. Nur über eine Abgrenzung von Teilbereichen und korrespondierenden Inhalten sowie einer Berücksichtigung möglicher Kompetenzentwicklungsstufen kann eine stimmige Curriculumsentwicklung und Lehrverteilung unter Vermeidung von unerwünschten Überschneidungen oder Lücken erreicht werden. Insbesondere das beim Studienabschluss zu erreichende Kompetenzniveau ist für eine stimmige Anbindung der zweiten Phase der Lehrerbildung abzustimmen.

Um in diesem für die Weiterentwicklung universitärer Lehre zu digitalen Kompetenzen essenziellen Feld einen Beitrag für die Studienfächer Biologie, Chemie und Physik zu leisten, hat sich eine interuniversitäre Arbeitsgruppe gebildet. Ziel dieser Arbeitsgruppe ist die Formulierung von Mindeststandards für digitale Kompetenzen in der universitären Lehramtsausbildung sowie deren Einordnung in fachspezifische und allgemeine Kompetenzbereiche als eine mögliche Grundlage zur Erarbeitung von Vorschlägen für eine Integration in die Lehre der Fachdidaktiken, Bildungs- und Fachwissenschaften.

Als Arbeitsergebnis entstand der Orientierungsrahmen „Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften (DiKoLAN)“, der im folgenden Beitrag vorgestellt wird. Dabei wird zunächst dargelegt, dass bereits bestehende Bezugsmodelle und -rahmen zur digitalen Kompetenz von Lehrenden diesen Anforderungen nicht genügen und anschließend daraus die Notwendigkeit einer Neuentwicklung eines entsprechenden Orientierungsrahmens abgeleitet, welcher als Ergebnis detailliert beschrieben wird.

Über die Autoren

- **Sebastian Becker** ist seit Februar 2016 abgeordnete Lehrkraft und wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Didaktik der Physik von Prof. Dr. Jochen Kuhn an der Technischen Universität Kaiserslautern. Seine Forschungsschwerpunkte sind die empirische Untersuchung der Lernwirksamkeit von digital gestütztem Physikunterricht und die Analyse von Lernprozessen mittels stationärem und mobilem Eyetracking. Darüber hinaus ist er in der universitären Ausbildung von Physik-Lehramtsstudierenden tätig und ist Mitbegründer der interuniversitären Arbeitsgruppe „Digitale Basiskompetenzen in der universitären Lehrerbildung für die Naturwissenschaften“.
  Er ist Alumnus des Kolleg Didaktik:digital der Joachim Herz Stiftung und ist derzeit Fellow der Fachdidaktik MINT der Deutsche Telekom Stiftung.

- **Prof. Dr. Christoph Thyssen** leitet die AG Didaktik der Biologie an der Technischen Universität Kaiserslautern. Forschungsinteressen sind digitale Medien im MINT-Unterricht, digitale Kompetenzen von Studierenden und Augmented Reality als halbdigitalem Medium. Er ist Alumnus des Kolleg Didaktik:digital der Joachim Herz Stitung und Mitinitiator der AG Digitale Basiskompetenzen in der Lehrerbildung.

Literatur

Deges, F. (2020). *Grundlagen des E-Commerce.* Wiesbaden: Springer Gabler.

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*, 5, 358-364.

Bos, W., Eickelmann, B., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., & Wendt, H. (2014). ICILS 2013. *Computer-und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich.* Münster: Waxmann Verlag. Abgerufen am 20.12.2019, von https://www.pedocs.de/volltexte/2015/11459/pdf/ICILS_2013_Berichtsband.pdf

Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., & Vahrenhold, J. (2019). *ICILS 2018. #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking.* Münster: Waxmann Verlag. Abgerufen am, 20.12.2019 von https://kw.uni-paderborn.de/fileadmin/fakultaet/Institute/erziehungswissenschaft/Schulpaedagogik/ICILS_2018__Deutschland_Berichtsband.pdf

Kultusministerkonferenz (2016a). *Auf dem Weg zum digitalen Lernen und Lehren. Bericht zur Konferenz „Digitaler Wandel in der Bildung: Perspektiven für Deutschland“.* Abgerufen am 03.01.2020, von https://www.kmk.org/aktuelles/artikelansicht/auf-dem-weg-zum-digitalen-lernen-und-lehren.html

Kultusministerkonferenz (2016b). *Strategie der Kultusministerkonferenz. „Bildung in der digitalen Welt“.* Abgerufen am 04.10.2019, von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF._vom_07.12.2017.pdf

Kultusministerkonferenz (2019). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung.* Abgerufen am 03.01.2020, von https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf

Schmid, U., Goertz, L., Behrens, J., Michel, L. P., Radomski, S., & Thom, S. (2017). *Monitor Digitale Bildung. Die Hochschulen im digitalen Zeitalter.* Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.

Schulmeister, R. (2013). *MOOCs – Massive Open Online Courses. Offene Bildung oder Geschäftsmodell?* (S. 17-59). Münster; München; Berlin [u. a.]: Waxmann Verlag.

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, BD. 8,* (S. 339-355). Innsbruck: 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,* 115-129.

Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN

▼ Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen: Sebastian Becker, Till Bruckermann, Alexander Finger, Johannes Huwer, Erik Kremser, Monique Meier, Lars-Jochen Thoms, Christoph Thyssen, Lena von Kotzebue

Bezugsmodelle und -rahmen zu digitalen Kompetenzen von Lehrenden

Ob Bildungsoffensive der Kultusministerkonferenz (2016), Medien, Technik oder Unterricht: Digital ist das Schlagwort unserer Zeit und regelmäßiger Aufhänger für Schlagzeilen. Aber trotz der bereits begonnenen Transformationsprozesse – gerade in der Bildungslandschaft – bleibt unabsehbar, welche Wege der Digitalisierung in der immer stärker verschmelzenden Freizeit-, Arbeits- und Bildungswelt noch beschritten werden. Unumstritten ist und bleibt jedoch der auch in der Strategie der Kultusministerkonferenz fixierte Bildungsauftrag der Schule: junge Menschen zur mündigen Teilhabe an der (digitalen) Gesellschaft zu befähigen und zu erziehen (Kultusministerkonferenz, 2016).

Eine zunehmend digital geprägte Gesellschaft fordert von der Schule sowie ihren zentralen Akteurinnen und Akteuren, die für eine digitale Welt benötigten Kompetenzen in ihren Verantwortungsbereich mit aufzunehmen. Zentral ist hierbei die Frage, wie die digitalen Kompetenzen der Lernenden und insbesondere auch der Lehrenden aussehen sollen, da diese mit der „Übernahme von Aufgaben im Kontext [fachbezogener] Medienbildung über spezifische didaktische […] Fähigkeiten verfügen müssen“ (Herzig & Martin, 2018, S. 90). Eine zunehmende Anzahl von Modellen differenziert und operationalisiert in Teilen auch das durch digitale Komponenten stark erweiterte Kompetenzprofil der Lehrkräfte national, wie in der Strategie der Kultusministerkonferenz (Kultusministerkonferenz, 2016) gefordert, und auch international – ohne dabei jedoch auf Fachspezifika einzugehen.

Technologiebezogene professionelle Handlungskompetenz wird im TPACK-Modell über vier in Beziehung stehende Wissens- und Fähigkeitsbereiche theoretisch beschrieben (Koehler, Mishra & Cain, 2013). Der auf dem PCK-Modell (Shulman, 1986) basierende Ansatz ergänzt die fachlichen (CK), fachdidaktischen (PCK) und pädagogischen (PK) Wissens- und Fähigkeitsbereiche der professionellen Kompetenz von Lehrkräften um einen technologiebezogenen Wissens- und Fähigkeitsbereich (TK). In der Überlappung mit den bisherigen Wissens- und Fähigkeitsbereichen des PCK-Modells zeigt sich, dass Wissen und Fähigkeiten über Technologie (TK) im Unterricht sowohl eine fachliche (TCK), eine pädagogische (TPK) als auch eine fachdidaktische Komponente (TPCK, genannt TPACK) hat. Trotz des damit klar gegebenen Fachbezugs in den Wissens- und Fähigkeitsbereichen wird das Modell nicht für die Fächer ausgestaltet und es werden keine Kompetenzerwartungen spezifiziert. Dabei könnte eine solche Ausgestaltung und Spezifizierung auch Vermittlungsansätze zu TPACK in der Lehrkräfteausbildung präzisieren und als Strukturierungsbasis für Schwerpunkte in fachlichen (CK), fachdidaktischen (PCK) und pädagogischen (PK) Lehrbereichen dienen. Bisherige Ansätze integrieren die Vermittlung von TPACK in die fachdidaktischen Anteile (z. B. Doering, Scharber, Miller, & Veletsianos, 2009), pädagogischen Anteile (z. B. Angeli & Valanides, 2009) oder gleichzeitig in beide Anteile der Lehrkräfteausbildung (Brush & Saye, 2009; Übersicht in Koehler et al., 2013). Durch eine fachliche Spezifizierung kann die Vermittlung von TPACK auf der Grundlage von darauf bezogenen Curricula ohne Doppelungen oder Lücken erfolgen.

Lösungsvorschläge auf nationaler und internationaler Ebene

Entsprechend postuliert das Projekt Digitaler Campus Bayern (DCB) die Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt (DCB, 2017) unter Einbezug des medienbezogenen Wissens der vier technikbezogenen Wissensbereiche des TPACK-Modells auf nationaler Ebene. Zum einen schließt das Modell Medienkompetenzen als Zielkompetenzen von Schülerinnen und Schülern mit ein, die sehr nahe an den von der Kultusministerkonferenz (2016) geforderten Medienkompetenzen von Schülerinnen und Schülern angelegt sind. Zum anderen nimmt es medienbezogene Lehrkompetenzen auf, die sich auf die postulierten Zielkompetenzen beziehen und die über eine digitale Wissens- und Handlungskomponente beschrieben werden. Die medienbezogene Handlungskomponente umfasst die Beschreibung unterrichtsrelevanter Lehrerhandlungen in ausgewählten Teildimensionen eines Problemlöseprozesses: „Planung und Entwicklung“, „Realisierung“, „Evaluation“ von mediengestütztem Unterricht sowie der „kollegiale Austausch” (Sharing). Das Modell und die sich daraus ergebenden 19 medienbezogenen Lehrkompetenzen sind in der Formulierung fachspezifisch und fachübergreifend angelegt, haben jedoch keinen expliziten Bezug zu ausgewählten Fächern und ihren spezifischen Unterrichtssituationen, wie u. a. im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Ähnlich verhält es sich mit dem auf europäischer Ebene verankerten DigCompEdu-Rahmenmodell. Es beschreibt in fünf fachunabhängigen Kompetenzbereichen Fähigkeiten, die Lehrende benötigen, um Potenziale digitaler Technologie im unterrichtsbezogenen Lehr-Lern-Geschehen auszuschöpfen (Redecker & Punie, 2017). Auch die Vermittlung digitaler Kompetenzen an Schülerinnen und Schüler wird mit einem sechsten, fachunspezifischen Kompetenzbereich berücksichtigt. Insgesamt umfassen die DigCompEdu-Kompetenzbereiche, wie im Rahmenmodell des DCB (2017), ein über die reine Unterrichtsplanung und -umsetzung hinausreichendes Kompetenzprofil. Das DigCompEdu-Modell mit dem zugehörigen Self-Assessment-Tool (Ghomi & Redecker, 2019) unterscheidet mit drei Versionen (für Lehrende an Schulen, an Hochschulen, in der Erwachsenenbildung) unterschiedliche Lehrinstitutionen. Aufgrund der fehlenden fachspezifischen Präzisierung und der nicht auf konkrete unterrichtliche Situationen bezogenen Kompetenzformulierung können aus DigCompEdu heraus keine fachspezifischen Kompetenzen oder -stufen beschrieben werden, um die Ausbildung im Sinne von Curriculumselementen zu strukturieren.

Über eine reine Kompetenzbeschreibung hinausgehend bezieht das österreichische digi.kompP-Modell den digitalen Kompetenzerwerb über die unterschiedlichen Phasen der Lehrerbildung hinweg mit ein (Brandhofer, Kohl, Miglbauer & Nárosy, 2016). Das Modell stuft acht Kategorien zeitlich in die einzelnen Ausbildungsphasen ein. Dabei wird die universitäre Lehrerbildung (Stufe 1) klar von nachfolgenden Phasen abgegrenzt. Insbesondere werden dabei auch Voraussetzung zu Studienbeginn als erwartete Kompetenzen in einem Ausgangspunkt (Stufe 0) aufgenommen. Wie in DigCompEdu weisen die Kompetenzbeschreibungen in den Kategorien eine klare Orientierung an der Berufs- bzw. Schulpraxis auf. Der Ansatz digi.kompP berücksichtigt mit der Ebene „Digital Lehren und Lernen im Fach“ (Kategorie E) explizit fachliche Elemente, ohne diese für den Fachunterricht besonders relevante Kategorie jedoch inhaltlich und fachspezifisch für einzelne Fächer zu präzisieren.

Mit der an alle lehrerbildenden Einrichtungen zunehmend herangetragenen Anforderung, Digitalisierung als Lerngegenstand in Fach, Fachdidaktik und Bildungswissenschaft aufzunehmen, ist es ein zentraler Entwicklungsschritt, die Kompetenzbeschreibungen zu digitaler Bildung für Lehrende zu spezifizieren. Aus diesem Grund wurde, mit Anbindung an die skizzierten Modelle zu digitalisierungsbezogenen Lehrkompetenzen, ein Projekt gestartet, welches das Ziel hat, fachspezifische digitale Kompetenzen für Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften (DiKoLAN) zu entwickeln, zu beschreiben und für die curriculare Verankerung der Digitalisierung im Fach zu operationalisieren.

Digitale Kompetenzen von Lehramtsstudierenden der Naturwissenschaften

Bedeutung und Beschreibung digitaler fachbezogener Basiskompetenzen

Auch mit digitalen Elementen muss Unterrichtsgestaltung fachdidaktische Erkenntnisse und Prinzipien berücksichtigen. Die Digitalisierung revolutioniert deshalb nicht die Planungsgrundlagen und Kriterien guten Unterrichts. Vielmehr erlaubt Digitalisierung die Integration neuer methodischer und inhaltlicher Elemente. Ihr Einsatz muss mittels didaktischer und methodischer Analysen sinnhaft begründet werden. Dafür sind spezifische digitale Kompetenzen notwendig, die das bisherige fachdidaktische Repertoire von Lehrkräften ergänzen. Eine Betrachtung oder Diskussion korrespondierender digitaler Basiskompetenzen fokussiert dementsprechend diesen digitalen Bereich. Etablierte fachdidaktische Modelle und Prinzipen sind aus dieser Perspektive zweifellos als Grundlage weiterführender Überlegungen zu digitalen Aspekten zu verstehen, auch ohne dass darauf explizit Bezug genommen wird.

So folgt z. B. das Experimentieren unter Einbindung digitaler Messwerterfassung im Unterricht noch immer den dafür tauglichen Strukturen und Prinzipen (z. B. Bruckermann, Diederich, Schlüter, & Edelmann, 2016), deren Kenntnis und Beherrschung keine digitalen Kompetenzen darstellen. Die digitale Kompetenz beschränkt sich somit auf die durch den Einsatz digitaler Medien zusätzlich geforderten Fähigkeiten und Fertigkeiten, z. B. zu entscheiden, ob und wie digitale Sensoren zielführend in diesen Prozess integriert werden können. Digitale Basiskompetenzen erweitern demnach das bisherige Kompetenzportfolio von Lehrkräften um digitale Methoden und Inhalte, welche die fachlichen, pädagogischen und fachdidaktischen Kompetenzen ergänzen.

Neben der methodischen Komponente im Sinne des Lernens mit digitalen Medien sind im didaktischen Bereich zwei Perspektiven zu unterscheiden: einerseits das generelle, fachunspezifische Lernen über Medien sowie andererseits der Einsatz bzw. die Relevanz digitaler Aspekte in den Fachwissenschaften und ihren Forschungsbereichen der korrespondierenden Unterrichtsfächer.

Der digitale Forschungsbezug ist unzweifelhaft ein Inhalt der jeweiligen Fächer oder maximal fachübergreifend im verwandten naturwissenschaftlichen Unterricht, weshalb Lehrkräfte der Naturwissenschaften in diesem Bereich kompetent sein müssen. Entsprechend der Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss für die drei naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie und Physik bezieht sich die Handlungsdimension im Unterricht „auf grundlegende Elemente der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, also auf experimentelles und theoretisches Arbeiten, auf Kommunikation und auf die Anwendung und Bewertung biologischer/chemischer/physikalischer Sachverhalte in fachlichen und gesellschaftlichen Kontexten.“ (Kultusministerkonferenz, 2005, S. 7f.). Diese Vorgaben setzen das Thematisieren der Digitalisierung in aktueller und zukünftiger Forschung und ihrer Methoden voraus.

Ohne diese Facette digitaler Kompetenz können Naturwissenschaften und ihre Strategien der Erkenntnisgewinnung nicht mehr vollumfänglich und zukunftsorientiert unterrichtet werden. Ohne Verständnis für digital gestützte Forschungs-, Untersuchungs- und Kollaborationsmethoden können Potenziale, Grenzen und Perspektiven moderner Naturwissenschaften nicht erfasst und vermittelt werden. Angehende Lehrkräfte benötigen demnach auch in diesem Teilbereich ausreichende Fertigkeiten und transferfähiges Wissen, um kompetenzorientiert unterrichten zu können.

Strukturierung digitaler Basiskompetenzen

Die curriculare Einbindung der digitalen Basiskompetenzen in die erste Phase der Lehrerbildung setzt gewisse Vorüberlegungen voraus. Um an den Universitäten digitale Elemente eines zukunftsfähigen Lehramtsstudiums koordiniert in die Lehre aller Beteiligten einbinden zu können, müssen digitale Basiskompetenzen vorab strukturiert werden. Erst die Abgrenzung von Teilbereichen, deren Inhalten und Kompetenzentwicklungsstufen erlaubt eine kohärente Integration in Curricula ohne versehentliche Doppelungen oder Lücken. Die Formulierung von Stufen, insbesondere der Kompetenzniveaus beim Studienabschluss als Ziele der ersten Phase, ist darüber hinaus auch für die Verzahnung mit der zweiten Phase der Lehrerbildung notwendig. Nur darüber kann eine Basis als Ausgangspunkt für die weitere Entwicklung im Referendariat definiert und beschrieben werden.

Für das Lehrerhandeln allgemein bedeutsame Kompetenzen werden in den Bildungswissenschaften gemäß typischer Felder der Unterrichtsgestaltung gegliedert (u.a. Visualisieren, Präsentieren, Kommunizieren; Bauer, 2005). Es erscheint daher sinnvoll, auch digitale Kompetenzen mit Bezug zu überschaubaren Tätigkeits- oder Einsatzfeldern des Unterrichtens zu gliedern und die dort zu verortenden digitalen Elemente zu fokussieren. Auch fachspezifischere, digitale Kompetenzbereiche können mit direktem Bezug auf fachdidaktisch etablierte fachgemäße Arbeitsweisen oder nach Systematiken verschiedener Autorinnen und Autoren kategorisiert werden (vgl. Thyssen et al., 2020):

Um speziell für den naturwissenschaftlichen Unterricht relevante digitale Basiskompetenzen zu identifizieren, ist die Analyse folgender zentraler Fragen zielführend:

1. **Welche Kategorien umfassen fachgemäße Arbeitsweisen in den Naturwissenschaften?**

2. **Welche dieser Kategorien haben digitale Anteile?**

3. **Welche dieser digitalen Anteile sind relevant für die Schule und damit auch für die Lehrerbildung?**

Basierend auf Kernelementen der Naturwissenschaften im Sinne fachgemäßer Arbeitsweisen zur Datengewinnung, Datenverarbeitung und Datendarstellung (Bäuml, 1971) lassen sich unter Berücksichtigung verschiedener Autorinnen und Autoren (Nerdel, 2017; Duit, Gropengießer, & Stäudel, 2004) diese Bereiche beschreiben: Recherche, Messwert-/Datenerfassung, Datenverarbeitung und Simulation/Modellierung. Kompetenzen von Lehrkräften müssen deshalb die in diesen Bereichen mit der Digitalisierung einhergehenden Veränderungen bzw. auftretende Schnittmengen und Anwendungen aus der fachlichen und fachdidaktischen Perspektive umfassen. Digitale Techniken und Medien, die Teil aktueller fachgemäßer Arbeitsweisen und des unterrichtlichen Lehrerhandelns sind (Abb. 1), sollten demnach in die Lehrerbildung integriert werden. Zusammen mit grundlegenden digitalen Kompetenzen im allgemeinen technischen Bereich und im Hinblick auf rechtliche Rahmenbedingungen ergibt sich ein ausbaufähiges Fundament digitaler Basiskompetenzen.

▲ **Abb. 1** Struktur des Orientierungsrahmens „Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften“ DiKoLAN, Darstellung der zentralen Basiskompetenzbereiche

Die Integration der im Orientierungsrahmen präzisierten Basiskompetenzbereiche in die universitäre Lehre bringt unterschiedliche Herausforderungen mit sich, die eine jeweils unterschiedliche fachliche Expertise auf der Seite der Lehrenden erfordert. Besonders zu erwähnen sind hier die allgemeinen technischen Basiskompetenzen und die rechtlichen Rahmenbedingungen. Aus mehreren Gründen haben die rechtlichen Rahmenbedingungen eine eher sekundäre Bedeutung in der universitären Phase, auf die sich der Orientierungsrahmen bezieht: Erstens erfordern die sich dynamisch verändernde Gesetzeslage und -interpretation sowie die landesspezifischen Regelungen und Lizenzsituationen eine eher zeitnahe sowie zum aktiven Arbeiten in der Schule liegende Thematisierung in der zweiten Ausbildungsphase. Zweitens sind die betreffenden Kompetenzen der Rechtswissenschaften in der Regel nicht Teil des Ausbildungskanons der universitären Lehre, da sie außerhalb der fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Lehre liegen. Deshalb sind auch entsprechende rechtlich abgesicherte Lehrkapazitäten (vgl. Rechtsdienstleistungsgesetz) für den diesbezüglichen Bereich selten an den Universitäten vorhanden. Auf eine vertiefte Betrachtung dieses Bereiches als zentrales Element der universitären Lehre wird deshalb verzichtet.

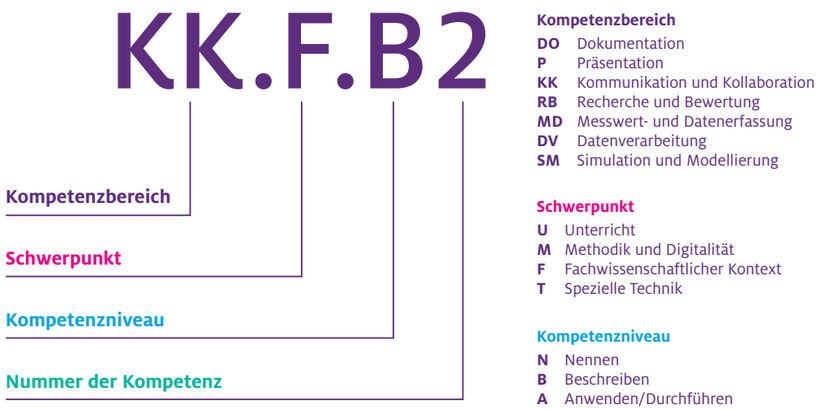
Die technischen Basiskompetenzen sind als informationstechnisches Fundament für den Einsatz digitaler Medien und Tools zu verstehen, welches sich explizit nicht auf spezifische Fertigkeiten und Fähigkeiten für zukünftige Lehrtätigkeiten beschränkt. Vielmehr sind hier Fertigkeiten und Fähigkeiten im Umgang mit den verschiedenen Betriebssystemen, den Prinzipien der System- und Nutzerrechteverwaltung, den Prinzipien der Algorithmik oder Netzwerktechnik etc. zu verorten, die eine entsprechende grundlegend taugliche Perspektive auf IT-Probleme im Alltag und deren Beschreibung erlauben.

Hierfür ist eine standardisierte Auflistung von Zielen und Geräten aufgrund der sehr individuellen Vorkenntnisse und Anforderungen auch im Sinne der Lehrfreiheit kontraproduktiv. Vor dem Hintergund der limitierten Lehrkapazitäten in den Studienplänen würde dies zu einer unnötigen Verengung der Lehrmöglichkeiten an den universitären Standorten führen. Deshalb werden technische Basiskompetenzen ohne direkten fachwissenschaftlichen oder fachdidaktischen Bezug als eigener Kompetenzbereich in der universitären Lehre hier ebenfalls nicht ausgeführt. Darüber hinaus können sowohl die rechtlichen Rahmenbedingungen als auch die technischen Basiskompetenzen nicht sinnvoll in der TPACK-Struktur verortet werden, da diese keine eigenständigen TCK-, TPK- oder TPACK-Komponenten besitzen.

Aus den unterschiedlichen inhaltlichen Anforderungen und Schwerpunkten der anderen Kompetenzbereiche lassen sich konstruktive Lehrperspektiven ableiten. So bietet die unterschiedlich starke Ausprägung des Fachbezuges der verschiedenen Kompetenzbereiche Anhaltspunkte für eine mögliche Integration in universitäre Curricula und Module der Fach- und Bildungswissenschaften. Eine gezielte Analyse der Integration digitaler Elemente in Unterrichtskonzepte im Hinblick auf Kompetenzen mit rein technischem, fachlichem (und damit didaktischem) oder methodisch-pädagogischem Schwerpunkt einerseits sowie fachdidaktischen Aspekten andererseits, erlaubt eine verfeinerte Untergliederung dieser Kompetenzbereiche. Eine entsprechende Darstellung folgt für die sieben Kompetenzbereiche in jeweils individuellen tabellarischen Übersichten.

Beschreibung und Erläuterung der Bereiche digitaler Basiskompetenzen

Die sieben unterschiedlichen Kompetenzbereiche werden im Folgenden jeweils zuerst beschrieben und anschließend ihre Relevanz für die Unterrichtsplanung sowie -gestaltung erläutert. In tabellarischen Übersichten werden ausformulierte Kompetenzen für vier – an das TPACK- (Koehler et al., 2013) bzw. DPaCK-Modell (Huwer, Irion, Kuntze, Schall, & Thyssen, 2019a, b) angelehnte – Schwerpunkte spezifiziert, die auf digitale Schwerpunkte in speziellen Techniken (T), fachwissenschaftlichen Kontexten (F), Methodik und Digitalität (M) sowie der unterrichtlichen Planung und Umsetzung (U) eines Lehrkonzeptes bezogen sind. Des Weiteren werden in den Tabellen die ausformulierten Kompetenzen anhand der Kompetenzniveaus Nennen (N), Beschreiben (B) und Anwenden (A) weiter differenziert. Für jede ausformulierte Kompetenz ergibt sich ein Schlüssel aus Kompetenzbereich, Schwerpunkt und Kompetenzniveau (z. B. KK.F.B2; siehe Abb. 2).



▲ **Abb. 2** Legende zur Aufschlüsselung der ausformulierten Kompetenzen

Dokumentation (DO)

Digitalisierung von oder im Unterricht ist auf allen Ebenen der Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung sowie der Klassenführung u. a. mit dem Generieren, Speichern, Verwalten und Archivieren/Sichern von Daten verbunden. Dazu gehört die digitale Dokumentation von Arbeitsprodukten gleichermaßen wie die geschützte Verwaltung von Schülerdaten. Sowohl überfachlich als auch fachlich gebunden sind Fertigkeiten in diesem Bereich mit der Ausbildung von Data Literacy (Ridsdale et al., 2015) bei Lehrenden verknüpft. Diese wiederum ermöglicht eine Förderung von Kompetenzen zum Aufbewahren von Informationen und Daten bei Lernenden (Kultusministerkonferenz, 2016, S. 15). Werkzeuge zur effektiven Datenverarbeitung und -dokumentation scheinen unerlässlich, um informierte Entscheidungen treffen zu können (Wolff, Gooch, Cavero Montaner, Rashid & Kortuem, 2016). Infolgedessen greift der Kompetenzbereich „Dokumentation“ die häufig in der Lehrerbildung noch unterrepräsentierte Facette von Data Literacy auf und differenziert sie fachspezifisch aus.

Der Kompetenzbereich „Dokumentation“ (DO) umfasst die individuelle Fertigkeit, digitale Werkzeuge zur systematischen Ablage und dauerhaften Speicherung von Daten und Informationen, um diese fachgemäß zu nutzen. Dazu gehört auch, Fotos, Bilder und Videos aufzunehmen, zu bearbeiten und einzubinden, verschiedene Medien zu kombinieren und zu speichern, Informationen strukturiert zu sichern und zu archivieren sowie Abläufe und Sinnzusammenhänge darzustellen.

Die in Tabelle 1 aufgeführten praxisbezogenen Kompetenzerwartungen zur „Dokumentation“ machen eine enge Verzahnung mit fachspezifischeren Kompetenzbereichen, wie der Messwerterfassung und Datenverarbeitung deutlich.

Präsentation (P)

Die Fähigkeit, Ideen, Ergebnisse und Prozesse zu präsentieren, ist eines der zentralen Elemente von naturwissenschaftlichem Unterricht. Stellte in der Vergangenheit die analoge Tafel das zentrale Element der Visualisierung mit der Lehrperson als Hauptagierendem dar, führt die Digitalisierung der Klassenzimmer zu enormen technischen und didaktischen Veränderungen. Durch interaktive Tafeln können nicht nur multimediale Elemente einfacher in den Unterricht integriert werden, sondern auch digital unterstützte Präsentationen durch Schülerinnen und Schüler realisiert werden.

Denn ein moderner naturwissenschaftlicher Unterricht soll und muss es Schülerinnen und Schülern ermöglichen, ihre Lernprodukte anderen zu präsentieren und zu kommunizieren (Kultusministerkonferenz, 2016, S. 11). Dabei erstreckt sich das Anwendungsspektrum von der Verwendung einer Präsentationssoftware bis hin zum Zeigen eigener Filme oder Animationen. Beispiele sind das Darstellen eines Prozesses, wie z. B. Zeitrafferaufnahmen zum Wachstum von Pflanzen ebenso wie die Präsentation von Bildern und Videos, die beim Mikroskopieren angefertigt werden.

Um dies zu ermöglichen, ist es von entscheidender Bedeutung, dass zukünftige Lehrkräfte in der Lage sind, nicht nur die einzelnen digitalen Medien sicher zu beherrschen, sondern auch ihre Vor- und Nachteile für die Unterrichtsgestaltung zu erkennen. Hierfür müssen sie geeignete Präsentationsmedien/-formen kennen und diese situationsspezifisch auswählen, um deren Potenzial für den Lernprozess freizusetzen. Dabei sollte Unterricht über die rein frontale Präsentation hinausgehen und Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit eröffnen, diverse Präsentationsmöglichkeiten zu erproben. Lehrkräfte müssen daher, neben ihrer fachlichen und pädagogischen Expertise, in der Lage sein, sowohl Gestaltungsaspekte (Wertheimer, 1923; Palmer, 1999) als auch die Prinzipien des multimedialen Lernens (Mayer, 2014) zu kennen und im Unterricht anzuwenden.

Der Kompetenzbereich „Präsentation“ (P) beschreibt die individuelle Fähigkeit, digitale Medien ziel- und adressatengerecht für den Erkenntnis- und Kommunikationsprozess einzusetzen sowie das Wissen über Grenzen und Potenziale unterschiedlicher digitaler Präsentationsmedien.

In Tabelle 2 sind die Erwartungen im Basiskompetenzbereich „Präsentation” für angehende Lehrkräfte der Naturwissenschaften zusammengefasst.

Kommunikation und Kollaboration (KK)

Unterricht ist abhängig von Kommunikation und Informationsaustausch bzw. -management (Didaktik als Theorie der Steuerung von Lernprozessen; Kron, 1994). Gemäß sozial-konstruktivistischer Lerntheorien ermöglichen Kommunikation und Information beim kompetenzorientierten – und auch technologiegestützten – Lernen Partizipation (Ebner et al., 2013, S. 158). Demnach sind die Einbindung geeigneter Kommunikationstechniken und -phasen sowie kollaborativer Elemente zur Teilnahme im Lernprozess Schlüsselelemente des Unterrichts. Daraus ergeben sich insbesondere im digitalen Bereich Chancen, weshalb Lehrkräfte diese Elemente zielführend und kompetent in den Unterricht integrieren können müssen. Diese Chancen sind: die zeitgleiche und ortsunabhängige Arbeit an demselben Dokument, das Zusammenführen von arbeitsteilig erhobenen Messwerten zur statistischen Absicherung einer Problemlösung sowie das Zusammenführen von Daten aus arbeitsteiligen Teiluntersuchungen für eine Gesamtlösung. Unter den Aspekten der sich ergebenden Zeitersparnis können in der Erkenntnisgewinnung komplexere Problemstellungen kollaborativ erschlossen werden. Digitale Kommunikationstools unterstützen dabei die kommunikative Steuerung solcher abgestimmten Prozesse.

Entsprechende digitale Basiskompetenzen sind nicht nur für die Gestaltung von wirksamen Lernumgebungen, sondern auch zum Adressieren der in den Bildungsstandards verankerten Kompetenzbereiche Kommunikation und Erkenntnisgewinnung (arbeitsteiliges Forschen) notwendig. So entstehen neue Möglichkeiten, komplexere Problemstellungen der Erkenntnisgewinnung durch Kollaboration und Kommunikation anzugehen. Das Feld hierfür nutzbarer digitaler Werkzeuge und Methoden ist weit und ändert sich ständig. Die folgende Definition bietet deshalb eine praxistaugliche Beschreibung des für den (zukünftigen) Unterricht relevanten Kompetenzbereiches und entsprechender Fähigkeiten und Fertigkeiten.

Der Kompetenzbereich „Kommunikation und Kollaboration“ (KK) umfasst die individuelle Fähigkeit, mit digitalen Werkzeugen synchrones oder asynchrones Arbeiten von Einzelpersonen oder Gruppen auf ein gemeinsames Ziel hin zu planen und mit Lernenden durchzuführen. Dazu werden gemeinsame Dateien oder Produkte erstellt und bearbeitet, gemeinsame Datenpools angelegt und bearbeitet sowie Systeme zur Rechtevergabe eingeplant und umgesetzt.

Tabelle 3 fasst praxisorientierte Vorschläge für digitale Basiskompetenzen im Bereich „Kommunikation und Kollaboration“ zusammen.

Recherche und Bewertung (RB)

Aufgrund der Komplexität der verfügbaren Informationen und der Verschiedenheit redaktioneller Kontrollmechanismen kommt der kompetenten Internetrecherche steigende Bedeutung zu. Neben den technischen Fertigkeiten zur Informationsrecherche sind deshalb sowohl kognitive Fähigkeiten zur Informationssuche und -bewertung als auch metakognitive Fähigkeiten zur Bewertung des Suchprozesses notwendig (Johnston & Webber, 2003). In dem IPS-I-Modell (Information problem solving while using the internet; Brand-Gruwel, Wopereis & Walraven, 2009) wird postuliert, dass für eine informationsbasierte, digitale Problemlösung zur Beantwortung von problemorientierten Fragen fünf Schritte inklusive einer erfolgreichen internetbasierten Informationsrecherche durchlaufen werden sollten (u. a. Brand-Gruwel et al., 2009; Walraven, Brand-Gruwel, & Boshuizen, 2008):

1. Definition des zu lösenden Problems (d. h. Lesen der Aufgabenstellung, Fragenformulierung, Aktivierung des Vorwissens, Klärung der Aufgabenanforderungen und Bestimmung der erforderlichen Informationen)

2. Recherche von Informationen (d. h. Umgang mit Internet und Computer, Suchbegriffe ableiten, Suchergebnisse beurteilen)

3. Überfliegen und überprüfen der Informationen (d. h. Umgang mit Internet und Computer, überfliegen der Internetseite, Inhalt überprüfen, Beurteilen der überflogenen Informationen)

4. (Kognitiv-elaborative) Verarbeitung der Informationen (d. h. Text lesen, Erarbeiten des Inhalts, Beurteilen der verarbeiteten Informationen)

5. Präsentation der Informationen (d. h. Formulieren des Problems, das Produkt/Ergebnis strukturieren und darstellen, Text formulieren, Inhalt erarbeiten)

Diese fünf Schritte erfordern sowohl speziell auf digitale Medien bezogene Kompetenzen, wie etwa die Recherche von Informationen, als auch für analoge Recherchen erforderliche Kompetenzen, wie die Verarbeitung der Informationen (und deren Dokumentation sowie Präsentation, vgl. entsprechende Kompetenzbereiche). Dennoch müssen auch die nicht explizit digitalen Kompetenzen in diesem Zusammenhang beherrscht werden. Bei manchen Kompetenzen, wie dem Überfliegen, Überprüfen und Präsentieren der Informationen, sind digitale Kompetenzen heute essenziell, um die notwendige Problemlösekompetenz erreichen zu können. So sind Zeitschriften in weiten Teilen gar nicht mehr als Druckausgabe in Bibliotheken vorhanden und Suchkataloge in der Regel digital strukturiert und verfügbar.

Im Rahmen der von der Kultusministerkonferenz (2016) geforderten Kompetenzen der Lernenden „in der digitalen Welt“ werden die Fähigkeiten „Suchen und Filtern“ sowie „Auswerten und Bewerten“ (S. 15) explizit gefordert und enthalten vergleichbare Aspekte zu denen im IPS-I-Modell. Der kompetente Umgang mit naturwissenschaftlichen Datenbanken stellt zudem eine fachspezifische Anforderung an die Lehrkräfte der Naturwissenschaften dar.

Der Kompetenzbereich „Recherche und Bewertung“ (RB) umfasst neben technischen Fertigkeiten die individuelle Fähigkeit, mit digitalen Werkzeugen Informationen zu vorgegebenen Themenbereichen oder zur Lösung von Fragestellungen zu beschaffen, und diese zu strukturieren und zu bewerten. Dazu werden Suchziele definiert, verschiedene Informationsquellen eingebunden und bewertet.

In Tabelle 4 sind die Erwartungen an die Lehrenden im Kompetenzbereich „Recherche und Bewertung“ zusammengefasst.

Messwert- und Datenerfassung (MD)

Digitale Messwert- und Datenerfassung bietet Zugang zu naturwissenschaftlichen Phänomenen, die analog nur schwer erfasst werden können, wie z. B. Hochgeschwindigkeits- und Wärmebildaufnahmen. Bei der Untersuchung von besonders schnell oder langsam ablaufenden Prozessen ist die computerunterstützte Messwerterfassung gegenüber der analogen Messtechnik im Vorteil. Darüber hinaus können die erhaltenen Messwerte in unterschiedlichen Darstellungsformen nacheinander oder gleichzeitig präsentiert, mehrere Messreihen in demselben Koordinatensystem vergleichend dargestellt und die Achsenskalierungen beliebig verändert werden. Hier ist die Kompetenz wichtig, Informationen aus Diagrammen lesen zu können.

Mit Hochgeschwindigkeitskameras können extrem schnell ablaufende Prozesse festgehalten werden (Vollmer, 2011) und aus den Aufnahmen dynamische physikalische Größen, wie beispielsweise Beschleunigungen oder Energieübertragungen, zeitaufgelöst bestimmt werden (Michel, 2010), was auch z. B. Betrachtungen der Kinetik schneller Reaktionen erlaubt. Die hierfür notwendige Verarbeitung digitaler Daten verdeutlicht die enge Verzahnung mit dem Kompetenzbereich „Datenverarbeitung“. Durch hypothesengeleitetes Experimentieren können sowohl das Experimentierverständnis als auch die Erkenntnisgewinnung angebahnt bzw. vertieft werden (Hilfert-Rüppell & Sieve, 2017).

Mit Infrarotkameras können neben Experimenten zur Wärmestrahlung in der Wärmelehre auch bisher nicht nachweisbare Effekte, wie die Reibungswärme in der Mechanik oder die Konstanz der Stromstärke in einem unverzweigten Stromkreis in der Elektrizitätslehre, veranschaulicht werden (Ziegler, 2017).

Mobile Endgeräte, in denen nicht nur Kameras, sondern auch Sensoren integriert sind, erweitern den Einsatzbereich zur Messwerterfassung durch die Unabhängigkeit vom Stromnetz und die Integration vielfältiger Sensoren (Thyssen, Huwer, & Krause, 2020). Untersuchungen von Bewegungen sind spontan per Videoanalysen oder durch Auslesen der internen Sensoren möglich. Da diese Geräte den Lernenden annähernd flächendeckend zur Verfügung stehen (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, 2018), sollten Unterrichtsszenarien in den Naturwissenschaften bei der Integration digitaler Messwerterfassung Vorkenntnisse in der gewünschten Nutzung, Organisationsformen, Methoden oder persönliche und soziale Konsequenzen des geplanten Handelns berücksichtigen.

Der Kompetenzbereich „Messwert- und Datenerfassung“ (MD) beschreibt die individuelle Fähigkeit, mit digitalen Werkzeugen mittel- oder unmittelbar Daten zu erheben, indem (Mess-)Daten eingegeben, analoge Daten digitalisiert, Bilder sowie Filme angefertigt, Sonden, Sensoren und Programme (bzw. Apps) eingesetzt und Messwerte aus Dokumentationsmedien wie Bildern oder Videos gewonnen werden.

Neben der oben genannten Definition des Kompetenzbereichs „Messwert- und Datenerfassung“ bietet Tabelle 5 eine Orientierung zu den Kompetenzerwartungen an die Lehrenden in diesem Kompetenzbereich.

Datenverarbeitung (DV)

Die Datenverarbeitung ist insbesondere im naturwissenschaftlichen Unterricht eine wichtige Säule des Lehr-Lern-Prozesses. Denn erst aus den (weiter)verarbeiteten Messdaten werden Erkenntnisse ermöglicht oder weitere Forschungsfragen aufgeworfen. Die Datenverarbeitung im naturwissenschaftlichen Unterricht profitiert von der Digitalisierung auf drei Ebenen: Datenerhebung, Datenaufbereitung (Filterung, Umkodierung, Auswertung) und Automatisierung der Datenverarbeitung.

Zunächst erschließt die digitale Datenverarbeitung im naturwissenschaftlichen Unterricht fachspezifische Zugänge zu bestimmten Datensätzen, welche auch die aktuellen Methoden der korrespondierenden Fachwissenschaft angemessen repräsentieren und in diesem Sinne authentisch sind. So können Messdaten beispielsweise durch die Bestimmung und Extraktion von Kurvenmaxima bei Schallpegel- oder Beschleunigungsmessungen oder von Steigungen in Kalibrierungskurven bei Konzentrationsmessungen mit authentischen Fachmethoden ausgewertet werden (Thyssen & Huwer, 2018; Bronner, 2019). Außerdem kann Material aus Datensammlungen und -formaten (in Form von Messwertreihen, Bildern, Videos, Audiofiles oder Texten) mithilfe von digitalen Werkzeugen wie Statistikprogrammen oder einfachen Tabellenkalkulationen vorbereitend oder im Unterricht gefiltert, umkodiert und ausgewertet werden.

Hierfür stehen eine Reihe an Werkzeugen zur Filterung, für statistische Analysen, für Bild-, Audio- und Videoanalysen inklusive Visualisierungsoptionen zur Verfügung (Kuhn, 2015). Ferner werden durch die digitale Datenverarbeitung aufwendige Prozesse automatisiert, sodass mehr Lernzeit im Unterricht für die Vor- und Nachbereitung des Experiments verfügbar ist. Dies gilt vor allem für Szenarien, in denen bisher die Auswertung der Messdaten händisch vorgenommen wurde, z. B. bei der Berechnung von Mittelwerten oder der Anpassung von Messwerten an theoretisch fundierte Funktionsgleichungen. Bei Titrationen müssen z. B. Messwerte mit einem Stift in ein Koordinatensystem auf Papier übertragen werden, um so den Wendepunkt einer Titrationskurve händisch bestimmen zu können. Werden die Daten unmittelbar digital in einem Koordinatensystem dargestellt, dort selektiert und verarbeitet, ist die direkte Bestimmung des Wendepunkts (und damit auch des Äquivalenzpunkts) durch Kurvenanpassung möglich (Schrader & Schanze, 2015).

Somit ermöglicht die digitale Datenverarbeitung Zugänge zu Kompetenzen der Bildungsstandards (vor allem im Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung), die im analogen Unterrichtssetting nicht so zeiteffizient möglich wären.

Der Kompetenzbereich „Datenverarbeitung“ (DV) beschreibt die individuelle Fähigkeit, Daten mit digitalen Werkzeugen weiterzuverarbeiten. Dies umfasst Filterung, Berechnungen neuer Größen, Aufbereitung, statistische Analysen und Zusammenführen von Datensätzen.

In Tabelle 6 sind die Kompetenzerwartungen an die Lehrenden im Kompetenzbereich „Datenverarbeitung“ zusammengefasst.

Simulation und Modellierung (SM)

Mit Computersimulationen können, basierend auf zugrunde liegenden Modellen und einer begrenzten Anzahl von Variablen, naturwissenschaftliche Prozesse abgebildet werden. Als wesentliches Werkzeug der Erkenntnisgewinnung dienen Simulationen sowohl der Analyse von Systemen und Prozessen als auch der Prognose der zeitlichen Entwicklung regelbasierter Systeme. Simulationen werden im naturwissenschaftlichen Unterricht sowohl lehrerseitig zur Veranschaulichung von Sachverhalten als auch schülerseitig, eingebunden in einen Selbstlernprozess, genutzt. Da Simulationen auf Benutzereingaben reagieren, lassen sich Einflüsse und Zusammenhänge interaktiv untersuchen und direkt erfahren, was schließlich eine Anpassung der mentalen Modelle der Schülerinnen und Schüler an die naturwissenschaftlichen Prozesse erleichtert.

Während bei Simulationen die dynamischen Modelle in der Regel bereits implementiert sind, bieten Modellierungsprogramme die Möglichkeit, eigene dynamische Modelle zu einem Sachverhalt oder Phänom zu entwickeln und zu überprüfen. Darüber hinaus können verschiedene Modelle getestet und deren Vorhersagekraft und Anschaulichkeit verglichen werden. Durch eigenständige Modellierungen wird ein tieferes Verständnis der fachwissenschaftlichen Inhalte erreicht.

Sowohl das Lehren und Lernen mit Simulationen als auch das Modellieren naturwissenschaftlicher Prozesse ist fest im Unterricht verankert und findet sowohl in der fachdidaktischen Forschung (Rutten, van Joolingen, & van der Veen, 2012) als auch in Lehrerzeitschriften breite Berücksichtigung (Girwidz et al., 2019). Umso mehr müssen angehende Lehrkräfte auf den fach- und schülergerechten Einsatz entsprechender Hilfsmittel im Unterricht vorbereitet werden. Das sehr große Angebot an Anwendungen für verschiedene Endgeräte erfordert allerdings auch eine tiefergehende Auseinandersetzung mit den Grenzen bestehender Software, um auch einen fach- und sachgerechten Einsatz sicherzustellen. Somit gehen die seitens der Lehrkräfte benötigten digitalen Kompetenzen im Bereich Simulationen und Modellierung deutlich über die ebenfalls benötigten Kompetenzen im Umgang mit Modellen und Modellierungen hinaus.

Der Kompetenzbereich „Simulation und Modellierung“ (SM) beschreibt 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.

In Tabelle 7 sind die Erwartungen im Kompetenzbereich „Simulation und Modellierung“ an angehende Lehrkräfte der Naturwissenschaften zum Abschluss des Studiums zusammengefasst.

Nutzung und Anwendung digitaler, fachbezogener Basiskompetenzen im Orientierungsrahmen DiKoLAN

Klar formulierte Kompetenzbereiche, -niveaus und -ziele, wie im Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften (DiKoLAN) dienen als Orientierung bei der Erstellung von Curricula für die universitäre Phase der Lehrerbildung. Darüber hinaus ergeben sich weitere Anwendungsfelder und Nutzungspotenziale. Im Vergleich zum Ziel der Bildungsstandards (Messung individuell vorhandener Kompetenzen am normativen Rahmen der Standards) ermöglichen die im Orientierungsrahmen DiKoLAN formulierten Kompetenzen eine Evaluierung von Kompetenzständen und -entwicklungsprozessen als wesentliches Element der Professionalisierung bei Lehramtsstudierenden.

Sowohl die Aufgabenkonstruktion zur Kompetenzmessung als auch zur Selbsteinschätzung setzt entsprechende Zielformulierungen und Beschreibungen angestrebter Kompetenzen voraus. Dozierende und Studierende können mittels solcher Formulierungen Kompetenzprofile erstellen und damit vorhandene Stärken sowie Entwicklungsfelder identifizieren. Darauf basierend können dann konkrete Lehrveranstaltungen und Lernumgebungen konzipiert oder auch individuelle Förderangebote ausgewählt werden. Für einfache Selbsteinschätzungen geeignete Fragebögen und elektronische Erhebungstools auf Basis der für DiKoLAN formulierten Kompetenzen sind in Vorbereitung. Die gezielte Identifikation von Entwicklungsfeldern einzelner Studierender erlaubt auch eine individuelle Kompetenzförderung mit digitalen Online-Angeboten und Selbstlernkursen, deren Inhalte sich in Verzahnung mit den formulierten digitalen Basiskompetenzen gezielt auf die relevanten Kompetenzniveaus und Teilbereiche abstimmten lassen. Die fach- bzw. naturwissenschaftsspezifische Perspektive liefert hier konkreter auf das Unterrichtsfach bezogene Ergebnisse als allgemeine und fachunspezifische Tools zur Kompetenzanalyse bzw. Reflexion, wie z. B. Self-Assessment-Tools für DigCompEdu (Ghomi & Redecker, 2019).

Ausblick, auch über die Universität und den Orientierungsrahmen DiKoLAN hinaus

Erst die Formulierung und Veröffentlichung eines Orientierungsrahmens digitaler Kompetenzen Lehramtsstudierender der Naturwissenschaften ermöglicht einen breiten Diskurs im Hinblick auf die Stimmigkeit einer Gliederung der angestrebten Kompetenzen und ihrer Niveaus im digitalen Bereich. Diesbezügliche Einschätzungen von Dozierenden können wertvolle Rückmeldungen zur Weiterentwicklung der Lehrerbildung und der Abstimmung aller beteiligten Akteure liefern. Dies gilt auch im Hinblick auf vorhandene Überschneidungen mit und die Passung zu nicht-naturwissenschaftlichen Fächern.

Ein zentraler Aspekt einer Validierung muss auch der Austausch mit Fachleitungen der Studienseminare sein. Hier muss sich zeigen, ob DiKoLAN ein anschlussfähiger Orientierungsrahmen sein kann, der auch kompatibel zu bereits existierenden Systematisierungen in der zweiten Phase ist. Im Idealfall kann bei Anschlussfähigkeit auf Basis der Ergebnisse einer Kompetenzanalyse beim Studienabschluss im Referendariat gezielt an der weiteren Entwicklung digitaler Kompetenzen für den Unterricht mit einer Fokussierung auf die Umsetzung bzw. das Erreichen der Kultusministerkonferenz-Standards für digitale Schülerkompetenzen (Kultusministerkonferenz, 2016) gearbeitet werden. Insgesamt könnten dadurch neue Impulse für die Lehrerbildung aller Phasen generiert werden.

Weiterführende Informationen

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

Über die Autorinnen und Autoren

Alle Autorinnen und Autoren sind Mitglied der AG Digitale Basiskompetenzen in der Lehrerbildung und in der Großzahl Alumni des Kolleg Didaktik:digital der Joachim Herz Stiftung.

- **Sebastian Becker** ist seit Februar 2016 abgeordnete Lehrkraft und wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Didaktik der Physik von Prof. Dr. Jochen Kuhn an der TU Kaiserslautern. Seine Forschungsschwerpunkte sind die empirische Untersuchung der Lernwirksamkeit von digitalgestütztem Physikunterricht und die Analyse von Lernprozessen mittels stationärem und mobilem Eyetracking. Darüber hinaus ist er in der universitären Ausbildung von Physik-Lehramtsstudierenden tätig. Er ist derzeit Fellow der Fachdidaktik MINT der Deutsche Telekom Stiftung.

- **Dr. Till Bruckermann** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in der Abteilung Didaktik der Biologie. Er beschäftigt sich mit Wissen und Fähigkeiten sowie digitalen Medien in der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung.

- **Alexander Finger** ist Studiengangskoordinator für die wissenschaftliche Ausbildung von Lehrkräften im Fach Biologie am Zentrum für Lehrerbildung und Schulforschung an der Universität Leipzig. In seiner Promotion befasst er sich mit dem Potenzial von digitalen Pflanzenbestimmungsmöglichkeiten zur Steigerung von Interesse und Motivation. 2019 erhielt er für die innovative Einbindung digitaler Medien in die Lehramtsausbildung den Theodor-Litt-Nachwuchspreis der Universität Leipzig.

