

Johannes Huwer^{1,2}
Lars-Jochen Thoms^{1,2}
Nikolai Maurer^{1,2}
Mathea Brückner^{1,2}
Sandra Berber^{1,2}
Sabrina Syskwoski^{1,2}
Lena von Kotzebue³
Till Bruckermann⁴
Alexander Finger⁵
Erik Kremser^{6,1}
Christoph Thyssen⁷
Monique Meier⁸
Sebastian Becker-Genschow⁹

¹Universität Konstanz
²Pädagogische Hochschule Thurgau
³Paris Lodron Universität Salzburg
⁴Leibniz Universität Hannover
⁵Universität Leipzig
⁶Technische Universität Darmstadt
⁷Pädagogische Hochschule Freiburg
⁸Technische Universität Dresden
⁹Universität zu Köln

Kompetenzen für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz – DiKoLAN KI

Systeme, welche auf Künstlicher Intelligenz (KI) basieren oder umfänglich nutzen, sind bereits fester Bestandteil des Lebens- und Arbeitsalltags geworden. Der Einfluss von KI auf die Gesellschaft als eine der zentralen Technologien des 21. Jahrhunderts wird nicht erst in ferner Zukunft weiter wachsen. Dies gilt insbesondere auch für das Bildungssystem, das auf allen Ebenen – von der Schule über die Hochschulen bis hin zur Erwachsenenbildung – davon betroffen ist. KI-basierte Anwendungen haben das Potenzial, Lehr-Lernprozesse zu verbessern und Tätigkeiten von Lehrenden effizienter zu gestalten, im Besonderen auch in der Schule. Die Studie „KI@Bildung: Lehren und Lernen in der Schule mit Werkzeugen Künstlicher Intelligenz“ (Deutsche Telekom Stiftung, 2021) identifiziert drei Ebenen, auf denen KI-Anwendungen ihre Wirksamkeit entfalten können: auf der Mikro-Ebene des einzelnen Lernenden z. B. durch „Selbstgesteuertes Lernen“ oder „Üben und Trainieren“, auf der Meso-Ebene der Klasse u. a. durch „Lernstandsanalysen“ und „Individuelle Förderung“ (beides Teil von formativen Assessment) und auf der Makro-Ebene der Schule u. a. mittels „Leistungsprognosen“ und „Schulplanung“.

Hervorzuheben ist jedoch, dass mit diesen Möglichkeiten auch nicht zu vernachlässigende Risiken einhergehen. Man denke nur an die mit wachsenden Datenmengen immer wichtiger werdenden Bereiche Datenschutz und -sicherheit oder eine mögliche Benachteiligung von bestimmten Personengruppen („Bias“). Vor diesem Hintergrund kommt den Lehrpersonen eine besondere Verantwortung zu: „Lehrkräfte und Schulleitungen spielen eine zentrale Rolle bei der erfolgreichen Einführung von KI-Systemen [...]. Deshalb ist es von Bedeutung, dass [sie] die Chancen und Herausforderungen der Nutzung von KI-Systemen kennen und verstehen und wissen, wie sie das Lehren, Lernen und Bewerten verbessern können.“ (Ethische Leitlinien für Lehrpersonen über die Nutzung von KI und Daten für Lehr-Lernzwecke, Europäische Kommission, 2022). Solche Kompetenzen müssen sukzessiv über alle drei Phasen der Lehrpersonenbildung (weiter-)entwickelt werden. Dem stimmt auch die Kultusministerkonferenz zu: In der Ergänzung zur Strategie „Bildung in der Digitalen Welt“ wird festgehalten (KMK, 2021): „Dementsprechend sollte die Lehrerbildung angepasst werden, [...] um [...] zukunftsweisende Kompetenzen in den Handlungsfeldern Künstliche Intelligenz, Big Data, automatisierte Entscheidungssysteme, virtuelle Realität, und Datenschutz [...] integrieren zu können.“ Neben der reinen Kompetenzvermittlung kann die geforderte Integration auch den positiven Effekt haben, dass Ängste und Vorbehalte

gegenüber dieser neuen Technologie bei (angehenden) Lehrpersonen abgebaut und so die Bereitschaft zur Implementation in den regulären Unterricht erhöht werden kann. Es bedarf jedoch einer phasen- und fachspezifischen Konkretisierung, sodass ein transparenter und kumulativer Kompetenzaufbau ermöglicht wird.

