

Huwer, Johannes [Hrsg.]; Becker-Genschow, Sebastian [Hrsg.]; Thyssen, Christoph [Hrsg.]; Thoms, Lars-Jochen [Hrsg.]; Finger, Alexander [Hrsg.]; Kotzebue, Lena von [Hrsg.]; Kremser, Erik [Hrsg.]; Meier, Monique [Hrsg.]; Bruckermann, Till [Hrsg.]

Kompetenzen für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz. Perspektiven, Orientierungshilfen und Praxisbeispiele für die Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften

Münster : Waxmann 2024, 141 S.



Quellenangabe/ Reference:

Huwer, Johannes [Hrsg.]; Becker-Genschow, Sebastian [Hrsg.]; Thyssen, Christoph [Hrsg.]; Thoms, Lars-Jochen [Hrsg.]; Finger, Alexander [Hrsg.]; Kotzebue, Lena von [Hrsg.]; Kremser, Erik [Hrsg.]; Meier, Monique [Hrsg.]; Bruckermann, Till [Hrsg.]: Kompetenzen für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz. Perspektiven, Orientierungshilfen und Praxisbeispiele für die Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften. Münster : Waxmann 2024, 141 S. - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-332803 - DOI: 10.25656/01:33280; 10.31244/9783830999317

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-332803>

<https://doi.org/10.25656/01:33280>

in Kooperation mit / in cooperation with:



WAXMANN
www.waxmann.com

<http://www.waxmann.com>

Nutzungsbedingungen

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

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

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

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



Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft



Johannes Huwer, Sebastian Becker-Genschow, Christoph Thyssen,
Lars-Jochen Thoms, Alexander Finger, Lena von Kotzebue,
Erik Kremser, Monique Meier und Till Bruckermann (Hrsg.)

Kompetenzen für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz

Perspektiven, Orientierungshilfen und
Praxisbeispiele für die Lehramtsausbildung
in den Naturwissenschaften

Mit Unterstützung der

 Deutsche Telekom
Stiftung

WAXMANN

Inhalt

- 4** Kompetenzen für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz in den Naturwissenschaften: DiKoLAN^{KI}
- ▶ Johannes Huwer, Sebastian Becker-Genschow, Christoph Thyssen, Lars-Jochen Thoms, Lena von Kotzebue, Alexander Finger, Erik Kremser, Sandra Berber, Mathea Brückner, Nikolai Maurer, Till Bruckermann und Monique Meier

Praxisbeispiele für die Lehrpersonenbildung in den Naturwissenschaften

- 62** BioLogisch Denken: Mit KI Computational Thinking und naturwissenschaftliches Forschen verknüpfen
- ▶ Jan Wiedenmann, Alexander Aumann und Holger Weitzel
- 66** ChemStrucLearn – KI-basierte Bilderkennung zur Diagnose von Schülerfehlern beim Zeichnen von Strukturformeln
- ▶ Lars-Jochen Thoms, Tobias Rothlin, Mitra Purandare, Frieder Loch und Johannes Huwer
- 70** Das Würzburger KI-Projekt: ChatGPT als Reflexionscoach im Lehr-Lern-Labor-Seminar Physik
- ▶ Jens Damköhler, Wolfgang Lutz und Thomas Trefzger
- 74** Der Einsatz generativer KI in digitalen Projekten zur Förderung von Prompting und Co-Creation-Prozessen
- ▶ Sebastian Tassoti
- 78** Design Thinking zur Antizipation von Einsatzmöglichkeiten Künstlicher Intelligenz in Unterricht, Schule und Alltag
- ▶ Lars-Jochen Thoms und Johannes Huwer
- 82** Ein einfaches neuronales Netz und seine Anwendung in der Biotechnologie
- ▶ Michael te Vrugt
- 86** Eine vierteilige Modulreihe zur Förderung von Digital und Artificial Intelligence (AI) Literacy in der Lehrerbildung
- ▶ Johannes Graup, Christina Hansen, Tamara Rachbauer und Eva Rutter
- 90** Einsatz von KI-basierten Chatbots in der Ausbildung von Sachunterrichtslehrkräften
- ▶ Luisa Lauer, Sarah Poensgen und Markus Peschel
- 94** Entdeckungsreise KI: Lernen durch Gestalten und Analysieren
- ▶ Jannik Henze, Sascha Therolf, Julia Lademann, André Bresges und Sebastian Becker-Genschow