- **Prof. Dr. Johannes Huwer** leitet die AG Chemie und ihre Didaktik der PH Weingarten. Forschungsinteressen sind digitale Medien im MINT-Unterricht, MINT-Nachhaltigkeitsbildung, forschendes Experimentieren in Schule/Schülerlabor und Individualisierung.

- **Erik Kremser** ist Lehrbeauftragter im Demonstrationspraktikum als Akademischer Oberrat und Leiter der Vorlesungsassistenz am Fachbereich Physik der TU Darmstadt. Seit 2013 leitet er das Projekt „Tablets als Arbeitsgeräte in der Lehre“ in Kooperation mit dem Fachbereich der Medienpädagogik.

- **Dr. Monique Meier** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Fachgebiet Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. Sie leitet im Fachgebiet die AG „Digitales Lehren und Lernen im Biologieunterricht“ sowie das Lehr-Lern-Labor FLOX. Ihr aktueller Forschungsschwerpunkt liegt im Einsatz digitaler Medien in schulischen und hochschulischen Lehr-Lern-Prozessen. Sie ist Junior-Fellow des Kolleg Didaktik:digital der Joachim Herz Stiftung.

- **Dr. Lars-Jochen Thoms** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Didaktik der Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München. Dort forscht er zur Verbesserung der Physiklehrerausbildung mit den Schwerpunkten Multimedia, Digitalisierung und digitale Transformation. In seiner Dissertation untersuchte er forschendes Lernen in virtuellen und ferngesteuerten Laboren.

- **Prof. Dr. Christoph Thyssen** leitet die AG Didaktik der Biologie an der TU Kaiserslautern. Forschungsinteressen sind digitale Medien im MINT-Unterricht, digitale Kompetenzen von Studierenden und Augmented Reality als halbdigitalem Medium.

- **Ass.-Prof.in Dr. Lena von Kotzebue** leitet derzeit die AG Didaktik der Bio- und Geowissenschaften an der School of Education der Universität Salzburg. Ihr aktueller Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich des Professionswissens von (angehenden) Biologielehrkräften zum Umgang mit digitalen Medien.

Der Kompetenzbereich **„Dokumentation“** (DO) umfasst die individuelle Fertigkeit, digitale Werkzeuge zur systematischen Ablage und dauerhaften Speicherung von Daten und Informationen fachgemäß zu nutzen. Dazu gehört auch, verschiedene Medien zu kombinieren und zu speichern, Informationen strukturiert zu sichern und zu archivieren sowie Abläufe und Sinnzusammenhänge darzustellen.

▾ Tab. 1 Kompetenzbereich „Dokumentation“ (DO)

	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)		Fachwissenschaftlicher Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
Nennen	**DO.U.N1** Digitale Techniken zur Dokumentation/Versionierung bzw. Datenarchivierung/Back-up-Erstellung für spezifische Lehr-Lern-Situationen, z. B. beim Experimentieren, für Ergebnisse einer Literaturrecherche nennen.	**DO.M.N1** Methodische Aspekte, die beim Einsatz digitaler Dokumentation im Unterricht relevant sein können, nennen, z. B. ◆ Zugang zu den Speichersystemen ◆ Zeitaufwand ◆ Hardwarebedarf ◆ Zugriffsbeschränkungen		**DO.F.N1** Möglichkeiten der fachgemäßen digitalen Dokumentation/Versionierung und Datenarchivierung (z. B. Gendatenbanken, Spektraldatenbanken, Datenblätter) unter Berücksichtigung der Zitationsregeln nennen. **DO.F.N2** Methoden der digitalen Datendokumentation in Forschungsszenarien (z. B. Bilddokumentation: Geldokumentation, Voxeldateien aus MRT-Scans) nennen.	**DO.T.N1** Technische Ansätze nennen, wie z. B.: ◆ Möglichkeiten zur digitalen Dokumentation von z. B. Protokollen, Experimenten, Daten, Analyseprozessen, digitalen Herbarien (z. B. mittels Word, OneNote, Etherpad) ◆ Möglichkeiten von Systemen für dauerhafte Datenablage/-speicherung und entsprechende Softwareangebote/-archive (z. B. Netzwerkspeicher, Archivierungsserver, Cloudspeicher) ◆ Möglichkeiten der Versionsverwaltung und Dateiarchivierung (z. B. Dateibenennung mit fortlaufender Nummerierung, datumsbasierte Dateinamen, Windows Dateiversionsverlauf, Apple Time Machine, Subversion, Git) **DO.T.N2** Die Notwendigkeit der Durchführung von Back-ups als elementaren Teil digitaler Datenverwaltung nennen.
Beschreiben (inkl. notwendigem Vorgehen)	**DO.U.B1** Didaktisch begründete Vorgehensweisen beim fachgemäßen Einsatz digitaler Techniken zur Dokumentation/Versionierung bzw. Datenarchivierung/Back-up-Erstellung für spezifische Lehr-Lern-Situationen beschreiben.	**DO.M.B1** Methodische Vor- und Nachteile sowie Grenzen der spezifischen digitalen Technik bezogen auf Lehr-Lern-Situationen beschreiben.		**DO.F.B1** Möglichkeiten der fachgemäßen digitalen Dokumentation/Versionierung und Datenarchivierung (z. B. Gendatenbanken, Spektraldatenbanken, Datenblätter) unter Berücksichtigung der Zitationsregeln beschreiben.	**DO.T.B1** Im Hinblick auf vorhandene Funktionen, technische Rahmenbedingungen, techn. Anforderungen, techn. Vor- und Nachteile (z. B. automatisierte Back-ups) sind die unter DO.T.N1 angeführten Möglichkeiten technische Ansätze zur Dokumentation zu beschreiben. **DO.T.B2** Die Notwendigkeit der Durchführung von Back-ups als Teil digitaler Datenverwaltung und das Vorgehen zur Durchführung eines Back-ups inklusive des Restores (Wiederherstellung der Daten) beschreiben.
Anwenden/ Durchführen (praktische und funktionale Realisierung)	**DO.U.A1** Planung und Durchführung kompletter Unterrichtsszenarien mit fachgemäßer Anwendung digitaler Techniken zur Dokumentation/Versionierung bzw. Datenarchivierung/Back-up-Erstellung unter Berücksichtigung geeigneter Organisations- und Sozialformen.				**DO.T.A1** Fachunabhängige Integration folgender Prinzipien in die eigene (auch alltägliche) Arbeit: ◆ digital dokumentieren ◆ eine Versionsverwaltung nutzen ◆ Back-up-Lösungen für eigene Dateien nutzen ◆ mindestens ein Back-up inklusive Wiederherstellung der Daten durchführen

Der Kompetenzbereich **„Präsentation“** (P) beschreibt die individuelle Fähigkeit, digitale Medien ziel- und adressatengerecht für den Erkenntnis- und Kommunikationsprozess einzusetzen sowie das Wissen über Grenzen und Potenziale unterschiedlicher digitaler Präsentationsmedien.

▾ Tab. 2 Kompetenzbereich „Präsentation“ (P)

	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)		Fachwissenschaftlicher Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
Nennen	**P.U.N1** Zu (fachwissenschaftlichen) Präsentationsmedien für den Schuleinsatz geeignete Alternativen nennen (z. B. statt integrierter Mikroskopkamera ein digitales Handmikroskop, mobile Endgeräte als Hochgeschwindigkeitskamera). **P.U.N2** Für spezifische Lehr-Lern-Settings/Kontexte unterschiedliche Szenarien zum sachgerechten Einsatz (adressaten-, fach- und zielgerecht) digitaler Präsentationsmedien nennen.	**P.M.N1** Prinzipien/Kriterien zur adressatengerechten Gestaltung digitaler Präsentationsmedien (z. B. CTML nach Richard E. Mayer, Gestaltpsychologie nach Wertheimer und Palmer) nennen. **P.M.N2** Mögliche Aspekte nennen, auf die sich der Einsatz digitaler Präsentationsmedien beim Lernen und Lehren auswirken kann, z. B. im Hinblick auf: ◆ Zeitaufwand ◆ Organisationsformen ◆ Darstellungsformen ◆ Methoden ◆ Medienkenntnis/Einarbeitung ◆ Interesse und Motivation ◆ persönliche und soziale Konsequenzen		**P.F.N1** Nennen mehrere fachspezifische/fachwissenschaftliche Szenarien und ggf. Kontexte für: ◆ digitale Präsentationsformen ◆ die digitale Präsentation von Prozessen (z. B. Zeitraffer für Osmose, Zeitlupe für Bewegungen) ◆ die Verwendung von Präsentationshardware (z. B. Wärmebildkameras, Mikroskopkameras, mobile Endgeräte mit Kameras) ◆ Präsentationssoftware (z. B. Origin, Matlab), die den aktuellen fachwissenschaftlichen Anforderungen und Zitationsregeln genügt	**P.T.N1** Nennen jeweils mehrere technische Möglichkeiten zur Präsentation: ◆ von Inhalten unterschiedlicher Größenordnungen (z. B. Dokumentenkamera, Videokamera, Smartphone, Tablet, Mikroskopkamera) ◆ von Prozessen auf unterschiedlichen Zeitskalen (z. B. Zeitlupe, Zeitraffer) ◆ für ein größeres Auditorium (z. B. Beamer, interaktive Tafeln) ◆ für mehrere Gruppen (z. B. Anzeige auf mehreren Endgeräten) ◆ für einen einzelnen Empfänger
Beschreiben (inkl. notwendigem Vorgehen)	**P.U.B1** Didaktische Voraussetzungen für den Einsatz digitaler Präsentationsmedien im Unterricht, Auswirkungen dieser auf die jeweiligen Unterrichtsverfahren sowie durch digitale Systeme ermöglichte Zugänge zu Basiskompetenzen (vor allem dem Kompetenzbereich Kommunikation) insbesondere beim inklusiven Lehren und Lernen beschreiben.	**P.M.B1** Prinzipien/Kriterien zur adressatengerechten Gestaltung digitaler Präsentationsmedien (z. B. CTML nach Richard E. Mayer, Gestaltpsychologie nach Wertheimer und Palmer) beschreiben. **P.M.B2** Pädagogische Voraussetzungen sowie Vor- und Nachteile beschreiben, die sich methodisch beim Einsatz digitaler Präsentationsmedien ergeben, z. B. im Hinblick auf: ◆ Zeitaufwand ◆ Organisationsformen ◆ Darstellungsformen ◆ Methoden ◆ Medienkenntnis/Einarbeitung ◆ Interesse und Motivation ◆ persönliche und soziale Konsequenzen		**P.F.B1** Ausgewählte fachwissenschaftliche Präsentationsformen und -medien beispielhaft beschreiben, z. B.: ◆ Hochgeschwindigkeitsaufnahmen von Kollisionen ◆ Anfertigen von Diagrammen ◆ Zeitrafferaufnahmen von Pflanzenwachstum ◆ dreidimensionale Darstellungen von Molekülschwingungen	**P.T.B1** Für jede Art der Präsentation mindestens eine Möglichkeit der technischen Umsetzung inklusive des notwendigen Vorgehens unter Bezugnahme auf aktuelle Hard- und Software sowie damit verbundenen technischen Standards beschreiben. **P.T.B2** Die Eigenschaften/Funktionalitäten, technischen Voraussetzungen und etwaige Einschränkungen der jeweiligen Systeme beschreiben.
Anwenden/ Durchführen (praktische und funktionale Realisierung)	**P.U.A1** Planung und Durchführung kompletter Unterrichtsszenarien unter Einbindung digitaler Präsentationsmedien und -formen und der Berücksichtigung geeigneter Sozial- und Organisationsformen. **P.U.A2** Fachwissenschaftliche Darstellungen mit digitalen Medien für den Schulkontext elementarisieren.	**P.M.A1** Auswahl bzw. Anpassung bestehender und erstellter eigener Präsentationsmedien unter Berücksichtigung der technischen Möglichkeiten und Einschränkungen sowie Prinzipien/Kriterien zur adressatengerechten Gestaltung.		**P.F.A1** Erstellung und Vorführung von Präsentationen im fachwissenschaftlichen Kontext unter Verwendung digitaler Präsentationsmedien, z. B.: ◆ Hochgeschwindigkeitsaufnahmen von Kollisionen ◆ Anfertigen von Diagrammen ◆ Zeitrafferaufnahmen von Pflanzenwachstum ◆ dreidimensionale Darstellungen von Molekülschwingungen	**P.T.A1** Inbetriebnahme, Kalibrierung und Nutzung für mindestens ein Beispiel jeder Art der oben genannten Möglichkeiten digitaler Präsentation durchführen.

Der Kompetenzbereich **„Kommunikation und Kollaboration“** (KK) umfasst die individuelle Fähigkeit, mit digitalen Werkzeugen synchrones oder asynchrones Arbeiten von Einzelpersonen oder Gruppen auf ein gemeinsames Ziel hin zu planen und mit Lernenden durchzuführen. Dazu werden gemeinsame Dateien oder Produkte erstellt und bearbeitet, gemeinsame Datenpools angelegt und bearbeitet sowie Systeme zur Rechtevergabe eingeplant und umgesetzt.

▾ Tab. 3 Kompetenzbereich „Kommunikation und Kollaboration“ (KK)

	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)		Fachwissenschaftlicher Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
Nennen	**KK.U.N1** Hardware und/oder Software nennen, die für eine spezifische Lehr-Lern-Situation sachgerecht (adressaten-, fach- und zielgerecht) geeignet ist. **KK.U.N2** Kollaborationsszenarien für Einstieg, Erarbeitung und Sicherung nennen. **KK.U.N3** Die Systeme als Zugang bzw. Vertiefung für den Kompetenzbereich Kommunikation nennen.	**KK.M.N1** Nennen möglicher Grenzen und Auswirkungen/Aspekte der jeweiligen Hardware- bzw. Software-Nutzung im Unterricht im Hinblick auf: ◆ Organisationsformen ◆ gruppenarbeitsteilige Prozesse in der Sicherung und Erarbeitung (Arbeitspensum, Zuordnung zu Personen) ◆ Kommunikation über die Unterrichtszeit hinaus ◆ technische Probleme und Vorbereitungszeit ◆ gruppendynamische Effekte ◆ Selbstorganisation und Selbststeuerung ◆ Datensicherheit (Schreib- und Lesezugriff) ◆ Zeiteffektivität ◆ Motivation ◆ Effekte basierend auf BYOD-Nutzung (Mobbing, Angeberei) ◆ Daten- bzw. Dateiaustausch		**NKK.F.N1** Kollaborative Projekte in den Fachwissenschaften (z. B. Seti@Home, Stallcatchers) nennen. **KK.F.N2** Kollaborative Laborbücher als eine Art der kollaborativen Zusammenarbeit nennen. **KK.F.N3** Kollaborative Dokumentbearbeitung bei Publikationen und Antragstellungen nennen (z. B. über Google Docs oder Office 365). **KK.F.N4** Kommunikation mit internationalen Kollegen mittels geeigneter Systeme (z. B. über Skype oder Adobe Connect) nennen. **KK.F.N5** Wissensorganisation und Strukturierung über entsprechende Content-Systeme (z. B. CMS und Wikis) nennen.	**KK.T.N1** Software für kollaborative Text- und Datenverarbeitung, (z. B. Office 365, Google Docs, Etherpad) nennen. **KK.T.N2** Gemeinsam nutzbare Cloud-Speicher-Programme (z. B. Landescloud, Schulcloud, Dropbox, OneDrive, Nextcloud/ownCloud, Sync’n’Share) nennen. **KK.T.N3** Systeme für gemeinsam nutzbare Netzspeicher (z. B. WLAN-Speicher, NAS) nennen. **KK.T.N4** Systeme zur Datenverwaltung nennen. **KK.T.N5** Möglichkeiten der Versionsverwaltung (z. B. Dateibenennung mit fortlaufender Nummerierung, datumsbasierte Dateinamen, Subversion, Git) nennen. **KK.T.N6** Kollaborativ nutzbare Systeme und Strategien zum Daten- und Dateimanagement nennen.
Beschreiben (inkl. notwendigem Vorgehen)	**KK.U.B1** Einsatzszenarien einer geeigneten Möglichkeit/Strategie beschreiben. **KK.U.B2** Kollaborationsszenarien für Einstieg, Erarbeitung und Sicherung (generische Unterrichtsplanung) beschreiben. **KK.U.B3** Beschreiben didaktischer Voraussetzungen für den Einsatz im Unterricht, Auswirkungen dieser auf die jeweiligen Unterrichtsverfahren sowie durch digitale Systeme ermöglichte Zugänge zu Basiskompetenzen (vor allem dem Kompetenzbereich Kommunikation) auch beim inklusiven Lernen und Lehren.	**KK.M.B1** Beschreiben Vorteile beim unterrichtlichen Einsatz im Hinblick auf die genannten Aspekte. **KK.M.B2** Beschreiben Maßnahmen zur Begegnung möglicher negativer Auswirkungen z. B.: ◆ Aufstellen geeigneter Nutzungsregeln ◆ Kontrollmechanismen, z. B. Software wie Classroom von Apple, die Arbeitsanteile und Urheberschaft dokumentiert (z. B. Etherpad) ◆ Möglichkeiten für strukturierte Nutzerfreigaben und Rechteverwaltung ◆ Motivation und Mobbing/Angeberei durch Bereitstellung von Geräten		**KK.F.B1** Vorteile der oben genannten Systeme für die Forschung und einzelne Projekte beschreiben.	**KK.T.B1** Unter KK.T.N1-6 genannte Hard-/Software-Kombinationen bezüglich ihrer Anwendung beschreiben.
Anwenden/ Durchführen (praktische und funktionale Realisierung)	**KK.U.A1** Planung und Durchführung von kompletten Unterrichtsszenarien mit sachgerechtem Einsatz der jeweiligen Technik unter Berücksichtigung geeigneter Organisations- und Sozialformen. **KK.U.A2** Einweisung der Lernenden in die Techniken.				**KK.T.A1** Nutzen kollaborative Software für Text- und Datenverarbeitung. **KK.T.A2** Nutzen Speichersysteme, z. B. Landescloud, Schulcloud. **KK.T.A3** Nutzen gemeinsam nutzbare Speichersysteme z. B. WLAN-Speicher, NAS. **KK.T.A4** Nutzen Systeme zur Datenverwaltung. **KK.T.A5** Erstellen und Überarbeiten (synchron und asynchron) kollaborativ Text- und Datendateien.

Der Kompetenzbereich **„Recherche und Bewertung“** (RB) umfasst neben technischen Fertigkeiten die individuelle Fähigkeit, mit digitalen Werkzeugen Informationen zu vorgegebenen Themenbereichen oder zur Lösung von Fragestellungen zu beschaffen, diese zu strukturieren und zu bewerten. Dazu werden Suchziele definiert und verschiedene Informationsquellen eingebunden und bewertet.

▾ Tab. 4 Kompetenzbereich „Recherche und Bewertung“ (RB)

	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)		Fachwissenschaftlicher Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
Nennen	**RB.U.N1** Nennen Bedingungen und Szenarien für den sachgerechten Einsatz von Datenbanken oder Literatur-Datenbanken in Lehr-Lern-Szenarien. **RB.U.N2** Nennen Kriterien zur Bewertung der Ergebnisse einer Recherche. **RB.U.N3** Nennen die Schritte einer erfolgreichen internetbasierten Informationssuche bzw. Problemlösung (z. B. entsprechend dem IPS-I-Modell nach Brand-Gruwel, Wopereis und Walraven): 1. Definition des zu lösenden Problems 2. Recherche von Informationen 3. Überfliegen und Überprüfen der Rechercheergebnisse 4. Kognitiv-elaborative Verarbeitung der Informationen 5. Präsentation der Informationen	**RB.M.N1** Nennen Vor- und Nachteile sowie Grenzen digitaler Datenbanken und Suchmaschinen für die Verwendung in Lehr-Lern-Szenarien. **RB.M.N2** Nennen Vor- und Nachteile sowie Grenzen für die Verwendung digitaler Quellen in Lehr-Lern-Szenarien.		**RB.F.N1** Nennen mehrere naturwissenschaftsspezifische Datenbanken/Datenarchivierungen (z. B. Gendatenbanken, Spektraldatenbanken, Sammlungsinventardatenbanken). **RB.F.N2** Nennen mehrere Literatur-Datenbanken oder -Suchmaschinen (z. B. OPAC, google scholar, web of science, scopus). **RB.F.N3** Nennen mindestens zwei Gütekriterien zur Bewertung digitaler Quellen aus fachwissenschaftlicher Perspektive z. B.: ◆ Aktualität ◆ notwendiger Umfang/Stil/Gestaltung ◆ notwendige Datenmenge/Auflösung ◆ Fach-/Wissenschaftlichkeit ◆ fachlicher, neutraler Sprachstil ◆ Validität und Reliabilität ◆ Reviewverfahren ◆ Urheber und Referenzen **RB.F.N4** Nennen Einflussfaktoren auf das Suchergebnis bei der Verwendung von Suchmaschinen z. B.: ◆ Suchergebnisse basierend auf vorangegangenen Suchen ◆ verwendete Suchbegriffe ◆ verwendete Operatoren	**RB.T.N1** Nennen Suchmöglichkeiten der digitalen Recherche z. B.: ◆ Suchfunktionen von Bibliotheksseiten (u. a. Fachbereichsbibliothek, Universitätsbibliothek) ◆ Fachdatenbanken (u. a. elektronische Zeitschriftenbibliothek) ◆ elektronische Volltexte (u. a. E-Books, elektronische Dissertationen) **RB.T.N2** Nennen Aspekte der Notwendigkeit einer Rechercheстrategie (Problemanalyse, Stichwörter, Synonyme und Suchdienste). **RB.T.N3** Nennen Aspekte des Aufbaus und der Nutzung/Erstellung von Datenbanken, z. B.: ◆ Datenfelder ◆ Datensätze ◆ Links ◆ Rechte ◆ Prüfungsinstanzen
Beschreiben (inkl. notwendigem Vorgehen)	**RB.U.B1** Beschreiben sachgerechte Einsatzszenarien von digitalen Recherchen z. B. in (fachspezifischen) Datenbanken oder Literatur-Datenbanken sowie die Durchführung einer Bewertung der Ergebnisse anhand der Gütekriterien. **RB.U.B2** Beschreiben die Schritte einer erfolgreichen internetbasierten Informationssuche bzw. Problemlösung anhand eines naturwissenschaftlichen Unterrichtsbeispiels in den unter RB.U.N3 angeführten Schritten (z. B. entsprechend dem IPS-I-Modell nach Brand-Gruwel, Wopereis und Walraven).	**RB.M.B1** Beschreiben Vor- und Nachteile sowie Grenzen digitaler Datenbanken und Suchmaschinen für die Verwendung in Lehr-Lern-Szenarien. **RB.M.B2** Beschreiben Vor- und Nachteile sowie Grenzen für die Verwendung digitaler Quellen in Lehr-Lern-Szenarien.		**RB.F.B1** Beschreiben fachspezifische Möglichkeiten der digitalen Recherche, z. B. OPAC, Fachdatenbanken und elektronische Volltexte. **RB.F.B2** Beschreiben Strategien zur Entnahme von Informationen aus digitalen Quellen. **RB.F.B3** Beschreiben Eigenschaften zweier naturwissenschaftsspezifischer Datenbanken. **RB.F.B4** Beschreiben Eigenschaften zweier Literatur-Datenbanken oder -Suchmaschinen. **RB.F.B5** Beschreiben mindestens zwei der unter RB.F.N3 genannten Gütekriterien, z. B. Umfang, Datenmenge/Auflösung, Fachwissenschaftlichkeit, Validität, Reliabilität und Reviewverfahren.	**RB.T.B1** Beschreiben eine Recherchestrategie (Problemanalyse, Stichwörter, Synonyme und Suchdienste). **RB.T.B2** Beschreiben Gütekriterien zur Bewertung der Validität von digitalen Quellen, z. B.: ◆ Aktualität ◆ Wissenschaftlichkeit ◆ neutraler Sprachstil ◆ Urheber ◆ Referenzen ◆ Stil/äußere Gestaltung **RB.T.B3** Beschreiben den Aufbau von Datenbanken und Funktion von Filtern.
Anwenden/ Durchführen (praktische und funktionale Realisierung)	**RB.U.A1** Planung und Durchführung von kompletten Unterrichtsszenarien unter Einbindung von Recherchen z. B. in (fachspezifischen) Datenbanken oder Literatur-Datenbanken sowie der Bewertung der Ergebnisse anhand der Gütekriterien und der Berücksichtigung geeigneter Sozial- und Organisationsformen. **RB.U.A2** Planung und Durchführung von naturwissenschaftlichen Unterrichtsszenarien unter Einbindung der Schritte einer erfolgreichen internetbasierten Informationssuche bzw. Problemlösung in den unter RB.U.N3 angeführten Schritten (z. B. entsprechend dem IPS-I-Modell nach Brand-Gruwel, Wopereis und Walraven).	**RB.M.A1** Planung und Durchführung von Unterrichtsszenarien, in dem die (fachunabhängigen) Vor- und Nachteile sowie Grenzen digitaler Datenbanken und Suchmaschinen thematisiert werden.		**RB.F.A1** Führen eine fachspezifische Recherche gemäß der Gütekriterien durch und bewerten die gefundenen Ergebnisse.	

▾ Tab. 5 Kompetenzbereich „Messwert- und Datenerfassung“ (MD)

Der Kompetenzbereich **„Messwert- und Datenerfassung“** (MD) beschreibt die individuelle Fähigkeit, mit digitalen Werkzeugen mittel- oder unmittelbar Daten zu erheben. Dies umfasst die Eingabe von (Mess-)Daten, die Digitalisierung analoger Daten, das Anfertigen von Bildern und Filmen, den Einsatz von Sonden, Sensoren und Programmen/Apps sowie die Messwertgewinnung aus Dokumentationsmedien wie Bildern oder Videos.

	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)		Fachwissenschaftlicher Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
Nennen	**MD.U.N1** Zur fachwissenschaftlichen digitalen Messwerterfassung (dME) für den Schuleinsatz taugliche Alternativen nennen. **MD.U.N2** Für spezifische Lehr-Lern-Settings unterschiedlichster Szenarien zum sachgerechten Einsatz (schüler-, fach- und zielgerecht) dME und damit verbundene Messstrategien nennen, z. B. zur … ◆ Untersuchung der Veränderung der Hauttemperatur beim Sport oder beim Rauchen durch Thermografie mit Wärmebildkameras. ◆ Bestimmung des Nitratgehalts eines Gewässers durch computergestützte Messwerterfassung. ◆ Analyse der Flügelschlagfrequenzen von Insekten mit mobilen Endgeräten.	**MD.M.N1** Mögliche weitere Aspekte nennen, auf die sich der Einsatz dME beim Lernen und Lehren auswirken kann, z. B. im Hinblick auf … ◆ Zeitaufwand ◆ Organisationsformen ◆ Darstellungsformen ◆ Methoden ◆ Medienkenntnis/Einarbeitung ◆ Interesse und Motivation ◆ persönliche und soziale Konsequenzen		**MD.F.N1** Fachwissenschaftliche Szenarien und ggf. Kontexte dME (z. B. Videoanalyse, Aufnahme eines EKG, pH-Wert-Erfassung) nennen. **MD.F.N2** Messinstrumenten mit dME (z. B. Wärmebildkameras, mobile Endgeräte mit Kameras, integrierten und externen Sensoren) nennen, die den aktuellen Anforderungen der fachwissenschaftlichen Forschung genügen. **MD.F.N3** Damit korrespondierende Messsysteme und relevante Sicherheitsstandards nennen. **MD.F.N4** Ferngesteuerte Labore (z. B. Teleskope) zur Durchführung von Experimenten, die vor Ort nicht durchgeführt werden können, nennen.	**MD.T.N1** Jeweils mehrere Möglichkeiten der dME nennen, z. B.: ◆ zur Analyse von Multimedia-Material (z. B. Colorimetrie, Videoanalyse) ◆ zur computerunterstützten ME mit schulspezifischen Systemen (z. B. für EKG-, pH-, Temperatur-, Strom-, Spannungs-, Bewegungsmessungen) ◆ mit Labor-/Messinstrumenten, die Messdaten zur Weiterverarbeitung zur Verfügung stellen (u. a. digitale Waagen, Wärmebildkameras) ◆ mit mobilen Endgeräten mit eingebauten Sensoren zur Datenaufnahme (z. B. Kamera, Gyroskop, Beschleunigungs-, Licht- und Biometrie-Sensor) ◆ mit mobilen Endgeräten mit externen Sensoren
Beschreiben (inkl. notwendigem Vorgehen)	**MD.U.B1** Beschreiben didaktische Voraussetzungen für den Einsatz dME-Systeme im Unterricht (z. B. individuell angepasste Instruktionen), Auswirkungen der dME auf die jeweiligen Unterrichtsverfahren (z. B. Ermöglichung von forschend-entdeckendem Lernen durch mobile Endgeräte), durch digitale Systeme ermöglichte Zugänge zu Basiskompetenzen, Erkenntnisgewinnung und NOS-Konzepten.	**MD.M.B1** Pädagogische Voraussetzungen sowie Vor- und Nachteile beschreiben, die sich methodisch beim Einsatz dME ergeben, z. B. im Hinblick auf die unter MD.M.N1 gelisteten Aspekte.		**MD.F.B1** Ausgewählte fachwissenschaftliche Szenarien der dME beispielhaft beschreiben.	**MD.T.B1** Für jede Art der dME mindestens eine Möglichkeit der technischen Umsetzung inkl. des notwendigen Vorgehens unter Bezugnahme auf aktuelle Hard- und Software sowie damit verbundenen Standards beschreiben. **MD.T.B2** Die Messcharakteristika (z. B. Messbereich, Messgenauigkeit, Auflösung, Abtastrate, Einsatzbereiche, Limitierungen) der Systeme beschreiben.
Anwenden/ Durchführen (praktische und funktionale Realisierung)	**MD.U.A1** Planung und Durchführung kompletter Unterrichtsszenarien unter Einbindung einer dME und der Berücksichtigung geeigneter Sozial- und Organisationsformen.			**MD.F.A1** Aufnahme von Messwerten im fachwissenschaftlichen Kontext unter Verwendung von dME, z. B.: ◆ Durchführung einer Elektrokardiographie ◆ Durchführung einer Titration ◆ quantitative Untersuchung von Stoßversuchen	**MD.T.A1** Inbetriebnahme, Kalibrierung und Messwerterfassung für mindestens ein Beispiel jeder Art der oben genannten Möglichkeiten der dME.

Der Kompetenzbereich **„Datenverarbeitung“** (DV) beschreibt die individuelle Fähigkeit, mit digitalen Werkzeugen Daten weiterzuverarbeiten. Dies umfasst Filterung, Berechnungen neuer Größen, Aufbereitung, statistische Analysen und Zusammenführen von Datensätzen.

▾ Tab. 6 Kompetenzbereich „Datenverarbeitung“ (DV)

	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)		Fachwissenschaftlicher Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
Nennen	**DV.U.N1** Werkzeuge für den sachgerechten Einsatz (adressaten-, fach- und zielgerecht) der Datenverarbeitung nennen. **DV.U.N2** Szenarien zum Einsatz der genannten Möglichkeiten einer Datenverarbeitung in spezifischen Lehr-Lern-Situationen mit Passung zu einem inhaltlich sinnvollen Kontext nennen.	**DV.M.N1** Für eine Lehr-Lern-Situation notwendige Vorkenntnisse und Kompetenzen der Lernenden zum Einsatz der Techniken nennen. **DV.M.N2** Methodische Aspekte des Lernen und Lehrens über digitale Datenverarbeitung nennen, z. B. hinsichtlich: ◆ Zeit ◆ Organisationsform ◆ Ausrüstungs- und Materialbedarf **DV.M.N3** Zu beachtende Punkte bei der Verarbeitung von personenbezogenen Daten im Rahmen von Arbeitsschritten nennen.		**DV.F.N1** Quasi etablierte Vorgehensweisen der digitalen Datenverarbeitung im Fachgebiet nennen. **DV.F.N2** Fachwissenschaftliche Szenarien mit zugehörigen Methoden der fachspezifischen Datenverarbeitung nennen, z. B.: ◆ Bestimmung und Extraktion von Kurvenmaxima (z. B. Schallpegel, Beschleunigungsmessungen) ◆ Colorimetrie (DNA-Arrays, Konzentrationsmessungen) ◆ Messunsicherheiten, Standardfehler, Streuung, etc. bei der Auswertung von Messdaten ◆ Konzentrationsberechnungen aus Stoffmengen- und Volumenangaben inklusive einer fachlichen Kontextuierung (z. T. auch Big-Data-Analysen)	**DV.T.N1** Verschiedene Datentypen und Kodierungen sowie zugehörige Daten- bzw. Dateiformate (sowie damit erlaubte Operationen) nennen, z. B. für: ◆ Bild und Video ◆ Audio ◆ Werte (Integer, Float) ◆ Text **DV.T.N2** Digitale Werkzeuge (z. B. Statistikprogramme, Tabellenkalkulation, Datenbanken) zur ◆ Filterung ◆ Berechnung neuer Größen ◆ Aufbereitung zur Visualisierung ◆ statistischen Analyse ◆ Bild-, Audio- und Videoanalyse ◆ Verknüpfung von Daten ◆ Automatisierung in der Datenverarbeitung nennen. **DV.T.N3** Unterstützte Dateiformate der genannten Werkzeuge nennen. **DV.T.N4** Möglichkeiten des Exports und Imports von digitalen Daten der genannten Datentypen und Kodierungen nennen. **DV.T.N5** Möglichkeiten zur Konvertierung der Daten und Datenformate nennen.
Beschreiben (inkl. notwendigem Vorgehen)	**DV.U.B1** Didaktische Voraussetzungen der digitalen Datenverarbeitung für den Einsatz in und Auswirkungen auf die jeweiligen Unterrichtsverfahren beschreiben. **DV.U.B2** Durch digitale Datenverarbeitung ermöglichte Zugänge zu Basiskompetenzen (vor allem zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung) beschreiben.	**DV.M.B1** Möglichkeiten zum Schutz und zur Anonymisierung von personenbezogenen Daten beschreiben. **DV.M.B2** Vor- und Nachteile methodischer Aspekte der digitalen Datenverarbeitung beim Lernen und Lehren beschreiben, z. B. hinsichtlich: ◆ Zeit ◆ Organisationsform ◆ Ausrüstungs- und Materialbedarf		**DV.F.B1** Fachwissenschaftliche Szenarien mit zugehörigen Methoden, in denen fachspezifische Datenverarbeitung stattfindet, beschreiben.	**DV.T.B1** Eigenschaften der Datentypen und -formate sowie mit einer Konvertierung verbundene Änderungen beschreiben. **DV.T.B2** Verfahren (z. B. Statistikprogramme, Tabellenkalkulation, Datenbanken) zur ◆ Filterung ◆ Berechnungen neuer Größen ◆ Aufbereitung zur Visualisierung ◆ statistischen Analyse ◆ Bild-, Audio- und Videoanalyse ◆ Verknüpfung von Daten ◆ Automatisierung in der Datenverarbeitung beschreiben **DV.T.B3** Mögliche Schwierigkeiten beim Export und Import von digitalen Daten der genannten Typen beschreiben. **DV.T.B4** Möglichkeiten zur Konvertierung der Daten und Datenformate beschreiben. **DV.T.B5** Datenstruktur von xml-, csv-Dateien (auch mit Strichpunktseparation) beschreiben.
Anwenden/ Durchführen (praktische und funktionale Realisierung)	**DV.U.A1** Planung und Durchführung kompletter Unterrichtsszenarien unter Einbindung digitaler Datenverarbeitung und der Berücksichtigung geeigneter Sozial- sowie Organisationsformen.				**DV.T.A1** Verfahren (z. B. Statistikprogramme, Tabellenkalkulation, Datenbanken) zur ◆ Filterung ◆ Berechnungen neuer Größen ◆ Aufbereitung zur Visualisierung ◆ statistischen Analyse ◆ Bild-, Audio- und Videoanalyse ◆ Verknüpfung von Daten ◆ Automatisierung in der Datenverarbeitung anwenden **DV.T.A2** Digitale Daten der Datentypen und -formate exportieren und importieren. **DV.T.A3** Daten und Datenformate mit ausgewählter Software konvertieren.

Der Kompetenzbereich **„Simulation und Modellierung“** (SM) beschreibt die individuellen Fertigkeiten, digitale Modellierungen zu erstellen sowie fertige digitale Simulationen ziel- und adressatengerecht für den Erkenntnis- und Kommunikationsprozess einzusetzen. Hierbei stehen auch die Grenzen und Potenziale von Modellen und Simulationen für den Erkenntnisgewinn im Fokus.

▾ Tab. 7 Kompetenzbereich „Simulation und Modellierung“ (SM)

	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)		Fachwissenschaftlicher Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
Nennen	**SM.U.N1** Nennen Szenarien für den sachgerechten Einsatz digitaler Simulationen und Modellierungen (z. B. Tabellenkalkulation, Geogebra für den Einsatz in der Lehre) sowie Software und Strategien zum Einsatz in einem spezifischen Lehr-Lern-Szenarien, z. B.: ◆ als Möglichkeit des Erkenntnisgewinns ◆ mangels anderer finanzierbarer, zugänglicher und sicherer Methoden ◆ als fachspezifische Arbeitsweise ◆ als zeitlich optimierte Form der Datengewinnung ◆ interaktive Methode ◆ als Ansatz für eine gezielte, variable Modellkritik	**SM.M.N1** Nennen Vor- und Nachteile, typische Eigenschaften sowie die Grenzen in Lehr-Lern-Szenarien unter Berücksichtigung von z. B.: ◆ fachlicher Korrektheit (Vereinfachung) ◆ Modellvarianten, normativ (Rezepte, Berechnung von Zinsen), deskriptiv (Wetterbericht, Kettenlinie) ◆ Qualität der Repräsentation ◆ Zeitaufwand (Berechnungsdauer) ◆ Einweisungszeit ◆ der Realisierung risikofreier, fehlertoleranter Räume (Sicherheitsaspekte) ◆ der jeweiligen mathematischen Modelle (z. B. Parameter, Rundungsfehler, Eingabegenauigkeit) ◆ notwendiger Vorkenntnisse **SM.M.N2** Nennen Vor- und Nachteile im Vergleich zu analogen Simulationen (Planspiele).		**SM.F.N1** Nennen mehrere fachwissenschaftliche Szenarien, in denen Simulation bzw. Modellierung zur Erkenntnisgewinnung genutzt wird (z. B. Temperaturfelder, Magnetfelder, Klimamodelle). **SM.F.N2** Nennen mindestens zwei Methoden der digitalen Simulation bzw. Modellierung in Forschungsszenarien (z. B. Populationsdynamiken nach Lotka-Volterra). **SM.F.N3** Nennen mehrere Datenquellen, aus denen für eine Modellierung einsetzbare Daten entnommen/bezogen werden können (z. B. Wetterdaten, Populationen, Messwerte aus den Fachwissenschaften). **SM.F.N4** Nennen Erkenntnisse, die mit Simulationen gewonnen wurden (z. B. Materialbeanspruchung, Crashtests, Wettervorhersage, Erderwärmung). **SM.F.N5** Nennen unterschiedliche Zielkategorien des Einsatzes von Simulationen: ◆ prognostisch → Generierung von Messwerten ◆ analytisch → Abgleich mit Messwerten ◆ Veranschaulichung → Vermittlung ◆ eingebundenen in einen Selbstlernprozess → Erkenntnisgewinnung **SM.F.N6** Nennen unterschiedliche Zielkategorien des Einsatzes von Modellierungs-Applikationen ◆ Prognostisch → Generierung von Messwerten ◆ Analytisch → Abgleich mit Messwerten	**SM.T.N1** Nennen mehrere Programme oder Webpakete, mit denen Simulationen und Modellierungen vorgenommen werden können (abseits einer Tabellenkalkulation wie z. B. Excel). **SM.T.N2** Nennen für die digitale Modellierung notwendige Datengrundlagen, Fertigkeiten und notwendige Vorkenntnisse des Bedieners/Nutzers, z. B. im Hinblick auf: ◆ Programmierung und Syntax ◆ benötigte Hardware (Leistung) ◆ Datenpoolgröße für Berechnungen **SM.T.N3** Nennen mehrere Simulationen und Zugänge zu Simulationen: ◆ zur Generierung von Daten im Erkenntnisprozess, z. B. mit einem Tabellenkalkulationsprogramm ◆ zum Abgleich mit experimentell gewonnenen Daten, z. B. mit einem Tabellenkalkulationsprogramm ◆ zur Veranschaulichung fachlicher Zusammenhänge, z. B. PhET-Simulationen **SM.T.N4** Nennen Kennzeichen einer Simulation: ◆ die Übertragung eines Bedeutungszusammenhanges von einer Objektdarstellung in eine andere ◆ strukturgetreue Abbildung ◆ handlungsgetreue Abbildung ◆ Reduktion der Komplexität
Beschreiben (inkl. notwendigem Vorgehen)	**SM.U.B1** Beschreiben didaktische Voraussetzungen für den Einsatz von Simulationen und Modellierungen im Unterricht und deren Auswirkungen auf die jeweiligen Unterrichtsverfahren sowie durch digitale Systeme ermöglichte Zugänge zu Basiskompetenzen (vor allem zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung und ggf. Kommunikation).	**SM.M.B1** Beschreiben und bewerten Simulationen und Modellierungssoftware bezüglich Motivation (Usability, Attraktivität, Klarheit der Beschreibung und Zielsetzung) und Methodik (Flexibilität, Passung an die Zielgruppe, Umsetzung, klare Beschreibung und Zielsetzung). **SM.M.B2** Beschreiben Vor- und Nachteile im Vergleich zu analogen Simulationen (Planspiele).		**SM.F.B1** Beschreiben den Erkenntnisgewinn mit Simulationen und deren Vor-/Nachteile sowie deren erkenntnistheoretische Limitierungen in verschiedenen konkreten Forschungsszenarien.	**SM.T.B1** Bearbeiten den Funktionsumfang der genannten Pakete bzw. Programme in Hinblick auf: ◆ Parametrisierung ◆ Rechenzeit ◆ Mathematisierung und GUI bzw. Modellbeschreibung ◆ Ausgabemöglichkeiten (als Graphen oder Datensätze)
Anwenden/ Durchführen (praktische und funktionale Realisierung)	**SM.U.A1** Planung und Durchführung kompletter Unterrichtsszenarien unter Einbindung von Simulationen bzw. Modellierungen und der Berücksichtigung geeigneter Sozial- und Organisationsformen.				**SM.T.A1** Führen mindestens eine Modellierung inklusive Simulation und Ergebnissicherung durch.

Literatur

Angeli C., & Valanides N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers and Education, 52*(1), 154-168.

Bauer, K.-O. (2005). *Pädagogische Basiskompetenzen. Theorie und Training (Vollst. rev. und veränd. Neuausgabe).* Weinheim: Juventa.

Bäuml, M. A. (1976). Fachspezifische Arbeitsweisen im grundlegenden Biologieunterricht. *Sachunterricht und Mathematik in der Grundschule, 12,* 580-589.

Brand-Gruwel, S., Wopereis, I., & Walraven, A. (2009). A descriptive model of information problem solving while using internet. *Computers & Education, 53*(4), 1207-1217.

Brandhofer, G., Kohl, A., Miglbauer, M., & Nárosy, T. (2016). digikompP – Digitale Kompetenzen für Lehrende. *Open Online Journal for Research and Education, 6,* 38-51.

Bronner, P. (2019). Sechs Vorschläge für spannenden naturwissenschaftlichen Unterricht mit BYOD. *Computer + Unterricht, 113,* 23-27.

Bruckermann, T., Diederich, A., Schlüter, K., & Edelmann, H. (2016). Does the use of mobile multimedia devices in practical lessons affect the motivation of pupils?. *School Science Review, 97*(361), 101-108.

Brush, T., & Saye, J. (2009). Strategies for preparing preservice social studies teachers to effectively integrate technology: Models and practices. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(1), 46-59.

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.

Doering, A., Scharber, C., Miller, C., & Veletsianos, G. (2009). GeoThentic: Designing and assessing with technological pedagogical content knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(3), 316-336.

Duit, R., Gropengießer, H., & Stäudel, L. (Hrsg.). (2004). *Naturwissenschaftliches Arbeiten. Unterricht und Material 5-10.* Seelze-Velber: Erhard Friedrich Verlag.

Ebner, M., Schön, S., Bäuml-Westebbe, G., Buchem, I., Lehr, C., & Egloffstein, M. (2013). Kommunikation und Moderation: Internetgestützte Kommunikation zur Lernunterstützung. In M. Ebner, & S. Schön (Hrsg.), *L3T: Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien* (2. Auflage, S. 157-165). Abgerufen am 06.03.2020, von https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-opus-83416

Ghomi, M., & Redecker, C. (2019). *Digital competence of educators (DigCompEdu): Development and evaluation of a self-assessment instrument for teachers' digital competence.* Proceedings of the 11th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2019), 1, 541-548.

Girwidz, R., Thoms, L.-J., Pol, H., López, V., Michelini, M., Stefanel, A. … Hömöstrei, M. (2019). Physics teaching and learning with multimedia applications. A review of teacher-oriented literature in 34 local language journals from 2006 to 2015. *International Journal of Science Education, 41*(9), 1181-1206.

Herzig, B., & Martin, A. (2018). Lehrerbildung in der digitalen Welt. In S. Ladel, J. Knopf, & A. Weinberger (Hrsg.), *Digitalisierung und Bildung* (S. 89-113). Wiesbaden: 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). Hamburg: 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. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 5,* 358-364.

Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S., & Thyssen, C. (2019). Digitality-related Paedagogical Content Knowledge (DPaCK) – A Framework for teacher education in the digital age. In M. Shelly, & A. Kiray (Eds.), *Education Research Highlights in Mathematics, Science and Technology 2019* (S. 298-309). Iowa: IRES Publishing.

Kultusministerkonferenz (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie/Chemie/Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10).* Neuwied: Luchterhand.

Kultusministerkonferenz (2016). *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz.* Abgerufen am 19.02.2020, von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf

Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)?. *Journal of Education, 193*(3), 13-19.

Kuhn, J. (2015). iMobilePhysics. *Computer + Unterricht, 95,* 20-22.

Kron, F.W. (2004). *Grundwissen Didaktik (2. Auflage).* München: UTB.

Mayer, R. E. (Ed.). (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning (Second edition).* Cambridge: Cambridge University Press.

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (2018). *JIM-Studie 2018. Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger.* Stuttgart: MPFS. Abgerufen am 19.02.2020, von https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2018/Studie/JIM2018_Gesamt.pdf

Michel, M. (2010). *Hochgeschwindigkeitskameras im Physikunterricht: Physik unter der (Zeit-)Lupe.* Abgerufen am 24.02.2020, von http://www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/Highspeedkamera.pdf

Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik: Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule.* Heidelberg: Springer Spektrum.

Palmer, S. E. (1999). *Vision science: Photons to phenomenology.* Cambridge, MA: MIT Press.

Rechtsdienstleistungsgesetz vom 12. Dezember 2007 (BGBl. I S. 2840), das zuletzt durch Artikel 8 des Gesetzes vom 20. November 2019 (BGBl. I S. 1724) geändert worden ist.

Redecker C., & Punie, Y. (2017). *DigCompEdu: European Framework for the Digital Competence of Educators.* Abgerufen am 07.01.2020, von https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/european-framework-digital-competence-educators-digcompedu

Ridsdale, C., Rothwell, J., Smit, M., Ali-Hassan, H., Bliemel, M., Irvine, D., Kelley, D., Matwin, S., & Wuetherick, B. (2015). *Strategies and Best Practices for Data Literacy Education. Knowledge Synthesis Report.* Abgerufen am 19.02.2020, von https://dalspace.library.dal.ca/bitstream/handle/10222/64578/Strategies%20and%20Best%20Practices%20for%20Data%20Literacy%20Education.pdf?sequence=1

Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education, 58*(1), 136-153.

Schrader, F., & Schanze, S. (2015). Messwerte digital erfassen: Erfassung und Verarbeitung von Messwerten mit neuen Medien. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 145,* 34-38.

Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher, 15*(2), 4-14.

Thyssen, C., & Huwer, J. (2018). Promotion of transformative education for sustainability with ICT in real-life contexts. In I. Eilks, S. Markic, & B. Ralle (Eds.), *Building bridges across disciplines for transformative education and a sustainable future* (S. 85-96). Aachen: Shaker Verlag.

Thyssen, C., Huwer, J., & Krause, M. (2020). Digital Devices als Experimentalwerkzeuge – Potenziale digitalen Experimentierens mit Tablet und Smartphone. *Unterricht Biologie, 451,* 44-47.

Thyssen, C., Thoms, L.-J., Kremser, E., Finger, A., Huwer, J., & Becker, S. (2020). Digitale Basiskompetenzen in der Lehrerbildung unter besonderer Berücksichtigung der Naturwissenschaften. In M. Beißwenger, B. Bulizek, I. Gryl, & F. Schacht (Hrsg.), *Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung.* Duisburg: Universitätsverlag Rhein-Ruhr. Manuskript im Druck.

Vollmer, M., & Möllmann, K.-P. (2011). High Speed – Slow Motion: Technik digitaler Hochgeschwindigkeitskameras. *Physik in unserer Zeit, 42*(3), 144-148.

Walraven, A., Brand-Gruwel, S., & Boshuizen, H. P. (2008). A descriptive model of information problem solving while using internet. *Computers in Human Behavior, 24*(3), 623-648.

Wertheimer, M. (1923). Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt. II. *Psychologische Forschung, 4*(1), 301-350.

Wolff, A., Gooch, D., Cavero Montaner, J., Rashid, U., & Kortuem, G. (2016). Creating an Understanding of Data Literacy for a Data-driven Society. *The Journal of Community Informatics, 12*(3), 9-26.

Ziegler, M. (2017). *Können preisgünstige Smartphone-Wärmebildkameras gewinnbringend im Physikunterricht eingesetzt werden?.* Abgerufen am 19.02.2020, von https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/physik/gym/bp2016/fb5/5_waermebild/500_zg_waermebildkamera.pptx

Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften

▼ Franziska Zimmermann, Insa Melle

Digitale Werkzeuge für den Chemieunterricht – ein Hochschulseminar im Masterstudium

Ziel des Seminars ist es, Studierende des Lehramts Chemie für den kompetenten Einsatz digitaler Werkzeuge zu professionalisieren, indem sie erlernen, wie das jeweilige spezifische Potenzial eines Werkzeuges gewinnbringend für die Vermittlung chemischer Fachinhalte genutzt werden kann. Dazu befassen sich die Studierenden theoretisch, aber insbesondere auch praktisch mit unterschiedlichen Apps, Programmen und Möglichkeiten der Einbindung dieser für einen digital gestützten Chemieunterricht. Durch die Anknüpfung des Seminars an das nachfolgende Praxissemester können die Inhalte zudem unterrichtspraktisch erprobt werden.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Seminar „Unterrichtsmethoden und Medien für die Digitalisierung im Chemieunterricht“
- Entwicklung an der TU Dortmund im Rahmen des Promotionsprojektes von Franziska Zimmermann
- Fach: Chemie
- Pflichtseminar im Master Lehramt Chemie aller Schulformen, welches im Semester vor dem Praxissemester belegt wird
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: 5 bis 15

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Im Hinblick auf das TPACK Modell (Mishra & Koehler, 2006) sollten die Studierenden bereits über grundlegendes pedagogical knowledge (PK), content knowledge (CK) und pedagogical content knowledge (PCK) bezogen auf die Fachdomäne der Chemie verfügen. Da das Seminar an diese Kenntnisse anknüpft und schwerpunktmäßig die Vermittlung des technology knowledge (TK) sowie seiner Schnittmengen technological pedagogical knowledge (TPK), technological content knowledge (TCK) sowie technological pedagogical content knowledge (TPACK) fokussiert, ist es im Masterstudiengang verortet. Diese technologiebezogenen Wissensbereiche des Modells werden dabei in nahezu gleichen Umfängen gefördert. Spezifisches technologiebezogenes Vorwissen wird nicht vorausgesetzt.