Künstliche Intelligenz erfordert mehr als technisches Wissen

Der Orientierungsrahmen DiKoLAN PLUS (Meier et al., 2024) dient zur systematischen Erfassung und Strukturierung von digitalen Basiskompetenzen angehender Lehrpersonen in den Naturwissenschaften. Gegenüber DiKoLAN (Becker et al., 2020) um den Kompetenzbereich „Assessment, Feedback und Adaptivität“ erweitert, beschreibt DiKoLAN PLUS die Tätigkeiten unterrichtlichen Handelns in den Naturwissenschaften. Jeder dieser Kompetenzbereiche operationalisiert fachspezifische Kompetenzerwartungen an angehende Lehrpersonen. Diese dienen nicht nur zum Abgleich des Kompetenzstands von Lehrpersonen (z. B. im DiKoLAN-Grid, von Kotzebue et al., 2021), sondern sind zugleich auch Strukturierungshilfe für eine koordinierte Lehre im Sinne eines spiralcurricularen Kompetenzaufbaus in der Lehrpersonenbildung (von Kotzebue et al., 2021). Dem Orientierungsrahmen DiKoLAN liegt als strukturgebendes Modell u. a. das TPACK-Modell (Technological Pedagogical Content Knowledge) von Mishra und Koehler (2006) zugrunde, wobei zusätzlich erste Aspekte der Digitalität insbesondere im Bereich „Technological Pedagogical Knowledge (TPK)“ expliziert wurden (Huwer et al., 2019).

KI reicht jedoch (und dies mit großer Geschwindigkeit) in alle Lebensbereiche, insbesondere im Bereich der Gesellschaft, Bildung oder auch Fachwissenschaften derart grundlegend hinein, dass das TPACK-Modell allein nicht mehr ausreicht, um die für Lehrpersonen relevanten Facetten von KI-Systemen zu erfassen (Mishra et al., 2023). Im Kontext von DiKoLAN bedeutet dies, dass gerade im Fall von KI-Systemen „Technological Knowledge (TK)“ (und die daraus resultierenden Schnittmengen) nicht alleinig im Vordergrund stehen, sondern vielmehr Digitalität, z. B. über soziokulturelle Aspekte, berücksichtigt werden muss. Die diesbezüglich erweiterte Perspektive des DPACK Modells (Thyssen et al., 2023) wurde daher für die Konzeption von DiKoLAN^{KI} mit berücksichtigt.

Lernen mit und Lernen über KI

Künstliche Intelligenz verändert jedoch nicht nur gesellschaftliche oder bildungsbezogene Aspekte des Lebens, sondern verändert auch, wie in den Bezugswissenschaften Chemie, Biologie und Physik geforscht wird. Beispiele hierfür reichen von Vorhersagen von Reaktionen oder Materialeigenschaften bis hin zur Modellierung bei inversen Moleküldesigns oder auch Proteinfaltungen mit AlphaFold. So wird KI mittlerweile zu den zehn wichtigsten aufstrebenden Technologien in der Chemie gezählt (Gomollón-Bel, 2023). Somit steht jede Lehrperson vor der Aufgabe, ja in der Pflicht, das Lehren und Lernen mit und über KI-Systeme systematisch in den eigenen Fachunterricht zu integrieren. Diese Perspektive greift DiKoLAN^{KI} auf, indem nicht nur das Lernen mit, sondern insbesondere auch das Lernen über KI-Systeme, integriert wird.