- 98** KI für die Professionalisierung von angehenden Biologielehrpersonen am Beispiel naturwissenschaftlicher Hypothesenbildung
▶ Marit Kastaun, Norbert Hundeshagen, Martin Lange und Monique Meier
- 102** KI im Biologieunterricht: Von den Grundlagen zur praxisorientierten Anwendung
▶ Lena von Kotzebue, Freya Hutter und Sarah Schönbrodt
- 106** KI in der naturwissenschaftlichen Lehrkräfteausbildung: KI-kompetente Lehrkräfte für die Gestaltung modernen Unterrichts
▶ Patricia Kühne und Sascha Schanze
- 110** KI in gymnasialer und beruflicher Lehrkräftebildung an der TUM: Interdisziplinäres und fachdidaktische Umsetzungsbeispiel
▶ Arne Bewersdorff und Claudia Nerdel
- 114** KI und Co. bewusst einplanen: KI-CoRes als unterstützendes Tool zur Unterrichtsvorbereitung
▶ Lukas Mientus und Andreas Borowski
- 118** KI-generierte Bilder für MINT-Kontexte: Bildgeneratoren unter didaktischen Gesichtspunkten einsetzen und reflektieren
▶ William Lindlahr
- 122** Künstliche Intelligenz im MINT-Unterricht: Entwicklung einer Lehrveranstaltung für Lehramtsstudierende
▶ Jan Winkelmann, Luzia Leifheit, Sina Belschner, Heiko Holz, Benedikt Beuttler, Denise Löfflad und Detmar Meurers
- 126** Let's prompt – aber sicher!? Den Funktionsweisen künstlicher Intelligenz durch Computational Thinking und Educational Robotics begegnen
▶ Raphael Fehrmann
- 130** Möglichkeiten und Limitationen der Nutzung von KI für den naturwissenschaftlichen Unterricht – ein Weiterbildungskonzept
▶ Nikolai Maurer und Mathea Brückner
- 134** Nichtgenerative KI im Biologieunterricht am Beispiel von Bilderkennung zur Blattbestimmung
▶ Julia Albicker, Elena Yanakieva, Vanessa Knittel, Vanessa Welker, Thomas Becka, Barbara Pampel, Annette Bieniusa, Johannes Huwer und Christoph Thyssen
- 138** Science-Future-Lab – ein innovatives Lehr-Lern-Laborkonzept zur Integration von Zukunftstechnologien
▶ Sandra Berber, Sabrina Syskowski und Johannes Huwer

Kompetenzen für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz in den Naturwissenschaften: DiKoLAN^{KI}

Johannes Huwer, Sebastian Becker-Genschow, Christoph Thyssen, Lars-Jochen Thoms, Lena von Kotzebue, Alexander Finger, Erik Kremser, Sandra Berber, Mathea Brückner, Nikolai Maurer, Till Bruckermann und Monique Meier

Künstliche Intelligenz (KI) ist nicht mehr nur ein Zukunftsthema, sondern bereits in vielen Bereichen der Lebens- und Arbeitswelt präsent und wird zukünftig als eine der Schlüsseltechnologien dieses Jahrhunderts noch an Bedeutung zunehmen. So ist KI bereits in vielen Bereichen des Alltags wie selbstverständlich integriert, sei es durch Sprachassistenten wie Siri oder Alexa, Gesichtserkennung zum Entsperren des Smartphones, teilautonom fahrende Fahrzeuge oder als Unterstützung bei Textverarbeitung und Internetrecherche. Darüber hinaus findet KI auch vermehrt Einsatz in den Fachwissenschaften, insbesondere im Bereich der Naturwissenschaften und der Medizin. Eine besonders rasche Verbreitung ist derzeit für generative KI-Systeme zu verzeichnen, welche die Fähigkeit besitzen, auf Basis von Trainingsmodellen Inhalte wie Texte, Bilder, Sprache, Musik oder auch Videos selbstständig zu erzeugen. Der textgenerierende KI-Chatbot ChatGPT erreichte laut dem Unternehmen OpenAI innerhalb von nur fünf Tagen die Schwelle von einer Million Nutzerinnen und Nutzern, mittlerweile verwenden bis zu 100 Millionen Menschen wöchentlich diese Anwendung. Die Auswirkungen der Technologie sind dabei derart einschneidend, dass KI mittlerweile als neue Basistechnologie aufgefasst werden kann, welche zu grundlegenden und tiefgreifenden gesellschaftlichen Veränderungen führt. KI-bezogene Kompetenzen werden damit zu Schlüsselkompetenzen, deren Entwicklung und Förderung im Besonderen in der Verantwortung der schulischen Bildung liegt, will Schule ihren Bildungsauftrag heute und zukünftig erfüllen. Dies bedingt allerdings entsprechend professionalisierte Lehrkräfte, welche über die notwendigen technologischen, didaktischen und pädagogischen Kompetenzen verfügen. Folgerichtig sind solche KI-bezogenen Kompetenzen in die Lehrkräftebildung in allen Phasen strukturell und nachhaltig zu integrieren. Diese Forderung findet sich auch in der Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ (KMK, 2021, S. 25): „Dementsprechend sollte die Lehrerbildung angepasst werden, [...] um [...] zukunftsweisende Kompetenzen in den Handlungsfeldern Künstliche Intelligenz, Big Data, [und] automatisierte Entscheidungssysteme [...] integrieren zu können“. Aufgrund der vielfältigen Einflussbereiche ist der Kompetenzerwerb im Kontext von KI dabei eine Querschnittsaufgabe über die Unterrichtsfächer hinweg, was zur Folge hat, dass alle Lehrkräfte unabhängig vom Unterrichtsfach sowohl über allgemeine und fachspezifische KI-bezogene Kompetenzen