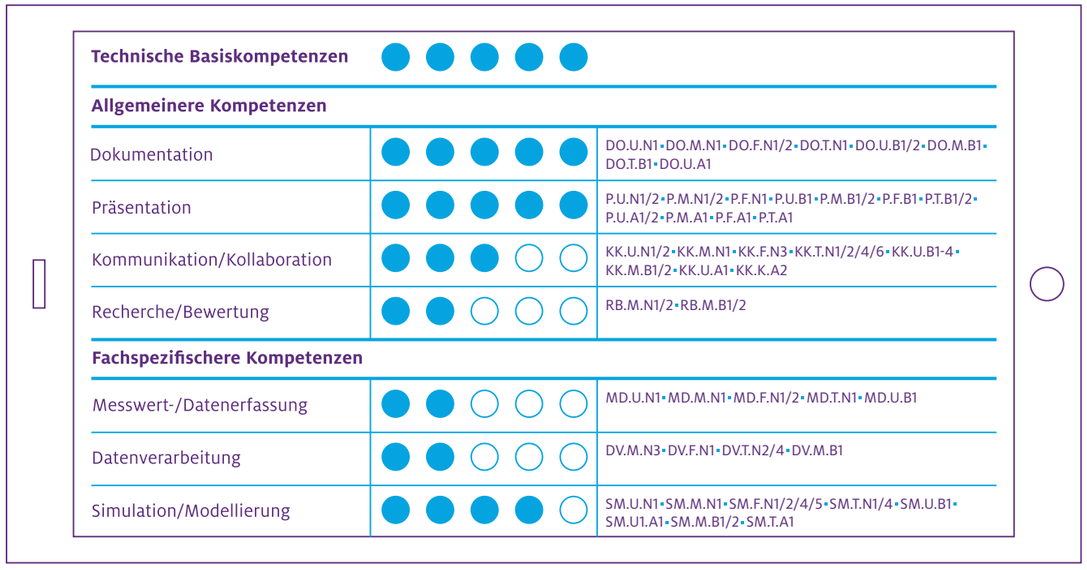
Praktische Tipps zur Durchführung

Das Seminar wurde von einer Dozentin geleitet. Im Vorfeld der Veranstaltung wurden die einzelnen Seminarsitzungen von der Dozentin konzipiert und anschließend mit Experten diskutiert. Nach erstmaliger Durchführung des Seminars mit Studierenden wurden auf deren Wunsch einerseits der theoretische Input etwas gekürzt und andererseits die Arbeitsphasen zeitlich verlängert.

Materialliste:

- 1 iPad mit Apple Pencil pro Studierendem
- 1 Laptop pro Studierendem
- 1 Schwanenhalsstativ pro Studierendem
- 1 MacBook für ca. 5 Studierende
- Apple TV mit Projektor

Einordnung des Lehrprojektes



▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Die Studierenden setzten sich im Rahmen des Lehrprojektes theoretisch und insbesondere praktisch mit sehr vielseitigen Aspekten des digital gestützten Chemieunterrichts unter Anleitung der Dozentin auseinander (vgl. Tab. 1). Dazu wurden zwölf Seminarsitzungen konzipiert, deren Inhalte und dazugehörige thematische Schwerpunktblöcke in Tabelle 1 abgebildet werden.

Seminarinhalt	Thematischer Block
1. Rechtliche und pädagogische Rahmenbedingungen	I. Grundlagen des Einsatzes digitaler Werkzeuge
2. Unterrichtsorganisation im digitalen Klassenzimmer	
3. Potenziale digitaler Werkzeuge im Umgang mit Diversität	
4.–6. Gestaltung multimedialer Unterrichtsmaterialien	II. Unterrichtspraktische Implementation digitaler Werkzeuge
7. Lernen mit YouTube und erklärenden Videos	
8.–9. Digitale Unterstützung beim Experimentieren	III. Experimente mit digitalen Werkzeugen
10. Game-based Learning und Gamification als Anreiz	IV. Methodische Aspekte der Implementation digitaler Werkzeuge
11. Beurteilung, Diagnostik und Feedback	
12. Ideenpool und Unterrichtsplanung	

▲ **Tab. 1** Verlauf und Inhalte des konzipierten Lehrprojekts

Im thematischen Block I wird zunächst neben allgemeinen Rahmenbedingungen digitalen Lernens die Bedeutsamkeit von Medien für das schulische Lernen herausgestellt. Dabei werden verschiedene Lernszenarien vorgestellt und unbekannte Begriffe geklärt. Zusätzlich erlernen die Studierenden erste Grundlagen der iPad-Bedienung (z. B. die Nutzung des Tablets als Ersatz für ein interaktives Whiteboard) und Vorteile digitaler Medien für den Umgang mit Diversität (z. B. digital gestützte Differenzierungsmöglichkeiten). Es folgen Themen zur unterrichtspraktischen Implementation digitaler Medien, wobei die Gestaltung multimedialer Unterrichtsmaterialien (z. B. das Erstellen von iBooks, Stop-Motion-Videos oder Animationen) und das Lernen mit Erklärvideos fokussiert wird. Es schließen sich zwei Sitzungen zum Experimentieren an, in denen die Arbeitsphase insbesondere das Hinführen und die Dokumentation von Experimenten fokussiert, während auf die digitale Messwerterfassung nur theoretisch eingegangen wird. Das Seminar schließt mit einem Block zu methodischen Grundlagen für die Implementation digitaler Werkzeuge ab, in welcher beispielsweise die Vorteile digital gestützter Feedback- und Diagnosewerkzeuge thematisiert und verschiedene Quizwerkzeuge zum Motivieren, Vertiefen oder Überprüfen von Lerninhalten erprobt werden.

Methodisch sind die Seminarsitzungen vorwiegend so strukturiert, dass die Studierenden theoretische Inhalte zunächst über einen PowerPoint-gestützten, 10- bis 30-minütigen Vortrag erhalten. Damit diese Inhalte von den Studierenden möglichst erfolgreich in die Unterrichtspraxis integriert werden können, liegt ein deutlicher Fokus des Seminars auf dem Anwenden der theoretisch behandelten Themen. Dies wird durch eine intensive und unmittelbar an den Input anknüpfende Arbeitsphase realisiert, in der die Studierenden die Vielzahl an digitalen Werkzeugen und Einsatzmöglichkeiten kennenlernen oder selbstständig verschiedene Unterrichtsbeispiele entwickeln. In dieser Arbeitsphase arbeiten die Studierenden sehr eigenständig, um möglichst alle angesprochenen digitalen Werkzeuge tatsächlich erproben zu können. Praktische Unterstützung erhalten sie durch schriftliche Bedienungshilfen und die Dozentin. Zudem ermöglicht die Anknüpfung an das Praxissemester den Studierenden, dieses theoretische Wissen mit schulpraktischen Erfahrungen zu verbinden, indem sie die Implementation digitaler Medien im Chemieunterricht im Rahmen eines Unterrichtsprojekts erproben und im abschließenden Theorie-Praxis-Bericht reflektieren.

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Wirksamkeit dieses Lehrvorhabens wird unter Verwendung verschiedener Test- und Auswertungsinstrumente auf den vier Ebenen Attraktivität, kognitive Veränderungen, unterrichtspraktische Umsetzung und Wirkung auf die Lernenden untersucht (vgl. Kirkpatrick, 1979; Schmitt & Melle, 2015; Schlüter et al., 2018). Die Evaluation ist noch nicht abgeschlossen, weshalb nur vorläufige Ergebnisse berichtet werden können. Bislang konnten auf allen Evaluationsebenen positive Effekte des Seminars verzeichnet werden. So wird die Seminarqualität von den Studierenden konstant als sehr positiv eingeschätzt. Zudem können neben der TPACK-Selbstwirksamkeit und den Einstellungen der Studierenden im Umgang mit digitalen Werkzeugen auch die Fähigkeiten der Studierenden, digitale Werkzeuge in ihre Unterrichtsplanung zu integrieren, signifikant mit jeweils hoher Effektstärke gesteigert werden. Hinsichtlich der unterrichtspraktischen Umsetzung deutet sich an, dass die Wissensbereiche TK und TCK der Studierenden bereits relativ stark ausgeprägt sind, während der Wissensbereich TPK noch Entwicklungsbedarf aufweist. Zudem stellt sich heraus, dass die Schülerinnen und Schüler die von den Studierenden verwendeten digitalen Lernmaterialien als motivierend empfinden und mithilfe dieser zudem aufmerksam lernen können.

Zusammenfassend lassen sich insbesondere die intensiven praktischen Anwendungsphasen im Seminar und die Verknüpfung des Seminars mit dem Praxissemester als gewinnbringend einstufen. Gleichzeitig begünstigt die geringe Studierendenzahl eine individuelle Betreuung bei den praktischen Erprobungen digitaler Werkzeuge.

Weiterführende Informationen

Zimmermann, F., & Melle, I. (2019). Professionalisierung angehender Lehrkräfte für die Digitalisierung im Chemieunterricht. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe,* 898-901. Regensburg: Universität Regensburg.

Zimmermann, F., & Melle, I. (2019). Designing a University Seminar to Professionalize Prospective Teachers for Digitization in Chemistry Education. *Chemistry Teacher International,* 1-9.

Über die Autorinnen

- **Franziska Zimmermann** forscht zum Thema Professionalisierung angehender Lehrkräfte für die Digitalisierung im Chemieunterricht. Sie studierte Chemie und Englisch für das Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen in Dortmund und ist seit 2017 als wissenschaftliche Mitarbeiterin und Doktorandin am Lehrstuhl von Prof. Dr. Melle im Bereich Chemiedidaktik der Technischen Universität Dortmund tätig.

- **Insa Melle** studierte an der Universität Oldenburg Chemie und Mathematik für das Lehramt an Gymnasien. Seit 1999 ist sie Inhaberin des Lehrstuhls für Chemie und ihre Didaktik an der Fakultät für Chemie und Chemische Biologie und seit 2016 Prorektorin Studium an der Technischen Universität Dortmund.

Literatur

Kirkpatrick, D. L. (1979). Techniques for Evaluating Training Programs. *Training and Development Journal, 33*(6), 78-92.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological, pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record, 108*(6), 1017-1054.

Schmitt, A., & Melle, I. (2015). Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 124-126). Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik.

Schlüter, A.-K. et al. (2018). Universitäre Vorbereitung angehender Lehrkräfte auf inklusiven Unterricht – Seminarkonzeptionen zur Professionalisierung für inklusiven Fachunterricht. *Zeitschrift für Heilpädagogik, 69,* 582-595.

▼ Moritz Krause, Ingo Eilks

Erklärvideos und digitale Messwerterfassung – fachliche, experimentelle und kreative Aspekte kombinieren

Vermittelt wird das Erstellen von Erklärvideos und der Umgang mit digitaler Messwerterfassung in der Chemie. Dieses geschieht in einer schrittweisen Herangehensweise im Rahmen eines fachdidaktischen Seminars. Genutzt, kombiniert und reflektiert werden das Vermitteln fachlicher Inhalte, das Nutzen quantitativer chemischer Experimente und technische Umsetzungsmöglichkeiten für die digitale Messwerterfassung.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der Universität Bremen
- Fach: Chemie
- Pflichtseminar „Neue Medien und Computereinsatz im Chemieunterricht“ im Master of Education Chemie, 1. Semester
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: 20 bis 30

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Das benötigte Vorwissen bezieht sich vorwiegend auf fachliche und fachdidaktische Grundlagen, um diese bei der Durchführung der Versuche sowie einer möglichen Unterrichtplanung anzuwenden. Dabei wird auf Inhalte aus den Themenbereichen der allgemeinen Chemie, Säure-Base-Chemie und ggf. der Photometrie zurückgegriffen. Außerdem ist es hilfreich, wenn die Lernenden bereits über erste Unterrichtserfahrungen verfügen, um das Vorwissen der Lernenden und eine angemessene Sprache besser einordnen zu können. Daneben ist fachdidaktisches Wissen, etwa um verschiedene Erklärungsebenen im Chemieunterricht (etwa die drei Ebenen nach Johnstone: makroskopische, submikroskopische und symbolische Ebene), hilfreich, um adäquate Erklärungen im Video zu nutzen und potenziell fehlleitende Erklärungen zu vermeiden. Dies sollte ggf. an dieser Stelle noch einmal angesprochen und reaktiviert werden.

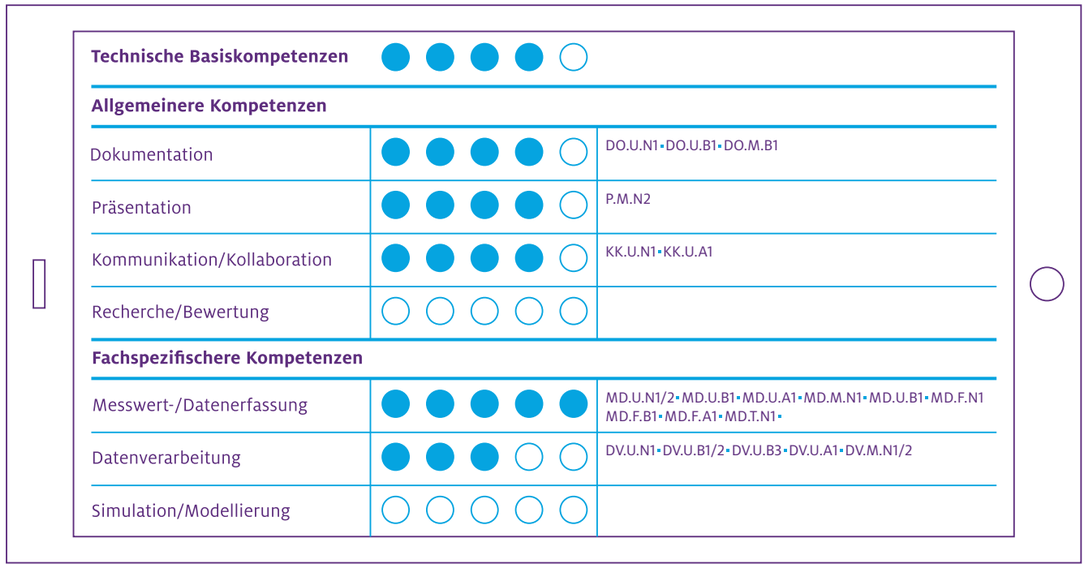
Praktische Tipps zur Durchführung

Das Lehrvorhaben wird in einer Veranstaltung zur Chemiedidaktik durchgeführt. Die Studierenden nutzen gleichermaßen einen Seminarraum und ein daneben befindliches Labor, in dem die Experimente durchgeführt werden. Das Erstellen der Erklärvideos und die Nutzung der App Explain Everything können aber auch in anderen fachdidaktischen Lehrveranstaltungen anhand anderer Beispiele bereits vorbereitet oder integriert worden sein.

Materialliste:

- 10 Tablet-PCs
- 5–6 Bluetooth-pH-Sensoren von Vernier
- Explain Everything (App für iOS und Android)
- Graphical Analysis (App für iOS und Android)

Einordnung des Lehrprojektes



▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Bei der Lehrveranstaltung „Neue Medien und Computereinsatz im Chemieunterricht“ handelt es sich um eine Pflichtveranstaltung im Studiengang Master of Education Chemie. Die Studierenden setzen sich ein Semester lang intensiv mit dem Einsatz von digitalen Medien im Unterricht auseinander. Im Zentrum der Veranstaltung steht, dass digitale Konzepte aus der Schulpraxis analysiert und nachempfunden werden und die Studierenden sowohl die fachdidaktische Herangehensweise als auch den Einsatz entsprechender Hard- und Software schrittweise erlernen (Krause & Eilks, 2015). Strukturiert und begleitet wird die Lehrveranstaltung durch ein ständig aktualisiertes digitales Skript auf der Webseite www.digitale-medien.schule. Die Lehrveranstaltung ist dabei vernetzt mit anderen Bausteinen zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht in weiteren fachdidaktischen Lehrveranstaltungen, Praktika zur experimentellen Schulchemie und den schulpraktischen Studien. In diesem Beitrag wird ein Element der Lehrveranstaltung beschrieben, das sich auf verschiedene Seminartage verteilt.

In diesem Lehrelement werden verschiedene Fähigkeiten geschult, die miteinander kombiniert werden sollen: das Erstellen eines Erklärvideos und die digitale Messwerterfassung. Zu Beginn wird den Studierenden ein Erklärvideo aus der Unterrichtspraxis gezeigt, das Schülerinnen und Schüler erstellt haben. Mit den Studierenden werden die fachlichen Erklärungen, die Verwendung digitaler Geräte und die Umsetzung im Unterricht diskutiert. Das Ziel besteht darin, dass die Studierenden den Erkenntnisweg der Schülerinnen und Schüler nachvollziehen und einen bespielhaften Weg kennenlernen, wie ein solches Projekt zum Erstellen von Erklärvideos mit Lernenden in der Schule umgesetzt werden kann. Abbildung 2 zeigt die einzelnen Arbeitsschritte und Übungen, die an verschiedenen Seminartagen eingebunden sind. Nicht jeder Arbeitsschritt muss einen einzelnen Seminartag ausfüllen, so lassen sich z. B. der erste und zweite Arbeitsschritt am ersten Tag durchführen.

Zur Erstellung eines Erklärvideos mit experimentellem Anteil im Chemieunterricht erlernen die Studierenden im Seminar nicht nur die didaktische Einordnung, sondern praktizieren auch selbst die inhaltliche Durchführung. In einer ersten Übung erlernen sie die Grundfunktionen der App Explain Everything. Dafür wird ein Übungsblatt bereitgestellt, dass verschiedene Vorlagen und Aufgaben beinhaltet. Die Aufgaben sind nur durch das richtige Bedienen der App erfolgreich zu lösen.

In einer anderen Übung wird ein erstes Erklärvideo erstellt. Hierzu wird ein Erklärvideo als Vorlage bereitgestellt, dass

die Studierenden mithilfe einer Anleitung selbstständig nachproduzieren. Hierbei wenden die Lernenden ihre Grundfertigkeiten aus der ersten Übung an. Außerdem liegen in dieser Arbeitsphase Drehbücher von Schülerinnen und Schülern aus, die bereits Erklärvideos produziert haben. Die Studierenden diskutieren die Strukturen und Inhalte der Drehbücher und entwickeln eigene Ideen für ein kurzes Erklärvideo. Wichtig ist an dieser Stelle, auch über die fachlichen und fachdidaktischen Aspekte der Thematik zu reflektieren und diese bei der Umsetzung zu berücksichtigen. Die Studierenden lernen, anhand eines Drehbuchs mögliche fachliche Schwierigkeiten oder Fehler zu antizipieren, um Lernende ggf. darauf hinzuweisen.

In einer laborpraktischen Übung wird der Umgang mit digitalen Messwerterfassungssystemen erlernt. Das System setzt sich aus einer Bluetooth-pH-Elektrode und einer entsprechenden App (Graphical Analysis von Vernier) für Tablet-PCs zusammen. Mithilfe der App kann etwa die Änderung des pH-Wertes bei einer Titration aufgezeichnet und im Anschluss ausgewertet werden. Diese Übung schult die Fertigkeiten beim quantitativ-analytischen Experimentieren. Für die Funktionsweise der App und die Verknüpfung mit der Messelektrode wurde eine Anleitung mit Screenshots entwickelt und auf der Webseite hinterlegt. Mithilfe der App kann eine Vielzahl von Sensoren des Herstellers gekoppelt werden, wie Temperatur- oder Gassensoren. Das Prinzip zum Aufzeichnen der Messwerte ist immer gleich, sodass die Benutzung der pH-Elektrode als exemplarisch angesehen und problemlos auf andere Sensoren übertragen werden kann.

Im Anschluss an den Labortag verfügen die Studierenden über die benötigten Kompetenzen, um ein Erklärvideo entsprechend dem Beispielvideo aus der Schulpraxis zu erstellen. Je nach Seminargestaltung und verfügbarer Zeit könnte an dieser Stelle ein weiteres Video erstellt werden.

Zum Abschluss werden der Arbeitsprozess und mögliche Einsatzszenarien für Erklärvideos im Zusammenhang digitaler Messwerterfassung im Unterricht diskutiert.

▲ **Abb. 2** Übersicht über die verschiedenen Arbeitsschritte im Lehrelement zu Erklärvideos

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Lehrveranstaltung „Neue Medien und Computereinsatz im Chemieunterricht" bietet ein umfangreiches Angebot an möglichen digitalen Lernwerkzeugen und Einsatzszenarien für den Chemieunterricht. Dabei wird immer wieder aufgezeigt, wie sich digitale Lernwerkzeuge miteinander kombinieren lassen und zu unterschiedlichen Lernprozessen und digitalen Produkten führen. Aus diesem Grund verteilt sich das vorgestellte Lernelement auf mehrere Seminartage, an denen jeweils auch noch andere Inhalte und Übungen behandelt werden. Es zeigt sich aber, dass dies kein Problem beim Verständnis und der Umsetzung des vorgestellten Lernelements ist. Dies wird auch dadurch vermieden, dass die Studierenden über alle Seminartage hinweg ein E-Portfolio anfertigen, in dem sie die Seminarinhalte jeweils reflektieren und miteinander verknüpfen sollen.

Aus den E-Portfolios geht hervor, dass die Studierenden die Lernziele verstehen und für sich festhalten, wie diese Ziele erreicht werden oder mit welchen Problemen bei der technischen oder der unterrichtlichen Umsetzung gerechnet werden muss. Bezogen auf das vorgestellte Lehrelement wird deutlich, dass die Studierenden die Herangehensweise zur Erstellung eines Erklärvideos verstehen und die benötigten Kompetenzen aufbauen. Dabei werden die verschiedenen Übungsmaterialien und digitalen Handreichungen als hilfreich angesehen, um den Umgang mit der App Explain Everything oder die Durchführung einer digitalen Messwerterfassung zu erlernen. Die Studierenden betonen die direkte Anbindung an und die Einblicke in authentische Schulpraxis als besonders motivierend, um etwa in diesem Fall von den Produkten der Schülerinnen und Schüler (Drehbücher, Erklärvideos) zu lernen.

Weiterführende Informationen

Übersicht über den Ablauf des Seminars und die Lerninhalte an den einzelnen Seminartagen:
▾ **www.digitale-medien.schule/seminar.html**

Download der Übungsmaterialien zum Erstellen von digitalen Tafelbildern und eines ersten Erklärvideos:
▾ **www.digitale-medien.schule/ee.html**

Einblick in die Schulpraxis und Beispielvideo von Schülerinnen und Schülern, das in der Lehrveranstaltung verwendet wird:
▾ **www.digitale-medien.schule/konzepttitration.html**

Über die Autoren

▸ **Dr. Moritz Krause** studierte die Fächer Chemie und Biologie für das Lehramt an Gymnasien und Oberschulen in Bremen. Er promovierte 2015 mit einer Arbeit zu digitalen Medien im Chemieunterricht und in der Lehrerbildung. Seit Juni 2016 arbeitet er als Lehrer in Bremerhaven und ist als teilabgeordnete Lehrkraft an der Universität Bremen und als Kursleiter für Lehrerfortbildungen tätig.

▸ **Prof. Dr. Ingo Eilks** studierte Chemie und Mathematik für das Lehramt an Gymnasien. Seit 2004 ist er Professor für Chemiedidaktik an der Universität Bremen. Seine Arbeitsschwerpunkte sind u. a. alternative Unterrichtsmethoden unter Einbezug digitaler Medien, der gesellschaftskritisch-problemorientierte Chemieunterricht, Bildung für eine nachhaltige Entwicklung und verschiedene Aspekte der Lehrerbildung.

Literatur
Krause, M., & Eilks, I. (2015). Lernen über digitale Medien in der Chemielehrerausbildung – Ein Projekt Partizipativer Aktionsforschung. *Chemie konkret, 22*, 173-178.

▼ Sascha Schanze, Niklas Schneeweiß, Bernhard Sieve

Kompetenzen zur digitalen Messwerterfassung fördern

Nur mit einem Verständnis der digitalen Transformation (Umwandlung von analog in digital) ist ein angemessener Umgang mit digitalen Daten möglich. Dieser Beitrag stellt die Förderung dafür notwendiger Kompetenzen anhand des Themas der digitalen Messwerterfassung vor. Dieses Thema bildet einen von fünf Themenbereichen einer digital gestützten Lernumgebung in Form eines iTunes U Kurses.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der Leibniz Universität Hannover (LUH)
- Fächer: Biologie, Chemie
- 3. bis 5. Semester Bachelor, Schulversuche oder Schlüsselkompetenzen
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: 10 bis 20 Studierende

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Um die Potenziale und Grenzen der digitalen Lernwerkzeuge angemessen reflektieren zu können, sind neben einem Verständnis des Messprinzips und der fachwissenschaftlichen Grundkenntnisse auch Kenntnisse relevanter Lernendenvorstellungen nötig, um Verständnisschwierigkeiten der Lernenden in Bezug auf die Messmethode antizipieren zu können. Daher wird das Seminar im Bachelor nach mindestens zwei Fachsemestern und dem Erlangen von Grundlagen der Fachdidaktik empfohlen.

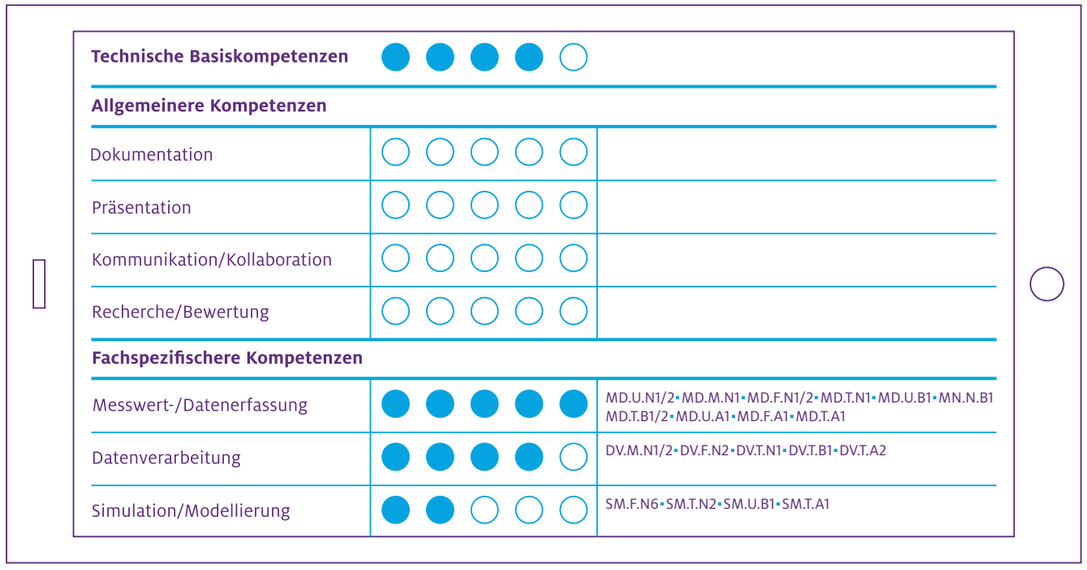
Praktische Tipps zur Durchführung

Für das Lehrvorhaben empfehlen wir eine kleine Lerngruppe (max. 20 Studierende) und zwei Lehrpersonen. Die Veranstaltung sollte als Blockseminar angeboten werden, mindestens sollte aber pro Sitzung drei Zeitstunden am Stück gearbeitet werden können. Als Seminarraum empfehlen wir ein Labor. Mit einer Auswahl von Experimenten ist auch eine Durchführung in normalen Seminarräumen möglich.

Materialliste:

- 1 iPad für 1–2 Studierende mit eingerichtetem iTunes U Kurs
- Geräte zur Messwerterfassung z. B. LabQuest oder einstein LabMate
- Sensoren: Temperatur-, Leitfähigkeit-, Drucksensor und pH-Elektrode
- Kamera, Tablet oder Smartphone mit High-Speed-Funktion
- Wärmebildkamera z. B. Flir One für iPad
- je nach Experiment: Glasgeräte und Chemikalien

Einordnung des Lehrprojektes



▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Das Lehrprojekt ist in eine Lernumgebung zur digitalen Medienbildung im Biologie- und Chemieunterricht integriert. Derzeit wird es in einem Schlüsselkompetenzseminar in der Lehrkräfteausbildung der LUH eingesetzt. Angelegt wurde das Lehrprojekt als iTunes U Kurs, um freies, kollaboratives Arbeiten zu ermöglichen.

Studierende erhalten in dem Seminar eine kurze Einführung zu digitalen Medien (Stand in den deutschen Schulen etc.) und zum Umgang mit iTunes U Kursen. Anschließend sollen die Studierenden in Kleingruppen mit der Lernumgebung arbeiten. Alle Arbeitsaufträge und Materialien sind bereits im Kurs hinterlegt.

Der Kurs umfasst fünf Themenfelder, die von den Studierenden frei bearbeitet werden können:

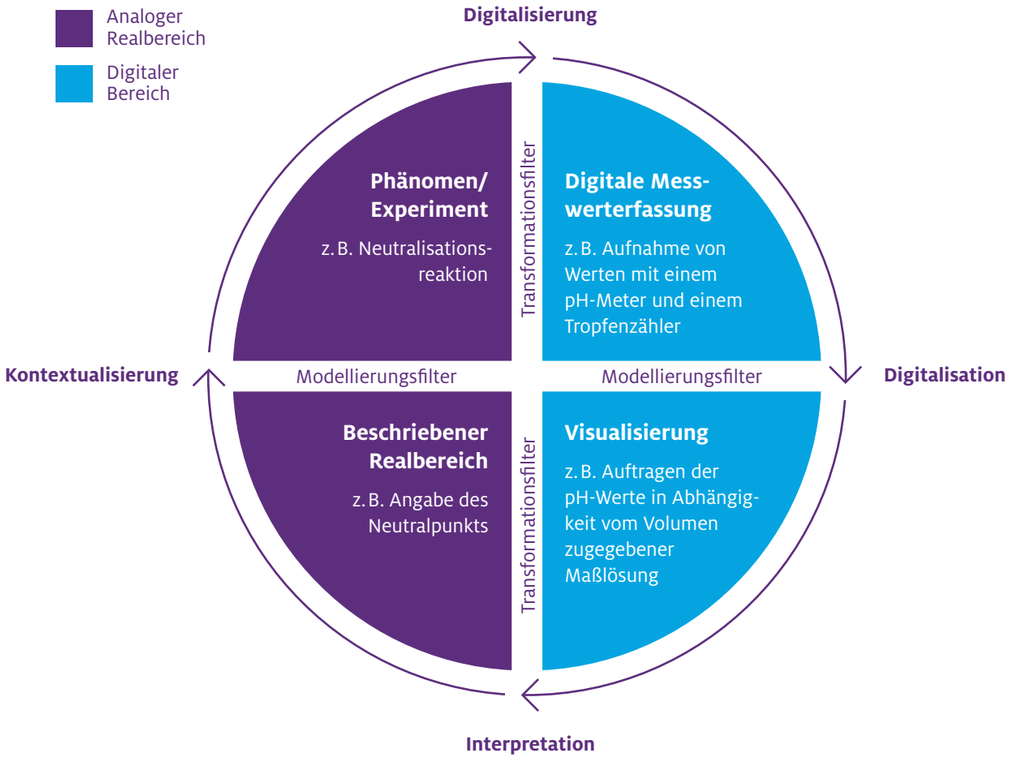
- Technische Grundlagen (z. B. iTunes U Kurs)
- Kamera (z. B. Zeitlupen- und Zeitrafferaufnahmen)
- Apps (z. B. Apps zur Strukturierung von Wissen)
- Medienrecht
- Messwerterfassung (z. B. eine Säure-Base-Titration)

Themenfeld Messwerterfassung

Im Folgenden wird dargestellt, welche Kompetenzen mit dem Bereich Messwerterfassung gefördert und wie Studierende zur Reflexion der Digitalisierungsprozesse angeregt werden.

Ein Hauptziel des Themengebiets Messwerterfassung ist der Aufbau von Sicherheit im Umgang mit den Messgeräten. Dafür steht eine Reihe verschiedener Experimente mit begleitenden Arbeitsaufträgen zur Auswahl. Ein Beispiel ist das gleichzeitige Messen von Druck und Temperatur in einem isochoren oder isobaren System (vgl. Walkowiak, Schneeweiß, Nehring, & Schanze, 2018). Je nach Kursgröße und Material können die Arbeitsaufträge auch arbeitsteilig erarbeitet und gegenseitig vorgestellt werden.

In einer zweiten Phase empfehlen wir dann ein Arbeitsmaterial „Reflexion Messwerterfassung“, das die Lernenden dazu anleitet, sich reflexiv mit den einzelnen Prozessen vom Experiment über die Messwertaufnahme und -auswertung bis zur Interpretation auseinanderzusetzen (siehe Abb. 2).



▲ **Abb. 2** Prozess der digital gestützten Beschreibung eines Phänomens

In dem Material rufen Experimente einer Säure-Base-Titration mit verschiedenen Sensoren konfligierende Ergebnisse hervor, was darauf zurückzuführen ist, dass sich bestimmte Sensoren gegenseitig beeinflussen. Über Rechercheaufgaben zur Funktionsweise der Sensoren werden die Studierenden in den Prozess der digitalen Transformation eingeführt, was im eigentlichen Sinne unter Digitalisierung verstanden werden sollte (Prozess vom Analogen in das Digitale): Um die Qualität der digitalen Daten adäquat einschätzen zu können, muss verstanden werden, wie die Daten im Gerät transformiert werden (Transformationsfilter).

Das Arbeiten mit den dann vorliegenden digitalen Daten wird als Digitalisation bezeichnet (Umgang mit digitalen Informationen) und ist abhängig von der Qualität der Digitalisierung. In allgemeinen Visualisierungen ist das Rückführen der Datenauswertung in den Realbereich (Interpretation) abhängig von der Modellannahme: Für welchen Teil des Realbereichs stehen die modellierten Daten? Im Beispiel der Messwerterfassung ist also wieder der Transformationsfilter zu beachten, damit dieser Prozess auch plausibel gelingt und eine Kontextualisierung möglich ist.

Kern der Reflektion ist also das Bewusstmachen der Filter: Je transparenter der Prozess der Digitalisierung ist (z. B. durch Angabe von Metadaten), umso besser gelingt es, den Realbereich zu beschreiben.

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Das eigenständige, selbstgesteuerte Lernen ist für die Studierenden zunächst schwierig. Sich selbstständig Themengebiete und Aufgaben aussuchen zu dürfen, sind sie nach eigenen Aussagen nicht gewohnt. Das zeigte sich auch in häufigen Nachfragen zu ihrem Arbeitsauftrag. Die Wahlfreiheit wieder einzuschränken ist nicht sinnvoll, wenn selbstgesteuertes Lernen gefördert werden soll. Zielführender erscheint es uns, die Lerngruppe langsam in die Selbstständigkeit zu führen: In einer ersten Phase kann das Themengebiet „Technische Grundlagen“ vorgegeben werden. Dieses wurde in der Regel sowieso von allen Studierenden bearbeitet. Nach einer einführenden Aufgabe, die von allen Studierenden gemeinsam bearbeitet wird, können sie sich dann selbst eine weitere Aufgabe aus diesem Themengebiet aussuchen. Bevor die Gruppen in die eigengesteuerte Arbeit übergehen, können noch Fragen zum Umgang mit der Lernumgebung geklärt werden. Durch die schrittweise Hinführung sollten die Studierenden besser mit dem Angebot zurechtkommen. Aber auch trotz dieser Einschränkung gelingt es den Studierenden, ein vertieftes Verständnis für die fachspezifische Relevanz digitaler Werkzeuge insbesondere für den Erkenntnisprozess zu erlangen.

Aufgrund der Erfahrungen wird das Lehrprojekt in Zukunft als eine Wahlpflichtveranstaltung in den Professionalisierungsbereich des Lehramts überführt. Je nach Möglichkeit könnte es aber auch in andere Veranstaltungen wie z. B. Schulversuchspraktika integriert werden.

Weiterführende Informationen

iTunes U Kurs: Digitale Medien im Chemieunterricht (Anmeldecode: ENZ-PKE-SWB);
▾ **https://itunesu.itunes.apple.com/enroll/ENZ-PKE-SWB**

Über die Autoren

- **Sascha Schanze** ist Professor für Didaktik der Chemie an der Leibniz Universität Hannover. Zu seinen Forschungsschwerpunkten gehören die Nutzung digitaler Werkzeuge in naturwissenschaftlichen Lehr-Lern-Prozessen, das forschende Lernen und kollaborative Lernformen. Er ist seit 2016 Senior-Fellow im Kolleg Didaktik:digital der Joachim Herz Stiftung.
- **Niklas Schneeweiß** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Didaktik der Biologie an der Leibniz Universität Hannover.
- **Bernhard Sieve** ist Fachleiter für Chemie am Studienseminar Stadthagen und Lehrbeauftragter für Didaktik der Chemie an der Leibniz Universität Hannover. Er unterrichtet am Gymnasium Neustadt.

Literatur
Walkowiak, M., Schneeweiß, N., Nehring, A., & Schanze, S. (2018). Potenziale von Mehrmesswerterfassungssystemen im Chemieunterricht. Im MNU-Tagungsband (Hrsg.), *Tagungsbericht zum Expertentreffen „Sensorgestütztes Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht“ am 27. März 2018 in München* (S. 55-66). Abgerufen am 03.03.2020, von https://www.mnu.de/images/Veranstaltungen/Sensortagung_2018/6_Tagungsbericht_Chemie-MNU_T3_Sensortagung.pdf

▼ Lena von Kotzebue, Timo Fleischer

Experimentieren mit digitalen Sensoren – Unsichtbares sichtbar machen

In der Lehrveranstaltung (2 ECTS) sollen Studierende den Einsatz digitaler Messsensoren aktiv erproben und anschließend eigenständig sensorbasierte Experimente planen, durchführen und auswerten. Sensoren ermöglichen das selbstständige Arbeiten mit digitalen Medien und sind somit eine gute Vorbereitung für das Arbeitsfeld von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern. Exemplarisch wird der Einsatz von digitalen Messsensoren anhand des Experiments „Kerzenflammen und Sauerstoffvorrat“ beschrieben.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der Universität Salzburg
- Fächer: Biologie, Chemie
- Pflichtseminar im Bachelor Lehramt Chemie, 8. Semester und Bachelor Lehramt Biologie, 7. Semester
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: 15

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Die Studierenden haben grundlegendes Basiswissen zu den Themenbereichen Allgemeine, Anorganische und Organische Chemie, welches sie in ihrer Schulzeit erlangt haben. Weiteres Fachwissen wird nicht benötigt, da dieses im Rahmen der Lehrveranstaltung erlernt wird. Vorwissen im Bereich digitale Messsensoren ist nicht nötig, da der Umgang mit und die Funktionsweise der Sensoren ebenfalls im Rahmen der Lehrveranstaltung erlernt and angewendet wird. Fachdidaktisches Wissen über den Einsatz von Experimenten im Chemie-/Biologieunterricht sollte vorhanden sein.

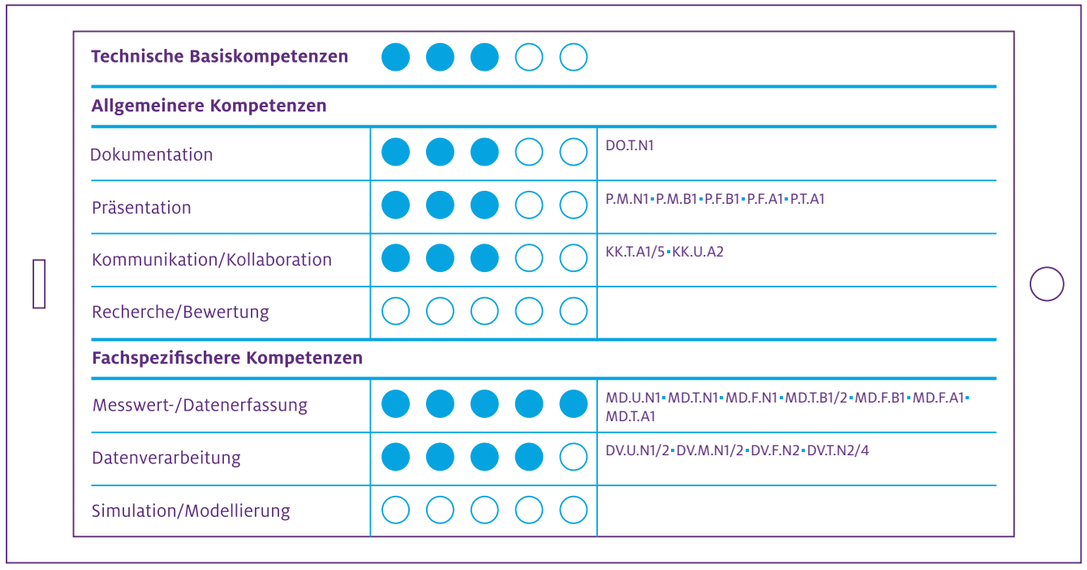
Praktische Tipps zur Durchführung

Aus Sicherheitsgründen sollten Lehrvorhaben, in denen experimentiert wird, immer von zwei Dozierenden begleitet werden. Das sensorbasierte Experiment sollte, wenn möglich, in einem Laborraum durchgeführt werden. Bevor mit dem CO_2-Sensor und O_2-Sensor gearbeitet werden kann, müssen diese mithilfe der App SPARKvue kalibriert werden. Nur so messen die Sensoren im richtigen Wertebereich. Die Kalibrierung dauert für jeden Sensor ca. 1 Minute. Nachdem die Kerze erlischt, sollte die Messung noch ca. 10 Sekunden weiterlaufen, bis die Messwerte nicht mehr zu- bzw. abnehmen.

Materialliste:

- CO_2-Sensor (z. B. von PASCO)
- O_2-Sensor (z. B. von PASCO)
- Tablet mit der App SPARKvue (kostenlos für Android und iOS)
- Kerze
- Feuerzeug
- Glaswanne, hier: 29 cm (Länge) x 19,5 cm (Breite) x 15 cm (Höhe)

Einordnung des Lehrprojektes



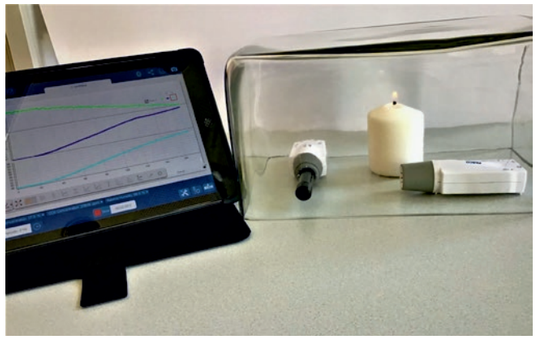
▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Die Vorteile von digitalen Sensoren liegen u. a. darin, dass Messwerte einfach und schnell erfasst werden können. Dies liefert die Möglichkeit, Messwertwiederholungen durchzuführen, die im naturwissenschaftlichen Unterrichtsalltag oft aufgrund der mangelnden Zeit nicht durchgeführt werden (können). Die Darstellung der Daten in Tabellen und Diagrammen, deren Erstellung meist zeitaufwändig ist und den Lernenden einige Probleme bereiten kann (von Kotzebue, Gerstl, & Nerdel, 2015), werden hier automatisch erstellt. Somit bleibt mehr Zeit für die eigenständige Interpretation der Daten und für eine intensive Auseinandersetzung mit den biologischen oder chemischen Phänomen (Lampe, Liebner, Urban-Woldron, & Tewes, 2015). Zwar rückt die Konstruktion der Tabelle oder des Diagramms dadurch ein Stück weit in den Hintergrund, dafür liefert die simultane Darstellung der Daten in grafischer Form mit dem Durchführen des Experiments eine Verbindung zwischen diesem und der Repräsentation (Beichner, 1990). Die Veränderung einer Variable kann bspw. direkt in der Grafik nachvollzogen und verinnerlicht werden. Sensoren ermöglichen traditionelle Schulversuche in bisher nicht möglicher Weise und mit zum Teil bisher nicht zugänglichen Messgrößen, wie dem CO_2-Gehalt, zu erweitern (Lampe et al., 2015). Bisher werden primär im Physikunterricht digitale Messsensoren eingesetzt, weniger in der Chemie und kaum in der Biologie (Pietzner, 2009).

Exemplarisch wird der Einsatz von digitalen Messsensoren anhand des Experiments „Kerzenflammen und Sauerstoffvorrat“ beschrieben. Die Sensoren bieten insbesondere den Vorteil, dass das nicht sichtbare Edukt Sauerstoff sowie die nicht sichtbaren Produkte Kohlenstoffdioxid und Wasser grafisch als Diagramm sichtbar werden und zusätzlich auch deren Konzentrationsänderungen im Verlauf der Reaktion dargestellt werden können. Dies ist vor allem für die Auswertung des Experiments hilfreich (siehe Lessons learned).

Zunächst werden beide Sensoren über die App SPARKvue per Bluetooth mit dem Tablet gekoppelt und kalibriert. Der O_2-Sensor sollte nun ca. 20,80 bis 21,10 % anzeigen, was in etwa der O_2-Konzentration in der Luft (ca. 20,90 %) entspricht. Zusätzlich kann dieser Sensor auch die relative Feuchtigkeit [%] messen. So kann das Reaktionsprodukt Wasser (Wasserdampf) grafisch dargestellt werden. Der CO_2-Sensor sollte jetzt ca. 400 ppm anzeigen, was ungefähr der CO_2-Konzentration in der Luft entspricht. Für den Aufbau des Experiments werden beide Sensoren und die Kerze so platziert, dass diese gut unter die Glaswanne passen (siehe Abb. 2). Nach Entzünden der Kerze wird die Glaswanne über beide Sensoren und die Kerze gestülpt. Gleichzeitig wird die Messung für die O_2- und CO_2-Konzentration sowie die relative Feuchtigkeit gestartet.



▲ **Abb. 2** Aufbau und Durchführung des Experiments

Die Kerze erlischt nach ca. 5 Minuten. Die Veränderung der O_2- und CO_2-Konzentrationen sowie der Feuchtigkeit während des Experiments sind auf dem Tablet sichtbar. Insbesondere für die Auswertung können die Messkurven hilfreich eingesetzt werden, um die Frage zu beantworten, aus welchem Grund die Kerze erlischt.

Bei diesem Experiment findet vereinfacht folgende chemische Reaktion statt (Schlichting, 1994):

Paraffin + Sauerstoff –> Kohlenstoffdioxid + Wasser

Durch die digitalen Messsensoren ist es nun möglich, sowohl die Veränderung der O_2-Konzentration als auch der CO_2-Konzentration sowie der relativen Feuchtigkeit während der Reaktion grafisch darzustellen.

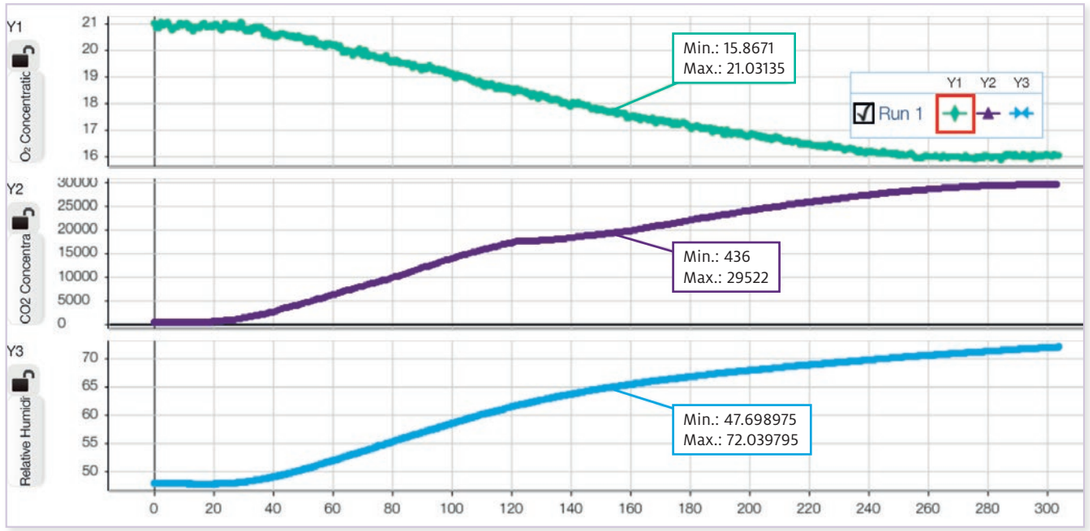
Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Das sonst nicht sichtbare Edukt Sauerstoff und die nicht sichtbaren Produkte Kohlenstoffdioxid und Wasser werden anhand der Messungen ihrer Konzentrationen als Graphen sichtbar (siehe Abb. 3).

In Abbildung 3 ist zu erkennen, dass die O_2-Konzentration von 21,03 % auf 15,86 % abnimmt, die CO_2-Konzentration von 436 ppm auf max. 29522 ppm steigt und die relative Feuchtigkeit von 47,69 % auf 72,03 % zunimmt. Die Kerze erlischt zwischen 15 und 17 % Restsauerstoffgehalt (Belcher & McElwain, 2008). Wird das Experiment ohne Sensoren durchgeführt, geben die Studierenden häufig die folgenden Antworten für das Erlöschen der Kerze:

- „Die Kerze verbraucht den gesamten Sauerstoff, der im Glas vorhanden ist, bis nur noch CO_2 vorhanden ist, wodurch sie erstickt und erlischt."
- „Durch das Überstülpen des Glases begrenzt man den Sauerstoff. Die Reaktion kann dann so lange ablaufen, bis einer der Reaktanden aufgebraucht ist. In diesem Fall ist Sauerstoff der begrenzende Reaktand […]. Wenn der Sauerstoff verbraucht ist, kann kein Paraffin mehr umgesetzt werden und die Flammen erlöschen."

Durch die Sensoren ist jedoch eindeutig zu erkennen, dass nicht der gesamte Sauerstoff bei der Reaktion aufgebraucht wird, sondern die O_2-Konzentration noch über 15 % liegt. Der Fehlinterpretation, dass kein Sauerstoff mehr vorhanden ist, wenn die Kerze erlischt, kann also mithilfe der Sensoren entgegengewirkt werden.



▲ **Abb. 3** Darstellung der Konzentrationsänderungen im Reaktionsverlauf

Über die Autorin und den Autor

- **Ass.-Prof.in Dr. Lena von Kotzebue** leitet derzeit die AG Didaktik der Bio- und Geowissenschaften an der School of Education der Universität Salzburg. Ihr aktueller Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich des Professionswissens von (angehenden) Biologielehrkräften zum Umgang mit digitalen Medien. Sie ist Mitglied der AG Digitale Basiskompetenzen in der Lehrerbildung.
- **Dr. Timo Fleischer** ist Leiter der AG Didaktik der Chemie an der Universität Salzburg. Er forscht zu der Thematik des Lehrens und Lernens mit digitalen Medien mit Bezug zum Unterrichtsfach Chemie und leitet derzeit u. a. die Projekte EXBOX-Digital (digitale Experimentierboxen) sowie ChemGerLab-VR (Virtual Reality Lernumgebung für Labor- und Gerätekunde).

Literatur

Beichner, R. J. (1990). The Effect of Simultaneous Motion Presentation and Graph Generation in a Kinematics Lab. *Journal of Research in Science Teaching, 27*(8), 803-815.

Belcher, C. M., & McElwain, C. J. (2008). Limits for Combustion in Low O_2 Redefine Paleoatmospheric Predictions for the Mesozoic. *Science, 321*(5893), 1197-1200. https://doi.org/10.1126/science.1160978

Lampe, H.-U., Liebner, F., Urban-Woldron, H., & Tewes, M. (2015). Innovativer naturwissenschaftlicher Unterricht mit digitalen Werkzeugen. Experimente mit Messerwerterfassung in den Fächern Biologie, Chemie, Physik. *MNU Themenreihe Bildungsstandards.* Neuss: Verlag Klaus Seeberger

Pietzner, V. (2009). Computer im naturwissenschaftlichen Unterricht – Ergebnisse einer Umfrage unter Lehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15,* 47-67.

Schlichting, H. J. (1994). Die Kerzenpumpe. *Praxis der Naturwissenschaften Physik, 43*(4), 12-15.

Von Kotzebue, L., Gerstl, M., & Nerdel, C. (2015). Common Mistakes in the Construction of Diagrams in Biological Contexts. *Research in Science Education, 45*(2), 193-213. https://doi.org/10.1007/s11165-014-9419-9

▼ Sascha Schanze, Jorge Groß, Sarah Hundertmark

Computerbasiertes und kollaboratives Lernen in den Naturwissenschaften anhand von Aufgaben entwickeln und fördern

Gemeinsames Lernen an einem Sachverhalt ist eine grundlegende Fähigkeit für die Realisierung vieler digital unterstützter Prozesse. Ein scheinbar einfaches Beispiel ist das gemeinsame elektronische Schreiben eines wissenschaftlichen Textes. Computergestütztes kollaboratives Lernen simuliert und fördert Kompetenzen, die in allen Lebensbereichen – insbesondere auch in beruflichen Kontexten – Anwendung finden. Mediengestützte Instruktionen sollen diese Kompetenz sukzessive entwickeln.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der Leibniz Universität Hannover (LUH) und der Universität Bamberg (UB)
- Fächer: Chemie, Biologie
- Fachübergreifender Bachelor (LUH, Grundlagen der Chemiedidaktik 2. Semester, Didaktisch reflektierte Fachwissenschaft, ab 3. Semester), Lehramt Mittelschule (UB, Biologie- und Chemiedidaktik, 2. bis 4. Semester)
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: 25 bis 30

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Für das Heranführen an kollaborative Arbeitsweisen ist keine Voraussetzung auf der Ebene digitaler Kompetenzen nötig. Der in dem Seminar behandelte Inhaltsbereich erfordert die Kenntnis fachlicher Grundlagen aus einführenden Fachvorlesungen.

