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. Eine Einführung

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

Digitale Technologien sind ein wichtiger Bestandteil eines aktuellen naturwissenschaftlichen Unterrichts an Grund- und weiterführenden Schulen (Härtig et al. 2021; Hillmayr et al. 2020; Vogelsang et al. 2019) und werden auch in der Hochschullehre naturwissenschaftlicher Studiengänge zunehmend integriert (Mexhuani 2025). Sie können zur Vermittlung von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (Develaki 2019; Ebenezer et al. 2011) oder naturwissenschaftlichen Erkenntnissen eingesetzt werden (Lou & Jaeggi 2020; Mikropoulos & Iatraki 2023). Der Einsatz digitaler Technologien ist dabei in allen naturwissenschaftlichen Fachdomänen sichtbar: So werden beispielsweise im Chemie-, Physik- und Sachunterricht Experimente vermehrt durch digitale Technologien unterstützt, und im Biologieunterricht wird vielfach mit digitalen Modellen gearbeitet (Härtig et al. 2021; Schwarz & Haider 2021). Darüber hinaus eröffnen beispielsweise Technologien wie *Virtual Reality* (VR; Tekindur & Kara 2025) oder *Game-Based Learning* (Hu et al. 2022) innovative Möglichkeiten zur kognitiven Aktivierung und Motivationssteigerung der Lernenden in Schule und Hochschule.

Empirische Befunde verdeutlichen, dass die Lernwirksamkeit digitaler Technologien wesentlich von der didaktisch begründeten Integration in das Lernsetting und der kompetenten Nutzung durch die Lernenden abhängt (Hillmayr et al. 2023; Kramer et al. 2019; Wörner et al. 2022). So zeigt beispielsweise eine Studie von Kramer et al. (2019), dass im gymnasialen Biologieunterricht insbesondere die Integration analoger und digitaler Elemente lernförderlich ist. Diese Befunde werden durch ein Literaturreview von Wörner et al. (2022) bestätigt, welches herausstellt, dass beim Experimentieren insbesondere die Verknüpfung digitaler und analoger Technologien das inhaltliche Verständnis von Schüler*innen fördert. Darüber hinaus zeigt die Metastudie von Hillmayr et al. (2023), dass der Einsatz digitaler Technologien positive Effekte auf die Leistung und Motivation von Lernenden hat. Allerdings beeinflusst auch der Umgang der Schüler*innen mit der Technologie die lernförderliche Wirkung, was sich darin zeigt, dass das Alter der Lernenden Einfluss auf die Motivations- und Leistungseffekte zu haben scheint (Hillmayr et al. 2023). Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass ein lernförderlicher Einsatz digitaler Technologien im naturwissenschaftlichen Unterricht spezifische Kompetenzen auf Seiten der Lehrenden und Lernenden voraussetzt. Entsprechend gilt es, sowohl die digitalen Kompetenzen von Lehrkräften als auch die Medienkompetenzen von Schüler*innen gezielt zu fördern.

Zur Beschreibung der digitalen Kompetenzen von Lehrkräften, die für den lernförderlichen Einsatz digitaler Technologien im naturwissenschaftlichen Unterricht grundlegend sind, liegen unterschiedliche Modelle vor (Mattar et al. 2022). Im fachübergreifenden *Digital Competence of Educators* Framework (DigCompEdu) werden die Kompetenzbereiche digitales Engagement, digitale Ressourcen, digitales Assessment, digitales Lehren und Lernen, digitales Empowerment Lernender sowie die Förderung der digitalen Kompetenzen (Medienkompetenzen) Lernender spezifiziert (Redecker & Punie 2017). Vernachlässigt wird dabei jedoch der fachspezifische Einsatz digitaler Technologien. Die fachspezifischen digitalen Kompetenzen werden im naturwissenschaftsspezifischen DiKoLAN-Framework (*Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften*; Becker et al. 2020) aufgegriffen. Neben technischen Grundlagen und technischen Basiskompetenzen werden dort die allgemeinen Kompetenzbereiche *Dokumentation*, *Präsentation*, *Kommunikation und Kollaboration* sowie *Recherche und Bewertung* ebenso wie die fachspezifischen

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. Eine Einführung. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 5-10. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

Kompetenzbereiche *Messwert- und Datenerfassung, Datenverarbeitung* sowie *Simulation und Modellierung* definiert und durch die Niveaustufen *nennen*, *beschreiben* und *anwenden* spezifiziert (Becker et al. 2020).