als auch über didaktische und pädagogische Kompetenzen verfügen müssen, um diese neue Technologie in den jeweiligen Fachunterricht zu integrieren. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass KI-basierte Anwendungen bereits Einzug in die Schule gehalten haben. So gaben bspw. bereits ein halbes Jahr nach Veröffentlichung 53 % der in einer repräsentativen Umfrage im Auftrag von Bitkom e.V. befragten 504 Schülerinnen und Schülern in Deutschland an, ChatGPT zu nutzen (Bitkom Research, 2023). Aufgrund der hohen Dynamik, sowohl was die technologische Weiterentwicklung als auch die Verbreitung betrifft, ist das Bildungssystem gefordert, unmittelbar zu reagieren und sich an die neuen Gegebenheiten anzupassen. Hierbei ist sowohl Handlungsschnelligkeit gefordert als auch Kooperation, wie die Ständige Wissenschaftliche Kommission in ihrem Impulspapier „Large Language Models und ihre Potenziale“ richtig feststellt: „Hier besteht schneller Handlungsbedarf der Bildungsforschung, insbesondere der Fachdidaktiken, Lehrkräfte in enger Kooperation mit den Landesinstituten für Lehrkräftebildung zu schulen und in einer realistisch-reflektierten Haltung zu stärken“ (SWK, 2023, S. 14).

Digitale Transformation durch (und mit) KI in der Gesellschaft

Mit der Einführung von digitalen Technologien, die KI einsetzen und für die Masse zugänglich machen, ergeben sich neue Herausforderungen für die Gesellschaft. Insbesondere die Einführung von ChatGPT als generative KI im November 2022 markiert ein Initialereignis, das diese Thematik in den gesellschaftlichen Fokus katapultierte. Die konkreten gesellschaftlichen Folgen und Auswirkungen der Einführung dieser Technologie in ihrer Gänze sind noch nicht absehbar. Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass die Einführung generativer KI einen starken Einfluss auf viele Bereiche der Gesellschaft haben wird. In der Bitkom-Studie „Digitale Teilhabe“ (Bitkom Research, 2024) wird dargestellt, dass KI im digital geprägten Alltag der Menschen zunehmend eine Rolle spielt. In einer repräsentativen Umfrage (Bitkom Research, 2024) mit mehr als 1000 Befragten geben 44 Prozent an, dass ihr alltägliches Leben bereits heute durch KI vereinfacht wird. Die Mehrheit der Befragten (57 Prozent) ist der Meinung, dass alle Menschen die Möglichkeit erhalten sollten, sich mit KI vertraut zu machen. Obwohl 48 Prozent angeben, dass KI den Menschen entmündigt, sehen 74 Prozent die KI als Chance für die Gesellschaft und nur 24 Prozent als Gefahr. Gemessen an diesen Zahlen ist KI in der Gesellschaft bereits angekommen, wird aktuell akzeptiert und wird zu Veränderungen führen.

Auch auf dem Arbeitsmarkt hat die Einführung von KI starke Veränderungen hervorgerufen und wird dies weiterhin tun. Es ist davon auszugehen, dass hierbei neben gezielt und strukturiert angestoßenen Prozessen mit übergeordneten, definierten Zielen (im Bereich von Institutionen und Firmen, d.h. Verwaltung und Ökonomie) auch autodynamische Prozesse, die von Endbenutzern ohne zentrale Steuerung und vorab definierten Zielen aus individuellem Handeln heraus getrieben werden, zu beobachten sind und sein werden. Abseits dieser individuellen Nutzung sehen Experten im Bereich strukturierter Änderungen zunächst einfache, repetitive Tätigkeiten oder Routineaufgaben, die durch intelligente Systeme übernommen werden (World Economic Forum, 2018). Durch weitere Verbesserungen z.B. der neuronalen Netzwerke und zu-

nehmender Rechenkapazitäten sind die Potenziale jedoch kaum absehbar. Die OECD (2020) nennt verschiedene Anwendungsfelder vom Finanzdienstleister bis hin zur Landwirtschaft, in denen KI zu einer Produktivitätssteigerung und Veränderung der Arbeitswelt beitragen wird. Es wird gefordert, dass dabei auch die Menschen mitgenommen und qualifiziert werden müssen (André & Bauer et al., 2021). Umgekehrt wird aber auch deutlich, dass Institutionen ebenso sensibilisiert und qualifiziert werden müssen, obwohl der sichtbare Gesamteinfluss von KI auf den Arbeitsmarkt noch gering ist (OECD, 2023). So wird KI durchaus schon ohne Wissen des Arbeitgebers genutzt, um den eigenen Workload zu reduzieren. Daraus resultiert im individuellen Fall die Frage, ob es sich hierbei um Arbeitszeitbetrug (Jacobs, 2024) handelt und in der gesellschaftlichen Gesamtbetrachtung die Problematik, dass nicht jeder gleichermaßen von KI profitieren kann. Aktuell fühlt sich aber jeder Vierte von zehn Deutschen von der zunehmenden Digitalisierung überfordert, sieht aber gleichzeitig das Potenzial von KI-Anwendungen, den Alltag zu vereinfachen und gesellschaftliche Teilhabe zu ermöglichen (Studie zur digitalen Teilhabe, Bitkom Research, 2024). Um diese Potenziale tatsächlich für eine gesellschaftliche Teilhabe nutzen zu können, muss entsprechendes Wissen erlernt und müssen korrespondierende Kompetenzen entwickelt werden, wodurch dem Bildungssystem und dem Prinzip des lebenslangen Lernens eine besondere Bedeutung zukommen. Anders als bisherige Technologien haben KI-Systeme keinen finalen „Ist-Zustand“, sondern verändern sich mit und durch die Nutzung ständig weiter (André & Bauer et al., 2021). Dabei ändern sich, wie obige Beispiele zeigen, nicht nur Details der Nutzung, sondern auch Anwendungsfelder und Nutzergruppen sowie Kontexte der Nutzung, d. h., aus dem privaten Umfeld wird das Nutzungsverhalten im dienstlichen Bereich übernommen und umgekehrt. Neben einer zumeist produktorientierten Nutzung und Perspektive sind vielmehr auch gesellschaftliche Interaktionen und der Einfluss auf die Gesellschaft von KI mitzudenken. So kann KI Kommunikation und Interaktion zwischen Menschen beeinflussen (Hohenstein et al., 2023). Beim Austausch von Nachrichten entscheiden sich Menschen für den Einsatz von KI, wenn die Möglichkeit dazu besteht. Sie erhöhen damit die Geschwindigkeit der Kommunikation und generieren auch eine emotional positivere Sprache (entsprechend den Höflichkeitsregeln aktueller KI-Systeme). Gleichzeitig werden jedoch Kommunikationspartner, von denen angenommen wird, dass sie mehr algorithmische Antworten verwenden, als weniger kooperativ und zugehörig sowie dominanter wahrgenommen. KI wird also auch abseits der Produktivitäts- und Effektivitätssteigerungen sowie den damit verbundenen Veränderungen im Arbeitsmarkt das gesellschaftliche Miteinander und damit die Gesellschaft an sich verändern. Deepfakes als KI generierte „Fake News“ (Akhtar et al., 2023) sind ein weiteres Beispiel, das weitreichende gesellschaftliche Risiken (z. B. im politischen und wirtschaftlichen Bereich) deutlich macht.