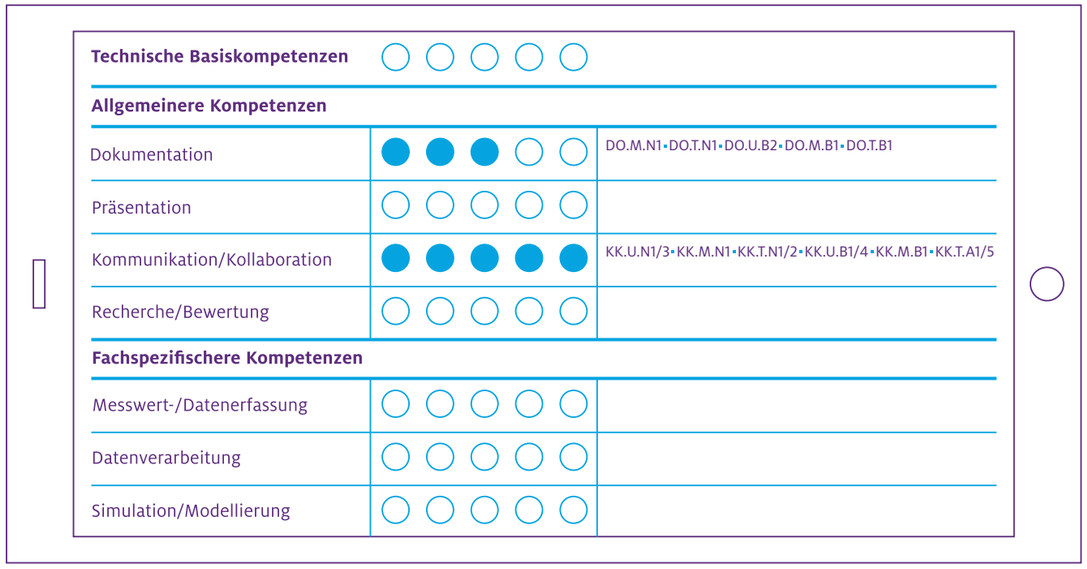
Praktische Tipps zur Durchführung

Das Lehrvorhaben kann von einer Lehrperson in einem gewöhnlichen Seminarraum begleitet werden. Mit zunehmender Erfahrung der Studierenden kann der Prozess nach der Initiierung auch unabhängig von Zeit und Raum weitergeführt werden. Am Anfang empfiehlt sich die Begleitung der Prozesse über eine Präsentationsfläche.

Materialliste:

- digitale Endgeräte 1:1 (Laptops oder Tablets)
- Präsentationsfläche
- Internetzugang (WLAN bei mobilen Endgeräten)
- Schnittstelle zur Übertragung von Inhalten (z. B. AirPlay)

Einordnung des Lehrprojektes



▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Digitale Endgeräte haben das Potenzial, sowohl in Präsenzsituationen als auch unabhängig von Zeit und Raum kollaborative Prozesse zu unterstützen. Das Lernen an einem gemeinsamen Sachverhalt wird zu einer grundlegenden und notwendigen Fähigkeit für die Realisierung vieler digital unterstützter Prozesse. Kollaborative Lernprozesse zeichnen sich dadurch aus, dass Aushandlungsprozesse stattfinden müssen, damit eine Lerngemeinschaft trotz unterschiedlicher Lernausgangslagen einen gemeinsamen Erkenntnisweg gehen kann. Realisieren lässt sich das beispielsweise durch Aufgabenstellungen, die die Lerngruppe dazu auffordern, synchron zu arbeiten und sich auf eine gemeinsame und von allen getragene Lösung zu einigen. Das unterscheidet die Arbeitsform von einer (arbeitsteiligen) Kooperation. Eine einfache, aber nicht triviale Form ist beispielsweise das gemeinsame Schreiben eines wissenschaftlichen Textes über ein elektronisches Textverarbeitungsprogramm, das das kollaborative Schreiben über verschiedene Endgeräte unterstützt. Computergestütztes kollaboratives Lernen in diesem Sinne simuliert und fördert Kompetenzen, die in allen Lebensbereichen – insbesondere auch in beruflichen Kontexten – Anwendung finden. Wir integrieren in unsere fachdidaktische Ausbildung Lerngelegenheiten, die gestützt durch spezielle Instruktionen und adäquate Tools diese Kompetenzen sukzessive entwickeln. In diesem Zusammenhang wird auch die Peer-Interaction-Methode (Schanze & Busse, 2015) als webgestütztes Aufgabenformat verwendet.

Zwei Grundprinzipien für das kollaborative Lernen

Erfolgreiches kollaboratives Lernen zeichnet sich dadurch aus, dass die einzelnen Gruppenteilnehmer sich gleichwertig einbringen können und sich mit dem Gruppenziel identifizieren. Ersteres lässt sich sehr gut dadurch erreichen, dass jedes einzelne Gruppenmitglied das individuelle Wissen zum Lerngegenstand aktiviert. Wir schalten aus diesem Grund immer eine individuelle Phase der Gruppenarbeit voran und bieten den Lernenden Werkzeuge an, die es ermöglichen, das Wissen zu externalisieren. Eine Identifikation mit dem Gruppenziel wird unter anderem dadurch erreicht, dass die Lernenden eine Verantwortung für das gemeinsam getragene Ziel empfinden. Dies unterstützen wir z. B. durch Rollenzuweisungen oder mit individuellem Zusatzmaterial (siehe Realisierungsbeispiele) und durch ein instruktionales Setting (scripting), das am Anfang eher kleinschrittig erscheint, mit zunehmender Erfahrung jedoch reduziert werden kann (fading) (siehe Abb. 2).

Ablauf

Stellt euch gegenseitig die Ergebnisse der Aufgaben vor, indem ihr die **Schritte 1–3** beachtet. Begründet dabei genau eure Antwort, auch dann, wenn ihr beide dieselbe Lösung habt. Diskutiert und einigt euch danach auf **eine** Lösung. Schreibt die Lösung in **dieses Dokument** und überarbeitet eure alten Lösungen nicht. Die Lösung muss nicht mit einem Ergebnis aus der Einzelarbeit übereinstimmen.

Lerner 1 stellt seine Ergebnisse der ersten Aufgabe vor und begründet diese. **Lerner 2** hört zu und fragt nach, falls etwas unklar ist.

Lerner 2 stellt seine Ergebnisse der ersten Aufgabe vor und begründet diese. **Lerner 1** hört zu und fragt nach, falls etwas unklar ist.

Beide diskutieren und einigen sich auf eine gemeinsame Lösung. Die Lösung kann eine Einzellösung, eine Mischung aus beiden oder eine komplett neue sein. Die Lösung wird in diesem Arbeitsbogen notiert.

▲ **Abb. 2** Instruktionen und Skript für den kollaborativen Teil einer Aufgabe im Peer-Interaction-Format (Partnerarbeit)

Realisierungsbeispiel – Rollenzuweisung zur Reduzierung regulativer Probleme:

Um die Bedeutung von regulativen Elementen im Lernprozess zu explizieren, können Spielarten des gemeinsamen Arbeitens betont und variiert werden. So haben wir in einer Gruppenarbeitsphase z. B. nur einem Teil der Studierendengruppen Rollenzuweisungen mit konkreten Handlungsanweisungen für die Kollaboration zugeteilt, während den anderen Gruppen die Organisation der Rollen in der Gruppe selbst überlassen wurde. Im Anschluss wurden die Erfahrungen diesbezüglich unter den Lernenden kontrastierend ausgetauscht und die unterstützende Wirkung der Rollenzuteilung auf das Gesamtergebnis sowie für den Schuleinsatz reflektiert.

Realisierungsbeispiel: Gezielte Integration von Zusatzinformationen

Wie bereits oben erläutert, bietet das Bewusstwerden der eigenen Vorstellung und Position zum Aufgabeninhalt die Möglichkeit einer individuellen Identifikation mit dem Gruppenziel. Ein klarer Umriss der eigenen Position kann zusätzlich durch das Erkennen von Unterschieden gegenüber anderen Vorstellungen gefördert werden. Dies wäre durch eine gesteuerte Gruppenzusammensetzung möglich, was jedoch eine aufwendige Ad-hoc-Diagnose durch die Lehrkraft erfordert. Eine von uns derzeit mit Erfolg erprobte Alternative ist die Bereitstellung von unterschiedlichem Zusatzmaterial zur Aufgabenstellung, z. B. in Form von Versuchsergebnissen bereits während der Einzelarbeit. Die Aufgabe, diese Zusatzinformation mit in die Gruppenarbeitsphase zu bringen, ermöglicht es den Lernenden schon vor der Gruppenarbeit, die eigenen Vorstellungen auf Konsistenz zu überprüfen. In der Gruppenarbeitsphase lässt sich dieses Material dann im Sinne einer evidenzbasierten Diskussion zur Findung einer gemeinsamen Lösung heranziehen.

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die ersten Einsätze zum kollaborativen Schreiben ohne eine individuelle Phase (z. B. „Schreiben Sie ein Essay darüber, ob für die Deutung einer chemischen Reaktion das Teilchenmodell von einem Modell wie dem Atommodell nach Dalton abgelöst werden sollte.“) zeigten, dass die Lernenden mit einer derartigen Aufgabe sehr gefordert waren. So wurde zwar viel diskutiert, aber wenig schriftlich fixiert. Das Endergebnis bildete oft den Prozess des Diskurses nicht zufriedenstellend ab. Mit der vorgeschalteten individuellen Phase (im Sinne der Peer-Interaction-Methode) verlief der diskursive Prozess zielgerichteter und produktiver. Lernende entwickeln im diskursiven Prozess z. B. gemeinsam fachwissenschaftliche Erklärungen für naturwissenschaftliche Fragestellungen (vgl. Fendt, 2019).

Die berechtigte Befürchtung, dass eine individuelle Lösung einfach übernommen oder erweitert werden könnte, wird durch die Aufforderung, die gemeinsame Lösung in ein neues Dokument einzutragen, verringert. Anhand der Lernverläufe konnten exemplarisch förderliche Bedingungen für Ko-Konstruktionsprozesse aufgezeigt werden. Trotz der aufwendigen Methode wurde dabei auch die Bedeutung einer aktiven Lenkung der Lehrkraft, die Fähigkeit zur Diagnose und zum situationsgerechten Scaffolding deutlich. Dabei steht das Verhandeln von verschiedenen Vorstellungen im Mittelpunkt, die auf diese Weise zum Lernmittel für die gesamte Gruppe werden. Diese Erkenntnisse sind Ausgangspunkt für eine weiterführende technologiebasierte Entwicklung der Peer-Interaction-Methode.

Weiterführende Informationen

Die hier angesprochene Methode des Peer-Interaction wird aktuell in eine digitale Lernumgebung in Form eines Plug-Ins für das LMS Moodle (bzw. in Bayern für MEBIS) überführt.

Über die Autorin und die Autoren

- **Sascha Schanze** ist Professor für Didaktik der Chemie an der Leibniz Universität Hannover. Zu seinen Forschungsschwerpunkten gehören die Nutzung digitaler Werkzeuge in naturwissenschaftlichen Lehr- und Lernprozessen, das forschende Lernen und kollaborative Lernformen. Er ist seit 2016 Senior Fellow im Kolleg Didaktik:digital der Joachim Herz Stiftung.
- **Jorge Groß** ist Biologie- und Chemielehrer, Biologe und Kommunikationswirt. Seit 2012 ist er Professor für Didaktik der Naturwissenschaften und Direktor des Instituts für Erforschung und Entwicklung fachbezogenen Unterrichts an der Universität Bamberg. Als Senior Fellow der Joachim Herz Stiftung, Schulbuchautor und Leiter der „Digitalisierung in der Lehramtsbildung“ berät er viele Bildungsprojekte.
- **Sarah Hundertmark** ist promovierte wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Didaktik der Chemie an der Leibniz Universität Hannover. Zur ihren Forschungsschwerpunkten gehören die Entwicklung von Lernendenvorstellungen in diskursiven, kollaborativen Lernsettings, dies auch durch Unterstützung digitaler Werkzeuge.

Literatur

Schanze, S., & Busse, M., (2015). Peer-Interaction – Förderung des Konzeptverständnisses durch ein kollaboratives Aufgabenformat. *Unterricht Chemie, 149,* 26-34.

Fendt, T. (2019). *Schülervorstellungen im Zentrum des Unterrichtsgespräches: Ko-konstruktive Lernprozesse im Chemieunterricht.* Bamberg: University of Bamberg Press.

▼ Emanuel Nestler, Carolin Retzlaff-Fürst

Digitale Kompetenzen in Praxisphasen fördern – gemeinsame Qualifizierung von Studierenden und Lehrenden

Digitale Basiskompetenzen in Praxisphasen zu fördern, ist eine Herausforderung, der sich Fachdidaktiken stellen müssen. Die Fachdidaktik Biologie der Universität Rostock ist verantwortlich für die biologiedidaktische Ausbildung der Lehramtsstudierenden und im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung auch für die Weiterbildung der Mentorinnen und Mentoren, die die Studierenden im Rahmen der schulpraktischen Übungen (= Praxisphase im Studium) betreuen. Im hier vorgestellten Projekt wurde eine gemeinsame Qualifizierung von Mentorinnen bzw. Mentoren und Studierenden im Kontext digitaler Basiskompetenzen konzipiert und durchgeführt.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der Universität Rostock
- Fach: Biologie
- Schulpraktische Übungen, 5. oder 6. Semester, schulische Praxisphase, Pflichtveranstaltung
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: 7 Gruppen mit jeweils 3 bis 5 Studierenden, jede Gruppe begleitet durch einen Mentor oder eine Mentorin

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Die Studierenden sowie die Mentorinnen und Mentoren benötigen kein spezifisches Vorwissen, da die Veranstaltung gerade darauf abzielt, die Basiskompetenzen auszubilden. Die Heterogenität der Erfahrungen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Lehrveranstaltung wird aber im Seminar aufgenommen, sodass eine gemeinsame Kompetenzentwicklung erfolgt.

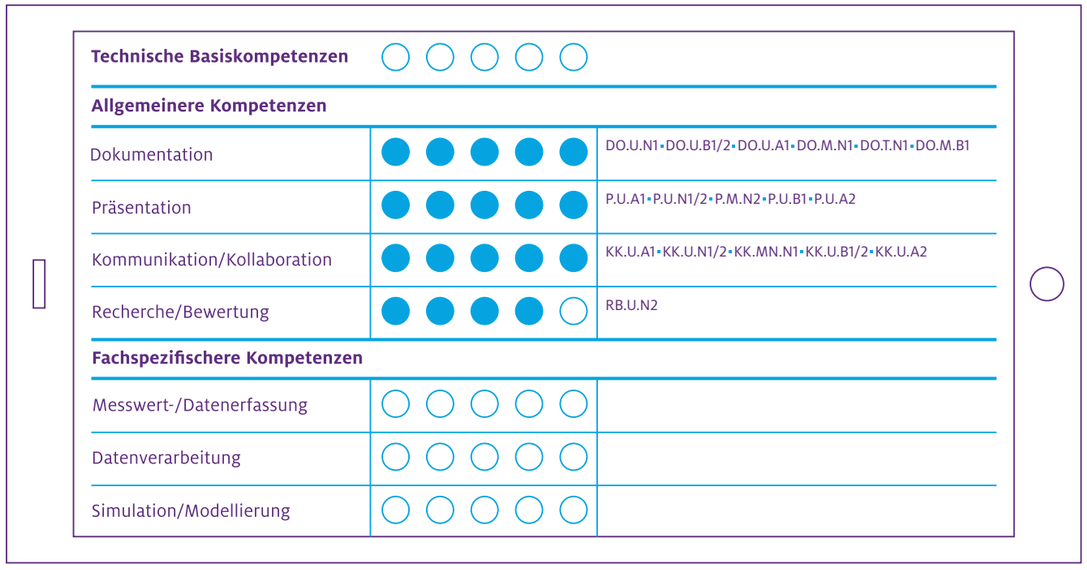
Praktische Tipps zur Durchführung

Das Lehrvorhaben sollte in Räumlichkeiten durchgeführt werden, die die Möglichkeit zur Arbeit in Kleingruppen bieten. Da jeweils eine Mentorin oder ein Mentor mit drei bis fünf Studierenden arbeitet, ist das parallele Arbeiten in mehreren Räumen empfehlenswert. Für die Durchführung steht die APPsolut-Box Biologie zur Verfügung, eine Broschüre zur Vorstellung einer Vielzahl an möglichen Tools. Wichtig ist, die benötigten Tools im Vorfeld auf den Tabelts zu installieren. Dadurch wird das direkte Ausprobieren der Tools durch die Teilnehmenden ermöglicht.

Materialliste:

- APPsolut-Box zur Übersicht über digitale Tools: www.biodidaktik.uni-rostock.de
- Tablets
- weitere (biologie-spezifische) Unterrichtsmedien als anregende Lernumgebung

Einordnung des Lehrprojektes



▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Die Weiterbildung für die Mentorinnen und Mentoren wurde ausgehend von den angestrebten Kompetenzen der Studierenden im Bereich PCK und TPCK (Koehler & Mishra, 2009) geplant. Dem Konzept des gegenstandsbezogenen Mentorings (Nestler & Retzlaff-Fürst, eingereicht) folgend, wurde die Qualifizierung zudem mit dem Ziel einer stärkeren Förderung der Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (Mayer, 2013) verknüpft. Demzufolge wurde auch in den Praxisphasen der Lehramtsstudierenden und der Qualifizierung der Mentorinnen und Mentoren die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung als ein Gegenstand aufgenommen.

Die Praxisphase „Schulpraktischen Übungen“ wird von jeweils einer Mentorin oder einem Mentor (meistens eine Lehrerin oder ein Lehrer an einer Schule) mit drei bis fünf Studierenden durchgeführt. Semesterbegleitend unterrichten die Studierenden abwechselnd eine Unterrichtsstunde pro Woche.

Dafür wurden zwei Qualifizierungstage für Mentorinnen und Mentoren angeboten. An einem dritten Tag wurden Mentorinnen und Mentoren sowie Mentees gemeinsam zu dem Thema Mikroskopie und weiteren naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen fortgebildet. In dieser Lehrveranstaltung erläuterten die Mentorinnen und Mentoren zuerst die schulische Ausstattung für das Mikroskopieren. Anschließend wurde an fachlichen Stationen mikroskopiert. In der anschließenden Reflexion wurden die Hürden und Potenziale des naturwissenschaftlichen Arbeitens für die kommende Praxisphase, die Verbindung zu Ausbildungsgegenständen und die Rolle und Einstellungen von Lehrerinnen und Lehrern für guten Biologieunterricht diskutiert. In einem letzten Schritt leiteten die Mentorinnen bzw. Mentoren und Mentees konkrete Handlungsschritte für die Gestaltung der „Schulpraktischen Übungen“ ab.

Anschließend planten die Mentees gemeinsam mit den Mentorinnen und Mentoren die Unterrichtseinheit für die folgende Praxisphase. Die Handlungsschritte aus den Veranstaltungen zur naturwissenschaftlich-biologischen Erkenntnisgewinnung sollten diese Phase mitprägen. Digitale Tools wurden erst nach der ersten groben Planung als ein Schwerpunkt einbezogen. Die Mentorinnen und Mentoren stellten zunächst die Anforderungen der Praxisphase und die schulischen Bedingungen vor. Anschließend wurden Schwerpunkte für die „Schulpraktischen Übungen“ und einzelne Unterrichtsstunden der Mentee gesetzt. Dadurch wurde ein unterrichtspraktischer Rahmen für das folgende Stationslernen zu den digitalen Medien gesetzt. Die Stationen wurden mit der APPsolut-Box geplant. Dabei

werden ausgehend von einer Person, die vor einer spezifischen Unterrichtsherausforderung steht, erste Schritte mit dem Tool, die Lösung dieser Herausforderung und die zu entwickelnden Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler vorgestellt. Die Mentorinnen und Mentoren sowie die Mentees testeten die Tools, überlegten vor dem Hintergrund der schulischen Begebenheiten, welche Tools einsetzbar sind und trafen in der Folge gemeinsame Entscheidungen. Begleitet wurde die gemeinsame Unterrichtsplanung durch die Biologiedidaktikerinnen und -didaktiker. Da die Praxisphasen in den Klassenstufen von fünf bis elf stattfanden und die schulische Ausstattung so vielfältig ist, wurde ein System gesucht, welches für die konkrete Praxis und mit Bezug zu fachdidaktischen Schwerpunkten, wie der naturwissenschaftlich-biologischen Erkenntnisgewinnung, die Einbindung digitaler Tools und in der Folge eine Kompetenzentwicklung der Studierenden fördert.

In der semesterbegleitenden Praxisphase wurde eine Unterstützung durch eine als Open Space konzipierte freiwillige Innovationswerkstatt angeboten, sodass Mentorinnen und Mentoren sowie Mentees Rückfragen zur Unterrichtsplanung und zum Einsatz digitaler Tools stellen konnten.

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Ausbildung digitaler Basiskompetenzen kann nur verknüpft über Theorie und Praxis erfolgen. Das gemeinsame Lernen der Mentorinnen und Mentoren, Mentees und Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker bietet die Möglichkeit des Kennenlernens vor der Praxisphase. In einer Atmosphäre ohne Zeitdruck der anstehenden nächsten Unterrichtsstunde für die Mentorinnen und Mentoren oder der nächsten Lehrveranstaltung für die Mentees kann gemeinsam besser gelernt werden. Neue Erkenntnisse zur Mikroskopie, zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und zum Einsatz digitaler Tools bieten vielfältige Gesprächsanlässe vor der eigentlichen Praxisphase. Insgesamt kann dadurch eine persönliche Beziehung aufgebaut werden, bevor spezifische Diskussionen um Unterrichtsplanung und -durchführung stattfinden.

Die Innovationswerkstatt wurde insbesondere dann genutzt, wenn es ein spezifisches Problem gab. Eine Community, die auf eine gemeinsame Entwicklung der Kompetenzen und den innovativen Einsatz digitaler Tools zielt, muss sich noch entwickeln. Insofern wird die Innovationswerkstatt weitergeführt und stärker in die Qualifizierung und Ausbildung eingebunden.

Die APPsolut-Box wird mittlerweile in vielen Kontexten genutzt und eignet sich besonders für das erste Kennenlernen der Tools. Spezifische fachdidaktische Nutzungsmöglichkeiten zum Beispiel für Mikroskopie, das Bestimmen und das kollaborative Arbeiten werden derzeit entwickelt.

◂ **Abb. 2** APPsolut-Box der Universität Rostock zur Übersicht über digitale Tools für den Unterricht

Weiterführende Informationen

APPsolut-Box zur Übersicht über digitale Tools:
▾ **www.biodidaktik.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/Alle_MNF/Bio_Didaktik/APPsolut-Box_190805.pdf**

Artikel zur gegenstandsbezogenen Qualifizierung von Mentorinnen und Mentoren: Nestler, E., & Retzlaff-Fürst, C., (2020, eingereicht)

Über die Autorin und den Autor

▸ **Emanuel Nestler** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Fachdidaktik Biologie der Universität Rostock. Er beschäftigt sich im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung mit der Qualifizierung von Mentorinnen und Mentoren. Dabei stehen Unterrichtsinnovationen im Bereich der Erkenntnisgewinnung und des digitalen Lernens im Fokus. Zugleich nutzt er vielfältige digitale Tools im naturwissenschaftlich geprägten Projektunterricht am Erasmus-Gymnasium Rostock.

▸ **Carolin Retzlaff-Fürst** ist Professorin für Fachdidaktik Biologie an der Universität Rostock mit dem Schwerpunkt des Lernens an außerschulischen Lernorten, z. B. Schulgarten. Als Direktorin des landesweiten Zentrums für Lehrerbildung und Bildungsforschung, Projektleiterin des Projektes LEHREN in M-V und Projektteilbereichsleiterin Mentor(inn)enqualifizierung setzt sie sich für die Verbindung der Ausbildungsinstitutionen Schule und Universität ein. Digitales Lernen ist ein Schwerpunkt, der dabei im Fokus steht.

Literatur

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is Technological Pedagogical Content Knowledge?. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(1), 60-70.

Mayer, J. (2013). Erkenntnisse mit naturwissenschaftlichen Methoden gewinnen. In H. Gropengießer, U. Harms, & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 56-61). Hallbergmoos: Aulis.

Nestler, E., & Retzlaff-Fürst, C. (eingereicht). Qualifizierung von Mentor*innen zur Unterstützung der Reflexion von fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Konzepten in Praxisphasen am Beispiel des Faches Biologie im Bereich Erkenntnisgewinnung.

▼ Jürgen Paul, Jorge Groß

Entwicklung des digitalen Lernspiels zur Nachhaltigkeit DiLeNa

Im Rahmen des Lehrprojekts entstand das digitale Lernspiel für Nachhaltigkeit „DiLeNa“. Das Konzept hierzu wurde von Lehramtsstudierenden der Naturwissenschaften in einem Seminar erarbeitet und anschließend von einem professionellen Spieleentwickler programmiert und umgesetzt. Das fertige Spiel wurde im Unterricht in Grundschulen evaluiert und daraufhin für den Einsatz in der Unterrichtspraxis veröffentlicht.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der Universität Bamberg
- Fächer: Biologie, Sachunterricht, andere Naturwissenschaften
- Wahlpflichtseminar für Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften (ab 3. Semester)
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: 8 bis 20

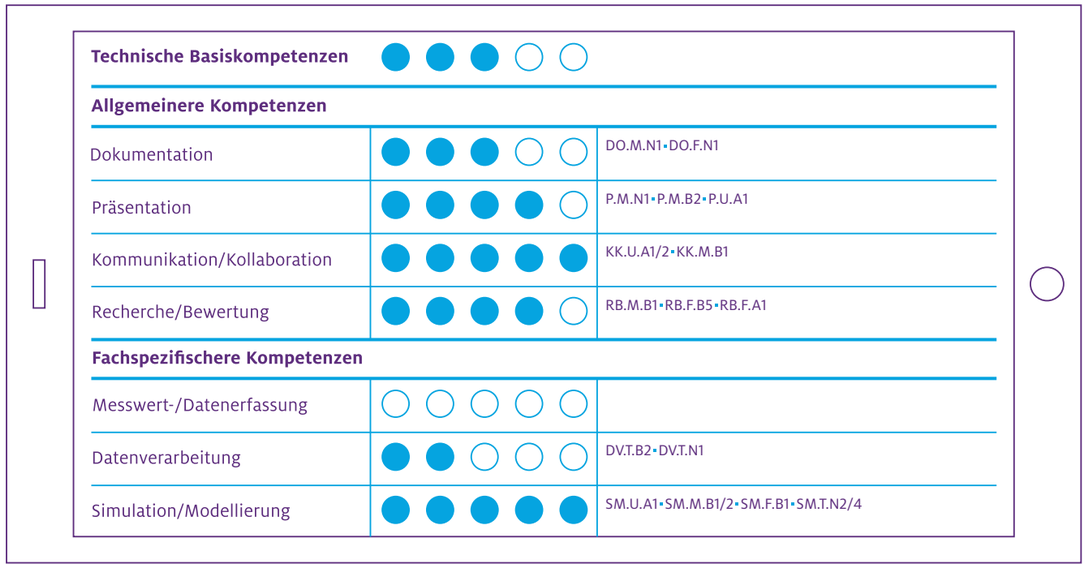
Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Die Studierenden sollten die jeweiligen Basisveranstaltungen ihres Studiengangs sowohl in den Fachwissenschaften als auch in der Fachdidaktik (z. B. Medien, didaktische Rekonstruktion) bereits besucht haben. Dieses Vorwissen sowie ein naturwissenschaftliches Grundverständnis benötigen sie, um erstens die Zusammenhänge nachhaltigen Handelns verstehen und beurteilen zu können (z. B. Recycling und Kreislaufwirtschaft, nachhaltige Herstellung von Lebensmitteln) und um zweitens die fachdidaktischen Herausforderungen zum unterrichtlichen Einsatz von digitalen Lernspielen in der Schule nachvollziehen und abschätzen zu können.

Praktische Tipps zur Durchführung

Im Idealfall sollte für jeden Studierenden ein digitales Endgerät zur Verfügung stehen (alternativ zu zweit ein Gerät). Windowsbasierte Tablets oder Laptops haben sich für die Arbeiten bewährt. Die Lehrveranstaltung wurde von einer einzelnen Lehrperson begleitet, studentische Hilfskräfte werden nicht benötigt. Der Raum sollte mit mobilen Tischen für flexibel gestaltete Gruppenarbeiten sowie mit üblicher Präsentationstechnik ausgestattet sein.

Einordnung des Lehrprojektes



▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Mit der UN-Dekade „Bildung für eine nachhaltige Entwicklung“ (BNE) von 2005 bis 2014 hatten sich die Vereinten Nationen dazu verpflichtet, die Prinzipien der Nachhaltigkeit in ihren Bildungssystemen zu verankern. BNE ist nach wie vor ein sehr bedeutsames Thema für die Fachdidaktiken der Naturwissenschaften. Noch immer sind der Umgang mit dem komplexen Thema, die damit verbundenen methodischen Anforderungen und die möglichen Kooperationen den Lehrkräften noch nicht ausreichend vertraut (z. B. Groß, Lude & Menzel, 2009; Lindemann-Matthies & Knecht, 2011). Verschiedenste Studien stellen immer wieder fest, dass der Einfluss schulischer Umwelterziehung auf das Umwelthandeln nur gering ist (z. B. Olsson, Gericke, & Chang Rundgren, 2016). Da Umwelthandeln am ehesten durch handlungsorientierte Lern- und Arbeitsprozesse initiiert werden kann, müssen Handlungs- und Erfahrungsorientierung im schulischen Bereich Priorität erlangen (Unterbruner, 2013). Die grundlegende Idee des hier vorgestellten Projekts ist, diese Handlungs- und Erfahrungsorientierung mit der Affinität vieler junger Menschen zu digitalen Medien und mit dem Konzept der Nachhaltigkeit zu verknüpfen.

Digitale Medien haben mittlerweile einen festen Platz in der Bildungslandschaft. Dennoch besteht noch immer ein erheblicher Gestaltungsbedarf für erfolgreiche Lehr-Lern-Umgebungen mit digitalen Medien (Arnold, Kilian, Thillosen, & Zimmer, 2015). Zur Wirksamkeit digitaler Medien im Unterricht existieren inzwischen zahlreiche empirische Befunde (Herzig, 2014; Meßinger-Koppelt, Schanze & Groß 2017). Die steigende Zahl der Veröffentlichungen über Forschungsprojekte zu digitalen Lernspielen zeigt zudem, dass sich hier ein Bereich mit großen Potenzialen sowohl für die fachdidaktische Forschung und Lehre als auch für die Schulpraxis entwickelt (Connolly et al., 2012; Kapp, 2012; Schaal, Otto, & Lude, 2018). Erste Erfahrungen mit Konzepten, welche digitale Lernspiele in den Schulunterricht integrieren, existieren bereits (z. B. Lindner & Neubert, 2016).

Kernelement des hier vorgestellten Lehrprojekts war ein Wahlpflichtseminar (2 SWS) für Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften mit dem Titel „Digitale Lernspiele für Nachhaltigkeit“. Das Seminar gliederte sich in drei Abschnitte. Im ersten Abschnitt wurden die Grundlagen zu BNE und zur Nachhaltigkeit vermittelt. Abschluss war ein Rollenspiel, bei dem eine Gemeinderatssitzung nachempfunden wurde. Der zweite Abschnitt handelte von digitalen Lernspielen. Nach einer Einführung recherchierten, testeten und beurteilten die Studierenden arbeitsteilig verschiedene Lernspiele und stellten sich diese daraufhin gegenseitig vor. Im letzten Abschnitt erarbeiteten die

Studierenden in Gruppen von fünf bis sieben Personen Konzepte für ein eigenes digitales Lernspiel zum Thema Nachhaltigkeit. Abschließend wurde sich auf ein gemeinsames Konzept geeinigt.

Das Spielkonzept wurde im Austausch mit Informatik-Studierenden hinsichtlich der Usability des Spiels überarbeitet und dann an einen externen Partner, den etablierten Spieleentwickler „upjers GmbH“, zur Umsetzung übergeben.

Das daraus entstandene fertige Lernspiel „DiLeNa“ (Abb. 2) wurde im folgenden Semester von den beteiligten Lehramtsstudierenden im Rahmen ihres Schulpraktikums im unterrichtlichen Einsatz erprobt (z. B. in Bezug auf Lehrplanpassung, Adressatengerechtheit, Lernwirksamkeit). Die Lernprozesse der beteiligten Studierenden sowie der Schülerinnen und Schüler, die mit dem Lernspiel im Unterricht gearbeitet hatten, wurden wissenschaftlich begleitet.

▲ **Abb. 2** Hauptbildschirm des digitalen Lernspiels „DiLeNa“ (für 3./4. Klasse, Grundschule)

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Wesentliches Ergebnis des hier vorgestellten Lehrprojekts ist das digitale Lernspiel „DiLeNa“, welches eine nachhaltige Ernährung in den Mittelpunkt der Handlungen stellt (Abb. 2). Zielgruppe dieses Spiels sind Schülerinnen und Schüler der dritten und vierten Klasse in der Grundschule. Im Spiel lädt Großtante Lilly die spielende Person über die Sommerferien zu sich ein. Nach dem Tutorial gilt es dann, im Laden Nahrungsmittel einzukaufen, Gemüse zu pflanzen oder den Müll zu sortieren. Anhand der Anzeigen „Wohlbefinden“, „Umwelt“, „Gemeinschaft“ und „Wirtschaft“ wird laufend Rückmeldung gegeben. Nach jedem Level-Aufstieg kann in einem Quiz zusätzliches Haushaltsgeld verdient werden. Am Ende folgt eine Schlussauswertung.

Dass aus dem im Seminar entwickelten Konzept ein echtes Lernspiel entsteht, ist natürlich ein seltenes Ereignis. Entscheidend für die gefundenen Lernprozesse bei den Studierenden war aber die intensive Auseinandersetzung mit der Thematik während der Erarbeitung des Spielkonzepts. Es ist für den Lernerfolg also nicht zwingend notwendig, das eigene Lernspiel auch in die Realität umzusetzen, womit das Lehrprojekt problemlos duplizierbar wird. Stellvertretend für das eigens konzipierte Lernspiel können dann im Schulpraktikum bereits vorhandene Lernspiele zum Einsatz kommen. Die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler, die mit DiLeNa arbeiteten, sind auf zwei wesentliche Elemente im Lernspiel zurückzuführen (Paul, Larsen, & Groß, 2019):

1. Das Spiel zeigte, dass Handlungen meist sowohl ökologische, ökonomische als auch soziale Auswirkungen haben.

2. Das Spiel gab auf die getätigten (virtuellen) Handlungen ein unmittelbares Feedback.

Weiterführende Informationen

Kostenloser Download des Lernspiels „DiLeNa“ (für Windows-PC):
▾ **https://www.uni-bamberg.de/nawididaktik/lernspiel-dilena/**

Über die Autoren

▸ **Jürgen Paul** war über zehn Jahre lang Lehrer für Biologie und Chemie am Gymnasium Höchstadt. Seit 2013 lehrt und forscht er in der Didaktik der Naturwissenschaften an der Universität Bamberg. Er ist Sprecher der bayerischen Chemiedidaktiker und Leiter des Bereichs „Lebenslanges Lernen und Transfer“ des Zentrums für Lehrerinnen- und Lehrerbildung in Bamberg.

▸ **Jorge Groß** ist Biologie- und Chemielehrer, Biologe und Kommunikationswirt. Seit 2012 ist er Professor für Didaktik der Naturwissenschaften und Direktor des Instituts für Erforschung und Entwicklung fachbezogenen Unterrichts an der Universität Bamberg. Als Senior-Fellow der Joachim Herz Stiftung, Schulbuchautor und Leiter des Arbeitskreises „Digitalität und Biologiedidaktik“ im FDdB berät er viele Bildungsprojekte.

Literatur

Arnold, P., Kilian, L., Thillosen, A., & Zimmer, G. (2015). *Handbuch E-Learning: Lehren und Lernen mit digitalen Medien.* Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.

Connolly, T. M., Boyle, E. A., MacArthur, E., Hainey, T., & Boyle, J. M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education, 59*(2), 661-686.

Groß, J., Lude, A., & Menzel, S. (2009). BNE und Biologische Vielfalt im schulischen und außerschulischen Kontext – Curriculare Vorgaben, Verständnis und Umsetzung. *Natur und Landschaft, 3,* 108-112.

Herzig, B. (2014). *Wie wirksam sind digitale Medien im Unterricht?* Gütersloh: W. Bertelsmann Verlag.

Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education.* San Francisco, CA: Pfeiffer.

Lindemann-Matthies, P., & Knecht, S. (2011). Swiss elementary school teachers‘ attitudes towards forest education. *The Journal of Environmental Education, 42*(3), 152-167.

Lindner, M., & Neubert, P. (2016). LandYOUs – an online game in classroom teaching. In M. Rusek (Ed.): *Project-based education in Science education* (pp. 87-94). Prague: Charles University.

Meßinger-Koppelt, J., Schanze, S., & Groß, J. (2017). *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen – Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer.* Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Olsson, D., Gericke, N., & Chang Rundgren, S. N. (2016). The effect of implementation of education for sustainable development in Swedish compulsory schools–assessing pupils’ sustainability consciousness. *Environmental Education Research, 22*(2), 176-202.

Paul, J., Larsen, Y., & Groß, J. (2019). *Entwicklung und Evaluation des digitalen BNE-Lernspiels DiLeNa.* Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBio, Wien.

Schaal, S., Otto, S., & Lude, A. (2018). Game-related enjoyment or personal prerequisites – which is the crucial factor when using geogames to encourage adolescents to value local biodiversity. *International Journal of Science Education, Part B, 8*(3), 213-226.

Unterbruner, U. (2013). Umweltbildung. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 169-190). Hallbergmoos: Aulis Verlag.

▼ Jorge Groß, Jürgen Paul, Eva Ritter

Mit der App „ID-Logics“ mitteleuropäische Ameisen bestimmen

Basierend auf dem Projekt „ID-Logics“ wurde im Rahmen eines Lehrprojektes eine App zur Bestimmung von Ameisen entwickelt. Hierzu wurden zunächst Merkmale von Ameisen identifiziert, die Lernende ohne Hilfsmittel erkennen können. Darauf aufbauend wurden Vermittlungsversuche durchgeführt und Lernhürden während der Bestimmung identifiziert. Zur Überwindung der Lernhürden wurden professionelle Erklärvideos erstellt und die App im Anschluss publiziert.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der Universität Bamberg
- Fächer: Biologie, Sachunterricht
- Wahlpflichtseminar für Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften (ab 3. Semester)
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: 8 bis 20

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Die Studierenden sollten die jeweiligen Basisveranstaltungen sowohl im Fach Biologie als auch in der Fachdidaktik bereits besucht haben und grundlegende Kenntnisse im Umgang mit digitalen Medien besitzen (wie z. B. Installation und Einsatz von Apps, Umgang mit Tabellenkalkulationsprogrammen). Dieses Vorwissen benötigen die Studierenden, um verschiedenen Methoden der Artansprache entwickeln und beurteilen zu können. Fachliche und fachdidaktische Lernhürden müssen identifiziert und Strategien zum unterrichtlichen Einsatz von Bestimmungssystemen in der Schule entwickelt werden.

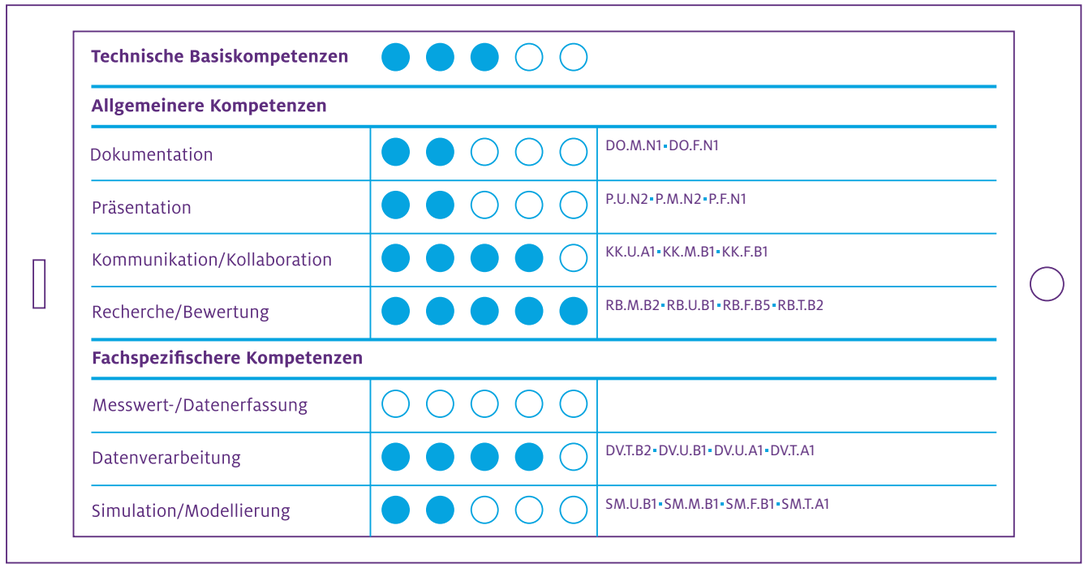
Praktische Tipps zur Durchführung

Für die Entwicklung und Verbesserung des Bestimmungsschlüssels benötigen die Lernenden eine Einweisung und einen Zugang zum Content-Management-Systems (CMS) der App „ID-Logics“. Hierzu sollte für Studierende für die Einzel- oder Partnerarbeit ein digitales Endgerät zur Verfügung stehen. Die Lehrveranstaltung wurde von einer einzelnen Lehrperson begleitet. Der Raum sollte für flexibel gestaltete Gruppenarbeiten sowie mit üblicher Präsentationstechnik (wie z. B. Beamer, AirPlay) ausgestattet sein.

Materialliste:

- digitale Endgeräte (je eines für zwei Personen)
- Ameisen unterschiedlicher Gattungen (ca. fünf bis zehn)
- Bestimmungsliteratur
- Binokulare (je 1 pro 2er-Gruppe)

Einordnung des Lehrprojektes



▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Seit Jahrzehnten ist der Bestand von Insekten und anderen Arten rückläufig und die negative Bestandsentwicklung setzt sich fort. Einher mit dieser Entwicklung des Artensterbens ist auch ein Rückgang an Personen zu verzeichnen, die sich mit der Bestimmung der verschiedenen Arten („Artenkenner“) und deren Schutz auskennen und diesen aktiv betreiben. Die Kenntnisse über Lebewesen sind aber der entscheidende Schlüssel zum Verständnis und zum Schutz der Natur. Doch trotz der großen gesellschaftlichen und ökologischen Bedeutung der biologischen Vielfalt geht dieses Wissen zusehends verloren. Ein Schritt, die Gesellschaft positiv zu verändern, ist das Konzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE), das auch in die Lehrpläne aller Schulen aufgenommen wurde (Unterbruner, 2013). Vor dem Hintergrund von BNE ist es Ziel des Projektes, den Prozess der Artbestimmung fachdidaktisch zu beleuchten und darauf aufbauend ein digitales Bestimmungssystem zu entwickeln, das geeignet ist, Lernenden gezielt Naturerfahrungen zu ermöglichen.

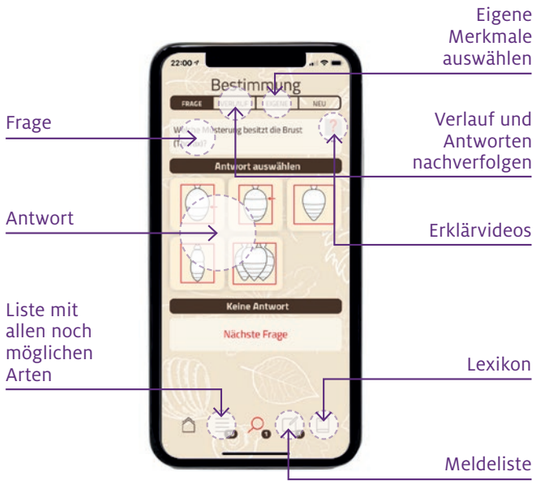
Obwohl für Lernende mobile Endgeräte ganz selbstverständlich zur Lebenswelt gehören, finden sie nur ganz allmählich Einzug in den Schulunterricht. Zugleich ist die Artbestimmung mithilfe dichotomer Bestimmungswerke für den Unterricht schwer einsetzbar. Genau an dieser Stelle setzt das Projekt „ID-Logics“ an, indem es die Affinität junger Menschen zu digitalen Medien mit der Möglichkeit der Artbestimmung verbindet.

Für die Realisation der Bestimmungsdatenbank stand das Wahlpflichtseminar „Digitale Medien“ (2 SWS) für Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften im Mittelpunkt. Um Studierende zur Mitarbeit zu befähigen, wurde das Seminar in folgende Teilabschnitte gegliedert: 1) Zunächst wurde der grundlegende Aufbau von Bestimmungsschlüsseln anhand verschiedener bestehender Beispiele thematisiert. 2) Im Anschluss wurde die App „ID-Logics“ mit dem dazugehörigen Content Management System (CMS) erläutert. 3) Chancen und Herausforderungen im Umgang mit der App wurden erörtert und kritisch reflektiert.

Hierzu wurden im Rahmen des Design-Based Research Ansatzes (u. a. Design-Based Research Collective, 2003) grundlegende Herausforderungen bei der Ameisenbestimmung identifiziert und die Wirkung der Innovation vor lerntheoretischem Hintergrund untersucht. Mit dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Gropengießer & Kattmann, 2009) liegt ein Entwicklungs- und Untersuchungsrahmen vor, der eine gleichberechtigte Berücksichtigung von Fach- und Alltagsvorstellungen erlaubt. Um unsere Lernangebote didaktisch strukturiert entwickeln zu können, wurden fachliche Termini sowie relevante wis-

senschaftliche Vorstellungen zur Biologie von Ameisen in Form von Interviews mit Schülern einer 7. und 8. Klasse geklärt. Diese wurden mit den Lernerpotenzialen in Beziehung gesetzt und so Lernbedingungen und Lernvoraussetzungen zur Bestimmung erfasst (vgl. Groß, Affeldt, & Stahl, 2019).

Die daraus entstandene App „ID-Logics“ mit dem Bestimmungsschlüssel für Ameisen (Abb. 2) wurde im folgenden Semester von Studierenden im unterrichtlichen Einsatz erprobt. Die Lernprozesse der beteiligten Schülerinnen und Schüler beim Arbeiten mit der App wurden mit Vermittlungsexperimenten erhoben und so wissenschaftlich begleitet. In diesen Vermittlungsexperimenten wurde insbesondere ermittelt, ob die zuvor entwickelten Bestimmungskategorien und die dazu angefertigten Zeichnungen der Merkmale von Schülerinnen und Schülern mit der App richtig erkannt wurden. Wo dies nicht der Fall war, wurden Zeichnungen oder Zuordnungen in der Bestimmungsdatenbank entsprechend geändert (Groß et al., 2020).



▲ **Abb. 2** Das Bestimmungsmodul mit seinen Funktionen in der App „ID-Logics“

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Insekten, insbesondere Ameisen, besitzen eine zentrale Rolle für Ökosysteme, sind aber nicht leicht zu bestimmen. Ergebnis des hier vorgestellten Lehrprojekts ist die Entwicklung eines Ameisenbestimmungssystems für die App „ID-Logics“ (Abb. 2). Bereits während der Entwicklung wurden Schülerinnen und Schüler, Studierende und Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus Naturschutzverbänden integriert. Mit dem Projekt wurde das Ziel verfolgt, Jugendliche über ihre Affinität zum Smartphone wieder gezielt in die Natur zu führen. Der entwickelte Bestimmungsschlüssel für Ameisen besitzt folgende Vorteile:

- Einfachheit: Die App kommt einfach zur gesuchten Art.
- Interaktivität: Die App berechnet jeweils die passende Frage und bietet dabei nur diejenigen Fragen oder Antworten an, die noch sinnvoll sind.
- Hilfestellungen: Die App bietet Unterstützung durch Erklärvideos an schwierigen Stellen an.
- Fehlertoleranz: Die App reagiert fehlertolerant, d. h. bei schwierigen fachlichen Fragen führt auch eine Fehlantwort nicht gleich zu falschen Ergebnissen.
- Nachvollziehbarkeit: Alle Schritte sind stets zurückverfolgbar und veränderbar.
- Vergleichbarkeit und Verifikation: Die App bietet durch Bilder und Texte Hilfen zur Überprüfung der gefundenen Art.
- Meldemöglichkeit: Die identifizierten Arten können mit Fotos und weiteren Informationen gespeichert und demnächst auch auf Portalen gemeldet werden.

Für den Einsatz in der Schule hat sich als wichtig erwiesen, dass die App keine Internetverbindung braucht und daher mobil mit in die Natur genommen werden kann.

Weiterführende Informationen

Weitere Projektinformationen:
▾ **www.id-logics.com**

App „ID-Logics“ für Android (erforderliche Android-Version 5 oder höher, kompatibel mit Android Tablets und Smartphones):
▾ **https://play.google.com/store/apps/details?id=de.initree.idlogics&hl=de**

App „ID-Logics“ für iOS (kompatibel mit iOS 9.0 oder neuer, kompatibel mit iPhone, iPad und iPod touch):
▾ **https://apps.apple.com/de/app/id-logics/id1309493227**

Über die Autorin und die Autoren

- **Jorge Groß** ist Biologie- und Chemielehrer, Biologe und Kommunikationswirt. Seit 2012 ist er Professor für Didaktik der Naturwissenschaften und Direktor des Instituts für Erforschung und Entwicklung fachbezogenen Unterrichts an der Universität Bamberg. Als Senior-Fellow der Joachim Herz Stiftung, Schulbuchautor und Leiter des Arbeitskreises „Digitalität und Biologiedidaktik“ im FDdB berät er viele Bildungsprojekte.
- **Jürgen Paul** war über zehn Jahre lang Lehrer für Biologie und Chemie am Gymnasium Höchstadt. Seit 2013 lehrt und forscht er in der Didaktik der Naturwissenschaften an der Universität Bamberg. Er ist Sprecher der bayerischen Chemiedidaktiker und Leiter des Bereichs „Lebenslanges Lernen und Transfer“ des Zentrums für Lehrerinnen- und Lehrerbildung in Bamberg.
- **Eva Ritter** ist Lehramtsstudentin an der Universität Bamberg mit fachlichem Schwerpunkt in der Didaktik der Biologie. Sowohl als studentische Hilfskraft in der Biologiedidaktik als auch im Rahmen ihrer Zulassungsarbeit hat sie das Projekt eng begleitet und mitentwickelt.

Literatur

Design-Based Research Collective (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher, 32*(1), 5-8.

Gropengießer, H., & Kattmann, U. (2009). Didaktische Rekonstruktion – Schritte auf dem Weg zu gutem Unterricht. In B. Moschner, R. Hinz & V. Wendt (Hrsg.), *Unterrichten professionalisieren. Schulentwicklung in der Praxis* (S. 159-164). Berlin: Cornelsen.

Groß, J., Affeldt, S., & Stahl, D. (2019). Find my Name! Evidence-based Development of an Interactive Species Identification Tool. In I. Eilks, S. Markic, & B. Ralle (Eds.), *Science education research and education for sustainable development* (S. 97-108). Aachen: Shaker Verlag

Groß, J., Langstein, J., Paul, J., & Ritter, E. (2020). Identification of Ants – development of the learner-oriented digital tool ID-Logics. *World Journal of Chemical Education, 8*(1), 21-28.

Unterbruner, U. (2013). Umweltbildung. In H. Gropengießer, U. Harms, & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 169-190). Hallbergmoos: Aulis Verlag.