Integration technischer und informatischer Basiskompetenzen sowie rechtlicher Rahmenbedingungen

Die Kompetenzbereiche von DiKoLAN und DiKoLAN PLUS werden von „Technischen Basiskompetenzen“ sowie „Rechtlichen Rahmenbedingungen“ eingerahmt. Diese beiden Bereiche und die daraus resultierenden Kompetenzen von Lehrpersonen sind besonders wichtig, damit fachspezifischer Unterricht mit und über KI stattfinden kann: Im Gegensatz zu

allgemeinen rechtlichen Regelungen bzgl. des Einsatzes digitaler Technologie sind spezifische rechtliche Rahmenbedingungen und Regelungen für den Einsatz von KI aktuell in der Erarbeitung bzw. im politischen Abstimmungsprozess (vgl. AI Act der EU). Lehrpersonen müssen also nicht nur die Potenziale von KI-Systemen kennen, sondern auch kompetent im Umgang mit den Gefahren, die beim (unsachgemäßen) Umgang existieren oder entstehen können. Solange konkrete und explizite gesetzliche Regelungen auf Länderebene fehlen, erscheint es daher erforderlich, dass Lehrpersonen im Rahmen ihrer Möglichkeiten eine Gefährdungsabschätzung vornehmen, wie sie in den Naturwissenschaften unter dem Begriff der „Gefährdungsbeurteilung“ etabliert ist, um potenzielle Gefahren, die aus einem Mangel an Erfahrungswerten und Vorgaben resultieren können, zu minimieren. Um diese Aufgabe adäquat bewältigen und zugleich die technischen Potenziale neuer Technologien erschließen zu können, ist es essenziell, dass Lehrpersonen nicht nur technische, sondern auch informatische Grundkompetenzen erwerben (vgl. Diethelm et al., 2023; KMK, 2021; SWK, 2022). Dies betrifft auch die fachspezifische Integration dieser informatischen Grundkompetenzen (Braun & Huwer, 2022; Banerji et al., 2021; Barkmin et al., 2020).

DiKoLAN^{KI}

Die grundlegende Struktur von DiKoLAN und DiKoLAN PLUS resultiert aus der Betrachtung und Beschreibung, von wesentlichen Feldern und Tätigkeiten unterrichtlichen Handelns. Da KI allein keine unterrichtliche Handlung, sondern vielmehr eine dabei nutzbare Technologie ist, ist es sinnvoller, relevante KI-bezogene Kompetenzen als konkrete, operationalisierte Einzelkompetenzen innerhalb der Kompetenzbereiche von DiKoLAN zu erfassen.

Das Ergebnis dieses Vorgehens zeigt, dass die Kompetenzbereiche von DiKoLAN PLUS als Betrachtungsweise für eine auf naturwissenschaftlichen Unterricht bezogene Reflexion einer neuen Technologie wie KI erfolgreich anwendbar sind und damit Lehrpersonenbildung auch für zukünftige Technologien strukturieren können.

Entsprechend lassen sich analog zum Vorgehen in der Genese von DiKoLAN und DiKoLAN PLUS Kompetenzerwartungen formulieren und nach Kompetenzbereichen, Kompetenzniveaus und Schwerpunkten sowie dem TPACK/DPACK-Modell strukturieren.

Die konkrete Operationalisierung in DiKoLAN^{KI} wird generiert, indem ausgehend von den Kompetenzerwartungen von DiKoLAN PLUS in einem Dreischritt Kompetenzerwartungen erschlossen werden:

- 1) Substitution: Diese einfachste Variante ergibt sich, wenn sich digitale Kompetenzen nahezu 1:1 auf KI-bezogene Kompetenzen übertragen lassen, indem das Wort „digital(e)“ durch „KI-bezogene“ ersetzt wird.
- 2) Augmentation: Hier müssen bestehende digitalisierungsbezogene Kompetenzen in spezifische KI-Kompetenzen überführt werden, da neue Aspekte in den Fokus rücken und dies erweiterte und präzisere Formulierungen erfordert.
- 3) Neudefinition: Diese Variante ergänzt neue Kompetenzen, die in vergleichbarer Form in den bisherigen digitalisierungsbezogenen Kompetenzen nicht vorhanden waren, wodurch die Kompetenzstruktur neu definiert wird.