Studien betonen die Bedeutung einer konzeptionell breiten Betrachtung digitaler Kompetenzen (Baumert & Kunter 2011; Blömeke et al. 2015), da neben Professionswissen (Koehler & Mishra 2009) auch motivational-affektive Dispositionen (Vogelsang et al. 2019) lernförderlichen Technologieeinsatz beeinflussen. Das Professionswissen wird im TPACK-Modell konkretisiert, demzufolge Lehrkräfte technologisches, pädagogisches und fachliches Wissen sowie die Integration dieser Wissensfacetten benötigen, um digitale Technologien lernförderlich in den Unterricht zu integrieren (Koehler & Mishra 2009). Darüber hinaus sind auch motivational-affektive Orientierungen für eine lernförderliche Technologieintegration bedeutsam. So zeigen Studien, dass u. a. Selbstwirksamkeitserwartungen (Vogelsang et al. 2019), Überzeugungen (Kim et al. 2013) und Motivation (Backfisch et al. 2020) die Frequenz und Art von Technologieeinsatz im Unterricht beeinflussen. Diese Befunde verdeutlichen, dass für lernförderliche Technologieintegration sowohl das technologiebezogene Professionswissen als auch die motivational-affektiven Voraussetzungen von angehenden Lehrkräften für eine ganzheitliche Professionalisierung adressiert werden müssen.

Durch die spezifischen Einsatzmöglichkeiten digitaler Technologien im naturwissenschaftlichen Unterricht (Härtig et al. 2021; Hillmayr et al. 2020) ist die Betrachtung digitaler Kompetenzen innerhalb der naturwissenschaftlichen Fachdomänen notwendig, um der fachspezifischen Ausrichtung professioneller Kompetenzen nachzukommen (Becker et al. 2020; Von Kotzebue et al. 2021). Darüber hinaus ermöglicht die Professionalisierung im naturwissenschaftlichen Fachkontext sowohl die Adressierung fachspezifischer (z. B. Simulation & Modellierung; Becker et al. 2020) als auch fachübergreifender digitaler Kompetenzen (z. B. Präsentation; Becker et al. 2020; Redecker & Punie 2017). Des Weiteren sollten digitale Kompetenzen so angesprochen werden (Baumert & Kunter 2011; Blömeke et al. 2015), dass sowohl technologiebezogenes Professionswissen (Koehler & Mishra 2009) als auch motivational-affektive Dispositionen (z. B. Vogelsang et al. 2019) adressiert werden. Dadurch können im Professionalisierungsprozess die moderierenden Effekte beider für lernförderliche Technologieintegration in den Unterricht berücksichtigt werden (Backfisch et al. 2020; Ertmer & Ottenbreit-Leftwich 2010).

Vor diesem Hintergrund werden in dem folgenden Themenheft unterschiedliche Lehr- und Lern-Konzepte zur Förderung der digitalen Kompetenzen von (angehenden) Lehrkräften und der Medienkompetenzen von Schüler*innen verschiedener naturwissenschaftlicher Domänen (Fächer Biologie, Chemie, Naturwissenschaften, Physik und Sachunterricht) vorgestellt. Digitale Technologien nehmen dabei zum Teil eine Doppelrolle ein, wenn sie als Lernwerkzeug und/oder Lerngegenstand dienen, um (digitale) fachdidaktische Kompetenzen zu entwickeln. Alle Lehr- und Lern-Konzepte sind im Kontext des 5. Jahrgangs (Jahre 2022 bis 2024) des *Kolleg Didaktik:digital* der Joachim Herz Stiftung entstanden. Die Stiftung hat in den letzten Jahren Nachwuchswissenschaftler*innen – sog. Junior Fellows – bei der Entwicklung, Erprobung und Beforschung von innovativen Lehr- und Lernkonzepten zum gewinnbringenden Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht gefördert. Der Fokus lag somit darauf, angehende Lehrkräfte bereits im Studium an Fragen des Lernens *mit* und *über* digitale(n) Lernwerkzeuge(n) heranzuführen und fachdidaktisch fundierte (digital gestützte) Konzepte für den Schulunterricht in den Naturwissenschaften zu stärken. Neben der finanziellen Unterstützung bot das Kolleg u. a. Fellow-Treffen und Workshops an. Diese dienten dazu, den regelmäßigen Austausch zwischen den Junior-Fellows, Senior-Fellows (erfahrene Fachdidaktiker*innen) und Alumni zu stärken, Kooperationen anzubahnen und die gemeinsamen Diskussionen über einen sinnvollen Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht voranzubringen (Joachim Herz Stiftung 2022).