▼ Marit Kastaun, Monique Meier

Freiland digital: Lehren und Lernen mit digitalen Werkzeugen an außerschulischen Lernorten

Mit digitalen Messsensoren die abiotischen Faktoren im Teich untersuchen oder mittels Videotechniken Biotope in der Nordsee erforschen – das Lehrvorhaben Freiland digital eröffnet Biologie-Lehramtsstudierenden Möglichkeiten zum praxisorientierten, digitalisierten Lehren und Lernen an außerschulischen Lernorten. Die Lehrkonzeption zielt auf die vernetzte Förderung von (umwelt-)biologischem Fachwissen (CK), technologischem Wissen (TK) und technologisch-pädagogischen Inhaltswissen (TPACK) mit der Schwerpunktsetzung im Freiland ab.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der Universität Kassel
- Fach: Didaktik der Biologie in Kooperation mit dem Fachgebiet Ökologie
- Fachdidaktische Vertiefung (Wahlpflichtmodul) ab dem 5./6. Semester
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: 15 bis 20

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Die Studierenden sollten Vorerfahrungen zur Planung und Durchführung von forschend angelegten Lehr-Lern-Prozessen mit Fokus auf die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung besitzen. Zudem sollte grundlegendes ökologisches Konzeptwissen, wie beispielsweise zu abiotischen und biotischen Faktoren in Biotopen und Ökosystemen vorhanden sein. Wünschenswert, aber nicht Eingangsvorausetzung sind technische Basiskompetenzen (u. a. Inbetriebnahme, Kamerafunktion und Dateiverwaltung auf dem digitalen Endgerät).

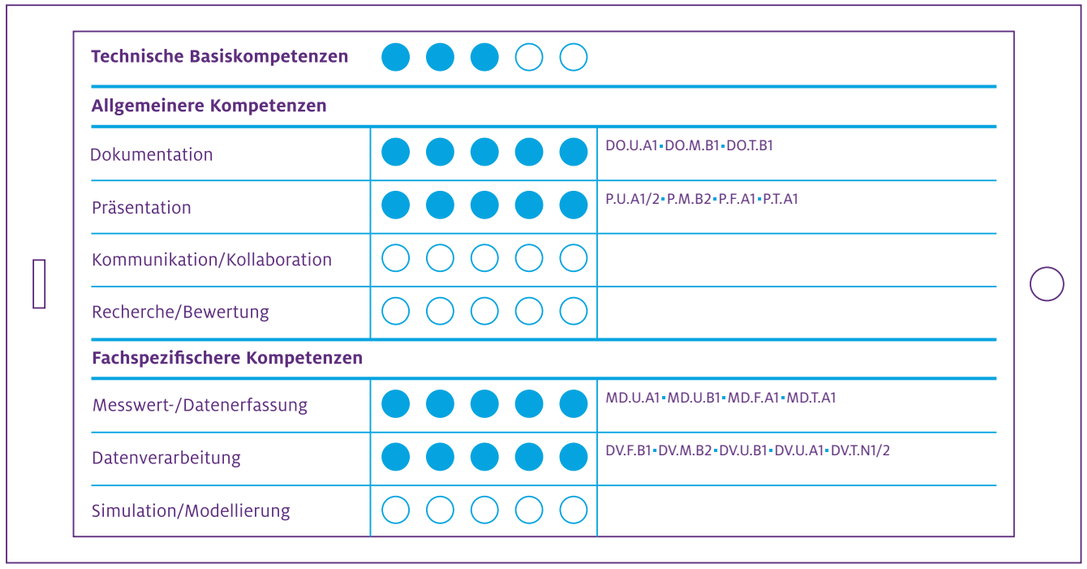
Praktische Tipps zur Durchführung

Das Lehrvorhaben ist praxisorientiert, offen angelegt und zum Teil sehr materialintensiv, wodurch sich eine Betreuung durch zwei leitende Dozierende und eine Hilfskraft empfiehlt. Insbesondere die Zusammenstellung der Materialien in der Vor- und Nachbereitung zu den Sitzungen ist zeitintensiv. Darüber hinaus werden Experten und Expertinnen zu freilandspezifischen Kontexten eingeladen, die den Studierenden ökologische Themen wie die Vegetationsaufnahme oder die Biodiversität des Ökosystems näherbringen.

Materialliste:

- digitale Endgeräte, wie z. B. Tablets in ausreichender Stückzahl
- diverse Apps zur Erstellung von Stop-Motion-Clips (z. B. Stop Motion Studio), zur Bearbeitung von Fotos und Videos (z. B. Skitch/SketchBook, iMovie), zur digitalen Dokumentation (z. B. BookCreator), zur Pflanzen- und Tierbestimmung (z. B. Flora Incognita, ID-Logics, Naturblick)
- digitale Messsensoren z. B. zur Sauerstoff-, Nitrat- und pH-Wert-Messung
- Material für Umweltanalysen, die je nach Bedarf für die individuellen studentischen Lehr--Lern-Settings zusammengestellt werden

Einordnung des Lehrprojektes



▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Das Lehrvorhaben Freiland digital zielt auf die vernetzte Förderung von Wissen und Fähigkeiten in Bereichen des Fachs, der Fachdidaktik und der Technologie zur Professionalisierung angehender Lehrkräfte ab, um fachliche, pädagogische-didaktische und technische Kompetenzen im praxisbezogenen Einsatz digitaler Medien zu fördern. Explizit werden in eine fachdidaktische Lehrveranstaltung fachliche Teilthemen über Kooperationen mit Fachexperten vertiefend integriert und um eine mediendidaktische Ebene erweitert (Integrationsmodell nach Mayer, Ziepprecht, & Meier, 2018). Im Rahmen des Lehrvorhabens wird ein Angebot aus verschiedenen Lerngelegenheiten geschaffen, deren Nutzung durch die Studierenden über die Entwicklung eigener Lehr-Lern-Settings ebenfalls Bestandteil des Seminars ist (in Anlehnung an das Angebots-Nutzungs-Modell, Helmke, 2014). Konzeptionell leitend sind die Gestaltung, Umsetzung und Evaluation von drei Lehr-Lern-Bausteinen, die das Angebot im Lehrvorhaben darstellen (siehe Abb. 3).

▲ **Abb. 2** Digitale Dokumentation und Messwerterfassung abiotischer und biotischer Faktoren im Freiland durch Schülerinnen und Schüler, angeleitet durch Studierende.

▲ **Abb. 3** Zentrale konzeptionelle Lehr-Lern-Bausteine und Ablauf des Lehrvorhabens

(Ökologisches) Fachwissen spezifizieren

Grundlegend für die Vernetzung von Fachdidaktik und Fachwissenschaft ist die gleichrangige Förderung beider Disziplinen in einer Veranstaltung. Im Zuge dessen werden zu ein bis zwei Terminen Fachexperten zu ökologiespezifischen Inhalten eingeladen, die mit den Studierenden an dem jeweiligen freilandbiologischen Standort (Dönche oder Hallig Langeneß) bspw. die Vogelwelt erkunden und bestimmen, Zeigerorganismen bestimmen und/oder eine Vegetationsaufnahme unter Einbezug pflanzensoziologischer Kenntnisse umsetzen. Ergänzend dazu analysieren die Studierenden unterschiedliche Ökosysteme (z. B. Teich oder Watt) über die vorherrschenden abiotischen und biotischen Faktoren (z. B. Nitrat- und Sauerstoffwerte, Organismen), auch unter Nutzung digitaler Messwertsysteme (über Sensoren).

Digitale Kompetenz aufbauen und/oder erweitern

In der Förderung digitaler Basiskompetenzen wird ein konstruktiver Einsatz digitaler Medien in Lehr-Lern-Prozessen durch die Studierenden anvisiert. In einem mediendidaktisch ausgerichteten Wochenendseminar werden Grundlagen zur Medienkompetenz, zur Medienfunktion und Mediengestaltung sowie zur technischen Implementation mit den Studierenden praktisch an ausgewählten digitalen Medien/Werkzeugen erarbeitet. Ausgehend von fachübergreifenden digitalen Techniken wird ein fachspezifischer Anwendungsbereich digital erschlossen. So werden bspw. fächerübergreifende Techniken für das digitale Dokumentieren und Visualisieren von Inhalten mittels unterschiedlicher, tabletgestützter Apps sowie fachspezifische digitale Werkzeuge, wie das technikgestützte Bestimmen oder die digitale Messwertwerterfassung, mittels im Endgerät integrierter Sensoren erläutert und angewendet.

Unterricht planen und durchführen

In der Verknüpfung der fachwissenschaftlichen Konzepte mit ihren technologischen Kompetenzen sind die Studierenden aufgefordert, freilandbiologische, digitalisierte Lehr-Lern-Settings zu entwickeln und durchzuführen. In Kleingruppen planen sie zu einem ausgewählten ökologischen Schwerpunkt, wie bspw. Nahrungsbeziehungen im Teich oder Zeigerpflanzen, unter Einbindung von digitalen Medien ein mehrstündiges, forschend angelegtes Lehr-Lern-Setting für Schülerinnen und Schüler der Mittel- oder Oberstufe und führen dieses im Freiland zweimal durch. Nach der Durchführung mit der ersten Schulklasse reflektieren die Studierenden über ihre hier vollzogenen Handlungen (Altrichter & Posch, 2007), um etwaige Probleme zu erörtern und fachdidaktische Verbesserungen vorzunehmen. Anschließend erfolgt eine zweite Durchführung mit Schülerinnen und Schülern sowie eine Abschlussreflexion.

▲ **Abb. 4** Die digitale Präsentation von Nahrungsbeziehungen in einem ausgewählten Ökosystem mittels der Erstellung von Stop-Motion-Videos.

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Das Lehrvorhaben wurde in einem ersten Durchgang 2016 konzipiert und bis zum Sommersemester 2019 sukzessiv überarbeitet und weiterentwickelt. Erfahrungen der ersten Durchläufe machten Hürden auf Seiten der Studierenden deutlich, die sich auf das hohe Anforderungsprofil in der Verknüpfung von Fach, Fachdidaktik und Technik zurückführen lassen. Im Vergleich zu den ersten Seminaren, in denen der zu erfüllende (Leistungs-)Rahmen für die Studierenden sehr eng definiert wurde, z. B. Vorgabe des Themas und der zu nutzenden digitalen Technik sowie Fokussierung auf naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung, hat sich eine offenere Gestaltung in den Folgeseminaren als effektiver gezeigt. Bei gegebenem Thema legen die Studierenden eigene Lehr-Lern-Ziele fest und wählen Methoden und Medien für ein forschend angelegtes Lehr-Lern-Setting entsprechend aus. Die Studierenden können hierbei ihr eigenes Lernpotenzial gezielter einbringen und individuell erweitern.

Ausgewählte Funktionen digitaler Medien im Freiland die u. a. der fachbezogenen Dokumentation, Visualisierung und Datenverarbeitung dienlich sind, konnten den Studierenden insbesondere durch die reale Durchführung mit Schülerinnen und Schülern vor Augen geführt werden: „Meine vorausgegangenen Befürchtungen, dass sich Lernende weniger mit der Natur […] beschäftigen, wenn sie mit digitalen Medien arbeiten, haben sich nicht bewahrheitet. Im Gegenteil, gut eingesetzt können digitale Medien im Freilandunterricht Schülerinnen und Schülern helfen, ihre Umwelt noch besser wahrzunehmen und diese Eindrücke auch festzuhalten.“ (Studentin, 10. Fachsemester, Abschlussreflexion, Sommersemester 2019)

Weiterführende Informationen

Projektbegleitend entstandener Film, der einen Einblick in das Lehrvorhaben gibt:
▾ **https://vimeo.com/250701827?ref=em-share**

Das diesem Beitrag zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des BMBF unter dem Förderkennzeichen 01JA1805 sowie der Deutschen Telekom Stiftung im Rahmen des Programms Fellowship Fachdidaktik MINT gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

Über die Autorinnen

▸ **Marit Kastaun** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Fachgebiet Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. In ihrem derzeitigen Promotionsprojekt untersucht sie die Nutzung und Wahrnehmung digital gestützter Lernunterstützungen integriert im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess.

▸ **Monique Meier** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin (Postdoc) im Fachgebiet Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. Sie leitet im Fachgebiet die AG „Digitales Lehren und Lernen im Biologieunterricht“ sowie das Lehr-Lern-Labor FLOX. Ihr aktueller Forschungsschwerpunkt liegt im Einsatz digitaler Medien in schulischen und hochschulischen Lehr--Lern-Prozessen.

Literatur

Altrichter, H., & Posch, P. (2007). *Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Helmke, A. (2014). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts.* Seelze: Klett-Kallmeyer.

Mayer, J., Ziepprecht, K., & Meier, M. (2018). Vernetzung fachlicher, fachdidaktischer und bildungswissenschaftlicher Studienelemente in der Lehrerbildung. In M. Meier, K. Ziepprecht, & J., Mayer (Hrsg.), *Lehrerausbildung in vernetzten Lernumgebungen* (S. 9-20). Münster: Waxmann.

▼ Daniela Mahler, Till Bruckermann

Welches Wissen benötigen Lehrkräfte zum Erstellen von Erklärvideos und wie wird es in die Lehrkräfteausbildung integriert?

Der Einsatz von Erklärvideos im naturwissenschaftlichen Unterricht bietet Potenziale für das Lernen naturwissenschaftlicher Konzepte. Neben der Vermittlung von Fakten zeigt sich, dass insbesondere die Vermittlung von Prozeduren (z. B. Pipettieren) durch Erklärvideos gewinnbringend unterstützt werden kann. Die vorgestellte Lehrveranstaltung hat zum Ziel, Lehramtsstudierenden im Fach Biologie technologiebezogenes fachdidaktisches Wissen zur Erstellung lernförderlicher Erklärvideos zu vermitteln.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt und durchgeführt am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in der Abteilung Didaktik der Biologie
- Fach: Biologie
- Vorlesung und Pflichtübung im Master of Education (Lehramt Biologie, 1. Semester)
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: 66 Studierende

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Die Studierenden benötigen Wissen über die allgemeinen fachdidaktischen Grundlagen (vor allem Grundlagen der Erkenntnisgewinnung, fachgemäßer Repräsentationseinsatz). Darüber hinaus sollen die Studierenden Kriterien lernförderlicher Erklärvideos benennen können. Dieses Wissen wird im Lehramtsstudium am Standort bisher nicht vermittelt, sodass dieses Vorwissen nicht vorausgesetzt werden kann. Aus diesem Grund ist der Übung, in der die Anwendung des Wissens zur Videoerstellung situiert ist, eine Vorlesung (90 Minuten) vorgeschaltet.

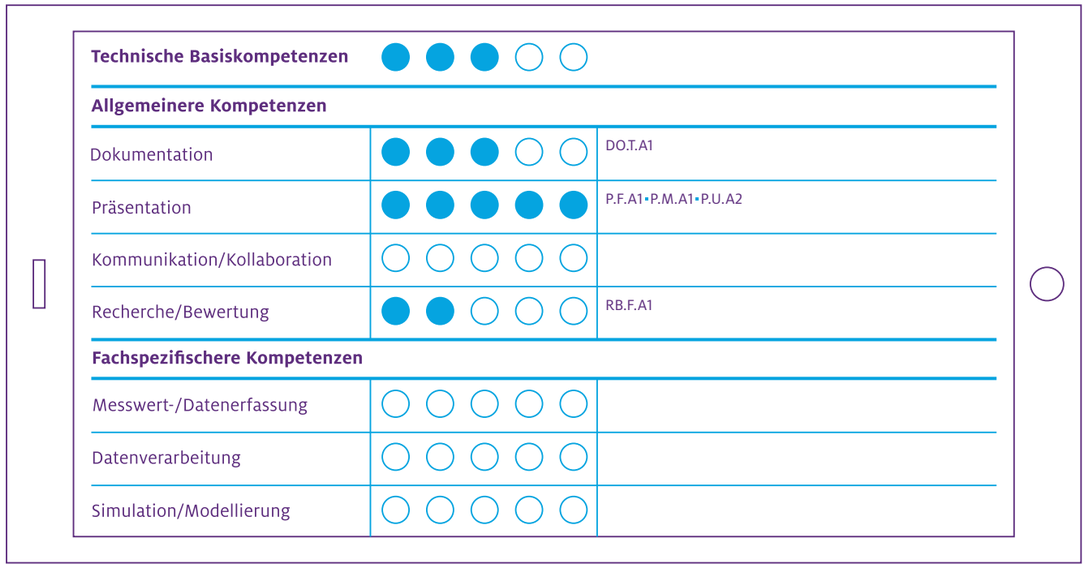
Praktische Tipps zur Durchführung

Damit die Studierenden sich mit der wissensbasierten Gestaltung des Videos (Anwendung der Kriterien) befassen können, ist erstens eine Unterstützung in allen technischen Belangen und zweitens eine deutliche Eingrenzung des (fachlichen) Themas notwendig (z. B. Beladen einer Gelkammer mit Mikropipette, Funktionsweise eines Restriktionsenzyms). Die benötigten Laborgeräte und -materialien werden vorgehalten. Darüber hinaus werden Requisiten je nach Art des Erklärvideos zur Verfügung gestellt (z. B. Materialien zur Erstellung abstrakter Repräsentationen). Eine Kurzanleitung zu den Grundfunktionen des verwendeten Gerätetyps (z. B. iMovie für iPads) erleichtert den Einstieg, sodass die Studierenden sich auf die gestalterische Umsetzung konzentrieren können. Eine studentische Hilfskraft kann weitere Unterstützung zur technischen Umsetzung an der Station zur Videoerstellung geben. Eine ruhige Umgebung (separater Raum) empfiehlt sich. Der Flur vor dem Kursraum ist keine Alternative.

Materialliste:

- ein Tablet mit Videobearbeitungssoftware (pro Gruppe)
- ein Stativ mit Halterung für Tablets (pro Gruppe)
- eine zusätzliche (mobile) Lichtquelle (pro Gruppe)
- ein Moderationskoffer (pro Gruppe)

Einordnung des Lehrprojektes



▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Die vorgestellte Lehrveranstaltung führt Lehramtsstudierende im Fach Biologie zur Anwendung technologiebezogenen fachdidaktischen Wissens bei der Erstellung lernförderlicher Erklärvideos. Erklärvideos zeigen, wie man eine bestimmte Handlung ausführt (z. B. das Pipettieren) oder wie etwas funktioniert (z. B. der Mechanismus eines Kugelschreibers). Es handelt sich bei Erklärvideos um eine didaktisch aufbereitete Form des Videos, das aber im Gegensatz zu einem Lehrfilm nicht professionell produziert wird (Wolf, 2015). Sie können entweder durch Lehrkräfte ausgewählt bzw. produziert und eingesetzt werden oder Schülerinnen und Schüler können in die Videoproduktion eingebunden werden. Im Fokus dieses Beitrags stehen durch Lehrkräfte produzierte Videos.

Der Einsatz eines Erklärvideos im Unterricht bietet Potenziale für das Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Videos, die zu den dynamischen Repräsentationen gehören (Ainsworth, 2006), unterstützen die mentale Vorstellungskraft der Schülerinnen und Schüler (Lowe & Schnotz, 2008). Neben dem Erwerb von Faktenwissen scheinen Erklärvideos vor allem dem Erwerb des Wissens über Prozeduren zuträglich zu sein (Höffler & Leutner, 2007). So können geeignete Erklärvideos im naturwissenschaftlichen Unterricht die Performanz sowie das sichere Arbeiten beim Experimentieren unterstützen (Towns et al., 2015). Ob Erklärvideos im Unterricht tatsächlich das Lernen unterstützen, hängt sowohl von der Qualität des Videos als auch der Qualität des Einsatzes ab. Sowohl die Beurteilung der Qualität eines Erklärvideos als auch der lernförderliche Videoeinsatz erfordern eine breite Wissensbasis seitens der Lehrkraft. Dieses Wissen wird als technologiebezogenes Professionswissen (TPACK) bezeichnet (Mishra & Koehler, 2006). Der Wissensbereich, der hier vor allem eine Rolle spielt, ist das technologiebezogene fachdidaktische Wissen (TPCK). Kern des vorgestellten Lehrvorhabens ist die Vermittlung des notwendigen TPCK zur Erstellung lernförderlicher Erklärvideos. Im Vordergrund stehen Kriterien multimedialer Instruktionsmaterialien, die ein lernförderliches Erklärvideo (über die fachliche Korrektheit hinaus) ausmachen (siehe Tab. 1).

Kriterien
Schematische bzw. realistische Darstellung: Während realistische Darstellungen den höchsten Grad der Realitätsnähe aufweisen und meist auf fotorealistischen Abbildungen beruhen, geben schematische Darstellungen Informationen in abstrakter und oft auf das Wesentliche reduzierter Form wieder.
Narration oder Text: Der dargestellte Sachverhalt wird zusätzlich durch einen Sprechertext (Narration) erläutert, sodass die Informationsentnahme aus den Abbildungen gelenkt wird. Wenn der Text gesprochen wird, muss die Aufmerksamkeit nicht gleichzeitig auf geschriebenen Text und Abbildungen gerichtet werden.
Sequenzierung: Durch Sequenzierung werden Erklärvideos in Sinnabschnitte unterteilt. Die Darbietungsreihenfolge der Sinnabschnitte kann innerhalb des Erklärvideos vorgegeben sein (systembestimmt) oder durch die Schülerinnen und Schüler selbst wählbar sein (selbstbestimmt, z. B. durch ein Inhaltsverzeichnis).
Praktische Anwendungen: Das Erklärvideo wird um Aufgaben ergänzt, die anhand des Erklärvideos bearbeitet werden. Erklärvideos sind lernförderlicher, wenn in ihrem Kontext weitere Aufgaben bearbeitet werden, da ansonsten Videos passiv konsumiert werden.

▲ **Tab. 1** Beispielhafte Kriterien von lernförderlichen Erklärvideos (z. B. Ainsworth, 2006; Höffler & Leutner, 2007; McElhaney et al., 2015)

Das Lehrvorhaben verbindet Phasen der Theorievermittlung (Vorlesung) mit der Anwendungspraxis (Übung). Im ersten Schritt wird notwendiges Wissen über die Kriterien lernförderlicher Erklärvideos und entsprechende Lehr-Lern-Kontexte in einer Vorlesungsveranstaltung (90 Minuten) vermittelt. In einem zweiten Schritt soll dieses Wissen im Rahmen einer Übung angewendet werden. Die Wissensanwendung zur Erstellung eines Erklärvideos ist in die Übung als eine Station integriert. In weiteren Stationen bearbeiten die Studierenden Aufgabenstellungen zur Unterrichtsplanung (z. B. Formulierung kognitiv aktivierender Aufgaben) anhand eines Skripts. Das Skript zu Erklärvideos enthält Aufgaben zur Planung, Erstellung und Reflexion eines Erklärvideos sowie die Kriterien als Gedankenstütze. In der Planung eines Erklärvideos ist das Storyboard zentral: Es beinhaltet die Entscheidungen für das fokussierte Lernziel, lernförderliche Visualisierungen (schematische bzw. realistische Darstellung), Sprechertexte sowie die logische Struktur des Erklärvideos mit den einzelnen Sinnabschnitten (Sequenzierung). Die Planung hat den größten Zeitanteil und ist die Grundlage für die Erstellung einer Videospur, das Schneiden und die anschließende Vertonung. Darüber hinaus können erstellte Videos auch im abteilungseigenen Schülerlabor eingesetzt, reflektiert und im Nachgang optimiert werden.

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Fokussierung auf ein eingegrenztes (fachliches) Thema nehmen die Studierenden als besonders hilfreich wahr. Des Weiteren wurde die Arbeit auf wenige Apps (Kamera-App, iMovie-App) begrenzt, sodass nur wenige technische Erläuterungen notwendig waren. Dadurch konzentrierte sich die Videoerstellung der Studierenden auf die Kriterien für lernwirksame Erklärvideos, um ihr technologiebezogenes fachdidaktisches Wissen zu fördern. Da bisher keine Fragebögen zur Messung von technologiebezogenem fachdidaktischem Wissen vorliegen, wurden die teilnehmenden Studierenden zu ihrem Selbstkonzept befragt: Hier wurde insbesondere hinreichendes Vorwissen zur technischen Handhabung, aber auch Schwierigkeiten bei der Integration von Erklärvideos in ein Unterrichtskonzept angesprochen. Die Motivation eigene Erklärvideos zu erstellen, betraf sowohl die Möglichkeit spezifische Inhalte zu fokussieren als auch die dauerhafte Verfügbarkeit eigener Erklärvideos im Vergleich zu Videos aus dem Internet (bei denen rechtliche Fragen ungeklärt bleiben). Aber auch die Möglichkeit zur Reflexion eigener Vorstellungen in den Erklärungen wurde genannt. Ein überwiegender Anteil der Studierenden konnte sich nach der Übung vorstellen, ein eigenes Erklärvideo zu produzieren oder auch die eigenen Schülerinnen und Schüler darin anzuleiten (Nutzungsintention).

Weiterführende Informationen

Projekthomepage:
▼ **www.ipn.uni-kiel.de/de/forschung/projektliste/visible**

Mahler, D., & Arnold, J. (2018). Wissen ist Macht! Das TPACK-Modell als Grundlage für Mediennutzung im Unterricht. *Unterricht Biologie, 431*(42), 46-48.

Über die Autorin und den Autor

▸ **Daniela Mahler** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin (Postdoc) am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in der Abteilung Didaktik der Biologie. Sie beschäftigt sich mit dem fachbezogenen Professionswissen angehender und praktizierender Biologielehrkräfte sowie digitalen Medien in Unterricht und Lehramtsausbildung.

▸ **Till Bruckermann** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter (Postdoc) am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in der Abteilung Didaktik der Biologie. Er beschäftigt sich mit Wissen und Fähigkeiten zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung in verschiedenen Altersgruppen sowie digitalen Medien zur Förderung von Lern- und Entwicklungsprozessen in der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung.

Literatur

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction, 16*(3), 183-198. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001

Höffler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction, 17*(6), 722-738. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.013

Lowe, R., & Schnotz, W. (2008). A unified view of learning from animated and static graphics. In R. Lowe & W. Schnotz (Eds.), *Learning with animation: Research implications for design* (S. 304-356). New York: Cambridge University Press.

McElhaney, K. W., Chang, H.-Y., Chiu, J. L., & Linn, M. C. (2015). Evidence for effective uses of dynamic visualisations in science curriculum materials. *Studies in Science Education, 51*(1), 49-85. https://doi.org/10.1080/03057267.2014.984506

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record, 108*(6), 1017-1054.

Towns, M., Harwood, C. J., Robertshaw, M. B., Fish, J., & O'Shea, K. (2015). The Digital Pipetting Badge: A Method To Improve Student Hands-On Laboratory Skills. *Journal of Chemical Education, 92*(12), 2038-2044. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00464

Wolf, K. D. (2015). Video-Tutorials und Erklärvideos als Gegenstand, Methode und Ziel der Medien- und Filmbildung. In A. Hartung, T. Ballhausen, C. Trültzsch-Wijnen, A. Barberi, K. Kaiser-Müller (Hrsg.), *Filmbildung im Wandel* (S. 121-131). Wien: New Academic Press.

▼ Markus Bergmann, Christine Florian, Angela Sandmann

Lehren und Lernen mit Erklärvideos im Lehr-Lern-Labor

Das vorgestellte Lehrprojekt umfasst eine zweiteilige Lehrveranstaltung für Lehramtsstudierende der Biologie. Dabei erhalten die Studierenden Einblicke in das Erstellen von Erklärvideos aus praktischer und lerntheoretischer Perspektive. Durch den Wechsel vom Lernenden zum Lehrenden findet eine intensive Auseinandersetzung mit Gestaltungsprinzipien, technischen Umsetzungsmöglichkeiten und Bedingungen für das erfolgreiche Lehren und Lernen mit Erklärvideos statt.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der Universität Duisburg-Essen
- Fach: Biologie
- Berufsfeldpraktikum mit Vorbereitungsseminar; Wahlpflichtmodul im Bachelor Lehramt Biologie im 4. oder 5. Semester
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: 25

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Die Studierenden benötigen kein technisches Vorwissen, um an der Veranstaltung erfolgreich teilnehmen zu können. Grundlegende fachliche Kenntnisse der biologischen Inhalte (u. a. PCR, Gelelektrophorese) sowie fachdidaktische Kenntnisse zu naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen werden vorausgesetzt.

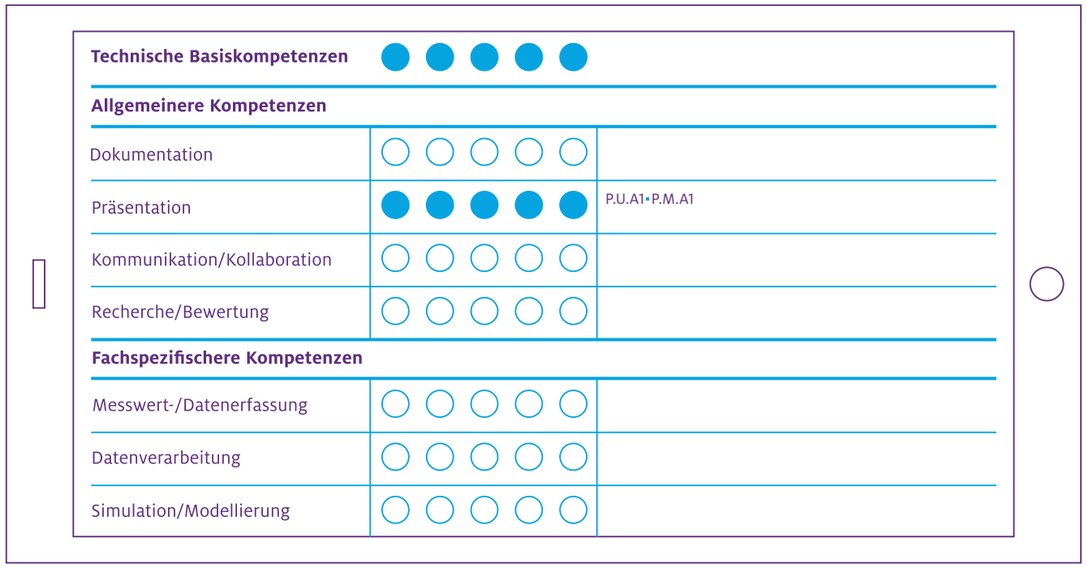
Praktische Tipps zur Durchführung

Es empfiehlt sich, die Gruppen zum Dreh der Videos auf mindestens zwei separate Räume aufzuteilen, um Hintergrundgeräusche zu minimieren. Die unten stehende Materialliste bezieht sich auf das Vorbereitungsseminar. Dieses kann von einer oder einem Dozierenden begleitet werden. Zur Visualisierung der Inhalte werden in Erklärvideos häufig Legebilder aus Papier oder Pappe verwendet. Sind Materialien wie die Legebilder einmal erstellt und laminiert, können diese für kommende Veranstaltungen wiederverwendet werden, um den Vorbereitungsaufwand gering zu halten. Die Menge und Auswahl der bereitgestellten Unterstützungsmaterialien kann zur Binnendifferenzierung genutzt und an die verfügbare Zeit angepasst werden.

Materialliste:

- Tablets
- Tablet-Halterungen
- Informationstexte für Inhalte
- Drehbuchvorlage
- Legebilder für Videos
- Beamer, Lautsprecher o. Ä. zum Abspielen der Videos

Einordnung des Lehrprojektes



▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Erklärvideos nehmen bei Jugendlichen einen hohen Stellenwert im freizeitlichen Nutzungsverhalten digitaler Medien ein (MPFS, 2018). Dieses Interesse kann für den Biologieunterricht genutzt werden. Lernende werden beim Erstellen der Videos zum Akteur und setzen sich intensiv mit den Fachinhalten auseinander. Durch das Erstellen eines Drehbuches kann zudem eine intensive Beschäftigung mit der Fachsprache angeregt werden, die im Fachunterricht nur selten stattfindet (Leisen, 2013). Auch die Prinzipien der kognitiven Theorie des multimedialen Lernens können auf Erklärvideos übertragen werden (Mayer, 2014). Nicht zuletzt können alle Lernenden während des vielschichtigen Erstellprozesses individuell zum Gelingen des Erklärvideos beitragen.

Um das Erstellen von Erklärvideos als Methode eines zeitgemäßen Biologieunterrichtes einsetzen zu können, benötigen Lehrende auch digitale Kompetenzen. Vor diesem Hintergrund wurde ein Lehrprojekt zum Lehren und Lernen mit Erklärvideos im Biologieunterricht entwickelt.

Lehramtsstudierende können im 4. oder 5. Semester des Bachelors das Modul „Berufsfeldpraktikum“ im Fach Biologie belegen. Dieses ist durch ein Vorbereitungsseminar und eine Praxisphase strukturiert. Die Praxisphase absolvieren die Studierenden im BIO-Innovativ Lehr-Lern-Labor, wo sie Schülerinnen und Schüler beim selbstständigen Experimentieren in Kleingruppen betreuen.

Vorbereitungsseminar

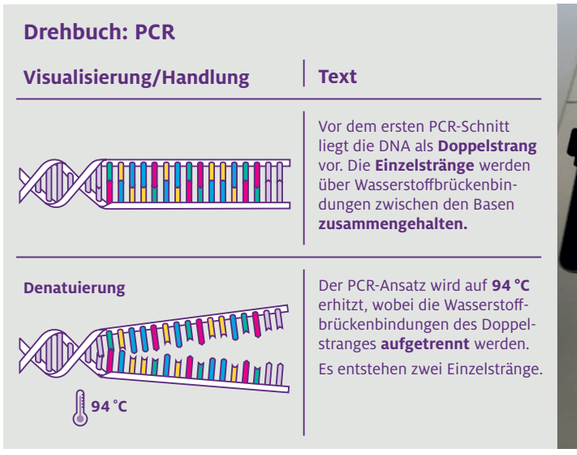
Das dargestellte Lehrprojekt dauert einen Tag im siebentägigen Vorbereitungsseminar. Der Ablauf basiert auf einem bewährten Konzept der Lehrerfortbildung „Erklärvideos im Biologieunterricht“ an der Universität Duisburg-Essen (vgl. Tab. 1).

Nach einem einführenden Kurzvortrag der oder des Dozierenden über lerntheoretische Grundlagen von Erklärvideos (z. B. Mayer, 2014) und daraus resultierende Gestaltungsprinzipien erarbeiten die Studierenden in 5er-Gruppen die Inhalte für die Videos, die auf verschiedene Experimentierangebote in der Praxisphase, wie biotechnologische Methoden, vorbereiten. Das Planen wird durch etablierte Schritte, wie das Erstellen eines Drehbuches (vgl. Abb. 2; Huwer, 2018), strukturiert und durch die Bereitstellung von Legebildern (vgl. Abb. 3; Meier & Kastaun, 2018) und Gestaltungsideen unterstützt. Das Video wird als One-Shot-Video von einem festen Stativ gedreht (vgl. Abb. 3). Bei größerem Zeitbudget kann dieser Schritt durch Nachbearbeitung und Schnitt der Videos mit Apps wie iMovie erweitert werden. Abschließend werden die Videos im Plenum

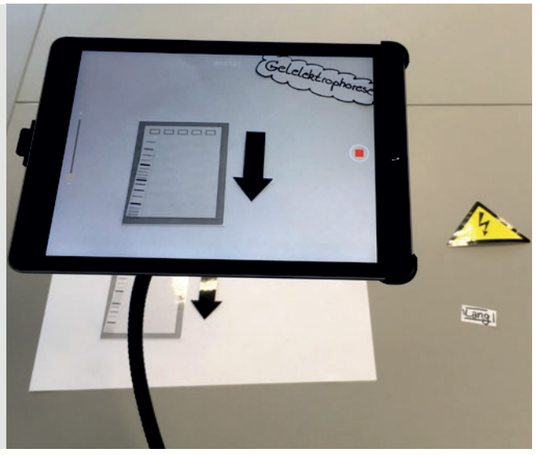
angeschaut und inhaltlich sowie methodisch diskutiert und reflektiert. Dabei werden als Vorbereitung auf die Praxisphase Aspekte herausgearbeitet, die für die Unterstützung von Schülerinnen und Schülern beim Erstellen von Erklärvideos von besonderer Bedeutung sind. Das Erstellen von Erklärvideos seitens der Schülerinnen und Schüler ist wiederum ein Teil des Angebotes für Schulklassen im BIO-Innovativ Lehr-Lern-Labor.

Ablauf	Berufsfeldpraktikum	
	Vorbereitungsseminar	Praxisphase
1. Erarbeitung der Inhalte	◆ Erstellung der Videos von Studierenden	◆ Erstellung der Videos von Schülerinnen und Schülern
2. Planen des Videos		
3. Drehen des Videos	◆ unterstützt von Dozierenden	◆ unterstützt von Studierenden
4. Evaluation des Videos		
5. Reflexion der Betreuung	◆ Studierende und Dozierende	◆ Studierende und Dozierende

▲ **Tab. 1** Erklärvideos erstellen im Berufsfeldpraktikum



▲ **Abb. 2** Drehbuch (Beispiel)



▲ **Abb. 3** Aufbau des Videodrehs

Praxisphase: Berufsfeldpraktikum

Nach dem Vorbereitungsseminar nehmen die Studierenden einen Rollenwechsel vom Lernenden zum Lehrenden vor. In der Praxisphase begleitet jeder Studierende zehn Experimentiertage im BIO-Innovativ Lehr-Lern-Labor. Im Rahmen des Angebotes unterstützen sie Kleingruppen von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I beim Experimentieren und Erstellen von Erklärvideos zu den Experimenten (vgl. Tab. 1). Die Schülerinnen und Schüler werden durch das Erstellen von Erklärvideos kognitiv aktiviert und setzen sich mit den fachlichen Konzepten intensiv auseinander. Die Studierenden bereiten eigenverantwortlich die technischen Geräte zum Gebrauch vor und begleiten die Schülerinnen und Schüler beim gesamten Prozess des Erstellens eines Erklärvideos. Auch die Präsentation der Videos wird in der Praxisphase von den Studierenden organisiert. Auf diese Weise können die Studierenden das im Vorbereitungsseminar Gelernte in einer authentischen Lehr-Lern-Situation anwenden.

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Auseinandersetzung mit Erklärvideos aus Lern- und Lehrperspektive ermöglicht den Studierenden praktische Erfahrungen und einen reflektierten Blick auf Potenziale und Herausforderungen im Umgang mit digitalen Präsentationsmedien. Dabei durchdenken die Studierenden die technischen Notwendigkeiten für deren Einsatz auf Grundlage ihrer eigenen Erfahrungen im Vorbereitungsseminar. Auf heikle Situationen während der Praxisphase wie den Tonausfall beim Abspielen von Videos oder den ungeübten Umgang mit dem Autofokus können sie mit zunehmender Übung gelassen reagieren. Ein selbstverständlicher Einbezug digitaler Medien in Lehr-Lern-Prozesse kann sich somit positiv auf die Einstellung und den Umgang mit diesen auswirken.

Der Einsatz von Erklärvideos als Lehr- und Lernmethode findet großen Zuspruch unter den Akteuren: „In der Theoriephase haben wir eigene Erklärvideos zu bestimmten Themen erstellt. Diese Methode finde ich sehr ansprechend und sie inspiriert mich dazu, sie in meine spätere Lehrtätigkeit einzubeziehen“, resümiert ein Studierender nach Ende des Berufsfeldpraktikums. Ein weiterer Studierender blickt in die Zukunft: „Ich denke, dass Erklärvideos für den späteren Beruf sicher nützlich sind.“

Auch Schülerinnen und Schüler bewerten den Experimentiertag positiv und würden gern wieder an ähnlichen Veranstaltungen teilnehmen.

Weiterführende Informationen

Weiterführende Informationen zum BIO-Innovativ Lehr-Lern-Labor:
▼ **www.uni-due.de/biologiedidaktik/lehr-lern-labor**

Danksagung:
Wir danken Sophia Mambrey, Franziska Ressing und Philipp Schmiemann für die Bereitstellung der Materialien zur Lehrerfortbildung: „Erklärvideos im Biologieunterricht“ zur Planung unseres Lehrkonzeptes.

Über die Autorinnen und den Autor

▸ **Markus Bergmann** forscht zu Feedback in digitalen Lernumgebungen. Er studierte Biologie und Deutsch auf Lehramt an der Universität Duisburg-Essen und promoviert seit 2017 am Lehrstuhl für Didaktik der Biologie an der Universität Duisburg-Essen von Prof. Dr. Sandmann.

▸ **Dr. Christine Florian** ist seit 2010 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Didaktik der Biologie an der Universität Duisburg-Essen von Prof. Dr. Sandmann und koordiniert das BIO-Innovativ Lehr-Lern-Labor in Forschung und Lehre.

▸ **Prof. Dr. Angela Sandmann** ist seit 2004 Professorin für Didaktik der Biologie an der Universität Duisburg-Essen.

Literatur

Huwer, J. (2018). Explainistry: Chemische Experimente mit selbst erstellten Videos dokumentieren, erklären und visualisieren. In J. Meßinger-Koppelt, & J. Maxton-Küchenmeister (Hrsg.), *Naturwissenschaften digital. Toolbox für den Unterricht* (S. 64–67). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Leisen, J. (2013). *Handbuch Sprachförderung im Fach. Sprachsensibler Unterricht in der Praxis.* Stuttgart: Klett.

MPFS [Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest]. (2018). *JIM-Studie 2018. Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger.* Stuttgart: MPFS.

Mayer, R. E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2. Ed., pp. 43-71). Cambridge: Cambridge University Press.

Meier, M., & Kastaun, M. (2018). Kommunizieren mit Videos. Produktion von Stop-Motion-Filmen zum Erklären biologischer Phänomene. *Unterricht Biologie, 438,* 27-31.

▼ Lena von Kotzebue, Ulrike Franke, Monika Aufleger

Förderung von Kernkompetenzen im Umgang mit digitalen Medien im Biologieunterricht an der LMU München

Auf der Basis des Modells der Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt (DCB, 2017; von Kotzebue et al., 2020) wurde ein Seminar entwickelt, das auf fachdidaktische Aspekte des Einsatzes digitaler Medien im Biologieunterricht fokussiert. Die Lehramtsstudierenden der Biologie lernen verschiedene Anwendungen kennen, planen und erproben daraus IT-gestützte Unterrichtsszenarien und reflektieren insbesondere die spezifischen Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes digitaler Medien im Biologieunterricht.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der LMU München
- Fach: Biologiedidaktik
- Für Lehramtsstudierende der Sekundarstufe I und II, im Wahlpflichtbereich des Studiums ab dem 4. Fachsemester
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: 18 bis 20 Studierende

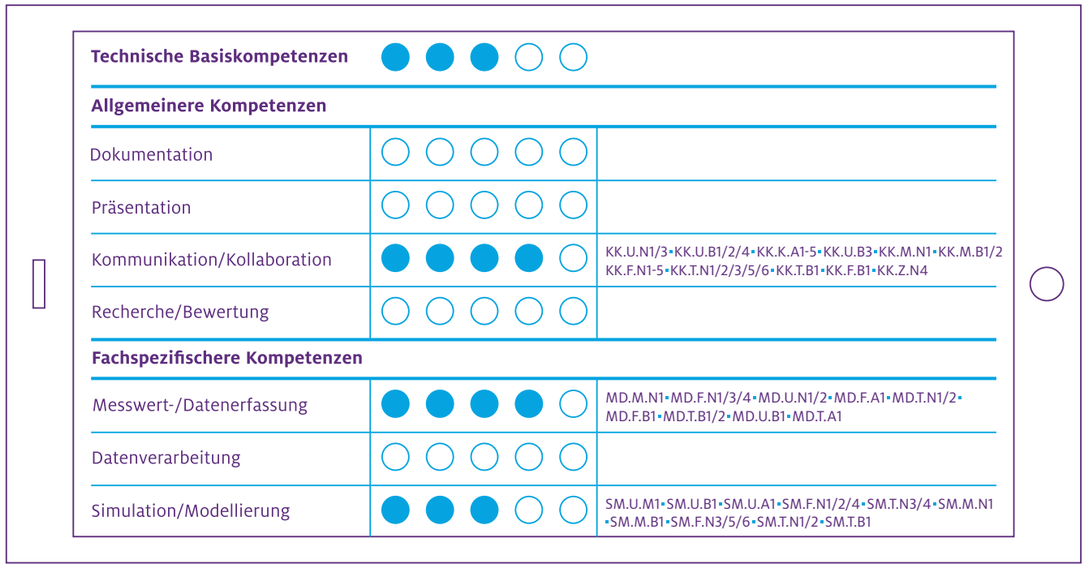
Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Da es sich hierbei um eine einführende Lehrveranstaltung in die Thematik „Digitale Medien im Biologieunterricht“ handelt, werden keine gesonderten Kenntnisse im Bereich digitale Unterrichtsmedien und Mediendidaktik vorausgesetzt. Grundlegende fachdidaktische Kenntnisse hinsichtlich „guten Biologieunterrichts“ und Vorkenntnisse zu pädagogisch-psychologischen Lehr- und Lernansätzen werden dagegen vorausgesetzt.

Praktische Tipps zur Durchführung

Das Seminar lebt von einem steten Wechsel instruktionaler Phasen und Phasen der praktischen Übung und Anwendung, in der jeweils 2 bis 3 Studierende zusammenarbeiten. Da hier eine Vielzahl an Technik (wie Smartboard, Kameras, iPads, Dokucams, Mikroskopkameras) und Materialien (wie biologische Modelle, ggf. lebende Tiere und Pflanzen) benötigt werden, ist die Unterstützung durch Hilfskräfte wichtig. Als besonders wertvoll hat sich das Team-Teaching mit Kolleginnen und Kollegen aus der Medienpädagogik erwiesen.

Einordnung des Lehrprojektes



▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Konzeptionelle Rahmung

Das im Rahmen des Kooperationsprojekts „Digitaler Campus Bayern“ entwickelte und durchgeführte Lehrangebot umfasst die Vermittlung und praktische Erprobung medienbezogener fachdidaktischer Fertigkeiten und Kompetenzen. Die Gestaltung und Umsetzung des Lehrangebots wurde dabei an die im Modell der Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt (DCB, 2017; von Kotzebue et al., 2020; Abb. 2) formulierten Wissens- und Kompetenzbereiche angelehnt.

Ablauf der Lehrveranstaltung

1) Mediendidaktische Grundkenntnisse für das Unterrichten mit digitalen Medien
(TPK, 2 Seminarsitzungen)

Die Studierenden erwerben Kenntnisse über die mediendidaktischen Grundlagen eines evidenzbasierten Einsatzes digitaler Medien. Zur Einschätzung der Wirkung des Potenzials digitaler Medien im Unterricht setzten sich die Studierenden mit dem ICAP- und dem SAMR-Modell auseinander (Chi & Wylie, 2014; Puentedura, 2006; Kramer et.al., 2019). Die Materialien und Aufgaben waren über eine Lernplattform zu bearbeiten. Dabei nutzten die Studierenden die Plattform aber nicht nur, sondern waren auch aufgefordert, ihre Ergebnisse dort so darzustellen, dass die komplementäre Gruppe die Inhalte möglichst interaktiv erarbeiten kann (z. B. über Podcasts oder kleine Videos). An dieser Stelle wurde auch über rechtliche Aspekte beim Einsatz digitaler Medien reflektiert.

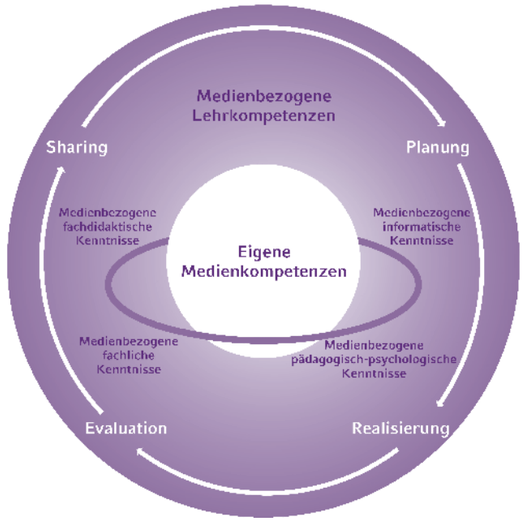
2) Medientechnische Grundkenntnisse für das Unterrichten mit digitalen Medien
(TK/TCK, 4 Seminarsitzungen)

Darauf aufbauend lernen die Studierenden verschiedene Tools und digitale Medien kennen, führen konkrete Übungen durch und machen sich auch mit der jeweiligen Technik vertraut (z. B. Verbindungen herstellen, Probleme erkennen und Lösungsstrategien finden, Back-up-Lösungen bereithalten etc.). Konkret wurde zunächst das Potenzial fachunspezifischer Tools (Erstellung von Erklärvideos, Concept Maps und Learning Apps sowie Responsesysteme) erprobt und reflektiert. Fachspezifisch wurden exemplarisch verschiedene Bestimmungsapps getestet, das Potenzial der Telemetrie bei Weißstörchen für die Erarbeitung des Vogelzugs diskutiert oder Daten von BeeBIT (Verein zur Bienenforschung) und der digitalen Lernplattform

HOBOS verwendet, um die Entwicklung von Bienenvölkern zu erforschen. Daneben setzten sich die Studierenden mit Simulationen (z. B. Evolution, Ökosystem See, vgl. Planet Schule) auseinander und lernten mit PASCO einen an Schulen weit verbreiteten Anbieter von Messwertsystemen kennen.

3) Planung, Erprobung und Reflexion einer Unterrichtseinheit
(TPACK, 6 Seminarsitzungen)

Nun rückte ein konkretes biologisches Thema in den Fokus (z. B. Reflexe, Temperaturregulation im Bienenstock). Vor der eigentlichen Unterrichtsplanung stand die Aufgabe, durch eine zielführende Internetrecherche passende Unterrichtsanregungen und mögliche digitale Anwendungen zu finden (eigene Medienkompetenz). Der fachinhaltliche rote Faden für den Unterricht musste entwickelt und entsprechend Stundenziele formuliert werden. Die Teilgruppen beschäftigten sich dann mit der Ausarbeitung der einzelnen Unterrichtsphasen, stellten diese jeweils dem Plenum vor, überarbeiteten und entwickelten die Unterrichtsidee weiter. Die Seminarteilnehmerinnen und -teilnehmer waren dabei nicht nur Teil des Unterrichts, sondern schärften ihre eigenen Diagnosekompetenzen, indem sie die unterrichtlichen Situationen mit Fokus auf den Medieneinsatz beschrieben, erklärten und gegebenenfalls Alternativen aufzeigten.



▲ **Abb. 2** Modell der Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt (von Kotzebue et al., 2020)

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Das Feedback der Studierenden zeigte ein differenziertes Bild. Positive Rückmeldung gaben sie bezüglich der Vielzahl von unterrichtsrelevanter Medientechnik und der Erprobung von zahlreichen Tools. Des Weiteren wurde die selbstständige Entwicklung und Implementierung der multimedialen Unterrichtseinheit sowie die ausreichenden Übungs- und Feedbackphasen positiv hervorgehoben. Als wünschenswert wurde u. a. angegeben, die Verknüpfung von Medientechniken und unterrichtsmethodischen Ansätzen noch weiter zu vertiefen. Zudem wurde deutlich, dass die Studierenden ihre Kompetenzen im Bereich TK auch nach dem Seminar kritisch beurteilten. Hier konnten nur erste Hürden und Barrieren abgebaut werden. Die Studierenden befürchteten, mit der Fülle an Möglichkeiten und zukünftigen Entwicklungen nicht Schritt halten zu können.

Aus Sicht der Fachdidaktik bleibt aber die zentrale Herausforderung, den Einsatz digitaler Medien vor dem Hintergrund fachdidaktischer Konzepte und Qualitätsmerkmale im Fokus zu behalten und den technologischen Aspekt nicht zu sehr zu betonen. Die notwendigen fachunspezifischen Grundlagen (TK/TPK) müssen als gemeinsame fakultätsübergreifende Aufgabe verstanden werden. Darauf aufbauend sollen fachspezifische Aspekte exemplarisch in den fachdidaktischen Pflichtveranstaltungen integriert werden und in Wahlpflichtveranstaltungen die Möglichkeit zur Vertiefung eröffnet werden. Erste Ansätze hierzu finden an der LMU München im Rahmen des Kompetenzzentrums „Digitales Lernen und Lehren an der LMU“ (DigiLLab) statt.

Weiterführende Informationen

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.
▼ **www.merz-zeitschrift.de/fileadmin/user_upload/merz/PDFs/merz_4-17_Kernkompetenzen_Von_Lehrkraeften.pdf**

Von Kotzebue, L., Franke, U., Schultz-Pernice, F., Aufleger, M., Neuhaus, B. J., & Fischer, F. (2020). Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt: Veranschaulichung des Rahmenmodells am Beispiel einer Unterrichtseinheit aus der Biologie. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB) – Biologie Lehren und Lernen, 24,* 29-47. Verfügbar unter: https://doi.org/10.4119/zdb-1735

Internetauftritt des Projekts:
▼ **www.didaktik.bio.lmu.de/forschung/digitales-lehren-u-lernen/digitaler_campus_bayern/index.html**

Über die Autorinnen

▸ **Ass.-Prof.in Dr. Lena von Kotzebue** leitet derzeit die AG Didaktik der Bio- und Geowissenschaften an der School of Education der Universität Salzburg. Ihr aktueller Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich des Professionswissens von (angehenden) Biologielehrkräften zum Umgang mit digitalen Medien. Sie ist Mitglied der AG Digitale Basiskompetenzen in der Lehrerbildung.