Digitale Transformation durch (und mit) KI in der naturwissenschaftlichen Forschung und Anwendung

Künstliche Intelligenz wird im Jahr 2023 zu den zehn wichtigsten aufstrebenden Technologien in der Chemie gezählt (Gomollón-Bel, 2023). Der Einfluss von KI hat in sämtlichen Disziplinen erheblich zugenommen und birgt das Potenzial, verschiedene Branchen grundlegend zu verändern. Prognosen zufolge werden

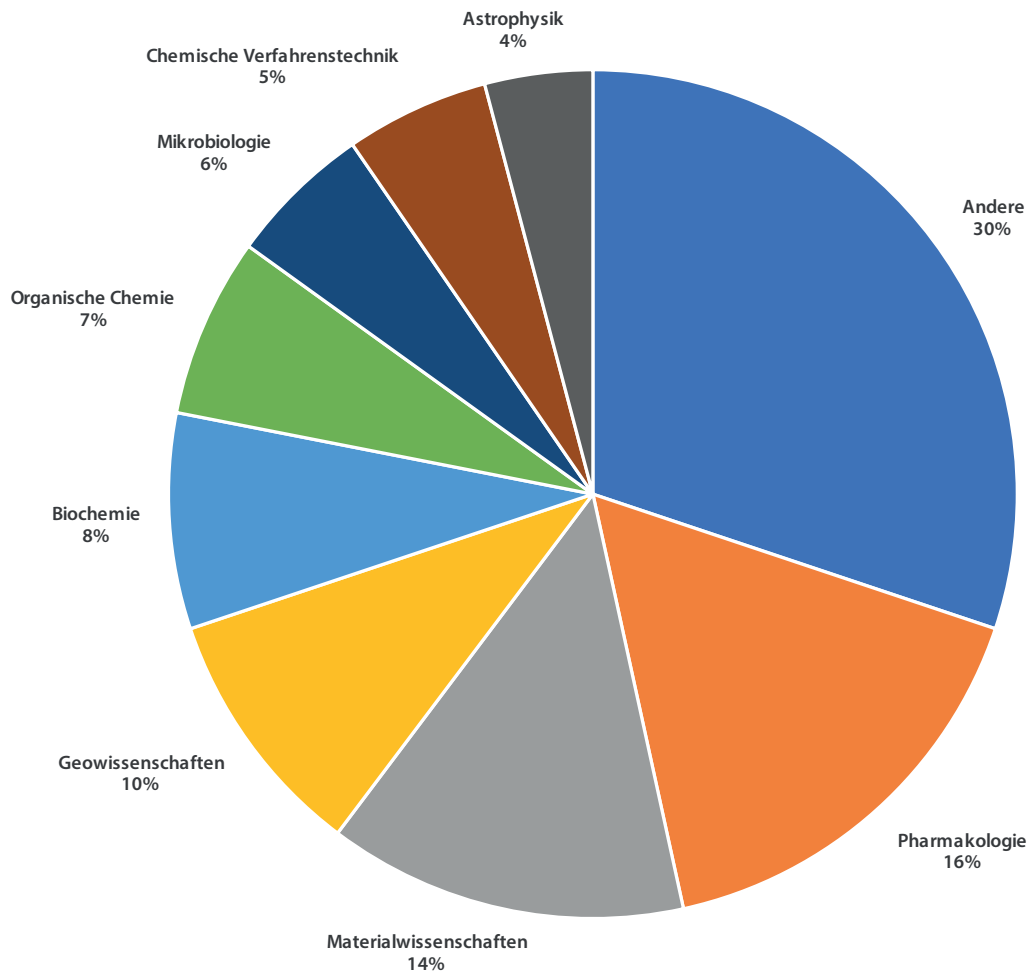
durch KI über 90 Millionen neue Arbeitsplätze in den Bereichen Big Data und maschinelles Lernen entstehen (World Economic Forum, 2018). In Deutschland nutzt mittlerweile jedes achte Unternehmen KI, was einem Anteil von rund 12 Prozent entspricht. Die weltweit größten Technologieunternehmen wie Google, Apple und Microsoft investieren massiv in die Forschung und Entwicklung von KI-Werkzeugen. Im Jahr 2024 wird die Marktgröße von KI auf 279,22 Milliarden US Dollar geschätzt. Bis 2030 soll sie auf 1.811,75 Milliarden ansteigen (Grand View Research, 2021).

