Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. Hildesheim: Universitätsverlag Hildesheim.

Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. Ein Fazit

Melanie Beudels, Katharina Forster, Larissa Hahn, Kevin Kärcher, Luisa Lauer, Sabrina Syskowski & Sarah Wilken

In den hier vorgestellten Beiträgen wurde sich auf unterschiedliche Weise dem Thema "Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen" genähert. In diesem Fazit werden zunächst Gemeinsamkeiten bzgl. der Lehr- und Lern-Konzepte und der durch die Begleitforschung gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst. Anschließend werden weitere übergreifende Implikationen skizziert.

Zwei Beiträge stellten heraus, dass die praktische Arbeit mit digitalen Technologien das Interesse, Fähigkeitsselbstkonzepte sowie Selbstwirksamkeitserwartungen von Lernenden positiv beeinflussen kann. So konnten Beudels und Hanses in ihrem Beitrag zeigen, dass die praktische Erprobung von Bestimmungsapps (z. B. für Pflanzen) für den Sachunterricht zu einer signifikanten Zunahme CK- und PCK-bezogener Fähigkeitsselbstkonzepte und des Sachinteresses an der Arbeitsweise „Bestimmen" und am Thema Bestimmungsapps geführt hat. Außerdem wurde von den Studierenden durch die aktive Auseinandersetzung die Relevanz der Bestimmungsapps für das Lernen im Unterricht erkannt. Ähnliches berichten Hahn et al., die zeigten, wie der Einsatz stummer Experimentiervideos zu einer signifikanten Steigerung der Selbstwirksamkeitserwartung von Studierenden hinsichtlich der Durchführung von Demonstrationsexperimenten im Physikunterricht führte. Die eingesetzten digitalen Methoden (Eye-Tracking, stumme Videos) wurden dabei als wertvoll für die Professionalisierung der Studierenden wahrgenommen.

Darüber hinaus zeigten drei Beiträge, wie Lernenden die digital gestützte Erkenntnisgewinnung nahegebracht werden kann. Eine tiefergehende fachdidaktische Auseinandersetzung mit dem Experimentieren wurde durch ein Seminarkonzept in der Chemiedidaktik bei Forster et al. erreicht. Hierbei erkannten die Studierenden nach dem Seminar deutlich mehr Einsatz- und Unterstützungsmöglichkeiten digitaler Assistenten in Form interaktiver E-Books im unterrichtlichen Erkenntnisgewinnungsprozess. Im Bereich der Biologie konnte Wilken durch ihr Seminarkonzept den Studierenden eine intensive Erprobung digitaler Messmethoden in der Humanbiologie ermöglichen. Allerdings erlebten die Studierenden in diesem konkreten Fall auch, dass der Einsatz digitaler Technologien in Lehr-Lern-Situationen herausfordernd sein kann. Das Seminarkonzept von Kärcher thematisierte ebenso die Erkenntnisgewinnung, konkret: das Modellieren. Auch in diesem Seminar setzten sich die Studierenden aktiv mit ihrem Verständnis von Erkenntnisgewinnung und dem Einsatz digitaler Technologien im Prozess des Modellierens auseinander. Die Evaluation zeigte ebenfalls punktuelle Herausforderungen der Studierenden wie z. B. anfängliche Unsicherheiten im Umgang mit den eingesetzten Technologien.

Zwei Beiträge arbeiteten anhand ihrer Forschungsergebnisse heraus, wann man sich in Lehr- und Lern-Prozessen für digitale Technologien im Bereich der Augmented Reality (AR) entscheiden sollte. Lauer und Peschel zeigten, wie Studierende des Sachunterrichts kritisch zu einer solchen Entscheidung kommen und welche Voraussetzungen den Entscheidungsprozess beeinflussen. Syskowski et al. setzten sich in ihrem Beitrag mit dem Einsatz von AR im Schulkontext auseinander: Sie zeigten durch die detaillierte Analyse von Lernenden-Interaktionen mit AR-Modellen, welche konkreten Potenziale die Nutzung von AR beim Experimentieren für die interaktive Wissenskonstruktion von Schüler*innen im Chemieunterricht hat.