▸ **Ulrike Franke (M. A.)** ist derzeit als Koordinatorin im Projekt TPACK 4.0 an der Universität Tübingen tätig. Im Rahmen des Projekts ist sie u. a. für die Begleitforschung zur Förderung mediendidaktischer Kompetenzen angehender Lehrkräfte verantwortlich.

▸ **Dr. Monika Aufleger** ist als Lehrkraft für besondere Aufgaben seit über 15 Jahren in der Lehrerbildung im Fachbereich Biologie der LMU München tätig.

Literatur

Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist, 49*(4), 219-243.

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.

Kramer, M., Förtsch, Ch., Aufleger, M., & Neuhaus, B. J., (2019). Der Einsatz digitaler Medien im gymnasialen Biologieunterricht. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften, 25,* 131-160.

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What Is Technological Pedagogical Content Knowledge?. *Contemporary Issues in Technology & Teacher Education, 9*(1), 60-70.

Puentedura, R. (2006). *Transformation, technology, and education.* Abgerufen am 24.06.2019, von http://hippasus.com/resources/tte/

Von Kotzebue, L., Franke, U., Schultz-Pernice, F., Aufleger, M., Neuhaus, B. J., & Fischer, F. (2020). Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt: Veranschaulichung des Rahmenmodells am Beispiel einer Unterrichtseinheit aus der Biologie. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB) – Biologie Lehren und Lernen, 24,* 29-47.

▼ Raimund Girwidz, Franz Bogner

Physik und Biologie verbinden – Bionik mit digitalen Medien kooperativ aufbereitet

Im Rahmen einer webbasierten, kooperativen Lehrveranstaltung von Physik und Biologie lernen die Studierenden das Potenzial und den praktischen Einsatz neuer, digitaler Medien kennen. Dazu gehören Videoclips, mustergültig optimierte Erklärungen für die Reproduktion mit digitalen Medien, Echtzeitpräsentationen mit Experimenten sowie ein Einblick in die Potenziale von Konferenzsystemen und webbasierten Lern-Management-Systemen. Fachlich werden Themen aus der Bionik behandelt, die in besonderer Weise die Fächer Biologie und Physik verbinden.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der Ludwig-Maximilians-Universität München und der Universität Bayreuth
- 2 x 2 Stunden Präsentationen (+ 4 Stunden Vorübung), eingebunden in ein Experimentalseminar (2 SWS)
- Fächer: Biologie, Physik
- Modul: LA Schulpraxis-Seminar und Demonstrationsseminar, 2. bis 6. Semester
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: 10 und 15

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Grundlagen zum Einsatz von Foto, Video (sowohl für eigene Aufnahmen als auch zur Reproduktion externer Quellen) und Computer sind erwünscht (zumindest mit den gängigen Apps am eigenen Smartphone). Sinnvolle Einsatzszenarien, ebenso wie die Verwendung von Konferenzsystemen sind Inhalte der Seminarveranstaltung.

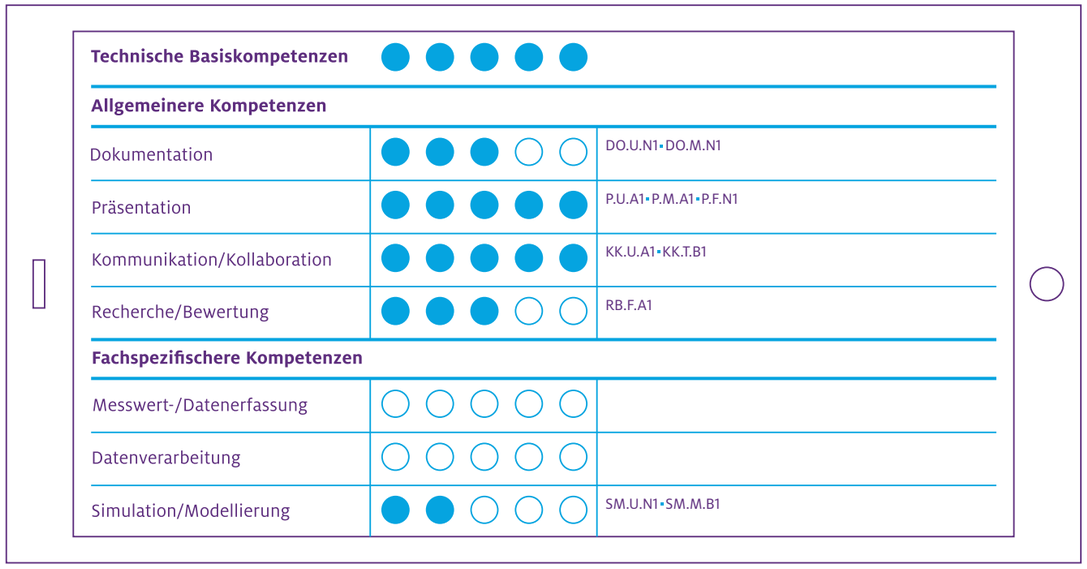
Praktische Tipps zur Durchführung

Ein Konferenzraum mit der Webinar-Software Adobe Connect, Zoom oder einer vergleichbaren Plattform muss eingerichtet sein. Hilfreich ist, wenn z. B. eine Hilfskraft die Steuerung des Programms übernimmt und die verschiedenen Anzeigeformate für die Aktivitäten anpasst. Webcams sind gut geeignet und weniger selten problematisch; ihr Einsatz sollte aber vorab getestet werden. Vor allem sind aber geeignete Mikrofon-Lautsprecher-Kombinationen zu verwenden, die eine akustische Rückkopplung unterdrücken können. Entsprechende Tischgeräte gibt es schon ab 200 Euro. Ihre Eignung bzw. der Aufstellort ist unbedingt zu prüfen. Mit zwei gekoppelten Akustiksystemen lassen sich Gruppen mit ca. 15 Lehramtsstudierenden versorgen. Bei einer besseren finanziellen Abdeckung sind natürlich auch professionellere Systeme (für ca. 7.000 Euro) denkbar.

Materialliste:

- Konferenzsoftware (z. B. Adobe Connect, für Lehre nach Anmeldung frei; alternativ Jitsi oder Zoom)
- Computer für die Steuerung der Konferenzsoftware
- Webcam, webfähiger Camcorder oder einfaches Tablet bzw. Smartphone für Aufnahmen
- Konferenzlautsprecher (mit Mikrofon und Unterdrückung von akustischen Rückkopplungen)
- Projektor zur Übertragung der Aufnahmen in den Seminarräumen
- interaktives Whiteboard als gemeinsam nutzbare Arbeitsplattform (lässt sich für die gemeinsame Nutzung z. B. bei Adobe Connect einrichten)

Einordnung des Lehrprojektes



▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

UV-Sehen als fächerübergreifendes Bionik-Thema

Im Rahmen einer webbasierten, kooperativen Lehrveranstaltung von Biologie und Physik lernen die Studierenden speziell das Potenzial kooperativen Arbeitens mit digitalen Medien, das Einbinden verschiedener Ressourcen und Fachkompetenzen sowie den praktischen Einsatz neuer, digitaler Medien kennen.

Das Potenzial von Themen aus der Bionik

Die Bionik – hier die exemplarische Behandlung von UV-Strahlung – ermöglicht es, Inhalte aufzugreifen, die insbesondere einen engen Bezug zu Natur und zur Alltagstechnik aufweisen und damit einen interessanten Sachkontext für Schülerinnen und Schüler haben. Darüber hinaus bietet die Thematik hervorragende Möglichkeiten, naturwissenschaftliches, forschend-entdeckendes Arbeiten unter der 5E-Ägide konkret einzuüben (5E: Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate [Bybee, 2002; Sotiriou et al., 2017]) oder etwas abgeändert im Physik-Kontext: (a) Erkunden und Beobachten, (b) Untersuchen, Experimentieren und Verstehen, (c) Anwenden und Nutzen von Wissen (Girwidz, 2006).

Neue Multimediatechniken und Modulbausteine für den Unterricht

Die thematischen Rahmenbedingungen und Zielsetzungen bei bionischen Themen, und speziell der UV-Strahlung, verlangen geradezu nach dem Einsatz moderner Digitaltechniken. Damit lassen sich sehr gut die folgenden Herausforderungen bewältigen:

- Fachkompetenzen zu den Themengebieten sind sowohl an einer Universität als auch in einem Lehrerkollegium räumlich und organisatorisch in getrennten Fachschaften verteilt.
- Der Einbezug von Experten (authentisch als Liveschaltung) ist wünschenswert, um neue Anwendungsfelder wissenschaftlicher Erkenntnisse einzubeziehen.
- Grundlegende Phänomene sind selten vor Ort zu beobachten (und kaum vertraut).
- Anwendungen sind selten im Klassenzimmer zu realisieren (und oft unbekannt).
- Fach- und unterrichtsgerechte Informationsmaterialien gibt es nur fragmental in den klassischen Medien.

Damit bietet die Lehrveranstaltung einen attraktiven Rahmen für digitale Medien. Innovative Techniken bereichern Lehr-Lern-Einheiten und werden eingeübt – speziell:

- Digitale Videoclips (teilweise selbst erstellt) machen Phänomene und Anwendungen besser beobachtbar,
- Experimente (online und Live-Demos) lassen sich vorführen und aufzeichnen,
- Erklärungen im Text-, Audio- oder Filmformat werden selbst erstellt und eingeübt,
- Konferenzsysteme (hier Adobe Connect) ermöglichen Liveschaltungen mit synchroner Kommunikation (kooperative Seminare),
- HTML-Dokumente und Webseiten lassen sich für asynchrone Vor- und Nachbereitungen nutzen (z. B. auch über Moodle).

Biologie

UV-Sehen ist im wirbellosen Tierreich gut bekannt, für uns Menschen dagegen wenig greifbar (wir sind UV-blind). Im Wirbeltierbereich gibt es dagegen angefangen von den Fischen quer durch alle Tierklassen durchaus die Fähigkeit zum UV-Sehen. Exemplarisch wurden in unserem Modul Vögel betrachtet, bei denen etwa bei zwei Dritteln aller Ordnungen die Fähigkeit zum UV-Sehen nachgewiesen ist. Biologische Funktionen sind vielfältig. UV-Sehen kann zum Beispiel in der sexuellen Selektion, in der Brutpflege, bei der Futtersuche oder der Navigation eine Rolle spielen. Aus dem großen Spektrum bislang schon bekannter Funktionen wurde der Beutefang des Turmfalken (Falco tinnunculus) näher betrachtet. Dieser kann Spuren und Nester von Beutetieren anhand UV-reflektierender Urinspuren ausmachen.

Als Unterrichtsinhalt wurden die Jäger-Beute-Populationsschwankungen ausgewählt, die in einem ungefähr vierjährigen Zeitraum fluktuieren. Hohe Beutetier-Populationsdichten sind von vergleichsweise hohen Jägerdichten gefolgt, die dann wiederum aus Futtermangel einen Abfall letzterer bedingen. Wie oben schon angedeutet, orientieren sich Turmfalken bei ihrem Jagdverhalten an der UV-reflektierenden Spurendichte der Beutetiere (Viltala et al., 1995). Dieser quantitative Zusammenhang wurde in ein einfaches Simulationsspiel umgesetzt.

Physik

Nachfolgend sind die physikalischen Fachinhalte zur UV-Strahlung und zur UV-Sensorik skizziert:
Einordnung von UV-Strahlung im elektromagnetischen Spektrum, Indikatoren und einfache Messgeräte für UV-Strahlung (Phänomene und Grundlagen aus der Halbleitertechnik), experimentelle Anordnungen zum Untersuchen von UV-Strahlung sowie Untersuchen von Reflexion, Transmission und Absorption von UV-Strahlung, inkl. Strahlenwirkungen.

Bionische Umsetzungen

Das Nutzen erlernten Wissens motiviert, Fachwissen und -methoden zu vertiefen. Folgende Anwendungen bieten beispielhafte Anknüpfungspunkte, die sich medial gut präsentieren lassen (auch in Liveschaltungen):

- UV-Indikatoren dienen als Marker für fälschungssichere Geldscheine,
- UV-reflektierende Substanzen lassen sich mit Detektoren erkennen – in Analogie zu Greifvögeln, die Beutetiere über ihre Urinspuren entdecken, lassen sich Verschmutzungen im Sanitärbereich auffinden,
- Leitsysteme im UV-Bereich vermeiden störende optische Signale im sichtbaren Bereich – nach dem biologischen Vorbild bei Blüten, die erwünschte Insekten (Bienen) anlocken,
- Leit- und optische Informationssysteme im UV-Bereich werden genutzt, z. B. beim UV-reflektierenden Glas, um Vogelfall an Fensterfassaden zu verhindern (UV-reflektierende Beschichtung in Form einer Mikado-Struktur).

Entsprechende Informationsseiten für das Internet lassen sich in Form von interaktiven Mindmaps übersichtlich zusammenstellen.

Skizze für eine kooperative Lehrveranstaltung

Studierende der Fächer Biologie und Physik konzipieren eine Unterrichtseinheit und üben dabei die ausgewiesenen Digitaltechniken ein (vgl. Tab. 1).

Für die Biologie werden exemplarisch zwei experimentelle Ansätze herausgegriffen:

Ein Demonstrationsversuch zeigt die Fluoreszenz von Nagetier-Urin im UV-Licht (mit drei Tage altem Hamstersand aus der Toiletten-Ecke). Das gelblich-bräunliche Filtrat zeigt unter einer Schwarzlichtlampe mit der Wellenlänge von 254 nm eine helle bläuliche Fluoreszenz. Unbenutzter Sand dient als Kontrolle.

Phase	Inhalte für die universitäre Lehre	Fachinhalte für den Unterricht	Digitale Medientechnik
0	Didaktische Grundlagen	Naturwissenschaftliches Arbeiten und Kontextorientierung	
1	Impulsvortrag von Studierenden zum naturwissenschaftlichen Arbeiten und zur Bionik	Erkennen, abstrahieren und experimentieren, Prinzipien verstehen und anwenden	Präsentation über das Internet (Adobe Connect, o. Ä.)
2	Experimente zu Grundlagen der UV-Strahlung	Herschelversuch mit Gitter; Farbperlen als UV-Indikatoren	Experimentieren und dokumentieren mit Webcam
3	Grundinformationen aus der Biologie und zu optischen Abbildungen mit Linsen	Gefahren der UV-Strahlung	PowerPoint über Web-Plattform
4	Aufbau von Messgeräten zum Untersuchen von Strahlung	Strahlungsquellen, Schutz vor UV-Strahlung (Brille, Creme)	Messwerte über Adobe Connect kooperativ auswerten
5	Erarbeitetes Wissen wird genutzt, um Beispiele aus der Bionik und deren Anwendungen zu verstehen.	Marker in der Biologie (Blume), 50-€-Schein (fälschungssicher), „Weißmacher“ (Diskoeffekt)	Online-Diskussion (auch mit Experten, z. B. aus dem Bionikum Nürnberg)
6	Nutzung des interaktiven Whiteboards zur Festigung	Übungsaufgaben, Rückmeldungen über Poll Everywhere (PollEV)	Einsatz der Plattform Moodle, Feedbacksysteme (z. B. PollEV)
	Finale: Nachbereitung und Vertiefung mit interaktiven Mindmaps	Gemeinsam erstellte interaktive Mindmaps	Mindmapping und Autorensystem für Webseiten

▲ **Tab. 1** Tabellarische Übersicht mit Eckpunkten des Unterrichtsmoduls

Ein Anwendungsbeispiel soll die Populationsschwankungen mit laminierten Kärtchen zu den unterschiedlichen Zeiten (1981 bis September 1983) und mit einem UV-fluoreszierenden Marker veranschaulichen. Ein Arbeitsblatt zeigt den Populationsverlauf von Turmfalken von 1970 bis 1985. Studenten sollen anhand der Feldspuren einen Populationsverlauf der Nagetiere erstellen und die Daten in das gegebene Diagramm zeichnen und diskutieren.

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Einrichtung und der Umgang mit Konferenzsystemen muss vorbereitet und der Einsatz vorgeübt werden. Dies gilt speziell, wenn (wie erwünscht) Diskussionen von zwei räumlich getrennten Gruppen in Klassengröße möglich sein sollen. Die Kompetenz zur technischen Bedienung von Geräten kann nur in begrenztem Ausmaß bei den Studierenden vorausgesetzt werden (und Informationsmaterialien müssen zumindest in Form von Handreichungen verfügbar sein). Noch wichtiger sind aber Hinweise und Regeln für die Nutzung (z. B. homogener Hintergrund bei Videoaufnahmen, Bildgröße, gut strukturierter Aufbau, ...). Schwächen im Design wirken sich noch wesentlich deutlicher aus als bei einfachen Präsentationen und Demonstrationen vor Ort im Unterrichtsraum.

Leicht verzögerte Kommunikationswechsel, oft nicht wahrnehmbare Gesten und Körpersprache sowie die multiplen Informationskanäle sind gewöhnungsbedürftig. Vor allem sollte die Vielzahl der Informationsquellen durch einen vorstrukturierten Ablauf und eine anfangs stark vorgegebene Sequenzierung der Aktivitäten überschaubar gehalten werden (extrinsic cognitive overload vermeiden). Mögliche Maßnahmen sollten gezielt auch im Seminar besprochen werden und sind bewusst als Seminarinhalte aufzunehmen.

Weiterführende Informationen

Eine Webseite wurde aufgelegt, damit die Studierenden Materialien zur Physik der UV-Strahlung (Bilder, Links und Arbeitsblätter) für die Besprechungen verfügbar haben. Die Webseite steht auch weiteren Interessenten zur Verfügung:

▼ **https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/uv/index.html**

Die Biologie-Versuche basieren auf der Masterarbeit von Bindig, T. (2019). *Experimentelle Ansätze zum UV-Sehen im Biologieunterricht*. Universität Bayreuth.

Über die Autoren

- **Franz X. Bogner** ist Professor des Lehrstuhls Didaktik der Biologie der Universität Bayreuth und Direktor des Z-MNU (Zentrum zur Förderung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts). Er leitete in der Vergangenheit ein gutes Dutzend an BMBF- und EU-Forschungsprojekten mit ICT-Schwerpunkten innerhalb des Großthemas MINT-Unterricht.

- **Raimund Girwidz** ist Professor des Lehrstuhls Didaktik der Physik an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Bereits während seiner Promotion befasste er sich mit dem Computereinsatz beim Physiklernen. 1999 erhielt er den Preis für gute Lehre des Freistaats Bayern und habilitierte 2001 zur Didaktik der Physik.

Literatur

Bybee, R. (Ed). (2002). *Learning science and the science of learning.* Arlington, VA: NSTA Press.

Girwidz, R. (2006). Sensoren: Physik erleben, verstehen und anwenden. *Unterricht Physik, 17*(91), 4-6.

Marth, M., & Bogner F. X. (2017). Does the issue of bionics within a student-centred module generate long-term knowledge. *Studies in Educational Evaluation, 55*, 117-124.

Sotiriou, S., Bybee, R., & Bogner F. X. (2017). PATHWAYS – A Case of Large-Scale Implementation of Evidence-Based Practice in Scientific Inquiry-Based Science Education. *International Journal of Higher Education, 6*(2), 8-19.

▼ Franz Boczianowski

Experimentieren:Digital – ein Seminar zum digitalen Messen im Physikunterricht

Moderne digitale Messsysteme besitzen das Potenzial, Experimente im Physikunterricht neu zu gestalten. Sie bieten die Möglichkeit, Daten unkompliziert und schnell aufzunehmen, grafisch darzustellen und zu teilen. Damit können im Unterricht kognitiv wenig fordernde Routineaufgaben entfallen und höhere Kompetenzen im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung adressiert werden. Das Seminar Experimentieren:Digital widmet sich neben der praktischen Handhabung diesem unterrichtlichen Aspekt.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der Humboldt-Universität zu Berlin
- Fach: Physik
- Pflichtveranstaltung im Master of Education Physik, 1./2. Semester
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: 8

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Für eine Teilnahme ist physikalisches, didaktisches und technisches Wissen auf Bachelorniveau notwendig. Im Detail sollen die Veranstaltungen zur Experimentalphysik (Vorlesungen und Praktika) erfolgreich absolviert worden sein. Die einführende Veranstaltung zur Didaktik der Physik, insbesondere im Hinblick auf die Funktion von Experimenten im Physikunterricht, muss abgeschlossen und das Schulexperimentepraktikum wenigstens teilweise geleistet worden sein.

Praktische Tipps zur Durchführung

Mehrere Messsysteme – idealerweise von unterschiedlichen Herstellern – sind notwendig, damit die Studierenden in Gruppen arbeiten können. Für viele Experimente können die Studierenden ihre eigenen Smartphones verwenden. Es empfiehlt sich, zusätzlich Smartphones zu beschaffen, die mit Barometern ausgestattet sind und die sich insbesondere für kritische Experimente (z. B. Drehteller, Druckwasserrakete) heranziehen lassen.

Materialliste:

- Messsysteme (z. B. LD Cassy, Phywe Cobra, Vernier LabQuest, Data Harvest EasySense)
- Smartphones (z. B. Lenovo K6)
- interaktives Whiteboard (z. B. SMART Board)
- Mikrocontroller-Boards mit Sensoren (z. B. Arduino Uno)
- Blog und/oder Lernplattform für laufende Dokumentation und Präsentation der Teilprojekte (z. B. Moodle)

Einordnung des Lehrprojektes

Technische Basiskompetenzen	●●●●●	
Allgemeinere Kompetenzen		
Dokumentation	●●●○○	DO.U.N1 • DO.M.B1 • DO.F.N1 • DO.T.N1
Präsentation	●●○○○	P.U.A1 • P.M.B2 • P.F.A1 • P.T.A1
Kommunikation/Kollaboration	●●○○○	KK.A.2
Recherche/Bewertung	○○○○○	
Fachspezifischere Kompetenzen		
Messwert-/Datenerfassung	●●●●●	MD.U.A1 • MD.U.B1 • MD.F.A1 • MD.T.A1
Datenverarbeitung	●●●●○	DV.U.A1 • DV.M.B3 • DV.F.B1 • DV.T. A1-3
Simulation/Modellierung	●●○○○	SM.T.N3 • SM.M.N1 • SM.U.N1

▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Das einsemestrige Seminar gliedert sich in drei Phasen:

1. Einführung und Erarbeitung grundlegender Literatur (2 Wochen)

2. Technische Handhabung digitaler Messsysteme (7 Wochen)

3. Entwicklung einer Lerneinheit, unterrichtliche Erprobung und Abschluss (6 Wochen)

In der ersten Phase werden physikdidaktische Inhalte (insbesondere zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung) wiederholt und neue eingeführt (insbesondere Modell der digitalen Kompetenzen der Kultusministerkonferenz, 2017). Ein Impulsvortrag zur Funktion des Experiments als Kommunikationsmedium im Physikunterricht schafft den Einstieg ins Seminar.

In der anschließenden Veranstaltung findet ein „Journal Club“ statt, in dem Publikationen zu digitalen Medien im Physikunterricht im Allgemeinen und zum digitalen Messen im Speziellen gesichtet werden. Dazu werden die Artikel von den Studierenden in Einzelarbeit gelesen und gleichzeitig in einem kollaborativen Online-Dokument (Moodle Etherpad) zusammengefasst. In einer Kurzpräsentation werden die Publikationen anhand des Online-Dokuments vorgestellt. Dieses Vorgehen schafft ein produktives Arbeitsumfeld und gibt in kurzer Zeit einen kompakten Literaturüberblick.

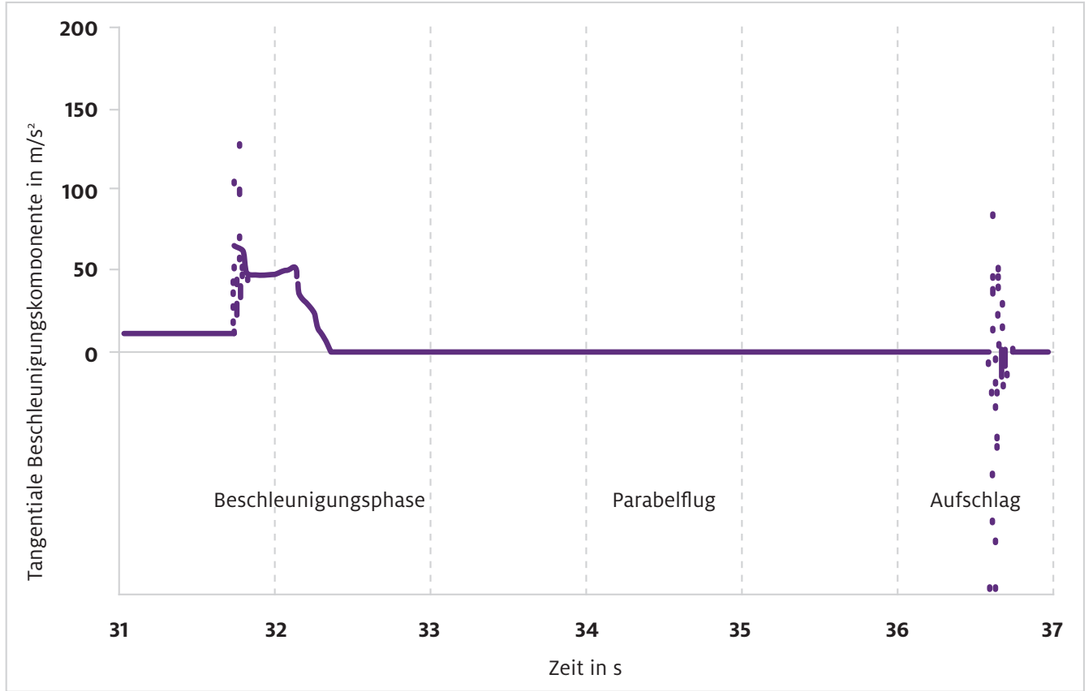
In der zweiten Phase, die auf die Handhabung von Messinstrumenten ausgerichtet ist, werden unterschiedliche Hard- und Softwareprodukte für den Schulunterricht in Betrieb genommen und bewertet. Die Studierenden benötigen dafür aus den bereits absolvierten Praktika der Experimentalphysik und der Physikdidaktik solide Fertigkeiten im Aufbau von funktionsfähigen Experimenten. Da bisher digitale Messsysteme in den Praktika nur sehr selten eingesetzt werden, besitzen die Studierenden letztendlich keine Erfahrungen im Bereich des digitalen Messens. Im Seminar machen sich die Studierenden mit den Systemen unterschiedlicher Hersteller vertraut und wägen technische Vor- und Nachteile ab. Sie entdecken dabei eigene Bedürfnisse und entwickeln persönliche Vorlieben.

Die Studierenden dokumentieren jede Woche individuell die durchgeführten Experimente in einem öffentlichen Blog. Technische und didaktische Aspekte sind im Artikel zu berücksichtigen. Damit wird nicht nur der Gruppe und der Seminarleitung der Fortschritt transparent gemacht, sondern die Studierenden können sich ihre Ergebnisse, Erfahrungen und Entwicklung – ähnlich einem Lerntagebuch – selbst vergegenwärtigen. Zu einem Portfolio zusammengetragen gehen diese Beiträge in die Gesamtbewertung des Seminars ein.

Im weiteren Verlauf des Seminars wird der Einsatz von Smartphones von den Studierenden erkundet. Unterschiedliche Apps werden getestet und ihre Leistungsfähigkeit, aber auch ihre Nachteile beleuchtet. Die App phyphox erfüllt die Bedürfnisse des Physikunterrichts nach Ansicht der Studierenden im besonderen Maße, siehe z. B. Abb. 2.

Preisgünstige Mikrocontroller, wie der für den Informatikunterricht häufig verwendete Arduino Uno, machen es technisch möglich, digitale Messungen in der Schule als Gruppenexperiment durchzuführen. Einfache Messungen, z. B. der Temperatur, sind als Beispiele in der Online-Hilfe der Arduino-Plattform zu finden. Alternativ stehen den Studierenden als Thema zur Wahl: digitale Whiteboards, Erklärvideos bzw. Bewegungsanalyse mit Videotracking. Mitunter liegen den Studierenden diese Themen näher als die Mikrocontroller.

In der dritten Phase werden von den Studierenden auf Grundlage ihrer gemachten Erfahrungen Lerneinheiten zur Mechanik oder Akustik entwickelt und realisiert, indem Experimentierstationen mit Unterrichtsmaterialien aufgebaut werden. Die Stationen werden im Rahmen eines Praktikums für das erste Semester (Lehramt Physik) eingesetzt. Die Studierenden des Digital-Seminars agieren als Betreuer ihrer eigenen Stationen. Die gesammelten Erfahrungen werden in einem Bericht fixiert, der als letzter Teil des Portfolios ebenfalls in die Bewertung eingeht.



▲ **Abb. 2** Digitale Messung der tangentialen Beschleunigungskomponente von einem Smartphone in einer Druckwasserrakete (Messung: Mayer, Söder, Mauch)

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Digitale Medien gewinnen in Schule und Universität fortschreitend an Bedeutung und das Thema durchdringt dementsprechend die gesamte Lehre der Physikdidaktik. Viele Elemente der oben beschriebenen Lehrveranstaltungen des Masters sind inzwischen in den regulären Praktika des Kombinationsbachelors implementiert worden, z. B. Smartphone-Experimente im physikalischen Praktikum, digitale Messungen und Videoanalyse im Schulexperimentepraktikum.

Das vorgestellte Seminar wurde im WS 2016/17 und WS 2017/18 als Pflichtveranstaltung für den Master of Education angeboten. Das Feedback der Studierenden war sehr positiv. Es bestand großes Interesse am Thema der digitalen Medien, insbesondere an niederschwelligen, unterrichtsnahen Anwendungen, da eigene Erfahrungen aus der Schulzeit (und dem damaligen Studium) fehlten.

Dem Einsatz von Mikrocontrollern im Physikunterricht stand die Gruppe kritisch gegenüber, da die Teilnehmenden selbst keine Vorkenntnisse im Programmieren besaßen. Die Einstiegsschwelle war damit deutlich höher gelegt als bei der Verwendung von Messsoftware der Lehrmittelhersteller. Es ist jedoch zu erwarten, dass zukünftige Schülerinnen und Schüler mit den notwendigen Kompetenzen ausgestattet sind und sich damit neue Optionen für den Physikunterricht eröffnen (vgl. Kompetenz „Algorithmen erkennen und formulieren", Kultusministerkonferenz, 2016).

Weiterführende Informationen

Zahlreiche Experimente mit digitalen Messsystemen sind ausführlich auf folgender Webseite zu finden:
▼ **www.physikalische-schulexperimente.de**

Über den Autor

▶ **Franz Boczianowski** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Didaktik der Physik an der Humboldt-Universität zu Berlin. Sein besonderes Interesse gilt dem Experimentieren in Unterricht und Lehre. Aktueller Fokus seiner Arbeit liegt auf dem Einsatz digitaler Messwertsysteme im Unterricht.

Literatur
Kultusministerkonferenz (2016). *Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt"*, Abgerufen am 19.09.2019, von https://www.kmk.org/themen/bildung-in-der-digitalen-welt/strategie-bildung-in-der-digitalen-welt.html

▼ Stefan Kirchner, Cornelia Geller

Umgang mit analogen und digitalen Werkzeugen beim Experimentieren

In Ergänzung zu klassischen Experimentierpraktika zielt die Lehrveranstaltung „Werkzeuge im Physikunterricht" auf einen eigenständigen Umgang mit analogen und digitalen Werkzeugen als ein Teilbereich fachmethodischer Kompetenzen. Einen Schwerpunkt bildet dabei der Einsatz von Messwerterfassungssystemen beim Experimentieren, der von der technischen Handhabung bis hin zur Auseinandersetzung mit methodischen Fragen wie der Messparameterwahl reicht.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der Universität Duisburg-Essen
- Fach: Physik
- Pflichtveranstaltung „Werkzeuge im Physikunterricht" für Bachelor Lehramt Physik, 3. Semester, semesterbegleitendes Seminar mit praktischen Übungen (3 SWS für GyGe/BK, 2 SWS für HRSGe)
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: ca. 30

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Fachinhaltlich beschränkt sich die Veranstaltung auf Mechanik, Elektrizitätslehre und Magnetismus als Themen der beiden vorangegangenen Vorlesungen und klassischen Experimentalpraktika. Daher werden grundlegende Erfahrungen mit Geräten (z. B. Multimeter) und Datenverarbeitungssoftware (z. B. Excel) und der Umgang mit Messdaten (z. B. Linearisierung) vorausgesetzt, die aber noch nicht systematisiert und eigenständig angewendet worden sind.

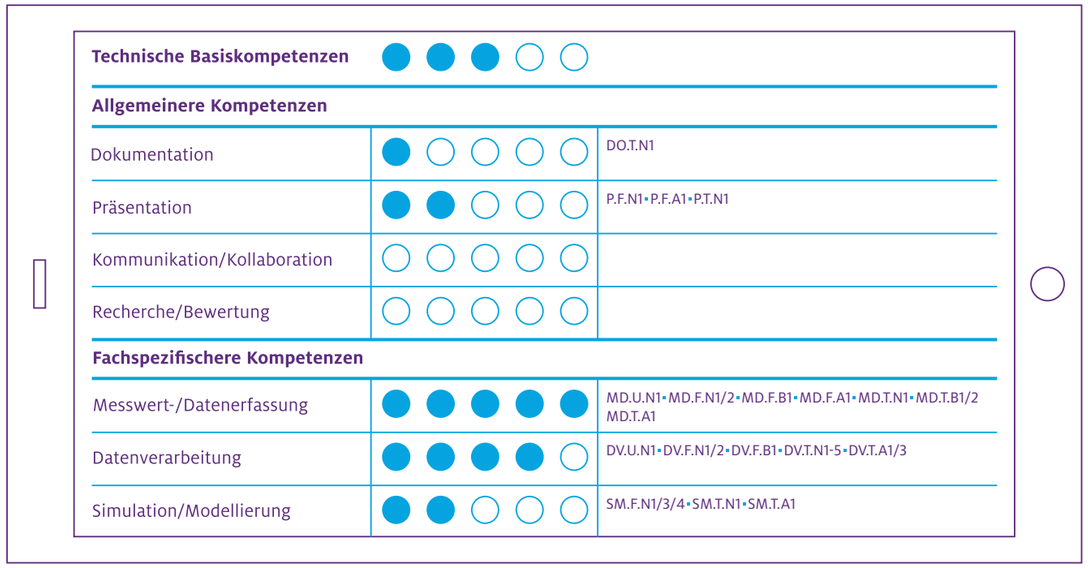
Praktische Tipps zur Durchführung

Bewährt hat sich ein Arbeiten im Tandem, sowohl auf Dozierenden- als auch auf Studierendenebene. Mit maximal zwölf Teilnehmenden pro Gruppe werden Messinterfaces in sechsfacher Ausführung benötigt. Variabel ist die Anzahl der Sensoren pro Ausführung, die gut in arbeitsteiligen Anwendungsaufgaben begrenzt werden kann. Da die Studierenden bei der Datenauswertung gern auf ihre eigenen mobilen Endgeräte zugreifen, erwies sich der Einsatz einer einheitlichen Verarbeitungssoftware als vorteilhaft.

Materialliste:

- Sensoren von Vernier (z. B. Ultraschall, Kraft, Spannung, Strom, Licht)
- CAS-Rechner mit Messwerterfassungssystem Lab Cradle von TI-Nspire
- Messwerterfassungssystem LabQuest2 von Vernier

Einordnung des Lehrprojektes



▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Die Lehrveranstaltung „Werkzeuge im Physikunterricht“ zielt auf eine Erweiterung und Vertiefung fachmethodischer Kompetenzen von Studierenden vor allem im Bereich der Erkenntnisgewinnung. Neben den in Abb. 1 dargestellten Schwerpunkten, die sich überwiegend der Durchführung und Auswertung von Experimenten zuordnen lassen, wird auch der Bereich der Planung von Experimenten in der Lehrveranstaltung adressiert, weil die Studierenden dazu wenig Vorerfahrungen aus den klassischen Experimentierpraktika mitbringen. Somit ist die Konzeption der Lehrveranstaltung nicht allein auf digitale Medien als Lerninhalt, sondern vielmehr auf den zielbezogenen Einsatz von Werkzeugen vor allem in schulnahen, überwiegend quantitativen Experimenten ausgerichtet.

Um eine Förderung in dieser Breite umsetzen zu können, werden in Anlehnung an das Modell von Nawrath, Maiseyenka und Schecker (2011) Schwerpunkte durch Experimentieraufgaben gesetzt, die – wie in Tab. 1 beispielhaft skizziert – durch unterschiedliche Offenheitsgrade die Lernaktivitäten der Studierenden auf einzelne Kompetenzaspekte fokussieren sollen.

Zu Beginn des Semesters sollen technische Basiskompetenzen im Umgang mit Messwerterfassung erworben werden. Neu eingeführt werden ein autonomes, digitales Messwerterfassungssystem (siehe Materialliste) und die App phyphox. In den ersten Sitzungen lernen die Studierenden daher bei der Aufnahme einfacher Bewegungen wesentliche neue Funktionen der digitalen Systeme wie den Wechsel zwischen tabellarischer und grafischer Ansicht, Einstellung von Messrate und Messzeit, Auslesen von Messdaten sowie je nach Sensor auch die dreidimensionale Auflösung von Messdaten kennen. Zu Fragen der technischen Handhabung stehen Tutorials zur Verfügung, methodische Aspekte werden in den Aufgabenstellungen und den Seminarsitzungen thematisiert.

Im Sinne einer Lernprogression werden diese Systeme dann in Kombination mit unterschiedlichen Sensoren – aber eben auch mit üblichen „analogen“ Messgeräten wie Lichtschranke und Multimeter – in weiteren Versuchen aus der Mechanik und E-Lehre selbstständig eingesetzt, um auf geräteunabhängige, aber zielspezifische Aspekte wie die Verortung des Messgeräts und die Wahl von Messparametern zu fokussieren.

Die Nutzung digitaler Werkzeuge erfordert nicht nur für die Datenaufnahme, sondern auch bei der Weiterverarbeitung der zum Teil sehr großen Datenmengen aktive Lernzeit. Beispielsweise müssen Messdaten begründet ausgeschlossen oder Achsen geeignet umskaliert werden. Im Rahmen der Datenauswertung wird außerdem die Passung zu mathematischen Modellen diskutiert.

Auf ein Verfassen klassischer Versuchsprotokolle wird verzichtet. Stattdessen erfolgt die Reflexion des methodischen Vorgehens im Rahmen studentischer Präsentationen einzelner Versuche. Angemerkt sei, dass der Umgang mit Medien zur Präsentation und Dokumentation nicht als eigenes Feld thematisiert, sondern parallel geübt wird, indem entsprechende Teilaufgaben in die experimentellen Aufgaben integriert werden.

Um die Studierenden bereits frühzeitig mit dem Arbeiten in einer schultypischen Sammlung vertraut zu machen, werden alle digitalen Werkzeuge in die entsprechenden Räume der Physikdidaktik aufgenommen und dort genutzt. Dies benötigt anfangs etwas Orientierungszeit, die aber dann in weiterführenden Lehrveranstaltungen wie dem schulorientierten Experimentieren entfällt, und unterstreicht die Verfügbarkeit analoger und digitaler Werkzeuge für einen zielbezogenen Einsatz.

Inhalt	Vorgaben durch Aufgabenstellungen	Eingeforderte Aufgaben
Drehbewegungen	◆ Eine Messgröße (Winkelgeschwindigkeit) ◆ Ein Messgerät (Smartphone als Messgerät)	◆ Formulieren einer Fragestellung ◆ Eine Versuchsanordnung planen und aufbauen
Elektrische Felder	◆ Hypothesen (E ~1/d versus ~1/d²) ◆ Versuchsanordnung (Plattenkondensator mit Elektrofeldmeter)	◆ Messreihe planen ◆ Messdaten darstellen
Elektrische Ladungsspeicher	◆ Fragestellung (U in Abhängigkeit von t) ◆ Material (u. a. Goldcap-Kondensator)	◆ Eine Versuchsanordnung planen und aufbauen ◆ Wahl der Messrate

▲ **Tab. 1** Beispiele für Aufgabenschwerpunkte beim Experimentieren

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Den Rückmeldungen der Studierenden entnehmen wir, dass vor allem die flexible Aufgabenbearbeitung mit der Möglichkeit, das eigene Lerntempo im begrenzten Umfang selbst gestalten zu können, als bereichernd empfunden wird. Von den Adressaten ebenso geschätzt wird der Einsatz schulnaher Aufgabenstellungen, die thematisch gebündelt an Experimentierstationen dargeboten wurden. Im Falle der digitalen Datenaufnahme wurde hierbei ein Puffer an verfügbarer Praktikumszeit generiert, der für die methodischen Herausforderungen (z. B. eigene Fehler im Aufbau finden) und technischen Schwierigkeiten der Studierenden (z. B. beim Datenauslesen) genutzt werden konnte.

Basierend auf einem von Rehfeldt (2017) entwickelten Fragebogen schätzten die Studierenden am Ende des WS 2018/19 vor allem in den Facetten „Versuchsplanung & Geräte zusammenstellen“, „Gerätekenntnisse (deklarativ)“ und „Versuchsanordnung aufbauen“ ihren Lernzuwachs aus der Veranstaltung deutlich höher ein, als die von Rehfeldt (2017) befragten Studierenden dies nach dem Besuch klassischer Experimentierpraktika taten. Die integrale Förderung fachspezifischer digitaler Basiskompetenzen scheint daher auch in diesen frühen Semestern zu gelingen. Aus Dozentensicht besteht dennoch Verbesserungsbedarf, beispielsweise eine zielgerichtetere Planung und Reflexion der eigenen Messungen durch explizitere Hinweise in den Vor- und Nachbereitungsaufgaben.

Eine stärkere Reflexion im Hinblick auf eigene Unterrichtsplanungen empfiehlt sich unseren Erfahrungen nach erst in nachfolgenden fachdidaktischen Veranstaltungen.

Weiterführende Informationen

Zur Evaluation der Lehrveranstaltung: Geller, C., Schneider, J., & Theyßen, H. (2020). Finde die Fehler! Experimentelle Testaufgaben zur Evaluation eines Experimentalpraktikums. In: S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019* (S. 900-903). Universität Duisburg-Essen.

Über die Autorin und den Autor

- **Cornelia Geller** ist seit 2016 Lehrkraft für besondere Aufgaben an der Universität Duisburg-Essen. Wie Physikstudierende das Experimentieren lernen können, hat sie schon als studentische Tutorin im Projektlabor der TU Berlin beschäftigt, als man Messkurven noch mit dem x-y-Schreiber aufnahm.

- **Stefan Kirchner** nutzte im Rahmen seiner Abordnung aus dem Schuldienst die Chance der wissenschaftlichen Weiterqualifikation, um seine Forschungsinteressen im Themenfeld des Experimentierens zu vertiefen. An der Universität Duisburg-Essen ist hieraus in Zusammenarbeit mit Cornelia Geller das Lehrkonzept für einen schulvorbereitenden Umgang mit analogen und digitalen Werkzeugen erwachsen.

Literatur

Nawrath, D., Maiseyenka, V., & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz – Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule, 60*(6), 42-48.

Rehfeldt, D. (2017). *Erfassung der Lehrqualität naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika.* Berlin: Logos.

▼ Erik Kremser

Digitale Lehre am Fachbereich Physik der TU Darmstadt für die Studierenden der Lehramtsstudiengänge

Seit dem Wintersemester 2013/14 werden in verschiedenen Lehrveranstaltungen für die Studierenden der Lehramtsstudiengänge mobile Endgeräte demonstrativ von den Dozierenden genutzt. Hierdurch animiert und durch die Bereitstellung von Geräten, kombiniert mit der Unterstützung bei der Nutzung, werden Hemmschwellen überwunden und mobile Endgeräte im Laufe des Semesters von den Studierenden zunehmend intensiver und selbstverständlicher in Lehr-Lern-Szenarien genutzt.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der TU Darmstadt
- Fach: Physik
- Einführung in die Fachdidaktik (EidF): Pflichtmodul für das Lehramt an Gymnasien Physik und im Lehrimport Physik für die Studiengänge Bachelor of Education, 1. Semester
- Grundlegende Unterrichtskonzepte (GU): Wahlpflichtmodul für das Lehramt an Gymnasien Physik und Master of Education Physik, 2.bis 4. Semester
- Teilnehmerzahl je Durchgang: ca. 12 Teilnehmende (EidF) und ca. 10 Teilnehmende (GU)

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Im Pflichtmodul „Einführung in die Fachdidaktik (EidF)“ wird kein Vorwissen seitens der Studierenden benötigt. Das Pflichtmodul „Grundlegende Unterrichtskonzepte (GU)“ wird auf die Inhalte und Methoden aus EidF aufgebaut.

Praktische Tipps zur Durchführung

Um den Lernprozess möglichst erfolgreich für alle Beteiligten zu gestalten, ist die Anwesenheit eines erfahrenen Nutzers unabdingbar, um einerseits die technischen Probleme vor Ort sofort lösen zu können und andererseits das dafür benötigte Wissen zu erläutern und die Fertigkeiten zu demonstrieren.

Materialliste:

- Zwei möglichst identische Tablets für den Dozierenden und den begleitenden erfahrenen Nutzer
- Streaming-Client (z. B. Microsoft Wireless Display Adapter oder Apple TV), ggf. HDMI-VGA-Adapter, Gender Changer HDMI, Klinken-Audiokabel, Powerbank, USB-Verlängerung

Einordnung des Lehrprojektes

Technische Basiskompetenzen	● ● ● ○ ○	
Allgemeinere Kompetenzen		
Dokumentation	● ● ● ● ●	DO.M.B1 • DO.T.A1 • DO.U.A1
Präsentation	● ● ● ● ●	P.T.A1 • P.M.A1 • P.U.A1
Kommunikation/Kollaboration	● ● ○ ○ ○	KK.T.A4
Recherche/Bewertung	● ● ○ ○ ○	RB.F.A1 • RB.T.N2
Fachspezifischere Kompetenzen		
Messwert-/Datenerfassung	○ ○ ○ ○ ○	
Datenverarbeitung	● ● ● ● ○	DV.M.B2 • DV.M.N1 • DV.M.B2 • DV.U.N1/2
Simulation/Modellierung	○ ○ ○ ○ ○	

▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

In den Lehrveranstaltungen EidF und GU werden Tablets demonstrativ, im Wesentlichen zur Präsentation, Dokumentation und Annotation bei Präsentationen genutzt (vgl. Abb. 2 a, b), um persönliche Zielsetzungen zu ermöglichen und zur Nutzung mobiler Endgeräte zu motivieren (vgl. Kremser, 2015). In Form eines pädagogischen Doppeldeckers (vgl. Wahl, 2013) werden parallel zum fachlichen Inhalt die medienpädagogischen Inhalte transportiert. Hierbei werden die Nutzung des Tablets kommentiert und im Falle eines auftretenden Fehlers die möglichen Lösungswege vorgeführt (z. B. Entfernen einer störenden Brummschleife bei der Präsentation eines Videos). Nachdem die fachlichen Inhalte geklärt wurden, wird die Nutzung des Tablets mit einem Fragebogen oder im Dialog reflektiert. Durch das Beobachtungslernen (Modeling of excellence, vgl. Bostic St. Clair & Grinder, 2001) und der direkten Auseinandersetzung mit dem Einsatz digitaler Technik im Fachkontext sollen Vorurteile abgebaut und durch Dissonanzerzeugung Conceptual-Change-Prozesse initiiert werden.

Begleitend zur Lehrveranstaltung wird den Lernenden eine Mediensprechstunde und im Anschluss an die Lehrveranstaltung in der vorlesungsfreien Zeit ein Workshop angeboten, bei dem die beobachteten Techniken eingeübt und vertieft werden. Neben den eigenen Geräten können auch bereitgestellte Geräte genutzt werden.

Für die Lehrenden, die noch nicht über ausreichende Kompetenzen für die demonstrative Nutzung verfügen, wird die angeleitete und begleitete Nutzung angeboten. Hierbei wird der Lehrende von einer erfahrenen Nutzerin bzw. einem erfahrenen Nutzer mit der Methode des 4C/ID-Modells des kognitiven Instruktionsdesigns (vgl. Merriënboer, Clark, & Crook, 2002) bei der individuellen und stufenweisen Aneignung von Fertigkeiten im Umgang mit mobilen Endgeräten in Lehr-Lern-Prozessen begleitet. Die hierzu notwendigen Informationen werden vor dem Arbeitsschritt präsentiert und durch das Üben der Teilfertigkeiten Routinen entwickelt, mit dem Ziel, diese in den Lehr-Lern-Prozess zu integrieren. In Verbindung mit dem Anwenden des Gelernten in der Praxis gewinnt der begleitete Lehrende an Selbstvertrauen bei der Nutzung. Mit zunehmender Expertise wird die Begleitung ausgeblendet.

▲ **Abb. 2a** Aufnahme der handschriftlichen Aufzeichnungen der Studierenden

▲ **Abb. 2b** Anschließende Präsentation der Aufzeichnungen im Plenum und ggf. deren Annotation

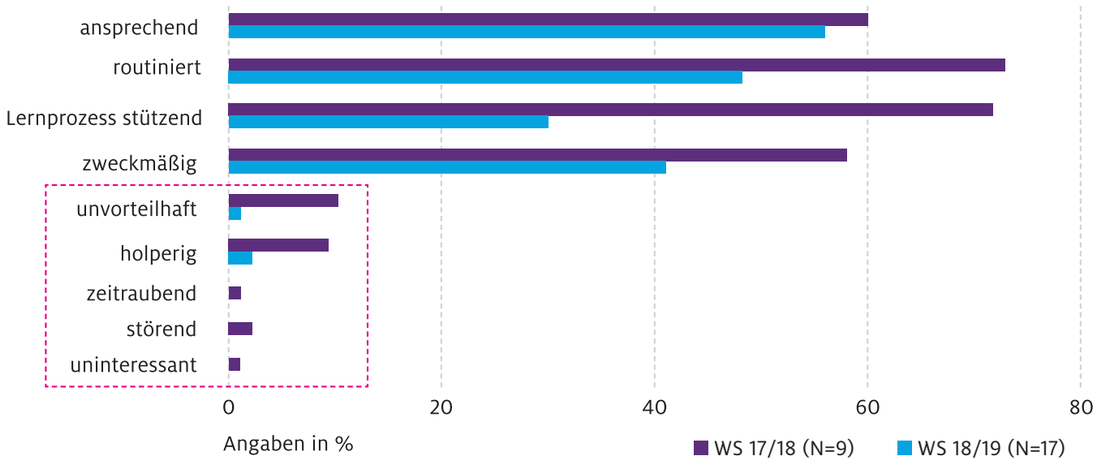
Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Bereits während der Durchführung der demonstrativen Nutzung zeigt sich, dass die Studierenden ihre eigenen Geräte zunehmend in der Lehrveranstaltung für die Nutzungen einsetzen, die sie zuvor beobachtet haben. Beispielsweise fotografieren sie ihre handschriftlichen Notizen bei Gruppenarbeiten, um sie anschließend im Plenum zu präsentieren. Bei einigen Studierenden sind mittelfristige Effekte zu beobachten, wie die Nutzung der mobilen Endgeräte in zusätzlichen Kompetenzbereichen, die bisher nicht in der demonstrativen Nutzung thematisiert wurden (bspw. Datenverarbeitung).

Das Lernangebot wird in den Fragebögen überwiegend positiv bewertet (Abb. 3). Am Ende der Lehrveranstaltungen war das Interesse, ein Tablet im Unterricht auszuprobieren bei den Studierenden sehr groß (66 % im WS 17/18 und 75 % im WS 18/19).

Die Dozierenden, die an der angeleiteten und begleiteten Nutzung teilnehmen, sind für das Angebot sehr dankbar. Sie haben dadurch ihre Hemmungen, die neue Technik einzusetzen, überwunden („Ohne deine Unterstützung hätte ich dies nicht gemacht!“).

Bisher nehmen nur wenige Dozierende das Angebot der angeleiteten und begleiteten Nutzung wahr. Die Gründe sind die gleichen wie bei den Studierenden: Es handelt sich um ein Angebot für Freiwillige ohne Prüfungsrelevanz und Vergütung (CP, Deputat). Viele Studierende vertreten die Meinung, dass die Aneignung digitaler Basiskompetenzen im Rahmen des Referendariats reichen würde, vergessen aber, dass der Prozess dieser Aneignung sich über Jahre erstreckt und einer beständigen Erneuerung bedarf.