Die fortschreitenden technologischen Entwicklungen führen zu einer kontinuierlichen Verbesserung der KI-Technologie, wodurch diese zunehmend effizienter, zuverlässiger und schneller wird. Die Verwendung neuer Supercomputer und Big-Data-Technologien erlaubt die Interpretation großer Datenmengen mittels Machine Learning (ML) und neuronaler Netzwerke, was in vielen Disziplinen von Bedeutung ist (Duan et al., 2019). Die Analyse dieser umfangreichen Datenmenge erfordert ohne den Einsatz diverser KI-Methoden enorme Expertise, hohe finanzielle Aufwendungen sowie einen beträchtlichen Zeitaufwand (Cardoso Rial, 2024). KI stellt dabei ein wichtiges Werkzeug dar, welches die Art und Weise, wie Forschung durchgeführt wird, nachhaltig verändert. Darüber hinaus ermöglicht KI die Realisierung neuer wissenschaftlicher und technologischer Fortschritte, die zuvor undenkbar waren.

In einem Review von Berber et al. (in review) wurden insgesamt 73 Anwendungsbeispiele aus den Fachbereichen Chemie, Physik und Biologie sowie deren Fachgebieten für Künstliche Intelligenz (KI) der Top 100 hochrangigen Q1-Journals identifiziert. Verteilt auf 23 verschiedene Fachgebiete wird der vielfältige Einsatz von KI in den Fachwissenschaften deutlich (Abbildung 1). Die Fachgebiete Pharmakologie, Materialwissenschaften, Biochemie, organische Chemie und Mikrobiologie sind dabei besonders häufig vertreten. KI-Anwendungsbeispiele aus den Bereichen Chemie, Physik und Biologie sowie aus den interdisziplinären Feldern wie Physikalische Chemie und Biochemie können Tabelle 1 entnommen werden. Die Beispiele hier zeigen die breiten Einsatzmöglichkeiten und den interdisziplinären Charakter von KI-Technologien. Insbesondere die Vorhersage von biologischen und chemischen Prozessen, das Design neuer Materialien und Medikamente sowie die Automatisierung und Optimierung von Laborprozessen stehen im Fokus der aktuellen Forschung und Anwendung im naturwissenschaftlichen Feld. Der bedeutsame Einzug und Vormarsch von KI in den Fachwissenschaften sollte auch in den korrespondierenden Fachunterricht durch entsprechende Kontextualisierung der Lerninhalte, der sich an der Weiterentwicklung im Bereich KI orientiert, eingebracht werden. Für die naturwissenschaftlichen Fächer lassen sich eine Reihe an Kontexten identifizieren, die authentisches und gesellschaftsrelevantes Lernen im Fach ermöglichen. Dies wird im Folgenden anhand ausgewählter Beispiele aus den Naturwissenschaften verdeutlicht.

KI in der Biochemie – AlphaFold

Die Vorhersage von Proteinstrukturen stellt eine der größten Herausforderungen in der Biochemie dar. Trotz der Entdeckung von über 200 Millionen Proteinen ist bisher nur ein Bruchteil der Strukturen bekannt (ca. 170.000) (Service, 2020). Die freie Software bzw. KI-Plattform AlphaFold 2 nimmt hier eine revolu-



▲ **Abb. 1** KI-Anwendung in verschiedenen Fachbereichen (Berber et al., in review)

tionäre Rolle ein und führte bereits zu einer Vorhersage von Proteinstrukturen von mehr als 200 Millionen Proteinen (Yang et al., 2023). Vor der Einführung von AlphaFold 2 war die vollständige Entschlüsselung der Struktur eines Proteins oft mit einem Zeitaufwand von mehreren Jahren, in einigen Fällen sogar von Jahrzehnten, verbunden (Service, 2020). Im Vergleich dazu erledigt AlphaFold 2 diese Aufgabe in sehr kurzer Zeit und mit höherer Effizienz. Die Anwendung künstlicher Intelligenz auf strukturelle und genetische Daten ermöglicht es AlphaFold 2, anhand der Aminosäuresequenz die dreidimensionale Struktur von Proteinen präzise vorherzusagen. Dies ist von entscheidender Bedeutung, um die Funktion von Proteinen zu verstehen und potenzielle Methoden zu ihrer Beeinflussung zu entwickeln. Dies spielt insbesondere eine entscheidende Rolle bei der Entdeckung neuer und verbesserter Medikamente (Callway, 2024).