Anhand der Beiträge in diesem Themenheft zeigt sich, dass digitale Technologien in den Naturwissenschaftsdidaktiken in doppelter Rolle auftreten: Erstens dienen digitale Technologien zur Unterstützung

Melanie Beudels, Katharina Forster, Larissa Hahn, Kevin Kärcher, Luisa Lauer, Sabrina Syskowski & Sarah Wilken (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. Ein Fazit. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 177-180. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

fachlichen und fachdidaktischen Lernens und zweitens benötigen Lehrkräfte digitale Kompetenzen zum lernförderlichen Einsatz digitaler Technologien im Schulunterricht.

In allen Beiträgen wurden konkrete Themen der Naturwissenschaften aufgegriffen, die digital unterstützt durch Lernende erarbeitet werden müssen: Von humanbiologischen und botanischen Grundlagen, über die Säure-Base-Chemie bis hin zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen wie Experimentieren und Modellieren können die vorgestellten Konzepte konkrete Ansatzpunkte für die Ausbildung von angehenden Lehrkräften, aber auch das Lehren und Lernen an Schulen bieten. Dabei wird deutlich, dass die eingesetzten digitalen Technologien nicht als technisches „Add-On" zu sehen sind, sondern die Erarbeitung der fachlichen und fachdidaktischen Inhalte unterstützen können und Beispiele für ein Lernen *mit* und *über* digitale(n) Technologien sind.

Um ein solches Lernen in die Schule tragen zu können, müssen angehende Lehrkräfte die didaktische Implikation erlernen (bspw. Huwer et al. 2019). Dies verdeutlichen die Autor*innen der Beiträge, die sich mit der Konzeption von Lehrveranstaltungen in der Hochschullehre auseinandersetzen. Bei der Evaluation dieser Konzepte zeigte sich, dass das Lernen *über* digitale Technologien integraler Bestandteil der Förderung digitaler Kompetenzen von angehenden Lehrkräften ist.

Bei diesem Lernen über digitale Technologien wird in vielen Beiträgen auch deutlich, dass sich angehende Lehrkräfte mit ihren Überzeugungen und ihrer eigenen Rolle auseinandersetzen müssen. Die Professionalisierung von Lehrkräften umfasst nicht nur das Erlernen der reinen Bedienkompetenzen, sondern ebenso affektiv-motivationale Dispositionen (u. a. Vogelsang et al. 2019). Dies kann abschließend auch anhand des Stufenmodells von Wildt (2006) verdeutlicht werden:

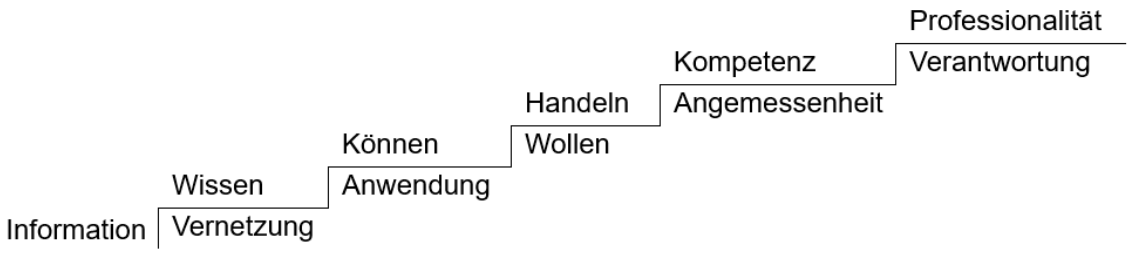


Abbildung 1: Stufen der professionellen Kompetenz nach Wildt (2006, S. 7)

Auf den ersten beiden Stufen (Wissen und Können) hin zur Professionalisierung erlernen angehende Lehrkräfte zunächst die nötigen Grundlagen, auch in der Handhabung digitaler Technologien. Sehen sie dann einen Anlass zum Einsatz und haben die nötige Motivation, erreichen sie die Stufe des Handelns. Kompetent werden Lehrkräfte dann, wenn sie eine begründete Entscheidung für oder gegen den Einsatz digitaler Technologien treffen können. Für die Stufe der Professionalität müssen Lehrkräfte abschließend ihre Verantwortung gegenüber den Schüler*innen und der Gesellschaft miteinbeziehen – letztlich die Forderung des Primats der Pädagogik, das bereits in der Strategie der Kultusministerkonferenz aus dem Jahr 2016 formuliert wurde (Kultusministerkonferenz 2016).