DiKoLAN^{KI} wurde in mehreren iterativen Zyklen vom Expert*innenteam der AG Digitale Basiskompetenzen und Expert*innen aus der Bildung entwickelt.

Fazit

Lehrpersonen werden zukünftig umfassende fachspezifische Kompetenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht mit und über KI benötigen. Der Orientierungsrahmen

DiKoLAN kann als effizientes und für digitalisierungsbezogene Kompetenzen etabliertes Hilfsmittel für die strukturelle Gliederung und curriculare Verortung KI-bezogener Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Lehrberufsstudium dienen. DiKoLAN^{KI} ist das Ergebnis dieses Strukturierungsprozesses.

Literatur

- Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C., & Kotzebue, L. v. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN. In S. Becker, J. Meßinger–Koppelt, & C. Thyssen (Eds.), *Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (pp. 14-43). Joachim-Herz-Stiftung
- Banerji, A., Thyssen, C., Pampel, B., & Huwer, J. (2021). Naturwissenschaftsunterricht und Informatik – bringt zusammen, was zusammen gehört?! *ChemKon*, 28(6). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ckon.202100008>
- Barkmin, M., Berger, N., Bröll, L., Huwer, J., Menne, A., & Seegerer, S. (2020). Informatik für alle?! - Informatische Bildung als Baustein in der Lehrkräftebildung. In M. Beißwenger, B. Bulizek, I. Gryl, & F. Schacht (Eds.), *Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung* (pp. 99-120). <https://doi.org/https://doi.org/10.17185/dupublico/73330>
- Braun, D., & Huwer, J. (2022). Computational literacy in science education–A systematic review. *Frontiers in Education*, 7:937048. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.937048>
- Deutsche Telekom Stiftung. (2021). KI@Bildung: Lehren und Lernen in der Schule mit Werkzeugen Künstlicher Intelligenz. Elektronisch. Zugriff am 27.09.2023 auf [https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/media/publications/KI Bildung Schlussbericht.pdf](https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/media/publications/KI%20Bildung%20Schlussbericht.pdf)
- Europäische Kommission, Generaldirektion Bildung, Jugend, Sport und Kultur. (2022). Ethische Leitlinien für Lehrkräfte über die Nutzung von KI und Daten für Lehr- und Lernzwecke. Elektronisch. Zugriff am 27.09.2023 auf <https://data.europa.eu/doi/10.2766/494>
- Kultusministerkonferenz. (2021). Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“. Zugriff am 27.09.2023 auf https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf
- Gomollón-Bel, F. (2023). IUPAC's 2023 Top Ten Emerging Technologies in Chemistry. *Chemistry International*, 45(4), 14-22. <https://doi.org/doi:10.1515/ci-2023-0403>
- Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S., & Thyssen, C. (2019). Von TPACk zu DPACk - Digitalisierung des Unterrichts erfordert mehr als technisches Wissen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*(5), 358-364.
- Kotzebue, L. v., 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://www.mdpi.com/2227-7102/11/12/775>
- Meier, M., Thyssen, C., Becker-Genschow, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Thoms, L.-J., & von Kotzebue, L. (2024). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN PLUS. In C. Thyssen, M. Meier, S. Becker-Genschow, T. Bruckermann, A. Finger, J. Huwer, E. Kremser, L.-J. Thoms & L. von Kotzebue, (Hrsg.), *Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN PLUS*. Joachim Herz Stiftung.
- Mishra, P. & Koehler, M (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *The Teachers College Record* 108(6), 1017-1054.
- Mishra, P., Warr, M., & Islam, R. (2023). TPACk in the age of ChatGPT and Generative AI. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 39(4), 235-251. <https://doi.org/10.1080/21532974.2023.2247480>