KI in der Zellbiologie und Diagnostik – Bildverarbeitung

Eine weitere Errungenschaft vor allem für die medizinische Diagnostik ist die Bilderkennung durch KI. Sie bietet enorme Potenziale in der medizinischen Früherkennung von Anomalien, insbesondere bei Krankheiten wie Krebs, welche für das menschliche Auge oft schwer zu entdecken sind. Durch eine schnellere und genauere Diagnose können die Behandlungschancen und -ergebnisse erheblich verbessert werden. Ebenso ist es beispielsweise möglich, eine Vorhersage des Ansprechens auf eine Immuntherapie über immunhistochemische

Färbungen des PD-L1 (Programmed cell death ligand-1) mittels KI genauer und vor allem schneller zu treffen (Cheng et al., 2022). Die traditionelle Methode zur Messung der PD-L1-Expression ist für Pathologen schwierig und ineffizient, da das manuelle Zählen von Tumorzellen nicht genau und schwer reproduzierbar ist. Die KI hingegen erkennt und markiert Tumorzellen anhand pathologischer Merkmale und der PD-L1-Färbung, was eine ähnliche Genauigkeit wie bei menschlichen Pathologen ermöglicht.

KI in der Synthesechemie – Retrosyntheseplanung

Für die Pharmakologie interessante Moleküle stammen häufig aus natürlichen Quellen. Die Synthese solcher Moleküle gestaltet sich jedoch aufgrund ihrer oft sehr hohen Komplexität meist als schwierig; idealerweise sollte das Produkt aus wenigen, leicht zugänglichen (bzw. billigen) Ausgangsstoffen in möglichst wenigen Syntheseschritten und mit einer hohen Produktausbeute synthetisiert werden können. Eine solche Synthese zu planen ist sehr zeitintensiv und kompliziert, da die Anzahl möglicher weiterer Synthesewege nach jedem erfolgten Schritt extrem groß ist. Spezifische KI-Systeme sind jedoch in der Lage, passende Syntheserouten zu entwerfen (bspw. Liu et al., 2017; Segler & Waller, 2017). Hierzu analysieren sie Reaktionsdatenbanken und lernen komplexe Muster in Molekülstruktur-Reaktivitäts-Beziehungen, um für ein bestimmtes Produkt Sätze von Reaktanten vorherzusagen, die zur Synthese dieses Produkts verwendet werden können. Die aktuelle Forschung zielt darauf ab, den KI-basierten Vorhersage- und Auswahlprozess der Reaktanten weiter zu verbessern, indem bspw. neben strukturellen auch energetische Faktoren der Reaktionen (Lin et al., 2022) sowie „empirisches Wissen“ zu Synthesestrategien (Ishida et al., 2022) berücksichtigt werden.

KI in der Astrophysik – KMAs

Koronale Massenauswürfe (KMAs) werden durch Sonneneruptionen ausgelöst und bestehen aus Plasma und Magnetfeldern der Sonne. Sie können sich von der Sonnenkorona in die Heliosphäre ausbreiten. Zur Erde gerichtete KMAs können mit der Magnetosphäre der Erde interagieren und korrelieren daher häufig mit dem Auftreten von geomagnetischen Stürmen und können die korrekte Funktion von weltraum- und bodengestützten Kommunikations-, Navigations- und Energiesystemen beeinträchtigen (Howard, 2011). Aktuelle Ansätze der Astrophysik stützen sich auf KI, um die Ankunftszeit von KMAs anhand großer Datensätze von Beobachtungen der KMA-Parameter an der Sonne (bspw. die anfängliche Ausbreitungsgeschwindigkeit, die KMA-Masse und den anfänglichen Querschnitt) noch akkurater vorhersagen zu können (bspw. Guastavino et al., 2023).

KI in der Materialwissenschaft

Innerhalb eines Zeitraums von zwei Jahren konnten in den Materialwissenschaften über 2,2 Millionen neue Materialien entdeckt werden, was etwa dem Wissen von 800 Jahren entspricht (Merchant & Cubuk, 2023). Die Vorhersage von Materialeigenschaften mittels KI beruht auf der Verwendung umfangreicher Datensätze zu Materialien und ihren Eigenschaften. Diese Daten werden genutzt, um KI-Modelle zu trainieren, die komplexe Beziehungen zwischen Ma-

▼ **Tab. 1** Anwendungsbereiche und Funktionen von KI in verschiedenen Fachgebieten