▲ **Abb. 3** Gemittelte Angaben der Tagesevaluation der Studierenden über den gesamten Verlauf der Lehrveranstaltung „Einführung in die Fachdidaktik“ zur demonstrativen Nutzung eines Tablets seitens des Dozierenden. Die negativen Eindrücke (pinkfarbene Umrandung) treten deutlich in den Hintergrund.

Weiterführende Informationen

Publikationen zum Projekt auf
▼ **https://tablets-in-der-lehre.de**

Über den Autor

▸ **Erik Kremser** ist Lehrbeauftragter im Demonstrationspraktikum als Akademischer Oberrat und Leiter der Vorlesungsassistenz am Fachbereich Physik der TU Darmstadt. Seit 2013 leitet er das Projekt „Tablets als Arbeitsgeräte in der Lehre“ in Kooperation mit dem Fachbereich der Medienpädagogik. Er ist Mitglied der AG Digitale Basiskompetenzen in der Lehrerbildung.

Literatur

Bostic St. Clair, C., & Grinder, J. (2001). *Whispering in the Wind.* Scotts Valley, CA: J & C Enterprises.

Kremser, E. (2015). Tablets als Arbeitsgeräte in der Lehre – erste Erfahrungen. In M. Schiefner-Rohs, C. Gómez Tutor, & C. Menzer (Hrsg.), *Lehrer.Bildung.Medien. Herausforderungen für die Entwicklung und Gestaltung von Schule* (S. 83-99). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Merriënboer, J. J. G., Clark, R. E., & Crook, M. B. M. (2002). Blueprints for complex learning: The 4C/ID-model. *Educational Technology Research and Development, 50,* 39-61.

Wahl, D. (2013). *Lernumgebungen erfolgreich gestalten – Vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln. (3. Auflage mit Methodensammlung).* Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

▼ Lars-Jochen Thoms, Christoph Hoyer, Raimund Girwidz

Mit digitalen Medien experimentelle Kompetenzen fördern und komplexe Datenauswertungen schulen

In einer neu konzipierten Wahlpflichtveranstaltung zu speziellen Fragestellungen zum Lernen und Lehren von Physik werden multicodierte und multimodale Repräsentationen komplexer Messdaten erstellt. Als neue, innovative Möglichkeit für den Physikunterricht werden haptovisuelle Repräsentationen mittels 3D-Druck erzeugt. Außerdem gestalten die Studierenden in diesem Seminar interaktive Lern- und Arbeitsmaterialien für Schülerinnen und Schüler. Dabei stehen die adressatengerechte Auswahl, Bereitstellung und Nutzung verschiedener Aufgabenformate und Visualisierungen im Vordergrund.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der Ludwig-Maximilians-Universität München
- Fach: Physik
- Wahlpflichtseminar im Lehramt Physik, 1. bis 9. Semester
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: 8

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Eine Besonderheit dieses Lehrvorhabens war die Öffnung für Studierende aller Semester des Lehramtsstudiums Physik, insbesondere auch für Erstsemester. Entsprechend wurde die Veranstaltung konzipiert. Es wurden weder spezifisches Fachwissen oder pädagogische Kompetenzen noch besondere Medienkenntnisse vorausgesetzt. Alle Grundlagen wurden im Seminar erarbeitet. Dennoch haben sich erweiterte Vorkenntnisse insbesondere in Textverarbeitung (v. a. Absatzlayout) und Tabellenkalkulation (v. a. Formeln, Diagramme) als hilfreich erwiesen.

Praktische Tipps zur Durchführung

Als Semesteraufgabe sollte das Erstellen interaktiver Lern- und Arbeitsmaterialien zum forschenden Lernen im Fernlabor dienen. Das in den einzelnen Modulen vermittelte Wissen kann so direkt zur Anwendung gebracht werden.

Das Einrichten, Nutzen und Warten des 3D-Druckers muss gewissenhaft erfolgen. Modelle können zwar sehr schnell von Studierenden mit einem Computer erstellt werden, die Bedienung des Druckers sollte aber zunächst von einem Betreuer oder einer Betreuerin begleitet werden.

Materialliste:

- 3D-Drucker (z. B. Ultimaker 3 Extended) und Filamente
- Notebooks (1 je Zweiergruppe, u. a. für die Erstellung von 3D-Modellen) mit Software: Ultimaker CURA, Arduino IDE, Fritzing und ggf. Simplify3D
- Tablets (1 je Zweiergruppe, u. a. für Videoanalyse)
- digitale Messwerterfassungssysteme und zugehörige Apps/Software (z. B. Leybold CASSY, PHYWE Cobra, PASCO-Sensoren, Vernier-Sensoren)
- Apps für Videoanalyse (z. B. Viana.NET, Vernier Video Physics, VidAnalysis, Tracker)
- Arduinos, Sensoren, Zubehör für Ein- und Ausgabe
- kostenfreie Konten bei Graasp, WISE und Autodesk für Tinkercad

Einordnung des Lehrprojektes

Technische Basiskompetenzen	●●○○○	
Allgemeinere Kompetenzen		
Dokumentation	●●●●○	DO.U.N1 • DO.M.B1 • DO.T.N1 • DO.T.B1
Präsentation	●●●●○	P.U.N1/2 • P.U.B1 • P.M.N1 • P.M.B1/2 • P.M.A1 • P.T.N1 • P.T.B1/2 P.T.A1
Kommunikation/Kollaboration	●●●○○	KK.U.N1/2 • KK.U.B1-4 • KK.M.N1 • KK.M.B1 • KK.F.N5 • KK.T.N1-3 KK.T.A1/4/5
Recherche/Bewertung	●●●○○	RB.M.N2 • RB.F.B1 • RB.T.N1/3
Fachspezifischere Kompetenzen		
Messwert-/Datenerfassung	●●●●●	MD.U.N2 • MD.U.B1 • MD.U.A1 • MD.M.N1 • MD.M.B1 • MD.F.N1/4 MD.T.N1
Datenverarbeitung	●●●●●	DV.U.N1/2 • DV.U.A1 • DV.M.N2 • DV.M.B2 • DV.T.N1-5 • DV.T.B2/4 DV.T.A1-3
Simulation/Modellierung	●●●○○	SM.U.N1 • SM.U.B1 • SM.U.A1 • SM.M.N1 • SM.M.B1/2 • SM.F.B1/2 SM.T.N1-4 • SM.T.A1

▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Das Seminar „Lehren mit digitalen Medien: Multimedia und 3D-Druck im Physikunterricht“ ist modular aufgebaut. So können einzelne Module auch leicht in andere Lehrveranstaltungen übertragen werden. Im Folgenden werden die einzelne Themengebiete kurz vorgestellt.

Didaktische Aspekte des Lernens mit Multimedia

Bei der Auswahl geeigneter multimedialer Lernmaterialien müssen nicht nur fachliche Aspekte berücksichtigt werden. Ein ungünstig moderierter Einsatz digitaler Medien im Unterricht birgt die Gefahr einer kognitiven Überlastung der Lernenden (Sweller, 2010). Daher werden die lehr-lernpsychologischen Grundlagen des Lernens mit Multimedia behandelt (Mayer, 2014; Schnotz & Bannert, 2003). Zusätzlich steht zur weiteren Veranschaulichung ein Internet-Kompendium mit interaktiven Beispielen zu unterrichtsrelevanten Themen bereit (Hoyer & Girwidz, 2018).

Digitale Medien im Physikunterricht

Anhand eines etablierten Bewertungsschemas werden Animationen, Simulationen sowie ferngesteuerte Labore bezüglich motivationaler Aspekte, Inhalt und Methodik analysiert und kategorisiert (Altherr, Wagner, Eckert, & Jodl, 2003; Dębowska, 2013). So erhalten Teilnehmende auch einen Überblick über verfügbare Multimediaanwendungen für den Physikunterricht. Zusätzlich wird die Bewertungskompetenz der Studierenden gefördert.

Digitale Messwerterfassung in realen, ferngesteuerten und virtuellen Experimenten

Viele Sensoren können sehr einfach mit Computern verbunden werden. Messwerterfassung und Auswertung erfolgen digital. Ergebnisse können anschließend bequem, z. B. über einen Beamer, präsentiert werden. Auch Smartphones und Microcontroller (Arduino, Raspberry Pi & Co.; vgl. Girwidz & Watzka, 2018) werden als Messgeräte im Physikunterricht verwendet. Studierende lernen verschiedene Systeme kennen und verwenden diese bei unterrichtsrelevanten Experimenten. Ferngesteuerte und virtuelle Labore erlauben auch bei kostspieligen oder gefährlichen Versuchen ein schülergerechtes und selbstständiges Experimentieren (Thoms & Girwidz, 2017). Studierende erhalten einen Überblick über bestehende Fernlabore. Weiterhin wird die Einordnung in Unterrichtsszenarien thematisiert.

Zwei- und dreidimensionale Darstellungen von Messwerten

Verschiedene Visualisierungen von experimentell gewonnenen Daten werden diskutiert. Die Nutzung ferngesteuerter Labore hat sich dabei sehr bewährt, da sich Lernende zunächst voll und ganz auf die Charakteristika verschiedener Darstellungsformen konzentrieren können (vgl. Hoyer & Girwidz, 2018). Anschließend werden zu Standardexperimenten Messwerte aufgenommen, ausgewertet und visualisiert.

Die Möglichkeit mehrere Sinne anzusprechen (Multimodalität) ist eine Stärke von Multimedia. Bisher wurden mit multimodalen Anwendungen meist Inhalte aus der Akustik adressiert (Girwidz et al., 2019). Mit dem 3D-Drucker können auch haptovisuelle Repräsentationen komplexer Zusammenhänge angefertigt werden (Abb. 2). Es werden Grundkenntnisse zum 3D-Druck vermittelt.

Interaktives Lern- und Arbeitsmaterial

Durch interaktive Aufgabenformate können Lernende aktiviert und individuell gefördert werden. Mit Learning-Management-Systemen (LMS) können solche Aufgaben organisiert, strukturiert und bereitgestellt werden. Die Studierenden nutzen verschiedene LMS (Moodle, Graasp und WISE) und erstellen darin digitale Arbeitsmaterialien für Schülerinnen und Schüler. Die jeweiligen Umsetzungen werden im Plenum vorgestellt und diskutiert. Außerdem werden Unterschiede der verschiedenen LMS besprochen.

◀ **Abb. 2** Wärmebilder als Beispiel für Multicodierung und Multimodalität

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Der Aufbau aus Modulen hat sich insgesamt sehr bewährt. Als Einstieg war dabei vor allem das Modul zu lehr-lernpsychologischen Grundlagen von Multimedia hilfreich. Auf dieser Basis planten die Studierenden im weiteren Verlauf des Kurses die Auswahl digitaler Medien und die Durchführung ihrer Experimente.

Die Studierenden konnten immer wieder Querverknüpfungen zwischen ihrem Semesterprojekt – dem Erstellen interaktiver Lern- und Arbeitsmaterialien zum forschenden Lernen im ferngesteuerten Labor in einem Learning-Management-System – und den Präsenzphasen sowie Hausaufgaben bilden. So hatten sie für die Entwicklung der Materialien ausreichend Zeit und konnten sich in die jeweilige Lernplattform einarbeiten. Die Präsentation der Ergebnisse im Plenum gab den Studierenden Rückmeldung für eine Verbesserung ihrer Materialen. Außerdem konnten so die verschiedenen Systeme gut miteinander verglichen werden.

Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer hatten am Ende des Semesters eigene Messwerte mit digitalen Messwerterfassungssystemen aufgenommen. Die aufgezeichneten Messwerte wurden am Computer weiterverarbeitet und schülergerecht visualisiert. Gegenüber 3D-Visualisierungen am Bildschirm lassen sich 3D-Drucke frei und intuitiv von allen Seiten betrachten. Dazu haben die Studierenden ausgewählte Beispiele unter Anleitung für den 3D-Druck aufbereitet und ausgedruckt.

Weiterführende Informationen

Website zum Projekt:
▼ **https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/lehrerbildung/kolleg/3ddruck/index.html**

Website zu 3D-Druck im Physikunterricht:
▼ **https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/multimedia/3ddruck/index.html**

Internet-Kompendium zum Lernen mit Multimedia:
▼ **https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/multimedia/lernen_mit_multimedia/index.html**

Über die Autoren

- **Lars-Jochen Thoms** ist Postdoc am Lehrstuhl für Didaktik der Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München. Dort forscht er zur Verbesserung der Physiklehrerausbildung mit den Schwerpunkten Multimedia, Digitalisierung und digitale Transformation. In seiner Dissertation untersuchte er forschendes Lernen in virtuellen und ferngesteuerten Laboren.

- **Christoph Hoyer** studierte Mathematik und Physik an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Seit 2016 arbeitet er dort als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Didaktik der Physik. Seine Forschungsinteressen beinhalten das Lehren und Lernen mit Multimedia, ferngesteuerten Laboren und multiplen Repräsentationen im Physikunterricht.

- **Raimund Girwidz** ist Professor für Didaktik der Physik an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Bereits während seiner Promotion beschäftigte er sich mit der Frage, welchen Beitrag der Computer beim Physiklernen leisten kann. 2001 wurde er für seine Arbeiten zur Didaktik der Physik an der Universität Würzburg habilitiert.

Literatur

Altherr, S., Wagner, A., Eckert, B., & Jodl, H. J. (2003). Multimedia material for teaching physics (search, evaluation and examples). *European Journal of Physics, 25*(1), 7-14.

Dębowska, E., Girwidz, R., Greczyło, T., Kohnle, A., Mason, B., Mathelitsch, L., Melder, T., Michelini, M., Ruddock, I., & Silva, J. (2013). Report and recommendations on multimedia materials for teaching and learning electricity and magnetism. *European Journal of Physics, 34*(3), L47-L54.

Girwidz, R., & Hoyer, C. (2018). Didaktische Aspekte zum Einsatz von digitalen Medien – Leitlinien zum Lernen mit Multimedia, veranschaulicht an Beispielen. In J. Meßinger-Koppelt, & J. Maxton-Küchenmeister (Hrsg.), *Naturwissenschaften digital: Toolbox für den Unterricht.* Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Girwidz, R., Thoms, L.-J., Pol, H., López, V., Michelini, M., Stefanel, A., Greczyło, T., Müller, A., Gregorcic, B., & Hömöstrei, M. (2019). Physics teaching and learning with multimedia applications: A review of teacher-oriented literature in 34 local language journals from 2006 to 2015. *International Journal of Science Education, 25*(1), 1-26.

Girwidz, R., & Watzka, B. (Hrsg.). (2018). Arduino, Raspberry Pi & Co., *Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 29*(167).

Hoyer, C., & Girwidz, R. (2018). A remote lab for measuring, visualizing and analysing the field of a cylindrical permanent magnet. *European Journal of Physics, 39*(6), 065808.

Hoyer, C., & Girwidz, R. (2019). Digitale Medien – Werkzeuge beim Experimentieren, *Unterricht Physik, 30*(171/172), 13-19.

Mayer, R. E. (Ed.). (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning (Second edition).* Cambridge: Cambridge University Press.

Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction, 13,* 141-156.

Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review, 22*(2), 123-138.

Thoms, L.-J., & Girwidz, R. (2017). Virtual and remote experiments for radiometric and photometric measurements. *European Journal of Physics, 38*(5), 55301-55324.

▼ Stefan Heusler, Susanne Heinicke, Daniel Laumann

Lernmaterialien mit digitalen Enhancements erstellen

In diesem Beitrag stellen wir Lehrkonzepte am Institut für Didaktik der Physik vor (Experimentalpraktika und Seminare), bei denen digitale Medien klassische Lehrmedien nicht ersetzen, sondern erweitern. Studierende erstellen eigene Workbookseiten, wobei die Kooperation durch die gemeinsame Arbeit an einem gemeinsamen Thema gestärkt wird, sowie die Kompetenz im Umgang und mit der Produktion digitaler Medien, die über QR-Codes in das gemeinsame Workbook integriert werden.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der Universität Münster
- Fach: Physik (für Grundschule bzw. für Sekundarstufe I/II)
- Zielgruppe: Studierende im Bachelorstudium Lehramt Sachunterricht für Primarstufe (Experimentalpraktikum), bzw. im Bachelor-/Masterstudium Lehramt Physik (Seminar Medien im Physikunterricht/ Sprachsensibler Physikunterricht)
- Teilnehmerzahl pro Durchgang und Lerngruppe: in Seminaren 10 bis 20 Studierende

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Für die eigene Anwendung sind kaum spezifische Kompetenzen im Umgang mit digitalen Medien erforderlich, die über die alltägliche Mediennutzung hinausgehen. Die Verwendung von Apps wie phyphox oder das Scannen von QR-Codes müssen teilweise eingeübt bzw. auf den eigenen Endgeräten der Studierenden technisch ermöglicht werden. Kompetenzen in der Konzeption und dem Erstellen digitaler Module werden in den Lehrveranstaltungen ausgebaut.

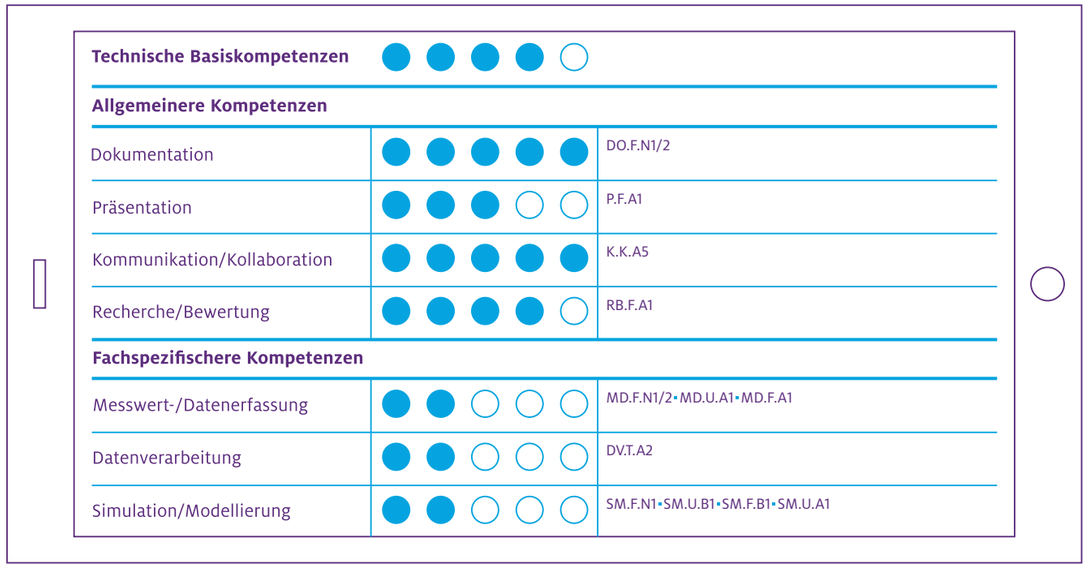
Praktische Tipps zur Durchführung

Vor der Konzeption eigener digital erweiterter Lernmaterialien empfiehlt es sich, zunächst mit einem bereits fertigen Workbook zu starten. Anschließend werden den Studierenden die notwendigen digitalen Materialien in Form von Musterbeispielen, vorformatierten Vorlagen, Icons und Anleitungen zum Erstellen von QR-Codes usw. zur Verfügung gestellt. Das Themenfeld und einzelne Unterthemen werden von den Dozenten vorgegeben, sodass eine inhaltliche Kohärenz gegeben ist und die Studierenden sich auf die konkrete Gestaltung der eigenen Workbookseite konzentrieren können.

Materialliste:

- Workbook und Vorlagen
- Beispiele für einzubindende digitale Medien und Varianten der Einbindung in Printmaterial
- ggf. technisches Gerät für Aufnahme und Schnitt von Videos

Einordnung des Lehrprojektes



▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Bisherige Studienergebnisse im Bereich Physikdidaktik (Jong, Linn, & Zacharia, 2013) als auch in anderen Naturwissenschaften (Smetana & Bell, 2012) deuten darauf hin, dass Lernprozesse durch digitale Medien nicht per se verändert oder gar verbessert werden. Aus fachdidaktischer Sicht stellt sich nicht primär die Frage, welches Medium genutzt wird, sondern wie es gelingt, Lernenden eine aktive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand zu ermöglichen, wobei insbesondere Hindernisse, kognitive Konflikte und eigene Anstrengung wesentlich sind für Lernprozesse. Für diese aktive Auseinandersetzung spielen multiple Repräsentationen eine wesentliche Rolle (Hettmannsperger, 2015). Ein Lehrmedium, welches ausschließlich auf digitaler Ebene Inhalte vermittelt, greift gerade für die Naturwissenschaften zu kurz, da Erkenntnisgewinnung über das Experiment hier eine entscheidende Rolle spielt (Laumann, 2017).

In diesem Sinne eröffnet nicht der Ersatz bestehender Lehrmedien, sondern die gezielte Integration digitaler Medien viele Möglichkeiten für den naturwissenschaftlichen Unterricht – sowohl in Plenumssituationen als auch in Phasen der Gruppen- oder Einzelarbeit. Studierende sollen daher in fachdidaktischen Seminaren die Gelegenheit bekommen, sich mit den verschiedenen lehrmethodischen Varianten möglicher Integration digitaler Medien auseinanderzusetzen. Hierzu bieten praxisbezogene Lehrveranstaltungen eine offensichtliche Plattform, aber auch andere Seminarformen weisen diesbezüglich viel Potenzial auf. In diesem Beitrag beschreiben wir zwei verschiedene Formate, in denen wir in stärker theoriebezogenen Lehrzusammenhängen den kompetenten Umgang der Studierenden mit digitalen Medien fördern. Beiden Lehrveranstaltungen liegt dabei die gleiche Basis zugrunde: Als Lernmittel dient den Lernenden jeweils ein Workbook (vgl. Infokasten). Das Workbook vermittelt Grundlagenwissen zu dem Sachthema und beinhaltet Anleitungen zu Experimenten. Digitale Elemente ergänzen und erweitern das Spektrum der Möglichkeiten einer aktiven Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand. Im Gegensatz zu rein digitalen Lehrmedien geht es hier also um eine Erweiterung des realen Mediums (digital enhancement). Der digitale Hintergrund ersetzt dabei nicht nur ein weiteres gedrucktes Lehrwerk, sondern enthält auch weitere genuin digitale Module wie Videos, Animationen oder Simulationen. Er stellt auch eine Plattform der Weiterentwicklung, eigenen Erstellung digitaler Medien und des interaktiven Austauschs dar, etwa durch digitale Tafeln oder Quizfragen. Weiterhin kann Differenzierung ermöglicht werden, etwa in der Aufgabenkomplexität oder auf der sprachlichen Ebene.

Infokasten zum Workbook
Das Institut für Didaktik der Physik der Universität Münster hat für das Erstellen von Lernmaterial ein eigenes (Workbook-)Format entwickelt. Es verbindet auf der Papierebene konventionelle Arbeitsblätter und die aus den fremdsprachlichen Unterrichtsfächern und dem Mathematikunterricht bekannten Arbeitsbücher (engl. Workbook). Durch die digitalen Erweiterungsmöglichkeiten ersetzt es außerdem auch das (im Physikunterricht nachgewiesenermaßen kaum verwendete) Schulbuch, indem längere Texte und größere Abbildungen über QR-Codes in den digitalen Hintergrund verlegt werden können. Darüber hinaus ermöglichen die digitalen Enhancements auch die Vorteile eines digitalen Schulbuchs mit der Möglichkeit der Einbindung von AR-Umgebungen, Videos, Simulationen usw.

Die Arbeit mit solchen digital erweiterten Workbooks erfolgt in zwei unterschiedlichen Lehrformaten: Bei der einen Variante handelt es sich um Experimentalpraktika der Physik, beispielsweise im Rahmen der Ausbildung für Sachunterrichtslehrkräfte. Den Studierenden wird für das Praktikum ein fertiges Workbook zur Verfügung gestellt, das als Versuchsanleitung, digitales Lehrwerk und Laborbuch dient.

Im zweiten Fall handelt es sich um Seminare für angehende Physiklehrkräfte, beispielsweise zu Medien im Unterricht oder zur Sprachförderung und -differenzierung. In diesen Lehrformaten wird gemeinsam ein solches digital erweitertes Workbook konzipiert und realisiert, wobei den Studierenden Vorlagen für das Grunddesign der Workbookseiten zur Verfügung gestellt werden. Das Lernziel stellt daher zum einen die symbiotische Konzeption einer real-digitalen Lernumgebung dar, zum anderen ihre Realisierung in Form eines solchen spezifischen Lernmaterials.

Experimentalpraktikum

Den Studierenden wird als Lerngrundlage ein bereits konzipiertes Workbook in Papierform zur Verfügung gestellt. Es enthält zum einen die Arbeitsanweisungen zu den Aufgaben und Experimenten und bietet Raum für die Sicherung von Beobachtungen, Erklärungen und Ergebnissen. Darüber hinaus werden weitere Informationen und lernunterstützende Medien über QR-Codes, Recherchehilfen und das begleitende Lernportal digital in den Hintergrund gelegt. Diese integrative Nutzung hat den Vorteil, dass Informationen sich nach Belieben zuschalten lassen, das Basismaterial selbst aber wesentlich verschlankt werden kann. Zudem erweitert sich durch dynamische und manipulierbare Medien wie Videos, Animationen und Simulationen das Spektrum möglicher Repräsentationsformen sowie Aufgabenstellungen wesentlich. Im Experimentalpraktikum steht zunächst die eigene Verwendung und Anwendung digitaler Medien im Vordergrund. Im letzten Drittel erhalten die Studierenden den Auftrag, ein eigenes Projekt durchzuführen, das beispielsweise in Form weiterer digital erweiterter Lernmaterialien durchgeführt werden kann. In diesem Rahmen erstellen die Studierenden beispielsweise eigene Lehrvideos und binden sie mithilfe der nun bekannten Varianten in das Printmaterial ein. Das Erstellen eigener Medien wie z. B. Lehrvideos wiederum wird sowohl in didaktischer (inhaltliche Strukturierung, Visualisierungen, Verwendung von [Fach-]Sprache usw.) als auch in technischer Hinsicht (Aufnahme- und Schneidetechnik, Beleuchtung, Hintergründe usw.) von den Dozierenden und Tutoren unterstützt. Jede Gruppe von 16 Studierenden wird dabei von zwei Mitarbeitenden begleitet.

Fachdidaktische Seminare

Die fachdidaktischen Seminare zielen auf die Erstellung eigener digital erweiterter Lernmaterialien zu einem Themengebiet ab, welche im Anschluss an die Seminare für alle Teilnehmenden zu einem Gesamtmaterial zusammengestellt und nach Möglichkeit auch mit einer Gruppe von Schülerinnen und Schülern erprobt werden. Dabei liegt der Fokus jeweils auf der Verwendung möglichst diverser digitaler Module (Seminar „Medien im Physikunterricht“) oder auch der Unterstützung von fachsprachlichen Kompetenzen (Seminar „Sprachsensibler Fachunterricht/DaZ-Seminar“). Beispielsweise wurden zum Themenkomplex „Licht und Farben“ im SoSe 2017 im Seminar „Medien im Physikunterricht“ von den ca. 20 Studierenden in Partnerarbeit elf einzelne Workbookseiten entwickelt (vgl. Abb. 2). Digitale Erweiterungen der Arbeitsaufträge erfolgen in der Regel über QR-Codes, die von den Schülerinnen und Schülern mit Smartphone oder Tablet gelesen werden können. Bei dem Thema „Farbenblindheit“ können die Schülerinnen und Schüler z. B. mithilfe einer passenden App unterschiedliche Farbsehschwächen am Smartphone simulieren.

Aufgabe 1

Ein Partner lädt sich die App „Chromatic Vision Simulator“ herunter. Der andere Partner öffnet mit seinem Smartphone oder Tablet das Padlet.

Hier findest du die App!

Hier kommst du zum Padlet!

Aufgabe 2

Im Padlet befinden sich sechs Bilder für einen Farbsehtest. Notiert euch, welche Zahlen ihr in den Bildern 1 bis 6 erkennt.

QR-Codes führen zur digitalen Erweiterung.

	Bild 1	Bild 2	Bild 3	Bild 4	Bild 5	Bild 6
Das sehe ich						
Das sieht mein Partner/meine Partnerin						

Arbeitsergebniss werden von den Schülern nicht digital, sondern handschriftlich gesichert.

Icons bei den Aufgaben definieren die Arbeitsaufträge und Sozialform.

Aufgabe 3

a) Haltet euer Smartphone mit der Kamera über die Bilder im Padlet.
b) Testet die verschiedenen Möglichkeiten der App und notiert eure Beobachtungen.
c) Was passiert mit den Zahlen in den unterschiedlichen Modi C, P, D und T?

Modus C	Modus P	Modus D	Modus T

Die Schüler können mit der App am Smartphone Farbsehschwächen simulieren und die Bilder auf einer digitalen Tafel teilen.

▲ **Abb. 2** Beispielseite aus dem Workbook „Licht und Farben”

Mögliche digitale Erweiterungen des Workbooks lassen sich in folgende Kategorien unterteilen:

1. Integration bestehender Simulationen, Animationen und Videos (z. B. von LEIFIphysik, PhETColorado, CK-12, planet schule, Veritasium)
2. Integration von Apps (z. B. phyphox)
3. Quiz-Aufgaben (z. B. über Kahoot!)
4. digitale Tafeln (z. B. als Padlet)
5. Integration und Adaption von Dateien für den 3D-Drucker für das Sachthema (z. B. von http://physikkommunizieren.de/3d-druck/)
6. einfache AR-Anwendungen (z. B. mit der AR-App Blippar)
7. Einbinden selbst erstellter Videos (z. B. gefilmte Experimentieranleitungen oder einfache Legetrickfilme zur Erklärung der Beobachtungen)

Da die Bandbreite des Vorwissens der Studierenden sehr unterschiedlich ist, kann die Komplexität der Aufgabenstellung individuell angepasst werden.

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Digital erweiterte Workbooks haben sich in den Lehrveranstaltungen sowohl als Grundlage für fachliches Lernen, als auch für die Erweiterung der Kompetenzen bei der Integration digitaler Inhalte in Lehr-Lern-Module bewährt. Dabei wurde ein integrativer Ansatz gewählt, bei dem das Fachthema nach wie vor im Mittelpunkt steht, sich allerdings durch die Integration digitaler Medien das Spektrum möglicher Repräsentationsformen und Aufgabenstellungen signifikant erweitert. Die Evaluationsergebnisse der einzelnen Seminare sind durchweg sehr positiv. Insbesondere steigert die kooperative Lernform, die sich durch den jeweils eigenen Beitrag in einem gemeinsamen Workbook ergibt, die Motivation erheblich. Als ein Problem wird von vielen Studierenden die Formatierung der Workbookseiten in Word wahrgenommen, sodass hier in Zukunft die Entwicklung einer einfacher zu nutzenden Vorlage sinnvoll wäre. Insgesamt zeigen die Workbooks als Arbeitsgrundlage die gewünschte Flexibilität für die digitale Erweiterung, aber auch Beständigkeit einer auf Papier mit eigener Handschrift geschriebenen Arbeitsgrundlage. Im Gegensatz zu digitalen Formaten bleibt hier die Lesbarkeit der Inhalte auf Jahre gesichert. Weiterhin wird die Bildschirmzeit von Kindern und Jugendlichen, die bereits durch Freizeitaktivitäten bedenklich hoch ist (MPFS, 2018), bei der Nutzung von papierbasierten Medien mit wenigen, zielgenauen digitalen Erweiterungen im Unterricht nicht unnötig weiter erhöht.

Weiterführende Informationen

Das Workbook „Licht und Farben” steht hier zum Download zur Verfügung:
▼ **http://physikkommunizieren.de/licht-und-farbe-grundschule-bzw-sek-i/**

Über die Autorin und die Autoren

- **Stefan Heusler** ist Professor für Didaktik der Physik an der Universität Münster. Zu seinen Forschungsgebieten gehören Fragestellungen zu Modellierungskompetenz und multiplen Repräsentationsformen sowie zum Einbezug digitaler Technologien in den modernen Physikunterricht.
- **Susanne Heinicke** ist Professorin für Didaktik der Physik an der Universität Münster. In ihrer Forschung beschäftigt sie sich unter anderem mit dem Einsatz digitaler und analoger Medien zur Unterstützung eines sprachsensiblen naturwissenschaftlichen Unterrichts.
- **Daniel Laumann** ist akademischer Rat (a. Z.) am Institut für Didaktik der Physik und am Physikalischen Institut der Universität Münster. Seine Forschungs- und Entwicklungstätigkeit bezieht sich insbesondere auf den Einsatz multipler Repräsentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Literatur

Hettmannsperger, R. (2015). *Lernen mit multiplen Repräsentationen aus Experimenten. Ein Beitrag zum Verstehen physikalischer Konzepte.* Wiesbaden: Springer VS.

Laumann, D. (2017). Integrativer Einsatz realer und interaktiver digitaler Repräsentationen in der Physik. In H. Grötzebauch, & V. Nordmeier (Hrsg.). *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung* (S. 251-256). Dresden.

MPFS [Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest]. (2018). *JIM-Studie 2018. Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger.* Stuttgart: MPFS.

Neuhaus, W., Nordmeier, V., & Kirstein, J. (2011). Das Lehrbuch der Zukunft. Mediendidaktische Aspekte im Validierungsprojekt „Technology Enhanced Textbook“. In H. Grötzebauch, & V. Nordmeier (Hrsg.), *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.* Münster.

Smetana, L. K., & Bell, R. L. (2012). Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education, 34*(9), 1337-1370.

de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education. *Science, 340*(6130), 305-308.

▼ Dagmar Frick, Stefan Witzke, Claudia Nerdel

Modellieren mit digitalen Werkzeugen – vom 3D-Druck zur mathematischen Visualisierung am Beispiel der Enzymkinetik

Die Studierenden lernen im Seminar unterschiedliche Möglichkeiten zur Modellierung von Enzymreaktionen kennen. Hierbei durchlaufen sie den Prozess der Erkenntnisgewinnung durch den Einsatz von Modellen (vgl. Fleige, Seegers, Upmeier zu Belzen, & Krüger, 2016). Als Beispiel dient der enzymatische Abbau von Harnstoff durch Urease. Die Studierenden führen Experimente im Labor durch, erfassen mit digitalen Sonden Messwerte und werten die Ergebnisse mathematisch und grafisch aus. Zusätzlich erstellen sie selbst digitale 3D-Modelle.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der Technischen Universität München (TUM)
- Fach: Biologie (fächerübergreifend mit Chemie und Mathematik)
- Seminar im Master Lehramt Gymnasium Biologie: Innovationen im naturwissenschaftlichen Unterricht
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: 16

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Wissen über Enzyme und Enzymreaktionen; Basiskompetenzen des Arbeitens im Labor; deduktive Erkenntnisgewinnung/hypothesengeleitetes Experimentieren; Modellieren als naturwissenschaftliche Arbeitsweise beschreiben und bei der Planung von Unterricht anwenden.

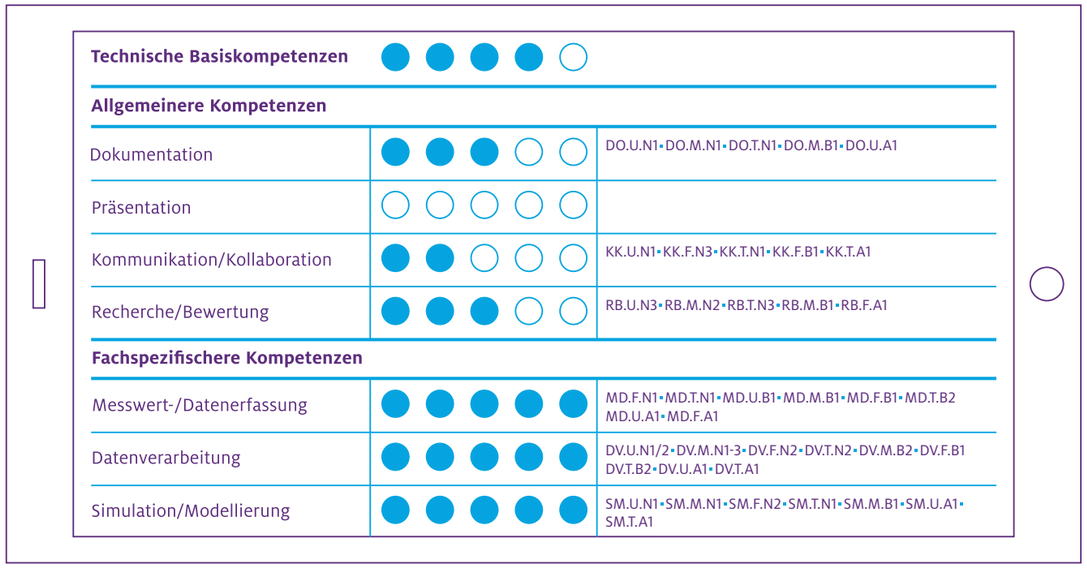
Praktische Tipps zur Durchführung

- Personal: 2 Dozenten, 1 chemisch-technische Assistenz
- chemisch-biologisches Labor zum experimentellen Arbeiten
- Seminarraum für digitales Modellieren
- Software: Office Software (Tabellenkalkulation, Textverarbeitung, Präsentationsprogramm; ggf. auch kooperative Lösungen); CAD-Programm Tinkercad (gratis, browserbasiert) oder Fusion360 von Autodesk (kostenfreie Lizenz für Bildungseinrichtungen für drei Jahre); Vorbereitung 3D-Druck: Slicer-Programm „CURA“ von Ultimaker

Materialliste:

- Tablet-PC oder Notebook; iOS, Android oder Windows und Internetverbindung
- Optional: 3D-Drucker und Zubehör
- Versuchsaufbau zur Leitfähigkeitsmessung von Harnstofflösungen
- digitale Messsonde zur Leitfähigkeitsmessung

Einordnung des Lehrprojektes



▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Die Studierenden lernen Varianten zur digitalen Modellierung von Enzymreaktionen kennen. Hierbei durchlaufen sie den Erkenntnisgewinnungsprozess durch den Einsatz von Modellen (Fleige et al., 2016). Als Fragestellung wird geklärt, wie eine hohe Nitratbelastung im Grundwasser zustande kommt und wie dieser begegnet werden kann.

Harnstoff aus Gülle wird durch das Enzym Urease einiger Bakterienarten zu Kohlenstoffdioxid und Ammoniak umgesetzt. Ammoniak wird durch nitrifizierende Bakterien zu Nitrat oxidiert, das nur langsam und in beschränkter Menge von Pflanzen aufgenommen wird. Deshalb reichert sich ein Überschuss im Boden an. Je höher die Konzentration an Harnstoff, desto höher ist die Reaktionsgeschwindigkeit der Urease-katalysierten Reaktion und die Konzentration an Ammoniak bzw. Nitrat.

Zur Überprüfung dieser Hypothese werden digitale Visualisierungen (z. B. mit der App Concepts, PowerPoint oder in CAD) der Reaktion erstellt, die die Struktur- und Funktionsbeziehung zwischen Substrat und Enzym darstellen. Da dieses qualitative Modell nicht ausreichend zur Erklärung der Reaktionsgeschwindigkeit ist, muss es experimentell überprüft und quantifiziert werden. Die Reaktionsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Substratkonzentration wird über die Leitfähigkeit der Lösung mit einer digitalen Messsonde erfasst. Das Reaktionsprodukt Ammoniak reagiert in wässriger Lösung zu Ammoniumionen, die die Leitfähigkeit erhöhen. Da diese Reaktion in wenigen Sekunden abläuft, werden die Reaktion und die Anzeige des Leitfähigkeitsmessgerätes videografiert. Trägt man die Reaktionsgeschwindigkeiten gegen die Substratkonzentration z. B. mit Excel auf, resultiert eine Sättigungskurve, die der grafischen Darstellung der Michaelis-Menten-Gleichung entspricht. Damit ist das Prinzip der Entstehung der hohen Nitratbelastung im Grundwasser geklärt.

Im nächsten Modellierungsschritt soll die Nitratkonzentration durch enzymatische Hemmung der Ureaseaktivität gesenkt werden. Der Einfluss des kompetitiven Inhibitors Thioharnstoff auf die Ureaseaktivität wird überprüft. Um die kompetitive Hemmung zu quantifizieren, wird dem Reaktionsgemisch eine konstante Menge Thioharnstoff zugegeben und analog zur ersten Messreihe verfahren. Trägt man diese Reaktionsgeschwindigkeiten gegen die Substratkonzentration auf, resultiert im Vergleich zur ersten Sättigungskurve ein flacherer Kurvenverlauf.

Der nächste Modellierungsschritt besteht in der Visualisierung einer kompetitiven Hemmung auf Teilchenebene. Mit CAD-Software werden 3D-Modelle erstellt und optional im

3D-Drucker gedruckt. Die 3D-Darstellung des Schlüssel-Schloss-Prinzips visualisiert die kompetitive Hemmung und zeigt, dass Thioharnstoff am Substratbindungsbereich des aktiven Zentrums koordiniert und ihn vorübergehend blockiert. In dieser Zeit kann Harnstoff nicht am katalytischen Zentrum binden und umgesetzt werden. Um den Bezug zum Ausgangsproblem herzustellen, wird reflektiert, welche Herangehensweise aus ökologischer Sicht sinnvoll ist, um den Nitratgehalt im Grundwasser zu senken.

Als Abschluss des Seminars findet eine didaktische Reflexion des durchlaufenen Modellierungsprozesses statt. Die Studierenden diskutieren, wie sie ihre erworbenen Kompetenzen im Unterricht einsetzen können. Die Diagnose der Studierendenkompetenzen erfolgt anhand der Erstellung einer ausgearbeiteten Unterrichtseinheit zu einem neuen biologischen Thema mit didaktisch/methodischer Analyse und Schwerpunkt auf dem Erkenntnisprozess (Modellieren) sowie dem TPCK-Modell (Mishra & Koehler, 2006).

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Lernziel des Seminars ist, dass die Studierenden den Prozess der Erkenntnisgewinnung und der Modellbildung als Zyklus beschreiben können. Das Seminar kann auch in einer Kurzvariante durchgeführt werden: Unter Verzicht auf kompetitive Hemmung kann nur die Erarbeitung der Michaelis-Menten-Kinetik erfolgen (Fokus mathematische, quantitative Modellierung). Genauso kann bei der kompetitiven Hemmung begonnen werden, wenn ausreichendes Vorwissen vorhanden ist (Fokus qualitative Struktur-/Funktionsmodellierung).

Die Studierenden haben häufig Schwierigkeiten beim mathematischen Modellieren von biologischen/biochemischen Zusammenhängen (Frick, 2019). Deswegen erfolgt eine Verknüpfung dieser Disziplinen anhand eines Experiments. Abhängig vom Vorwissen der Studierenden besteht die Möglichkeit, die Michaelis-Menten-Kinetik nur grafisch auszuwerten, ohne die mathematische Herleitung zu thematisieren.

Die Reihenfolge der Modellierungsschritte kann angepasst werden, z. B. mit quantitativer, mathematischer Modellierung beginnen, um dann qualitativ die Substratsättigung zu visualisieren.

Der Druck der 3D-Modelle ist optional. Ist kein entsprechendes Gerät vorhanden, kann auch nur mit den digitalen 3D-Modellen gearbeitet werden.

Der durchlaufene Prozess ist auf vergleichbare Problemstellungen übertragbar:

- PCR: Abhängigkeit der Temperatur auf DNA-Polymeraseaktivität, Funktionsmodell des Enzyms erstellen
- Restriktionsverdau: PCR mit anschließender Gelelektrophorese, Modellieren eines Restriktionsenzyms
- RuBisCO: qualitativer Glukosenachweis, Aufbau von RuBisCO modellieren

Weiterführende Informationen

Die Versuchsanleitungen zum enzymatischen Abbau von Harnstoff durch Urease sind im Internet abrufbar unter:
▾ **http://go.tum.de/859962**

Über die Autorinnen und den Autor

- **Dagmar Frick** untersuchte in ihrer Promotion, wie das biologische und mathematische Modellverständnis mithilfe von statischen und dynamischen Visualisierungen unterstützt werden kann. Sie studierte Biologie und Chemie für das Lehramt an Gymnasien an der Technischen Universität München und schloss dort an der Professur für Fachdidaktik Life Sciences 2019 ihre Promotion ab. Seit 2020 ist sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Didaktik der Biologie der Ludwig-Maximilians-Universität München tätig.
- **Stefan Witzke** vergleicht in seinem Promotionsprojekt digitale und analoge Repräsentationsformen. Hierzu werden mittels CAD-Programmen und 3D-Druck digitale und physische Modelle erstellt. Er studierte Biologie und Chemie für das Lehramt an Gymnasien an der Technischen Universität München und begann 2018 mit seiner Promotion an der Professur für Fachdidaktik Life Sciences.
- **Claudia Nerdel** ist seit 2009 Professorin für Didaktik der Biologie an der TUM School of Education, Professur für Fachdidaktik Life Sciences, an der Technischen Universität München. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Lehren und Lernen im Biologieunterricht und an Hochschulen mit digitalen Medien und professionelle Kompetenzen von (angehenden) Lehrkräften zum Umgang mit Fachsprache und Repräsentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Literatur

Fleige, J., Seegers, A., Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (Hrsg.). (2016). *Modellkompetenz im Biologieunterricht 7-10. Phänomene begreifbar machen – in 11 komplett ausgearbeiteten Unterrichtseinheiten (2. Auflage).* Donauwörth: Auer.

Frick, D. (2019). *Statische und dynamische Repräsentationen als Unterstützung bei mathematischen Modellierungsaufgaben in der Biologie.* München: Technische Universität München.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A new framework for teacher knowledge. *Teachers College Record, 108*(6), 1017-1054.

▼ Barnd Unger, Nina Ulrich

Das E-Book zur kooperativen Seminardokumentation: Digitale Produkte erstellen, reflektieren und teilen

Im Rahmen eines Seminars zur „Naturbezogenen Perspektive im Sachunterricht“ stellen die Studierenden die digital erstellten Seminarinhalte in Form eines E-Books zur Verfügung. Die Erstellung der kooperativen Dokumentation geschieht arbeitsteilig und unter Einsatz verschiedener Dokumentationstechniken. Die Studierenden profitieren von diesem Projekt auf zwei Ebenen: Zum einen lernen sie den Umgang mit digitalen Werkzeugen, wie z. B. Tablets oder digitaler Messwerttechnik und reflektieren diesen Einsatz. Zum anderen erhalten die Studierenden am Ende ein Lernprodukt, das sie – auch über das Studium hinaus – begleiten und in der Planung von zukünftigem Unterricht unterstützen kann.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der Leibniz Universität Hannover, Institut für Didaktik der Naturwissenschaften
- Fächer: Biologie, Sachunterricht
- Pflichtseminar im Master Lehramt Sonderpädagogik im Bezugsfach Sachunterricht
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: 70

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Über die allgemeinen Kenntnisse der Bedienung von Smartphones oder Tablets hinaus gab es im durchgeführten Projekt keine weiteren Voraussetzungen. Das Erstellen der digitalen Dokumentation erfolgte unter Anleitung. Es wurden nur bedienerfreundliche Programme verwendet, die eine geringe Einarbeitungszeit benötigen. Alle eingesetzten digitalen Medien wurden einzeln eingeführt und mehrmals im Seminar verwendet. Da es sich bei diesem Seminar um das einzige Seminar mit biologischen Fachinhalten und biologiedidaktischen Bezügen für die Studierenden handelt, wurden keine besonderen inhaltlichen Vorkenntnisse erwartet.

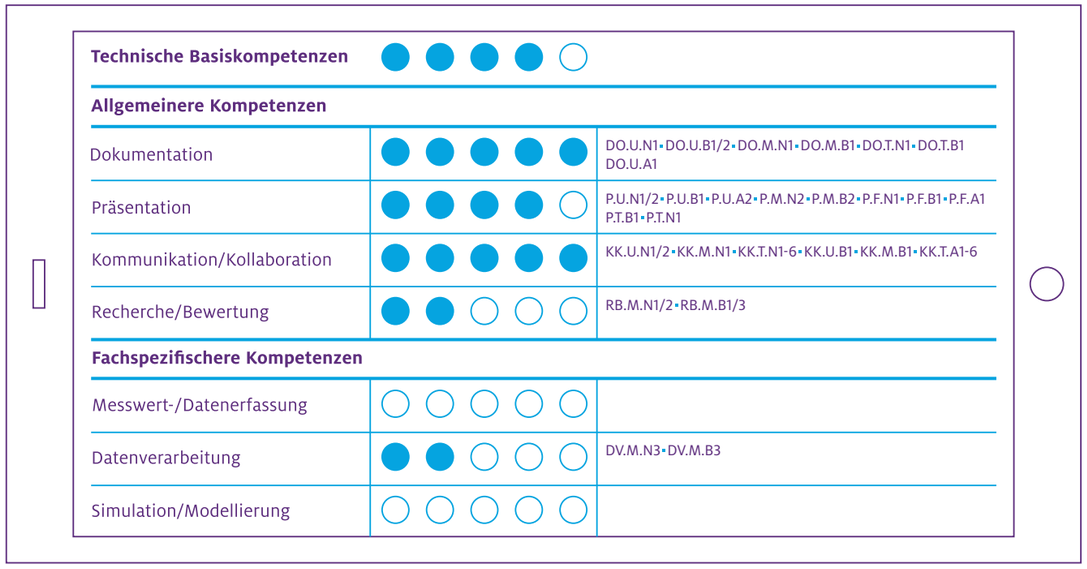
Praktische Tipps zur Durchführung

Die teilweise sehr unterschiedlichen Vorkenntnisse der Studierenden können im Rahmen des Seminars zu qualitativ abweichenden digitalen Produkten führen. Durch eine Begleitung des Prozesses und punktgenaue individuelle Unterstützung können die unterschiedlichen Vorkenntnisse angeglichen werden.

Materialliste:

- Tablets
- Tablet-Stative
- Pages (oder alternative Dokumentationssoftware)

Einordnung des Lehrprojektes



▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Im Rahmen des Seminars „Naturbezogene Perspektiven im Sachunterricht“ konnten die Studierenden eigene Erfahrungen mit unterschiedlichen digitalen Medien sammeln und erhielten die Gelegenheit, deren Möglichkeiten und Grenzen in Lernsituationen durch praktische Umsetzung zu erfahren. Sie wurden zusätzlich dazu angeleitet, diesen Einsatz angemessen zu reflektieren und Einsatzmöglichkeiten in ihrem späteren Unterricht zu entwickeln. Dabei generieren Studierende im Seminar vielfältige digitale Produkte, wie zum Beispiel Erklärvideos, Verhaltenskataloge, Messwertdaten, Fotos und Concept Maps. Im Sinne einer Selbstwirksamkeit wurden die geschaffenen Produkte dann kooperativ dokumentiert, zur inhaltlichen Vertiefung der Arbeit mit digitalen Medien und der gelernten fachlichen Inhalte. Die kooperative Dokumentation erfolgte in selbstgewählten Gruppen. Dazu wurden in der ersten Seminarsitzung die Studierenden auf die anstehenden Seminarsitzungen verteilt. Somit waren für die Dokumentation der vom Dozenten vorbereiten Seminarsitzung jeweils drei bis vier Studierende verantwortlich. Eine kurze Vorbesprechung des Seminartages erfolgte jeweils eine halbe Stunde vor der entsprechenden Sitzung. Je nach Schwerpunkt der Stunden und eingesetzten Medien konnte so schon ein grober Einblick in die zu leistende Dokumentation gegeben werden. Auf diese Weise entstand eine digitale Mappe, die allen Studierenden zugänglich ist, auch über das Seminar hinaus. Das Gesamtprojekt wird nun im Folgenden an den beiden Seminarsitzungen „Mikroskopieren“ und „Blut und Herzkreislaufsystem“ vorgestellt. Für diese Sitzungen wurden jeweils auf iPad-Ständern montierte iPads zur Dokumentation und Präsentation der Untersuchungsergebnisse eingesetzt.

Die Studierenden haben die Aufgabe, in Gruppen jeweils einen Seminartag zu dokumentieren und in einem in Pages gemeinsam bearbeiteten E-Book für alle Seminarteilnehmer zugänglich zu machen. Dabei arbeiten sie kollaborativ, um ein gemeinsames Produkt zu erstellen. Sie tragen nicht nur die unterschiedlichen Ergebnisse der Gruppen zusammen, sondern versuchen auch, die kritischen Diskussionen und Reflektionen des Einsatzes der digitalen Medien im E-Book zu fixieren. In der alltäglichen Praxis der Grundschulen spielen digitale Medien derzeit kaum eine Rolle. Andere Bereiche zeigen aber ein großes Potenzial in Bezug auf Individualisierung, Produktorientierung und Kollaboration – verweisen aber auch auf die notwendigen Kompetenzen der Lehrkräfte bei der Auswahl, Vorbereitung und Begleitung beim Einsatz digitaler Medien im Klassenraum (Kuhn, Ropohl, & Groß, 2017).