Hieran wird deutlich, dass die vorgestellten Seminarkonzepte den Versuch unternehmen, angehende Lehrkräfte auf diesen Stufen zu begleiten. Allerdings zeigen die Evaluationsergebnisse einiger Beiträge, dass Studierende auf den ersten Stufen (Wissen, Können und Handeln) bereits mit vielen Herausforderungen konfrontiert werden (bspw. sinkende Motivation bei Wilken, Rückmeldung zum Stresserleben bei Kärcher und „gegenwartsorientierte Pragmatiker*innen" bei Lauer & Peschel). Hierbei scheint in der konkreten Umsetzung solcher Ideen der "Praxisschock" (Dicke et al. 2016) einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Einstellung gegenüber digitalen Technologien zu haben.

Gleichzeitig ermöglicht die intensive Auseinandersetzung mit digitalen Technologien im Hochschulumfeld, dass angehende Lehrkräfte die Relevanz ihres Einsatzes für ihren späteren Beruf erkennen. Dies dürfte auch mit der grundsätzlich ähnlichen Anlage der vorgestellten Seminare zusammenhängen. Eine Gemeinsamkeit liegt in der engen Verzahnung fachwissenschaftlicher und fachdidaktischer Lerninhalte. Damit begegnen die Konzepte einer in der Lehrkräftebildung vielfach kritischen Betrachtung der strukturellen Trennung beider Bereiche (u. a. Schecker & Ralle 2009). Zugleich weisen die Lehr- und Lern-Konzepte einen hohen Praxisbezug auf, etwa durch die Arbeit mit schultypischen Materialien und Arbeitsweisen,

Melanie Beudels, Katharina Forster, Larissa Hahn, Kevin Kärcher, Luisa Lauer, Sabrina Syskowski & Sarah Wilken (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. Ein Fazit. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 177-180. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

die Anbindung an curriculare Inhalte, fachdidaktische Reflexionsimpulse sowie zum Teil durch Arbeit mit Schüler*innen. Methodisch verbindend zeigt sich über alle vorgestellten Konzepte in der Hochschullehre zudem das sog. Constructive Alignment (Biggs & Tang 2007), das es den Studierenden ermöglicht, selbst die intendierten Lehr-Lern-Aktivitäten mit digitalen Technologien zu durchleben. Durch die aktive und intensive Beschäftigung mit den digitalen Technologien können sich die Studierenden kritisch mit den Einsatzmöglichkeiten und ihrer Einstellung gegenüber diesen auseinandersetzen. Dabei erleben sie sich einerseits als selbstwirksam, andererseits erkennen sie die Relevanz digitaler Technologien für Lehr- und Lern-Prozesse, finden tiefergehende Anknüpfungspunkte an fachliche Konzepte und können fundierte, kritische Entscheidungen über den Einsatz der digitalen Technologien treffen.

Zugleich machen die Beiträge deutlich, dass die langfristige Implementierung solcher Lehr- und Lern-Konzepte in die Hochschullehre nicht voraussetzungslos ist. Je nach Konzept erfordern die Seminare eine mehr oder weniger aufwändige und kostenintensive technische Ausstattung, zeitliche und personelle Ressourcen sowie organisatorische Abstimmungen, etwa bei der Arbeit mit Schüler*innen. Dies veranschaulicht, dass die nachhaltige Verankerung solcher Professionalisierungsangebote nicht allein eine didaktische, sondern auch eine strukturelle Entwicklungsaufgabe ist.