Die Beiträge des Themenhefts greifen diese Zielsetzungen des Kollegs aus unterschiedlichen naturwissenschafts- und sachunterrichtsdidaktischen Perspektiven auf. Tabelle 1 zeigt eine systematisierte Übersicht der in diesem Themenheft vorgestellten Konzepte nach Hochschulstandort, Zielgruppe, Bezugsfach, thematischem Schwerpunkt, Lehr- und Lern-Setting sowie methodischem Zugang der Begleitforschung.

Wir wünschen viel Freude bei der Lektüre des Themenheftes!
Melanie Beudels, Katharina Forster, Larissa Hahn, Kevin Kärcher, Luisa Lauer,
Sabrina Syskowski & Sarah Wilken

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. Eine Einführung. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 5-10. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

Tabelle 1: Übersicht über die Beiträge des Themenheftes. Sortierung (alphabetisch) nach unterrichtlichem Bezugsfach

Autor*innen, Hochschule, Seitenangaben	Primäre Zielgruppe, unterrichtliches Bezugsfach	Themengebiet des Projektes	Kurzbeschreibung Lehr- und Lern-Setting, primär tangierte DiKoLAN-Kompetenzfacetten (Becker et al. 2020)	Methodik der Begleitforschung
Wilken Universität Münster S. 11-27	Lehramtsstudierende (Sek I und Sek II) im Master Biologie	Einsatz digitaler Tools im Humanbiologieunterricht	Ein Lehr-Lern-Labor, in dem Studierende erst fachliche und fachdidaktische Inhalte zur Technologieintegration in den Humanbiologieunterricht erarbeiten, diese dann in Unterrichtsplänen umsetzen, welche anschließend in einer 90-minütigen Lehr-Lern-Einheit mit Schüler*innen durchgeführt und abschließend reflektiert werden. Messwerterfassung & Datenverarbeitung; Präsentation; Recherche & Bewertung	Quasi-experimentelles Prä-Post-Design; Fragebogenerhebung (Likert-Skala) $N = 104$
Forster, Linsmeier, Diermann & Koenen Technische Universität München S. 28-54	Lehramtsstudierende (Gymnasiallehramt, berufliches Lehramt) im Master Chemie	Innovationen im naturwissenschaftlichen Unterricht (Chemie) & Schulpraxis im Unterricht der FOS/BOS Chemie	Seminar mit kombiniertem Laborpraktikum, in dem digitale Medien zur Unterstützung des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozess eingesetzt wurden. Im Zuge dessen wurde ein digitaler Experimentierassistent (DEAN) für ein Experiment der Säure-Base-Chemie konzipiert und entwickelt. Dokumentation; Recherche & Bewertung; Kommunikation/Kollaboration; Präsentation	Qualitatives Design; Stimulated Recalls mit qualitativer Auswertung $N = 6$
Syskowski, Weich & Huwer Universität Konstanz S. 55-83	Schüler*innen der 10. Klasse Chemie	Augmented Reality (AR) gestütztes Experimentieren im Chemieunterricht	Das Lehr-Lern-Setting nutzt 3D-AR-Modelle auf Teilchenebene, um die Gestaltung der experimentellen Lernumgebung gezielt für die Entwicklung chemischer Kompetenzen zu optimieren. Bei Reaktion 1 wird eine minimal unterstützte Umgebung geschaffen, bei Reaktion 2 werden schrittweise, optionale Hilfen angeboten, um differenzierte Lernwege zu ermöglichen. Messwert- & Datenerfassung; Datenverarbeitung; Simulation & Modellierung	Qualitatives Design; Dokumentationsvideo aus Sicht der Lernenden $N = 22$
Kärcher PH Schwäbisch Gmünd S. 84-98	Lehramtsstudierende (Sekundarstufe) im Master Naturwissenschaften	Computational Thinking und Modellieren im naturwissenschaftlichen Unterricht	Seminar für projekt- und problemorientierte, praktische Erkundung typischer Tools, um 1. Simulationen selbst zu erstellen und 2. Daten mit Microcontrollern für mathematische Modellierungen zu erheben. Die Studierenden entwickeln eigene Lehr-Lern-Settings zur Verbindung von Computational Thinking und Modellieren. Messwert- & Datenerfassung; Datenverarbeitung; Simulation & Modellierung	Qualitatives Design; Gruppeninterviews (leitfadengestützt) zur Reflexion der Lerninhalte und Seminarstruktur $N = 14$