Anwendungsbereich	Funktion	Fachgebiete	DiKoLAN ^{KI} -Bereiche	Quellen
Strukturvorhersage	Bereits bekannte Proteinstrukturen werden aus Proteindatenbanken als Grundlage/Trainingsdaten herausgefiltert.	Pharmakologie, Medikamentenentwicklung	SM, DV, RB	Jumper et al. (2021)
	Proteinstrukturvorhersage (bspw. über AlphaFold) findet anhand von AS-Sequenzvergleichen und bekannten Strukturverhalten (Proteindatenbankanalyse) statt.	Pharmakologie, Medikamentenentwicklung, Proteindesign	SM, DV, RB	Díaz-Rovira et al. (2023), Essegian et al. (2023), Graille et al. (2023), Jumper et al. (2021), Ren et al. (2023), Schauperl & Denny (2022), van Breugel et al. (2022)
	Mit Hilfe von vorhergesagten und bekannten Proteinstrukturen und Bindungsaffinitäten (Datenbanken) kann die Bindungsaffinität von verschiedenen Liganden prognostiziert werden (Enzymligandenfindung). Dies kann auch hilfreich sein im Einsatz zur Suche von chemischen Sonden.	Pharmakologie, Medikamentenentwicklung, Ligandenfindung	SM, DV, RB	Maki et al. (2022), Essegian et al. (2023)
Histologische oder Röntgenbildverarbeitung	Anhand von Trainingsdaten (Bildern) kann die KI z. B. mikroskopische Aufnahmen oder Röntgenbilder klassifizieren, um bspw. Lungenkrebs im histologischen Schnitt oder Bakterienkolonien auf einer Kulturplatte zu erkennen.	Krebsdiagnostik, Diagnostik von Bakterienkolonien	MD	Chan et al. (2020), Cheng et al. (2022), Liu et al. (2022), Signoroni et al. (2023)
Literaturdatenbankanalyse	Eine Vorhersage von Forschungsschwerpunkten kann über eine Literaturrecherche durch eine KI angefertigt werden.	Allgemein	RB, DV, SM	Xu et al. (2023)
	<i>Zur Verarbeitung von Daten für Kategorisierungen und Vorhersagen können KI-Systeme z. B. auf folgende Daten zurückgreifen:</i>			
	◆ Molekül- und Protein-Eigenschaften/-Struktur	Pharmakologie, Medikamentenentwicklung, Proteindesign, Ligandenfindung	SM, DV, RB	Jumper et al. (2021), Díaz-Rovira et al. (2023), Essegian et al. (2023), Graille et al. (2023), Ren et al. (2023); Schauperl & Denny (2022); van Breugel et al. (2022), Maki et al. (2022)
	◆ Synthesebedingungen	Synthesechemie	SM, DV	Zheng et al. (2023)
Material-eigenschaften vorhersagen	◆ Versuchsdurchführung	Allgemein	RB, DV, AFA	Boiko et al. (2023)
	<i>KI kann die Entwicklung neuer Stoffe und Materialien erheblich beschleunigen:</i>			
	◆ Die Vorhersage energetischer Eigenschaften von Nanomaterialien (wie bspw. den Bildungs- und Fermi-Energien) mittels KI ermöglicht Aussagen über deren strukturelle Eigenschaften.	Nanoscience, Materialentwicklung	SM, DV	Barnard & Fox (2023)
Synthesen planen	◆ Basierend auf den Verarbeitungsbedingungen eines Metalls kann KI zur Vorhersage der darin vorkommenden Mikrostrukturen verwendet und zur Erreichung von Zielstrukturen eingesetzt werden.	Metallurgie, Materialentwicklung	SM, DV	Ackermann & Haase (2023)
	Planung von Syntheserouten mittels Retrosynthese; KI berechnet auf Grundlage der Reaktionen strukturell ähnlicher Stoffe, welche Reaktionsschritte am besten geeignet sind, um ein gewünschtes Produkt zu synthetisieren.	Synthesechemie, Medikamentenentwicklung	SM, DV	Liu et al. (2017), Segler & Waller (2017), Lin et al. (2022), Ishida et al. (2022)

▼ **Tab. 1** Anwendungsbereiche und Funktionen von KI in verschiedenen Fachgebieten (Fortsetzung)

Anwendungsbereich	Funktion	Fachgebiete	DiKoLAN ^{KI} -Bereiche	Quellen
Stoffdatenbanken erstellen und Labortätigkeiten dokumentieren	ML kann zur automatischen Erstellung einer Reaktionsdatenbank genutzt werden. Aus den Informationen solcher Datenbanken können KI-Modelle anschließend eine Vorhersage der in einem heterogenen Katalysesystem möglichen Reaktionen machen.	Katalysechemie	DO, SM, DV	Kang et al. (2022)
	Übernahme bisher analoger bzw. händischer Arbeitsschritte durch virtuelle, KI-basierte Labor-Sprachassistenzen; per Sprachsteuerung werden Arbeitsaufträge – wie bspw. die Dokumentation von Messwerten und Beobachtungen – mit hoher Genauigkeit verstanden und umgesetzt.	Allgemein	DO, AFA, DV	LabTwin GmbH (2024), LabVoice (2024)
Labortätigkeiten ausführen	Autonome Labore wie AlphaFlow und Coscientist nutzen KI-basierte Funktionen, um die Fähigkeiten menschlicher Forschender zu ergänzen; assistiert wird bspw. bei der Optimierung von Reaktionen, indem Literaturrecherche, Einstellung von Laborgeräten und Reaktionsbedingungen sowie Programmierungen autonom stattfinden.	Synthesechemie	RB, AFA, DV	Boiko et al. (2023), Volk et al. (2023)
Störungen vorhersagen	KI bestimmt die Ankunftszeit von koronalen Masseauswürfen anhand verschiedener Beobachtungsdaten, um das Auftreten möglicher Kommunikationssystemstörungen vorherzusagen.	Astrophysik	SM, DV	Guastavino et al. (2023)
Teilchenkollisionen modellieren	Modellierung von Protoneninteraktionen bei Kollisionen mittels Künstlicher Neuronaler Netze; trainiert mit experimentellen Daten von Protonenkollisionen sind entsprechende KI-Systeme in der Lage sehr präzise Vorhersagen über Ergebnisse von Kollisionen mit veränderten Parametern zu treffen und riesige Datensätze von Realexperimenten auszuwerten.	Hochenergiephysik	SM, DV	El-Bakry & El-Metwally (2003)

AFA = Assessment, Feedback, Adaptivität, DO = Dokumentation, DV = Datenverarbeitung, KK = Kommunikation und Kollaboration, MD = Messwerte- und Datenerfassung, P = Präsentation, RB = Recherche und Bewertung, SM = Simulation und Modellierung

terialzusammensetzung, Struktur und Eigenschaften erlernen können. Durch dieses Training können KI-Modelle neue Materialeigenschaften vorhersagen, indem sie bekannte Muster und Zusammenhänge erkennen und auf neue Materialien anwenden.