Mit diesem Themenheft wird insgesamt die Bedeutung interdisziplinärer Zusammenarbeit innerhalb der Naturwissenschaftsdidaktiken sichtbar. In der Synthese der Ergebnisse ergeben sich zwei weiterführende Perspektiven: Zum einen, dass die Erfassung digitaler Kompetenzen mitsamt technologiebezogenem Professionswissen und motivational-affektiven Dispositionen herausfordernd ist (Blömeke et al. 2015). Zum anderen, dass die Integration digitaler Technologien stets im naturwissenschaftlichen Fachkontext gedacht werden muss (Hillmayr et al. 2020).

In den Beiträgen werden dabei methodische Herausforderungen deutlich, die in zukünftigen Forschungsarbeiten weiter betrachtet werden sollten. Während einige Beiträge zur Evaluation der Lehrveranstaltungen motivational-affektive Dispositionen und Selbstauskünfte über digitale Kompetenzen herangezogen haben (Beudels & Hanses; Forster et al.; Hahn et al.; Wilken) bleibt offen, inwiefern sich digitale Kompetenzen insgesamt entwickelt haben. Da neben motivational-affektiven Facetten auch technologiebezogenes Professionswissen (Koehler & Mishra 2009) sowie handlungsbezogene Fertigkeiten zur Umsetzung der Dispositionen in Performanz bedeutsam sind (Blömeke et al. 2015), sollte in zukünftigen Studien die Entwicklung digitaler Kompetenzen in ihrer Gesamtheit untersucht werden. Darüber hinaus drängen sich Fragen bezüglich der Genauigkeit von Selbsteinschätzungen auf (Von Kotzebue 2022). Beispielsweise zeigen aktuelle Arbeiten, dass leistungsbasiert ermitteltes Professionswissen über den Einsatz digitaler Technologien ein signifikanter Prädikator für die Qualität der Planung technologiegestützten Unterrichts ist, während dies bei selbst eingeschätztem Professionswissen nicht der Fall ist (Von Kotzebue 2022). Es bleibt offen, inwiefern sich die digitalen Kompetenzen der Lernenden im Verlauf der Lehrveranstaltungen entwickelt haben und inwiefern die Lernenden diese Entwicklung mittels Selbsteinschätzung abbilden können.

Darüber hinaus verdeutlichen die Beiträge die Relevanz einer naturwissenschaftsspezifischen Perspektive auf Technologieintegration. In den Lehrveranstaltungen zeigte sich, dass die Integration digitaler Technologien im Unterricht nicht losgelöst vom Fachinhalt betrachtet werden kann (Hillmayr et al. 2020). Stattdessen wird der Umgang mit digitalen Technologien im jeweiligen naturwissenschaftlichen Kontext ausdifferenziert, etwa beim digital gestützten Experimentieren (Forster et al.; Hahn et al.), bei Modellierungen (Kärcher), bei digitaler Datenerhebung und -verarbeitung (Beudels & Hanses; Wilken) sowie bei der AR-gestützten Vermittlung von Fachwissen (Lauer & Peschel; Syskowski et al.). Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung domänenspezifischer Ansätze für die Förderung digitaler Kompetenzen angehender Lehrkräfte (Petko et al. 2025; Von Kotzebue 2022; Wilken et al. 2025). Für zukünftige Studien stellt sich die Frage, inwiefern naturwissenschaftliche digitale Kompetenzen fachübergreifend adressiert und zugleich spezifiziert werden können, beispielsweise anhand gemeinsamer Arbeitsweisen wie der digital gestützten Datenerhebung und -verarbeitung (Becker et al. 2020), oder ob abhängig von der jeweiligen Fachdomäne unterschiedliche Foki notwendig sind, etwa aufgrund von Unterschieden in spezifischen fachlichen Arbeitsweisen (z. B. Organpräparationen in der Biologie).