Autor*innen, Hochschule	Primäre Zielgruppe, unterrichtliches Bezugsfach	Themengebiet des Projektes	Kurzbeschreibung Lehr- und Lern-Setting, primär tangierte DiKoLAN-Kompetenzfacetten (Becker et al. 2020)	Methodik der Begleitforschung
Hahn, Schweinberger & Klein Universität Göttingen S. 99-123	Lehramtsstudierende (Gymnasiallehramt) im Master Physik	Unterrichtsbezogenes Experimentieren und Weiterentwicklung von Praxis an der Schule	Unterrichtsbezogenes Experimentierpraktikum mit stummen Videos und Eye-Tracking-Feedback zur Förderung der Präsentations- und Moderationskompetenzen von Physiklehramtsstudierenden Präsentation; Dokumentation	Innersubjekt-Design (3 Messzeitpunkte); Fragebogenerhebung (offene und geschlossene Fragen) $N = 30$
Beudels & Hanses Bergische Universität Wuppertal S. 124-153	Grundschullehramtsstudierende im Bachelor und Master Sachunterricht	Einsatz biologischer Bestimmungsapps im Sachunterricht	Blended-Learning-Kurs, der angehende Grundschullehrkräfte für einen reflektierten Einsatz von Bestimmungsapps im Sachunterricht professionalisieren soll. Im Zentrum steht eine Exkursion, auf der die Studierenden Bestimmungsapps testen, um ihre Chancen und Grenzen in Bezug auf Lernprozesse mithilfe eines Kriterienrasters zu reflektieren. Recherche & Bewertung; Messwert- & Datenerfassung	Exploratives Mixed-Methods-Design (Quer- & Längsschnitt); Fragebogenerhebung (offene und geschlossene Fragen) $N = 57$
Lauer & Peschel Universität des Saarlandes S. 154-176	Lehramtsstudierende Sachunterricht	Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von AR(-Technologien) von angehenden Lehrkräften	Medien-bezogenes Grundlagenseminar rund um den didaktisch sinnvollen Einsatz digitaler Medien. Angehende Lehrende begründen Medienentscheidungen anhand von fachdidaktischen Kriterien. Recherche & Bewertung	Qualitatives Design; Fragebogenerhebung (offene und geschlossene Antwortformate) $N = 48$

Literatur

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

Baumert, J. & Kunter, M. (2011): Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29–53). Münster: Waxmann.

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.

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

Develaki, M. (2019): Methodology and epistemology of computer simulations and implications for science education. *Journal of Science Education and Technology, 28*(4), S. 353-370. https://doi.org/10.1007/s10956-019-09772-0

Ebenezer, J., Kaya, O. N. & Ebenezer, D. L. (2011): Engaging students in environmental research projects: Perceptions of fluency with innovative technologies and levels of scientific inquiry abilities. *Journal of Research in Science Teaching, 48*(1), S. 94-116. https://doi.org/10.1002/tea.20387

Ertmer, P. A. & Ottenbreit-Leftwich, A. T. (2010): Teacher technology change: How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. *Journal of Research on Technology in Education, 42*(3), S. 255-284. https://doi.org/10.1080/15391523.2010.10782551