▲ **Abb. 2** Ausschnitte aus einem E-Book zur kooperativen Seminardokumentation zur Herzpräparation und zum Mikroskopieren der Zwiebelzelle

Am Beispiel der Herzpräparation ist gut ersichtlich, welche Vorteile die Bereitstellung von erarbeiteten digitalen Konstrukten durch ein E-Book bietet. Die Aufnahmen der Präpariervideos entstehen dadurch, dass während der Präparation das Tablet mithilfe eines Stativs über der Präparierschale befestigt wird. Die Videos können dann im E-Book zur Darstellung der im Prozess erfahrenen Strukturen genutzt werden (Abb. 2). Zusätzlich können die nach dem Präparieren erstellten Erklärvideos (Wie läuft das Blut durch das Herz?) kritisch analysiert und der gesamten Seminargruppe zur Verfügung gestellt werden. Das Beispiel aus der Dokumentation der Zwiebelzelle (Abb. 2) zeigt, wie im Seminar erstellte Zeichnungen nachträglich kritisch reflektiert werden können und im Nachhinein jedem Seminarteilnehmer und jeder Seminarteilnehmerin noch einmal eine angemessene Lösung angeboten wird. Die Dokumentationen wurden von den Studierenden in Pages auf Macs, iPads oder auf anderen Betriebssystemen durch Pages im Browser erstellt. Pages bietet einen niederschwelligen Zugang zur Einbindung von Fotos und Videos und ist besonders zur kooperativen Zusammenarbeit – auch in räumlich und zeitlicher Trennung – geeignet.

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Auch wenn das Erstellen der E-Books schon in der ersten Pilotierung überraschend gut funktionierte, haben sich aus dem ersten Durchgang doch einige Änderungen ergeben. So wurde zum Beispiel die Zeit für die Einführung der digitalen Medien, wie iPads, Erklärvideo-Apps, Messwerttechnik und Videotechnik deutlich erhöht, um jedem Teilnehmer und jeder Teilnehmerin die Möglichkeit zu geben, nicht nur die Medien auszuprobieren, sondern auch kritisch ihren Nutzen für Lehr-Lern-Prozesse zu reflektieren. Des Weiteren hat sich im Verlauf des zweiten Durchgangs das Kompatibilitätsproblem gezeigt, dass Pages zwar ein sehr gutes Tool zur Erstellung der E-Books ist, die Erarbeitung der Dateien im Browser eines anderen Betriebssystems allerdings nur mit kleineren Einschränkungen funktioniert. Die im Browser geöffnete Pages-Version unterstützt beispielsweise das Einbinden und Abspielen von Videos nur begrenzt. Zur Erstellung der Pages-Datei, die später sehr leicht in ein E-Book umgewandelt werden kann, sind die Erstellerinnen und Ersteller also auf ein iPad oder noch besser einen Mac angewiesen. Alternativ könnte eine Erstellung in Microsoft PowerPoint oder OpenOffice Impress geschehen. Eine andere Lösung könnten hier spezifische Programme (z. B. Book Creator) zur Erstellung von E-Books sein, die aber zumeist nicht die volle notwendige Ausstattung oder keine Möglichkeit des kooperativen Arbeitens bieten. Auf Seiten der Lernenden ergeben sich aus der Beschäftigung mit den Inhalten zur kooperativen Dokumentation sehr viele positive Effekte. Die Ergebnisse zeigen eine tiefgründige Beschäftigung mit der im Seminar erarbeiteten Thematik.

Über die Autorin und den Autor

▸ **Barnd Unger** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Didaktik der Naturwissenschaften an der Leibniz Universität Hannover. Er promovierte zu Schülervorstellungen zu mikrobiell induzierten Prozessen und arbeitet im Rahmen des Leibniz Prinzips (gefördert durch die Qualitätsoffensive Lehrerbildung) an der Etablierung des Leibniz digiLabs – eines Lehr-Lern-Raumes zur Erprobung und Erforschung des Einsatzes digitaler Medien.

▸ **Nina Ulrich** ist Lehrerin an der Humboldtschule Hannover für die Fächer Mathematik und Chemie. Sie hat in der Didaktik der Chemie über die Gestaltung eines digitalen Schulbuchs promoviert und Schulungen zum Einsatz von Tablets im Unterricht entwickelt und durchgeführt.

Literatur

Kuhn, J., Ropohl, M., & Groß, J. (2017). Fachdidaktische Mehrwerte durch Einführung digitaler Werkzeuge. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze, & J. Groß (Hrsg.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen. Perspektive aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (S. 11-32). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

▼ Christoph Stolzenberger, Nicole Wolf, Annika Kreikenbohm, Thomas Trefzger

Augmented Reality in der Lehramtsausbildung

Für Studierende des Elitestudiengangs MINT-Lehramt PLUS der Universität Würzburg wird jedes Semester ein Seminar zum Thema „Augmented Reality“ angeboten. Inhalt ist die kritische Auseinandersetzung mit mediendidaktischen und -erzieherischen Themen sowie die Stärkung der eigenen Medienkompetenz. Neben der didaktischen Konzeption eines AR-Lernszenarios stehen dessen Implementierung und Einsatz in den Lehr-Lern-Laboren (Schülerlaboren) der Universität bzw. im Unterricht im Fokus.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwicklung des Konzeptes an der Julius-Maximilian-Universität Würzburg
- Fach: MINT (nach Interesse der Studierenden gewählter Aspekt aus einem studierten naturwissenschaftlichen Fach), Seminar im Wahlpflichtbereich des Elitestudiengangs MINT Lehramt PLUS, in der Regel ab dem 5. Fachsemester
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: 3 bis 6

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

- Fachliche und didaktische Kompetenz, Kenntnis über didaktische Konzepte
- Methodische Kenntnisse zum Experimentieren im Unterricht
- Keine Programmierkenntnisse nötig, jedoch je nach Vorwissen komplexere Anwendungen möglich

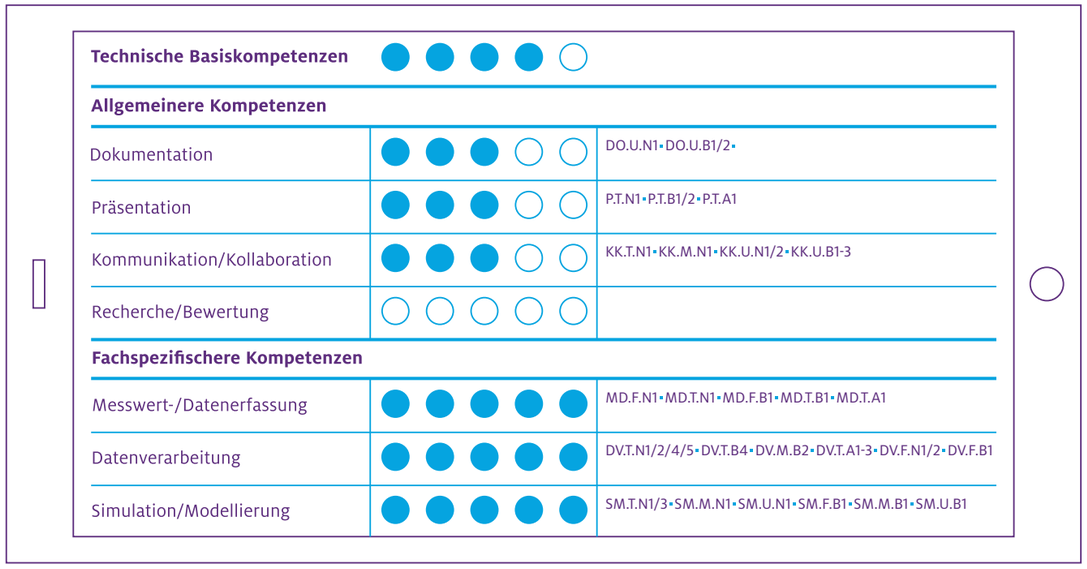
Praktische Tipps zur Durchführung

- Verwendete Software: Gaming Engine Unity, gekoppelt mit Tracking-Software Vuforia (jeweils für nicht gewerbliche Zwecke lizenzfrei und sehr gut online dokumentiert)
- Seminarbegleitung durch eine Dozentin/ einen Dozenten und eine wissenschaftliche Hilfskraft
- Durchführung in einer oder zwei Blockveranstaltungen
- Pro Gruppe/App wird ein Computer/Laptop mit Unity und Android Software Development Kit (SDK) zur App-Entwicklung benötigt
- Zum Testen der Apps erhält jede Gruppe ein Android-Tablet.

Materialliste:

- Programmier-PC mit installiertem Unity und Android SDK (1 x pro Teilnehmer bzw. Teilnehmerin)
- Tablets (1 x pro Teilnehmer bzw. Teilnehmerin)
- je nach Realexperiment die entsprechenden Versuchsmaterialien aus den Fachdidaktik-Sammlungen

Einordnung des Lehrprojektes



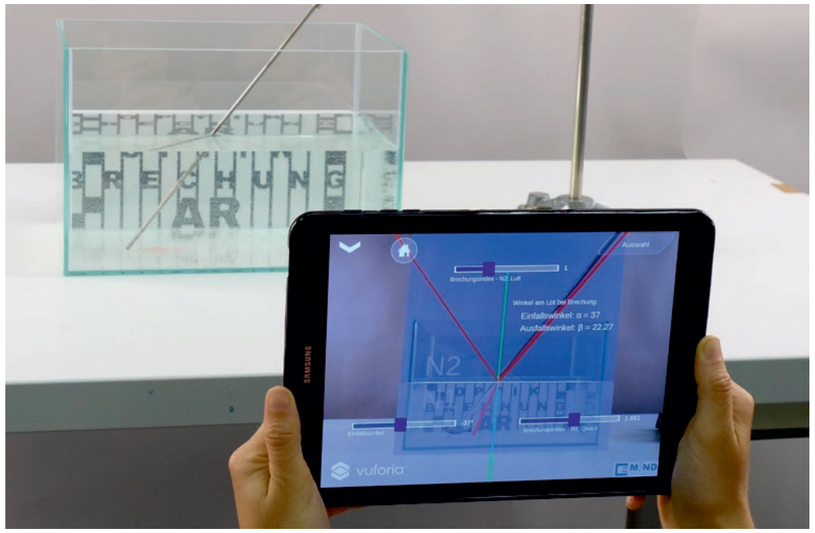
▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Damit ein ganzheitlicher Ansatz gewährleistet werden kann, werden im Seminar zunächst verschiedene Aspekte der medienpädagogischen Kompetenz (Blömeke, 2000) besprochen und mit Beispielen untermauert. So wird eine theoretische Grundlage für die spätere didaktische, methodische und technische Auseinandersetzung mit dem Thema geschaffen. Dazu gehört die Beschäftigung mit mediendidaktischen sowie medienerzieherischen Fragestellungen und Inhalten.

Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
Theorie: Medien-pädagogische Kompetenz	Unity Elemente Einführung C#-Skripte	GUI und Menüs in Unity	Entwicklung des eigenen Projekts	Entwicklung des eigenen Projekts
Mittagspause				
Digitale Unterrichtsmedien Einführung in Unity und Vuforia	Konzeption und Entwicklung des eigenen Projekts	Entwicklung des eigenen Projekts	Entwicklung des eigenen Projekts	Vorstellung der Ergebnisse Feedback

▲ **Abb. 2** Überblick über die Inhalte des Seminars: Theorie (grün), Praxisphase (blau) und Projektabschluss (pink)



▲ **Abb. 3** Beispiel für eine im Seminar entstandene AR-Applikation: optische Brechung

Außerdem werden verschiedene Unterrichtsmedien (Lernplattformen, Lernspiele, Apps aus dem Bildungsbereich, digitale Schulbücher) aus didaktischer und methodischer Sicht näher beleuchtet und teilweise im Seminar technisch umgesetzt. Der Hauptfokus des Seminars liegt letztlich auf der Visualisierung eines komplexen naturwissenschaftlichen Phänomens mithlfe von Augmented Reality (AR, vgl. Abb. 3). Mit AR können nicht sichtbare Vorgänge bzw. Aspekte des Experimentes durch computergenerierte Komponenten im Realexperiment eingeblendet werden (Bacca, 2014). Der große Vorteil, den eine Überlagerung von Realobjekten/-experimenten mit digitalen Inhalten mit sich bringt, liegt darin, physikalische Modellvorstellungen in die Realität zu transferieren (z. B. in der Physik das Magnetfeld eines Stabmagneten) und sich zeitlich verändernde Vorgänge bzw. dreidimensionale Bewegungen sichtbar zu machen (z. B. Bewegung von Himmelskörpern). Die Studierenden werden technisch und gestalterisch so weit geschult, dass sie in der Lage sind, eine eigene AR-Applikation zu erstellen (vgl. Abb. 3). Für ein im Vorfeld selbst gewähltes Lernszenario entwickeln die Studierenden zunächst ein didaktisches Konzept für ein AR-Experiment. Dieses beinhaltet das Realexperiment, auf welches die Augmentierung aufsetzt wird, und definiert dessen didaktischen Ort im Unterrichtsgeschehen. Im Anschluss wird die Applikation unter Anleitung technisch umgesetzt.

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Aus Sicht der Studierenden kommt die Verzahnung von Theorie und Praxis im Seminar gut an. Der Umgang mit Unity wird zunächst als „überwältigend“ und „kompliziert“ beschrieben. Am Ende des Seminars sind die Studierenden jedoch sehr zufrieden, da meist eine selbst erstellte, funktionierende Applikation vorliegt. Es bewährt sich, das Seminar als Blockveranstaltung durchzuführen. Es könnte jedoch – um die Einarbeitung zu erleichtern – evtl. in zwei kürzere Blöcke aufgeteilt werden. Die Studierenden begrüßen das sehr eigenständige Arbeiten im Seminar und geben an, vorhandene AR-Applikationen später in der Schule einsetzen zu wollen. Wichtig ist die Einbindung der App in einen Lernkontext. Didaktische Überlegungen müssen bei der Erstellung unbedingt miteingebracht werden, damit die erstellte App einen wirklichen Mehrwert gegenüber dem reinen Realexperiment aufweist. Für die Studierenden ist es schwer, bereits am Anfang des Seminars alle Aspekte bei der Konzeption richtig einzuschätzen und diese gegenüber reinen Simulationen oder dem reinen naturwissenschaftlichen Realexperiment abzugrenzen. Wichtig (wenn auch nicht immer möglich) ist die Erprobung der entstandenen Apps mit einer Schulklasse oder im Lehr-Lern-Labor, um diese in einem iterativen Prozess wieder zu überarbeiten.

Weiterführende Informationen

▾ **https://www.physik.uni-wuerzburg.de/pid/physik-didaktik/augmented-reality/**

Über die Autorinnen und Autoren

▸ **Christoph Stolzenberger** ist Mathematik- und Physiklehrer an einem bayerischen Gymnasium. Gleichzeitig arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik an der Universität Würzburg, an welchem er auch promoviert hat.

▸ **Nicole Wolf** hat nach dem Lehramtsstudium einen Master in Multimedia-Didaktik erworben und beschäftigte sich in ihrer Promotion mit Fragen zur formativen Leistungsmessung. Heute ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik in Würzburg und koordiniert den Elitestudiengang „MINT Lehramt Plus“ des Elitenetzwerkes Bayern.

▸ **Annika Kreikenbohm** ist promovierte Astrophysikerin und wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik an der Universität Würzburg. Gleichzeitig studiert sie Kommunikationsdesign an der FH Würzburg-Schweinfurt mit Schwerpunkt auf neue digitale Medien.

▸ **Thomas Trefzger** ist seit 2007 Professor für Physik und ihre Didaktik an der Universität Würzburg und leitet dort auch das Didaktikzentrum M!ND. Nach dem Physik- und Lehramtsstudium erfolgte 1996 die Promotion in experimenteller Teilchenphysik. Nach seiner Habilitation 2001 an der LMU München war er bis 2007 an der Universität Mainz im Bereich Lehrerbildung tätig.

Literatur

Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A systematic Review of Research and Applications. *Educational Technology & Society, 17*(4), 133-149.

Blömeke, S. (2000). *Medienpädagogische Kompetenz: Theoretische und empirische Fundierung eines zentralen Elements der Lehrerausbildung.* München: KoPäd-Verlag.

Stolzenberger, C., Wolf, N., Böhm, D., & Trefzger, T. (2019). Augmented Reality in der Lehramtsausbildung. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 584). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. Universität Regensburg.

▼ Nicole Graulich, Christof Schreiber

Te@m: Teacher Education @nd Media – Medienkompetenz für Lehramtsstudiengänge an der JLU Gießen

Das Projekt TE@M – Teacher Education @nd Media, entwickelt in Zusammenarbeit mit den Fachdidaktiken Mathematik, Biologie, Chemie, Romanistik und dem Zentrum für Lehrerbildung an der Justus-Liebig-Universität Gießen, nimmt die fächer- und ausbildungsübergreifende medienpädagogische Bildung von Lehramtsstudierenden, Lehrkräften im Vorbereitungsdienst und in der dritten Phase in den Blick.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU) als Projekt zur Förderung der Medienbildungskompetenz in den Lehramtsstudiengängen
- Fach: Didaktiken der Mathematik/Biologie/Chemie/Romanistik sowie Zentrum für Lehrerbildung und die Gießener Offensive Lehrerbildung (GOL)
- Wahlangebot für alle Lehramtsstudiengänge, Lehrkräfte und Referendare
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: circa 120

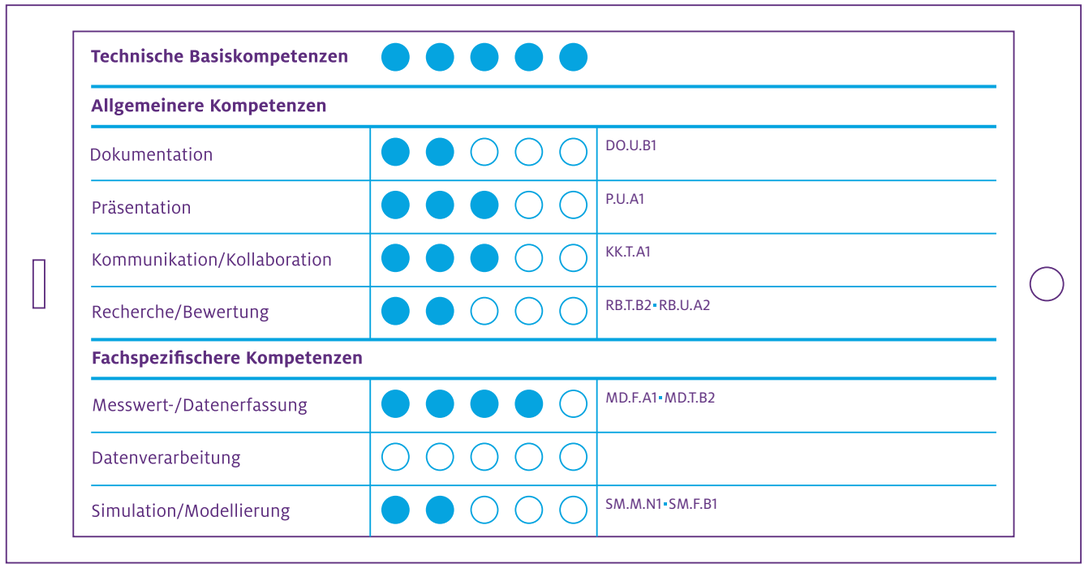
Benötigtes Vorwissen der Studierenden

Für die allgemeinen Te@m-Workshops ist in der Regel kein Vorwissen nötig, z. B. für das Angebot „Interaktive Whiteboards in Schule und Unterricht – Einsteigerkurs“.

Praktische Tipps zur Durchführung

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer haben meist die gleichen Erfahrungen im Umgang mit digitalen Medien, welche meist nicht über das Nutzen alltäglicher Medien hinausgeht. Einige haben bereits mediendidaktische Inhalte in fachspezifischen Kursen in ihren Studiengängen beleuchtet. Gleiches gilt für teilnehmende Lehrerinnen und Lehrer. Einzelne Workshops werden aufbauend angeboten und führen das Erlernte aus einem vorausgehenden Workshop weiter. Die allgemeineren Kurse zielen auf die TK und die TPK Kompetenzen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Die stärker fachlich orientierten Workshops, wie „Lehrfilme im Biologie-Unterricht“ oder „Die Wärmebildkamera im naturwissenschaftlichen Unterricht“ sprechen vorrangig Lehramtsstudierende aus den jeweiligen naturwissenschaftlichen Fächern an und erweitern damit ihre TCK und TPCK Kompetenzen. Hier spielt das fachspezifische Vorwissen eine Rolle, um den Transfer der Workshopinhalte in den naturwissenschaftlichen Unterricht leisten und reflektieren zu können.

Einordnung des Lehrprojektes



▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Das Projekt TE@M – Teacher Education @nd Media der JLU ist eine gemeinsame Anstrengung verschiedener Akteure der Justus-Liebig-Universität, um die systematische medienpädagogische Bildung von Studierenden, Lehrkräften im Vorbereitungsdienst (LiV) und erfahrenen Lehrerinnen und Lehrern in einem Fort- und Weiterbildungsangebot zu bündeln, siehe Abb. 1. Das Projekt Te@m soll für die Aus- und Fortbildung der Medienkompetenzen der Lehrkräfte und der beinahe 6.000 Gießener Lehramtsstudierenden im fachspezifischen Kontext und auch fächer- sowie schulformübergreifend einen Beitrag leisten. Die semesterbegleitenden Workshops und Angebote in der Medienbildungswoche werden jeweils von mehreren Dozentinnen bzw. Dozenten aus den beteiligten Fachbereichen oder extern angeboten. Die Angebote und die organisatorische Planung wie Anmeldung, Raumbuchung, Information und Evaluation werden zentral über das Zentrum für Lehrerbildung koordiniert. Material und technische Ausstattung für die Workshops bringen die Dozentinnen und Dozenten oder die Teilnehmerinnen und Teilnehmer selbst mit.

Ein Kernelement des Projektes ist eine vielseitige, außercurriculare Vortrags- und Workshopreihe, die allen Lehrkräften, Referendaren und Lehramtsstudierenden offensteht. Die Te@m-Workshops werden zum einen während der Vorlesungszeiten angeboten, zum anderen auch als kompaktes Angebot in einer viertägigen Medienbildungswoche. Die Medienbildungswoche findet zweimal jährlich, jeweils kurz vor Beginn der Vorlesungszeiten, statt. Insgesamt werden etwa zehn unterschiedliche Workshops durch verschiedene interne und zum Teil auch externe Dozentinnen und Dozenten angeboten.

Der Fokus der Angebote liegt zum einem auf dem Ausbau mediendidaktischer und medientechnischer Kompetenzen der Studierenden, z. B. der Umgang mit Hardware wie Whiteboard-Einsatz oder Verwendung von Tablets, und zum anderen auf der fachspezifischen Mediendidaktik, wie die Messwerterfassung im naturwissenschaftlichen Unterricht (siehe Tab. 1). Dabei wurde im Einklang mit der KMK-Strategie eine stark anwendungs- und schulpraxisorientierte Herangehensweise in den Workshops umgesetzt (vgl. Kultusministerkonferenz, 2016, S. 13). Studierende werden in den Workshops angeleitet, selbstständig digitale Lehr- und Lern-Produkte zu erstellen und sich kritisch mit dem jeweils gewählten mediendidaktischen Ansatz auseinanderzusetzen.

Das bereits seit 2016 laufende Projekt wird stetig erweitert, um sowohl spezifische Anforderungen aus den Fächern abzudecken, als auch auf die wachsende Nachfrage umfassender reagieren zu können. Die übergreifende

Typ	Titel	Kurzbeschreibung	Angesprochene Kompetenzen
Workshop (3-stündig)	Digitale Interaktivität mit Storyline	Im Workshop soll das Programm Storyline 3 thematisiert werden und eine digitale Lernumgebung erstellt werden.	Technische Basiskompetenzen
Workshop (3-stündig)	Die Wärmebildkamera im naturwissenschaftlichen Unterricht	Im Workshop sollen Möglichkeiten, Grenzen sowie Vor- und Nachteile von Wärmebildkameras erarbeitet werden. Außerdem werden Experimentieranleitungen mit an die Hand gegeben.	Messwerte und Datenerfassung
Vortragsreihe (3 Kurzvorträge)	Tablets in der (schulischen) Bildung – Potenziale, Gefahren, Voraussetzungen und Anwendungsszenarien	Im Workshop werden die Chancen und Gefahren des Tableteinsatzes und die Möglichkeiten zur Steuerung und Verwaltung thematisiert. Außerdem werden Unterrichtsszenarien mit Tablets diskutiert.	Rahmenbedingungen des Medieneinsatzes
Workshop (2-stündig)	WebQuests im Unterricht – Einführung	Dieser Workshop widmet sich dem internetbasierten Lern- und Lehrarrangement WebQuest. Es werden Grundlagen erläutert, Sinn und Nutzen einer solchen diskutiert und WebQuests für verschiedene Unterrichtsfächer verglichen.	Technische Basiskompetenzen

▲ **Tab. 1** Exemplarischer Ausschnitt aus dem Angebot der Medienbildungswoche 2019

Zusammenarbeit nach Möglichkeit aller an der Lehramtsausbildung beteiligten Fächer führt zu Synergieeffekten und vermeidet unnötige Redundanzen im mediendidaktischen Angebot.

Workshop zu „Digitale Interaktivität mit Storyline" – ein Beispiel

Digitale Lernumgebungen, in Form von Flipped-Classroom oder Blended-Learning-Konzepten, erfreuen sich großer Beliebtheit in der Schule. Um diese Lernumgebungen interaktiv zu gestalten, lässt sich das Programm Storyline nutzen. Damit können Lernumgebungen geschaffen werden, in denen ein Lernender in einer digitalen Lernumgebung auf unterschiedlichen Entscheidungspfaden navigieren kann. In diesem Workshop wird den Teilnehmenden das Programm Storyline vorgestellt und am Beispiel einer bereits entwickelten interaktiven Experimentierumgebung die Funktionen und Möglichkeiten gezeigt. Anschließend sollen die Teilnehmenden für ihr Fach Ideen entwickeln, welche fachspezifischen Inhalte sie so gestalten können. Anschließend können die Studierenden ihre Ideen explorativ mit dem Programm erstellen. Diese werden dann im Abschlussplenum vorgestellt.

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Angebote innerhalb der Medienbildungswoche und die semesterbegleitenden Angebote sind für die Studierenden bisher nicht verpflichtend. Daher erreicht dieses Unterstützungsprogramm vorrangig die bereits interessierten Studierenden. Viele von denen, die Teile der Workshopreihe besucht haben, nehmen auch wieder an dem Angebot teil. Trotz der Mehrbelastung wurden die extracurricularen Angebote gut angenommen, selbst die langen Workshops im Umfang von sechs bis acht Zeitstunden. Durch stetige Werbung nahmen im Laufe des Projektes auch immer mehr Dozierende der JLU, aber auch Lehrerinnen und Lehrer, sowie Ausbilderinnen und Ausbilder der Studienseminare an den Workshops teil.

Zur Evaluation der Maßnahme werden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer vor Beginn des Workshops über einen anonymen Onlineevaluationsbogen befragt. Diese Befragung wird nach der Veranstaltung wiederholt und beide Ergebnisse der Befragung miteinander verglichen. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer geben an, durch die Veranstaltungen mehr Selbstvertrauen im Umgang mit digitalen Medien entwickelt zu haben sowie nun eine erhöhte Bereitschaft zu besitzen, sich künftig vertiefend mit der Thematik auseinanderzusetzen. Ebenfalls positiv evaluiert wurden die pädagogische Einordnung der Workshopinhalte und der hohe Anteil an praktischer Arbeit. Die Konzeption der Workshops wurde im Laufe der Semester stetig, auch entsprechend der Nachfrage, überarbeitet und optimiert. Dazugekommen sind Angebote zur Erstellung digitaler Lernumgebungen, wie die Arbeit mit dem Programm Storyline oder neue technische Möglichkeiten der Messwerterfassung im naturwissenschaftlichen Unterricht (z. B. Wärmebildkameras). Um langfristig das Angebot als verpflichtenden Teil innerhalb der Lehramtsausbildung und der Fort- und Weiterbildung von Lehrerinnen und Lehrern zu etablieren, ist eine weitere Vernetzung und auch Verstetigung innerhalb der Studiengänge geplant..

Weiterführende Informationen

Schreiber, C., & Greiten, K. (2019). Fit fürs digitale Klassenzimmer?! – Medienbildung phasenübergreifend und fächerverbindend. *SEMINAR – Lehrerbildung und Schule*, 3, 98-109.

Schreiber, C., Prange, M., Matz, J., Leinigen, A., & Greiten, K. (im Druck). TE@M – Teacher Education @nd Media. In T. Knaus, & O. Engel (Hrsg.), *framediale 2018*. München: kopaed.

▾ **http://www.uni-giessen.de/fbz/zentren/zfl/projekte/medien/team**

Über die Autorin und den Autor

- **Nicole Graulich** ist seit 2014 Juniorprofessorin für Didaktik der Chemie an der JLU Gießen und beschäftigt sich mit der Analyse und Förderung von Lehr- und Lernprozessen in der Hochschulfachdidaktik und mit möglichen digitalen Unterstützungsmöglichkeiten in der Lehre (Blended-Learning-Konzepte oder digitales Experimentieren).

- **Christof Schreiber** ist Professor für Didaktik der Mathematik in der Primarstufe an der JLU Gießen und beschäftigt sich mit dem Einsatz digitaler Medien im Mathematikunterricht in der Primarstufe und in der Lehrerbildung sowie mit der schriftlich-grafischen und mündlichen Darstellung mit unterschiedlichen Medien.

Literatur

Kultusministerkonferenz (2016). *Strategie der Kultusministerkonferenz. „Bildung in der digitalen Welt".* Abgerufen am 24.12.2018, von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF._vom_07.12.2017.pdf

▼ Christoph Thyssen, Christoph Vogelsang, Johannes Huwer

LEHRE:digital – Lernmodule für Selbststudium und Präsenzlehre

LEHRE:digital ist eine Onlineplattform, die Lehramtsstudierende und Lehrkräfte der Naturwissenschaften beim Erwerb digitaler Kompetenzen für den Unterricht unterstützen soll. Sie bietet Lernmodule an, um im Selbststudium oder in Präsenzveranstaltungen bspw. digitale Medienerstellung, Lernorganisation oder Experimentieren zu erlernen. Dabei werden in drei Kursen, eingebettet in fachdidaktische und unterrichtspraktische Bezüge des Naturwissenschaftsunterrichts der Klassen 5 und 6 prototypische, für den Unterricht einsetzbare, digitale Materialien erstellt oder Methoden vorgestellt. Aufeinander aufbauende Niveaustufen ermöglichen den niederschwelligen Einstieg und kontinuierliche Weiterentwicklung.

Eckpunkte zum Lehrvorhaben

- Entwickelt an der TU Kaiserslautern, der Universität Paderborn und der PH Weingarten
- Fächer: Biologie, Chemie, Physik, Naturwissenschaften
- Präsenzlehre, Fortbildung, Selbststudium, nach Grundlagen der jeweiligen Fachdidaktik (Bachelor Lehramt, Lehrkräfte)
- Teilnehmerzahl pro Durchgang: in Kontakt-LV individuell, bis Gruppen von 20 Personen oder als Selbstlernkurse

Benötigtes Vorwissen der Studierenden

- Grundkenntnisse der Didaktik der Naturwissenschaften
- Erfahrungen aus Schulpraktika und/oder Praxissemestern sind hilfreich
- Sicherheit im Umgang mit naturwissenschaftlichen Inhalten der Klassenstufen 5 und 6
- grundlegende Kenntnisse zur Bedienung eines digitalen Endgeräts (Computer, Tablet) bzw. eines zugehörigen Betriebssystems, Softwareinstallation

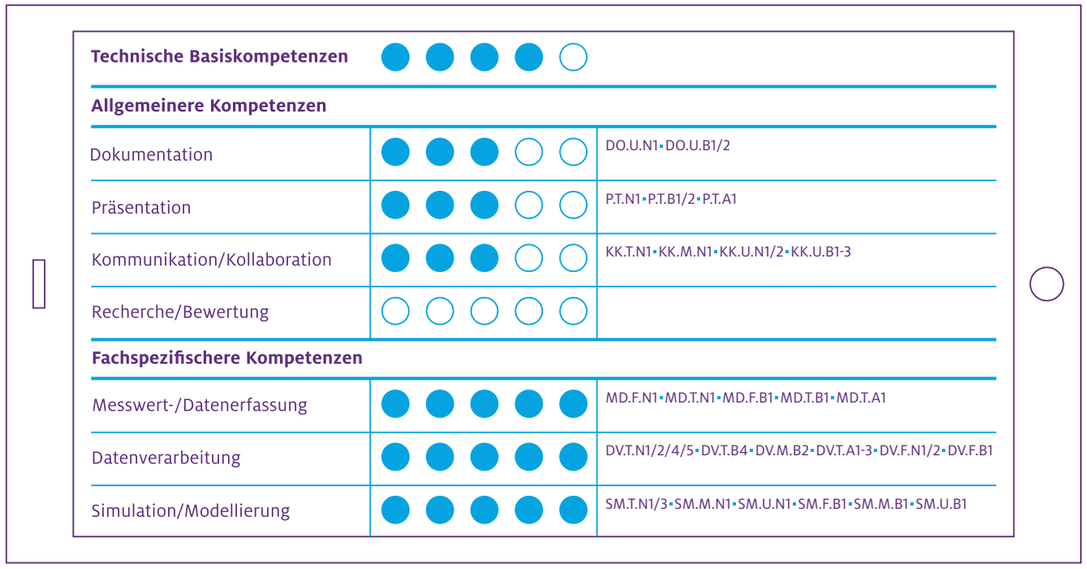
Praktische Tipps zur Durchführung

- Eine Vorabsichtung der Plattform unter www.nawi-digital.de ist sinnvoll. Dort sind die im Projekt erstellten Materialien frei zugänglich.
- Im Fall von Präsenzlehre sollten vorab bereits vorhandene Kenntnisse der Studierenden erfasst werden, um eine passende Modulwahl zu ermöglichen (evtl. gemeinsam in einer Einführungsveranstaltung).
- Der Raumbedarf richtet sich nach der Größe des Kurses. Die Übungen sind auch zu Hause durchführbar.
- Flipped Classroom bei Integration in Lehrveranstaltungen ist hilfreich, da so die Zeit für die didaktische Reflexion der erstellten Medien größer ist.
- Lieferzeiten bei der Anschaffung evtl. notwendiger externer Hardware von Kurs C beachten
- Orientierung an den in der Plattform verwendeten Softwareversionen erleichtert die Durchführung, da dann die GUIs identisch sind

Materialliste:

- ein digitales Endgerät (Computer, Tablet) pro Person mit Internetanbindung

Einordnung des Lehrprojektes



▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzbereiche

Beschreibung des Lehrprojektes

Die Onlineplattform gliedert sich in verschiedene Kursmodule, die sich jeweils auf einen für den Naturwissenschaftsunterricht zentralen digitalen Kompetenzbereich fokussieren (vgl. Abb. 2). Derzeit liegen Materialien für die Kurse A bis C vor. Die Module gliedern sich wiederum in Abschnitte für grundlegende und fortgeschrittene Kompetenzen. Die einzelnen Komponenten können unabhängig voneinander bearbeitet werden. Die Auswahl wird durch Hilfen zur Vorwissens- und Interessensabfrage erleichtert.

Die Lernaufgaben der Module orientieren sich an folgenden Gestaltungsprinzipien:

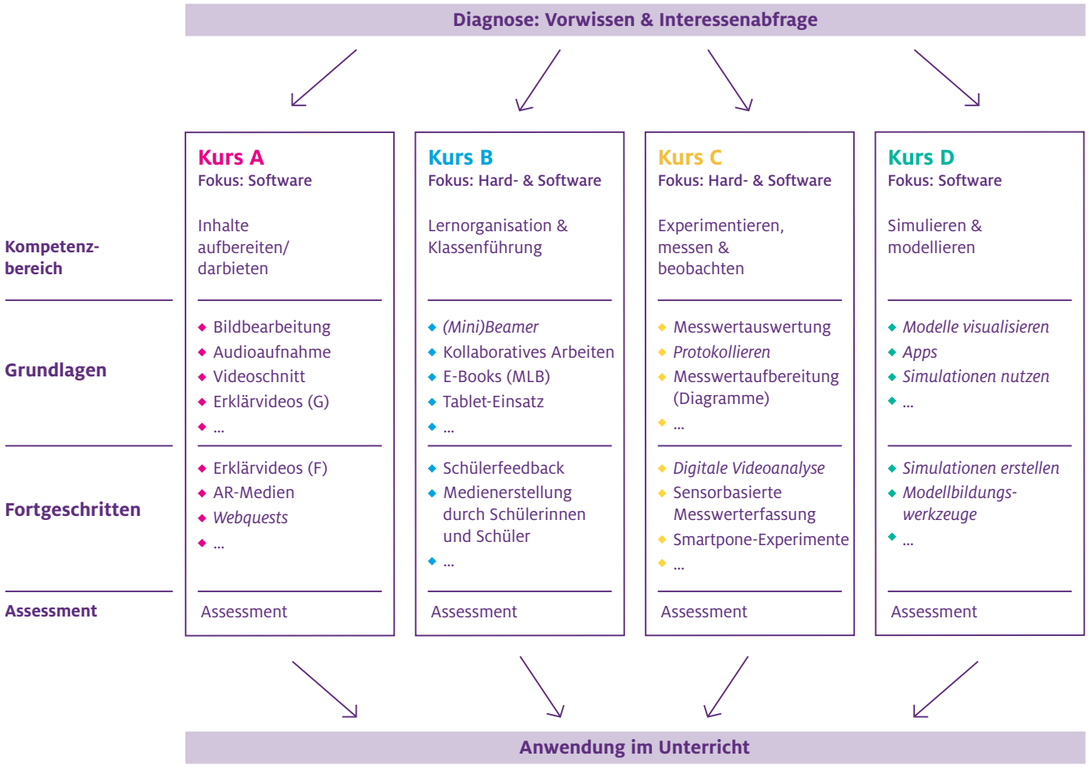
1. Die Kursinhalte beziehen sich auf fachdidaktische Anforderungssituationen der Schulpraxis, anhand derer der Umgang mit digitalen Medien in konkreten Kontexten erlernt wird: Inhaltlich werden z. B. in Kurs A Materialien zur Wärmeisolation oder in Kurs B Materialien zu Tier- und Pflanzenzellen erstellt. Dazu werden methodisch passende Unterrichtsverfahren z. B. für kollaborative Aufgaben eingeübt.

2. Ausgangspunkte sind immer konkrete Lehranforderungen für die Klassenstufen 5 und 6. Hier können auf fachlich vergleichsweise „unkritischem" Niveau auch Kursaufgaben für interdisziplinäre Kontexte bearbeitet werden (Biologie, Chemie, Physik). Dieses Niveau ermöglicht eine Fokussierung auf die digitale Komponente und fachdidaktische Theorie bzw. Unterrichtspraxis.

3. Die Nutzung ist im Selbststudium möglich. Die Plattform bietet daher ausreichend detaillierte Anleitungen und unterschiedliche Einstiegsebenen, sodass auch eine an Lernende individuell angepasste Nutzung der einzelnen Bestandteile ermöglicht wird, die einen an das jeweilige Vorwissen orientierten Verlauf nehmen kann.

4. Die Plattform ist offen zugänglich und soll in Zukunft um weitere Inhalte erweitert werden (kursiv geschriebene Beispiele in Abb. 2), um eine Integration zukünftiger Mediennutzungsformen zu ermöglichen. Zugleich können extern vorhandene Ressourcen (z. B. vorhandene Linklisten für Unterrichtsmaterialien) an geeigneter Stelle eingebunden werden.

5. Die selbstständige Nutzung der Plattform ist ohne Kostenaufwand und ohne Anmeldung möglich, Übungs- und Lernmaterialien sind mit freier und kostenloser Software bearbeit- und nutzbar. In der Schullandschaft bereits etablierte Soft- und Hardware (z. B. iPad) wird dennoch berücksichtigt.



▲ **Abb. 2** Struktur und Inhalte der Module

Die jeweiligen Kursmodule sind den Gestaltungsprinzipien entsprechend „integrativ" (Nawi Klasse 5 und 6) auf ein konkretes unterrichtliches Szenario bezogen: In Kurs A wird bspw. ausgehend von einer Grafikbearbeitung eine Abbildung unterschiedlicher Isolationsmöglichkeiten mit den grafischen Elementen erstellt, und damit dann ein Stop-Motion-Video zur modellhaften Teilchenbewegung beim Wärmeübertrag gedreht und vertont. Final wird ein zugehöriges Arbeitsblatt mit den grafischen Elementen über Augmented-Reality-Funktionen erweitert.

Die Kurse sind so aufgebaut, dass verschiedene Schritte durchlaufen werden:

1. Demovideo zum Vergleich der analogen Ausgangssituation mit einer möglichen digital unterstützten Variante oder von Ausgangsmaterial und Endprodukt

2. Vorbereitungsaufgaben sorgen für einen einheitlichen Start. Hierfür stehen diverse Tutorials und Materialdownloads zur Verfügung.

3. Übungsaufgabe Nr. 1: Nachbauen eines fertigen, vorgegebenen Unterrichtsmediums unter Anleitung mit allen Materialien und dem Leitfaden für die verwendeten Programme

4. Übungsaufgabe Nr. 2: Erstellen von Material zu einem eigenen Themengebiet mit den zuvor verwendeten Programmen. Dieser Teil stellt das (Self-)Assessment dar.

Neben den praktischen Anforderungen zum Umgang mit digitalen Medien sind auch Zusatzinformationen zum Medieneinsatz, wie z. B. rechtliche Bedingungen, integriert. Dies geschieht eingebettet in die konkreten Anforderungsszenarien, um einen Bezug zur unterrichtlichen Praxis zu schaffen (z. B. Informationen zu Bildlizenzrechten, wenn auch Bilder genutzt oder bearbeitet werden sollen).

Lessons learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Beim Einsatz einiger Teilkurse im Rahmen von Blended-Learning-Szenarien ergaben Prä-Post-Befragungen der Teilnehmenden eine signifikante Steigerung der Selbstwirksamkeitserwartung mit mittlerem bis großem Effekt, digitale Medien einsetzen zu können. Dies geschah insbesondere in den adressierten Fähigkeitsbereichen bei vergleichsweise kurzer Kursdauer. Diese blieben auch stabil bei einem späteren Follow-up, allerdings bzgl. einer kleineren Studierendengruppe. Einstellungen und motivationale Orientierungen zum Medieneinsatz verändern sich zwar ebenfalls positiv, aber mit kleinem Effekt.

Eine besondere Herausforderung für die Arbeit mit der Plattform besteht darin, dass durch neue Änderungen von Schnittstellen oder Benutzeroberflächen von Software auch die Kursmodule zeitnah angepasst werden müssen, um Kompatibilität für das Selbststudium zu gewährleisten. Auch die Vielfalt möglicher Endgeräte und Softwarelösungen erfordert das Bereithalten eines breiten Angebots an Kursmaterialien. Einige Kursmodule sind zudem organisatorisch leichter in Präsenzveranstaltungen einzusetzen, da sie die Verwendung externer Geräte voraussetzen (z. B. Sensoren). Da die Teilnehmenden diese selten privat zur Verfügung haben, wäre hier eine Ausleihe oder eine private Anschaffung notwendig. Die modulare Struktur der Plattform hingegen erlaubt eine flexible Einbettung in Präsenzveranstaltungen, die für Lehrende auch entlastend sein kann.

Weiterführende Informationen

Die Plattform ist mit OER-Materialien aus dem Projekt zugänglich unter:
▼ **www.nawi-digital.de**

Über die Autoren

▶ **Prof. Dr. Johannes Huwer** leitet die AG Chemie und ihre Didaktik der PH Weingarten. Forschungsinteressen sind digitale Medien im MINT-Unterricht, MINT-Nachhaltigkeitsbildung, forschendes Experimentieren in Schule/Schülerlabor und Individualisierung. Er ist Alumnus des Kolleg Didaktik:digital der Joachim Herz Stiftung und Mitglied der AG Basiskompetenzen in der Lehrerbildung.

▶ **Prof. Dr. Christoph Thyssen** leitet die AG Didaktik der Biologie an der TU Kaiserslautern. Forschungsinteressen sind digitale Medien im MINT-Unterricht, digitale Kompetenzen von Studierenden und Augmented Reality als halbdigitalem Medium. Er ist Alumnus des Kolleg Didaktik:digital der Joachim Herz Stiftung und Mitinitiator der AG Basiskompetenzen in der Lehrerbildung.

▶ **Dr. Christoph Vogelsang** ist Mitarbeiter im Bereich Forschung des Zentrums für Bildungsforschung und Lehrerbildung – PLAZ Professional School an der Universität Paderborn. Seine Forschungsinteressen sind digitale Kompetenzen von Physiklehrkräften und der Zusammenhang von Lehrerwissen und -handeln.

Literatur

Schmoll, I., Thyssen, C., Vogelsang, C,. & Huwer, J. (2020). LEHRE:digital – Online-Plattform zum Erwerb digitaler Lehrkompetenz. In S. Habig (Hrsg.). *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik – Jahrestagung in Wien 2019* (S. 971-974). Universität Duisburg-Essen. https://gdcp-ev.de/?p=3927

Huwer, J., Thyssen, C., & Vogelsang, C. (2020). Lehre:digital – Erwerb digitaler Lehrkompetenz im fächerübergreifenden Kontext Chemie, Biologie und Physik. In M. Beißwenger, B. Bulizek, I. Gryl & F. Schacht (Hrsg.). *Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung,* Duisburg: Universitätsverlag Rhein-Ruhr. (accepted)

Impressum

Herausgeber
Joachim Herz Stiftung
Langenhorner Chaussee 384
22419 Hamburg
www.joachim-herz-stiftung.de
Facebook: joachimherzstiftung

Ansprechpartner
Dr. Jörg Maxton-Küchenmeister
Bereichsleiter Naturwissenschaften
jmaxton@joachim-herz-stiftung.de
T 040 533 295 37

Gestaltung
Susanne Weiß, Wuppertal

Illustrationen
Kristina Düllmann, Hamburg

Druck
Häuser KG, Köln

Bildnachweis
S. 72: DiLeNA – Digitales Lernspiel Naturwissenschaften
S. 91: DCB – Digitaler Campus Bayern
Alle übrigen Bilder: privat

1. Auflage, 2020
Der Inhalt ist urheberrechtlich geschützt.
© Joachim Herz Stiftung, 2020

- **„Angehende Lehrkräfte sind das Fundament für die Schule der Zukunft. Deswegen müssen sie sowohl für die Gegenwart als auch für die Ungewissheiten der Zukunft gut ausgebildet werden – eine Kultur der Digitalität und eine neue Didaktik sollten dabei Hand in Hand gehen. Die Publikation liefert dafür wichtige Ansätze für eine zeitgemäße Lehrkräftebildung.“**
  Jacob Chammon, *Geschäftsführender Vorstand, Forum Bildung Digitalisierung, Berlin*

- **„Wollen-Wissen-Werkzeuge: Aus dem Will-Skill-Tool-Modell ist bekannt, dass Lehrkräfte vorhandene digitale Medien dann einsetzen, wenn sie didaktisch durchdachte Einsatzszenarien kennen und beherrschen – insbesondere aber, wenn sie vom Einsatz auf der eigenen Stufe und im eigenen Fach überzeugt sind. Die in einem Orientierungsrahmen verorteten Best-Practice-Beispiele der vorliegenden Publikation liefern in der Lehramtsausbildung nicht nur das erforderliche Know-how, sondern können auch die notwendige Reflexion der eigenen Haltung an fachspezifischen Beispielen fördern.“**
  Beat Döbeli Honegger, *Leiter Institut für Medien und Schule, Pädagogische Hochschule Schwyz*

- **„Das Buch bringt die Dinge zusammen, die für eine zeitgemäße Lehrkräfteausbildung dringend gebraucht werden. In einer einzigartigen Sammlung und Systematisierung bildet sich hier die Lehrkräftebildung im MINT-Bereich ab und stellt damit die Weichen für die Zukunft.“**
  Birgit Eickelmann, *Professur für Schulpädagogik an der Universität Paderborn*

- **„Ein Spagat für angehende Lehrkräfte (nicht nur) der Naturwissenschaften: Erwerben fachspezifischer Kompetenzen im Digitalen einerseits, didaktisch sinnvolles Nutzen digitaler Werkzeuge im Unterricht andererseits. Ein wichtiger Aspekt, der in dieser Schrift informativ und hilfreich aufgegriffen wird – gerade auch für Ausbildende in der 2. Phase.“**
  Gerwald Heckmann, *Vorsitzender des MNU – Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e. V., München*

- **„Die Broschüre zeigt die große Vielfalt an Zugängen auf, bietet wertvolle Anregungen und macht Lust auf mehr. Aber sie zeigt auch: Es gibt noch viele offene Fragen. Bildungsgestaltende zusammenzubringen in einem Projekt wie diesem ist daher ein ausgezeichneter Ansatz, um neue Wege mit erkannten Werten (wieder) zusammenzuführen.“**
  Ilka Parchmann, *Vizepräsidentin für Lehramt, Wissenschaftskommunikation und Weiterbildung an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

- **„Eine Herausforderung der Lehrkräftebildung ist es, Digitalisierung als Thema in den jeweiligen Fächern und ihre Didaktiken angemessen zu adressieren und gleichzeitig einen systematischen Erwerb dieser zu fördern. Die vorliegende Publikation stellt zur Bearbeitung dieser Herausforderungen einen Orientierungsrahmen vor, Dozierende dabei unterstützt und das Themenfeld Naturwissenschaft und digitale Medien strukturell in der Lehrkräftebildung zu verankern und durch praxisnahe Lehrideen einen systematischen Kompetenzerwerb zu ermöglichen.“**
  Mandy Schiefner-Rohs, *Professur für Allgemeine Pädagogik mit Schwerpunkt Schulpädagogik, Technische Universität Kaiserslautern*

- **„Im Referendariat wird von uns Lehramtsanwärterinnen und -anwärtern erwartet, Medien gekonnt in den alltäglichen Unterricht zu integrieren. Im Studium wurden hierfür nur vereinzelt Kompetenzen vermittelt. Da digitale Medien allerdings ein enormes Potenzial für einen schülerorientierten sowie handlungsorientierten Unterricht bieten, ist es wichtig, diese gewinnbringend und zielführend in den Lehr- und Lernprozess einbinden zu können. Eine Integration digitaler Basiskompetenzen in die Lehramtsausbildung ist daher von großer Relevanz.“**
  Jennifer Schneider, *Referendarin, Bad Münstereifel*

- **„In einer durch Digitalisierung geprägten Arbeitswelt und Gesellschaft spielt die Förderung digitaler Kompetenzen eine zentrale Rolle. Um diese bei Schülerinnen und Schülern fördern zu können, muss mit der Ausbildung digitalaffiner Lehrkräfte begonnen werden, diese Publikation zeigt hierfür entsprechende Umsetzungsbeispiele.“**
  Lorenz Wagner, *Student, Technische Universität Kaiserslautern*

Angehende Lehrerinnen und Lehrer sollten bereits während des Studiums lernen, wie sie mit digitalen Medien im Unterricht arbeiten können. Dieser Band legt ein Modell für digitale Basiskompetenzen vor, die in der universitären Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften vermittelt werden sollten. 23 Praxisbeispiele demonstrieren zudem, wie diese Kompetenzen in der Hochschullehre ausgebildet und gefördert werden können.

▸ **„Diese Publikation gibt Antworten auf die Frage, wie die universitäre Lehrkräftebildung konstruktiv auf die Anforderungen an Unterricht in der digitalen Welt reagieren kann. Neben vielen inspirierenden praxisrelevanten Einzelbeispielen setzt sie auch Impulse für die strategische Neuausrichtung einer zukunftsorientierten Lehrkräfteausbildung. So entsteht ein umfassendes Mosaik aus Ideen und Vorschlägen, das sich als hervorragende Orientierungshilfe für die universitäre und schulpraktische Lehrkräftebildung eignet.“**

Udo Michallik, *Generalsekretär der Kultusministerkonferenz, Berlin*

▸ **Joachim Herz Stiftung**

Langenhorner Chaussee 384
22419 Hamburg
www.joachim-herz-stiftung.de