Insgesamt wird mit diesem Themenheft eine Breite an Lehrveranstaltungen vorgestellt, die die digitalen Kompetenzen von Lernenden in den Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik sowie im Sachunterricht fördern sollen. Zugleich gehen aus den Projekten erprobte und frei verfügbare Materialien, Lehr-Lern-Bausteine und konzeptionelle Impulse hervor, die für andere Fächer sowie verschiedenste Lehr- und Lern-Settings adaptiert werden können. Auf diese Weise entfaltet das Themenheft seinen Mehrwert nicht

Melanie Beudels, Katharina Forster, Larissa Hahn, Kevin Kärcher, Luisa Lauer, Sabrina Syskowski & Sarah Wilken (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. Ein Fazit. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 177-180. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

nur in der Zusammenschau von Forschungsergebnissen, sondern auch in der Bereitstellung transferfähiger Ansätze für Lehre an Schulen und Hochschulen sowie fachdidaktische Entwicklungsarbeit. Damit wird eine Grundlage für die Weiterentwicklung von Professionalisierung geschaffen, die über einzelne Disziplinen oder Kompetenzfacetten hinausgeht und als aktueller Ansatzpunkt für die Konzeption, Weiterentwicklung und Adaption von Lehrveranstaltungen und Forschungsvorhaben verstanden werden kann.

Literatur

Becker, S., Meßinger-Koppelt, J. & Thyssen, C. (2020): *Digitale Basiskompetenzen: Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften [digital competences: orientations and practical examples for university sciences teacher education]*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung. https://www.joachim-herz-stiftung.de/fileadmin/user_upload/JHS_Digitale_Basiskompetenzen_Naturwissenschaften_Web.pdf.

Biggs, J. B. & Tang, C. S.-K. (2007): *Teaching for quality learning at university. What the student does* (3. Aufl.). Maidenhead: McGraw-Hill Open Univ. Press (SRHE and Open University Press Imprint).

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. J. (2015): Beyond dichotomies: Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift für Psychologie, 223*(1), S. 3-13. https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194

Dicke, T., Holzberger, D., Kunina-Habenicht, O., Linniger, C., Schulze-Stocker, F., Seidel, T., Terhart, E., Leutner, D. & Kunter, M. (2016). „Doppelter Praxisschock" auf dem Weg ins Lehramt? Verlauf und potentielle Einflussfaktoren emotionaler Erschöpfung während des Vorbereitungsdienstes und nach dem Berufseintritt. *Psychologie in Erziehung und Unterricht, 63*(4), S. 244-257. https://doi.org/10.2378/peu2016.art20d

Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I. & Reiss, K. M. (2020): The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education, 153*, 103897. https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2020.103897

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

Koehler, M. & Mishra, P. (2009): What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(1), S. 60-70.

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

Petko, D., Mishra, P. & Koehler, M. J. (2025): TPACK in context: An updated model. *Computers and Education Open, 8*, 100244. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100244

Schecker, H. & Ralle, B. (2009): Naturwissenschaftsdidaktik und Lehrerbildung – Chancen und Risiken aktueller Entwicklungen. *PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 2*(9), S. 73-83.

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019): Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25*(1), S. 115-129. https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6

Von Kotzebue, L. (2022): Beliefs, Self-reported or Performance-Assessed TPACK: What Can Predict the Quality of Technology-Enhanced Biology Lesson Plans? *Journal of Science Education and Technology, 31*, S. 570-582. https://doi.org/10.1007/s10956-022-09974-z

Wildt, J. (2006): Kompetenzen als "Learning Outcome". *Journal Hochschuldidaktik, 17*(1), S. 6-9.

Wilken, S., Mahler, D. & Heuckmann, B. (2025): Exploring technology-related belief structures: domain-specific and domain-general beliefs of preservice science teachers. *International Journal of Science Education*, S. 1-24. https://doi.org/10.1080/09500693.2025.2571132

Melanie Beudels, Katharina Forster, Larissa Hahn, Kevin Kärcher, Luisa Lauer, Sabrina Syskowski & Sarah Wilken (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. Ein Fazit. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 177-180. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)