Härtig, H., Ostermann, A., Ropohl, M., Schwanewedel, J., Kampschulte, L. & Lindmeier, A. (2021): Gibt es einen fachspezifischen Medieneinsatz im naturwissenschaftlichen Fachunterricht? Ergebnisse einer Fragebogenerhebung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 27*(1), S. 139-154. https://doi.org/10.1007/s40573-021-00130-5

Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L., Hofer, S. I. & Reiss, K. (2023): Zum Zusammenhang zwischen Leistungs- und Motivationseffekten beim Einsatz digitaler Tools im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Eine Forschungssynthese. In K. Scheiter & I. Gogolin (Hrsg.), *Bildung für eine digitale Zukunft. Edition ZfE 15* (S. 103-123). Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37895-0_5

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

Hu, Y., Gallagher, T., Wouters, P., van der Schaaf, M. & Kester, L. (2022): Game-based learning has good chemistry with chemistry education: A three-level meta-analysis. *Journal of Research in Science Teaching, 59*(9), S. 1499-1543. https://doi.org/10.1002/TEA.21765

Joachim Herz Stiftung (2022): *Hinweise zur Ausschreibung. Förderung von Junior-Fellows im Kolleg Didaktik:digital.* Hamburg: Joachim Herz Stiftung.

Kim, C., Kim, M. K., Lee, C., Spector, J. M. & DeMeester, K. (2013): Teacher beliefs and technology integration. *Teaching and Teacher Education, 29*(1), S. 76-85. https://doi.org/10.1016/j.tate.2012.08.005

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

Kramer, M., Förtsch, C., Aufleger, M. & Neuhaus, B. J. (2019): Der Einsatz digitaler Medien im gymnasialen Biologieunterricht. Eine deskriptive Auswertung einer quantitativen Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25*(1), S. 131-160. https://doi.org/10.1007/s40573-019-00096-5

Lou, A. J. & Jaeggi, S. M. (2020): Reducing the prior-knowledge achievement gap by using technology-assisted guided learning in an undergraduate chemistry course. *Journal of Research in Science Teaching, 57*(3), S. 368-392. https://doi.org/10.1002/tea.21596

Mattar, J., Santos, C. C. & Cuque, L. M. (2022): Analysis and comparison of international digital competence frameworks for education. *Education Sciences, 12*(12), 932. https://doi.org/10.3390/educsci12120932

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. Eine Einführung. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 5-10. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

Mexhuani, B. (2025): Adopting digital tools in higher education: Opportunities, challenges and theoretical insights. *European Journal of Education, 60*(1), e12819. https://doi.org/10.1111/ejed.12819

Mikropoulos, T. A. & Iatraki, G. (2023): Digital technology supports science education for students with disabilities: A systematic review. *Education and Information Technologies, 28*(4), S. 3911-3935. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11317-9

Redecker, C. & Punie, Y. (2017): *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*. https://doi.org/10.2760/178382

Schwarz, S. & Haider, M. (2021): Digitale Medien in der naturwissenschaftlichen Perspektive – eine Einführung. In M. Haider, & S. Knoth (Hrsg.), *Digitale Medien im Sachunterricht der Grundschule in Theorie und Praxis* (S. 23-25). Hamburg: AOL Verlag.

Tekindur, A. & Kara, S. (2025): Virtual reality technology in science education: Exploring trends and future perspectives. *Journal of Education in Science, Environment and Health, 11*(3), S. 220-234. https://doi.org/10.55549/jeseh.802

Von Kotzebue, L., Meier, M., Finger, A., Kremser, E., Huwer, J., Thoms, L.-J., Becker, S., Bruckermann, T. & Thyssen, C. (2021): The Framework DiKoLAN (Digital Competencies for Teaching in Science Education) as Basis for the Self-Assessment Tool DiKoLAN-Grid. *Education Sciences, 11*(12), 775. https://doi.org/10.3390/educsci11120775

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

Wörner, S., Kuhn, J. & Scheiter, K. (2022): The Best of Two Worlds: A Systematic Review on Combining Real and Virtual Experiments in Science Education. *Review of Educational Research, 92*(6), S. 911-952. https://doi.org/10.3102/00346543221079417

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. Eine Einführung. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 5-10. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)