Die Entwicklungen im Bereich der KI führen nicht nur in den Naturwissenschaften, sondern auch im Bildungskontext, wie im naturwissenschaftlichen Unterricht, zu einer Transformation der Prozesse und Anwendungen für Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte.

Digitale Transformation durch (und mit) KI in der Bildung

Im Bildungsbereich eröffnen KI-basierte Anwendungen eine Vielzahl an Möglichkeiten zur Unterstützung von Lehrenden wie Lernenden. Die Studie „KI@Bildung: Lehren und Lernen in der Schule mit Werkzeugen Künstlicher Intelligenz“ der Deutschen Telekom Stiftung (Schmid, Blanc & Toepel, 2021) identifiziert drei Ebenen für den Einsatz in der Schule (Abb. 2): die „Mikro-Ebene des individuellen Lernens und Übens“, die „Meso-Ebene des Lehrens, Unterrichtens und Prüfens in Lerngruppen und Klassen“ und die „Makro-Ebene der Steuerung, Evaluation und Planung von Schulen als Organisation und System“ (S. 14).

Auf der Mikro-Ebene der Schülerinnen und Schüler steht der Lernprozess im Vordergrund, d. h., KI-Anwendung können u. a. zum selbstgesteuerten Lernen, zum unterstützten Üben sowie zur Selbstevaluation eingesetzt werden. Auf der Meso-Ebene des Unterrichtens und Prüfens stehen dagegen Anwendungen zum Assessment und zu Lernstandsanalysen, zur individuellen Förderung und Klassenorganisation im Fokus. Bei der daraus resultierenden Individualisierung von Lernprozessen kommt den Handlungsfeldern Diagnose, Feedback und adaptive Unterstützung sowohl bei Lernenden als auch Lehrenden eine Schlüsselrolle zu. Darüber hinaus kann KI aber auch auf der Makro-Ebene des Evaluierens und Planens zur Unterstützung der Schulorganisation und -entwicklung verwendet werden. Durch die mittlerweile intuitive Bedienbarkeit, die einfache Zugänglichkeit und in Teilen kostenlose Verfügbarkeit werden solche KI-Systeme vermehrt auch bereits in der Bildungspraxis genutzt. Im Allgemeinen wird dieser Technologie ein großes Potenzial zur Verbesserung von Lehr-Lernprozessen zugeschrieben (z. B. SWK, 2024; Heeg & Avraamidou, 2023; Ouyang & Jiao, 2021). Insbesondere sollen entsprechende Anwendungen zur Bewältigung der großen aktuellen Herausforderungen des Schulsystems beitragen, wie Heterogenität, Inklusion und Lehrkräftemangel (z. B. Bryant et al., 2020), indem Schülerinnen und Schüler beim Lernen unterstützt sowie Lernprozesse individualisiert und Lehrkräfte damit effektiv in ihrem Unterricht entlastet werden (z. B. Chassignol et al., 2018; Ouyang & Jiao, 2021; Roll & Wylie, 2016).

Nicht nur Bestehendes kann optimiert werden, auch neue Wege können beispielsweise mit Learning-Management-Systemen (LMS) weit über die reine Bereitstellung von Online-Lerninhalten hinaus beschritten werden, indem sie z. B. eine interaktive und situationsflexible Zusammensetzung von Lerngruppen (nach Kompetenzen oder anderen situations- oder personenrelevanten Merkmalen) ermöglichen (Luckin et al., 2016). In innovativen Massive Open Online Courses (MOOCs) wie der Khan Academy kann KI-Unterstützung einen individuellen Lernprozess kontinuierlich begleiten (kein „Stop and Test“) und anpassen (Birkelbach et al., 2020). Dies geschieht global, ohne Sprachbarrieren und finanzielle Hürden (Murphy, 2019) ganz im Sinne des vierten Ziels der Sustainable Development Goals (Vereinte Nationen – Regionales Informationszentrum für Westeuropa, 2021). Darüber hinaus werden in Zukunft im Rahmen von Educational Data Mining (Ampadu, 2023) und Learning Analytics (Luckin et al., 2016) KI-Technologien genutzt, um datengetriebene Einsichten zu gewinnen, die evidenzbasierte lerntheoretische Erkenntnisse im Bildungsbereich ermöglichen. Dies kann zu einer effektiveren und effizienteren Bildung führen, bei der



▲ **Abb. 2** Anwendungen von KI im schulischen Bildungsbereich (adaptiert nach Schmid et al., 2021)

Lehrmethoden und Lernmaterialien auf Grundlage konkreter Daten angepasst werden können, um den Lernerfolg zu maximieren.

Konsequenzen für die Bildung in den Naturwissenschaften in Schule und Hochschule

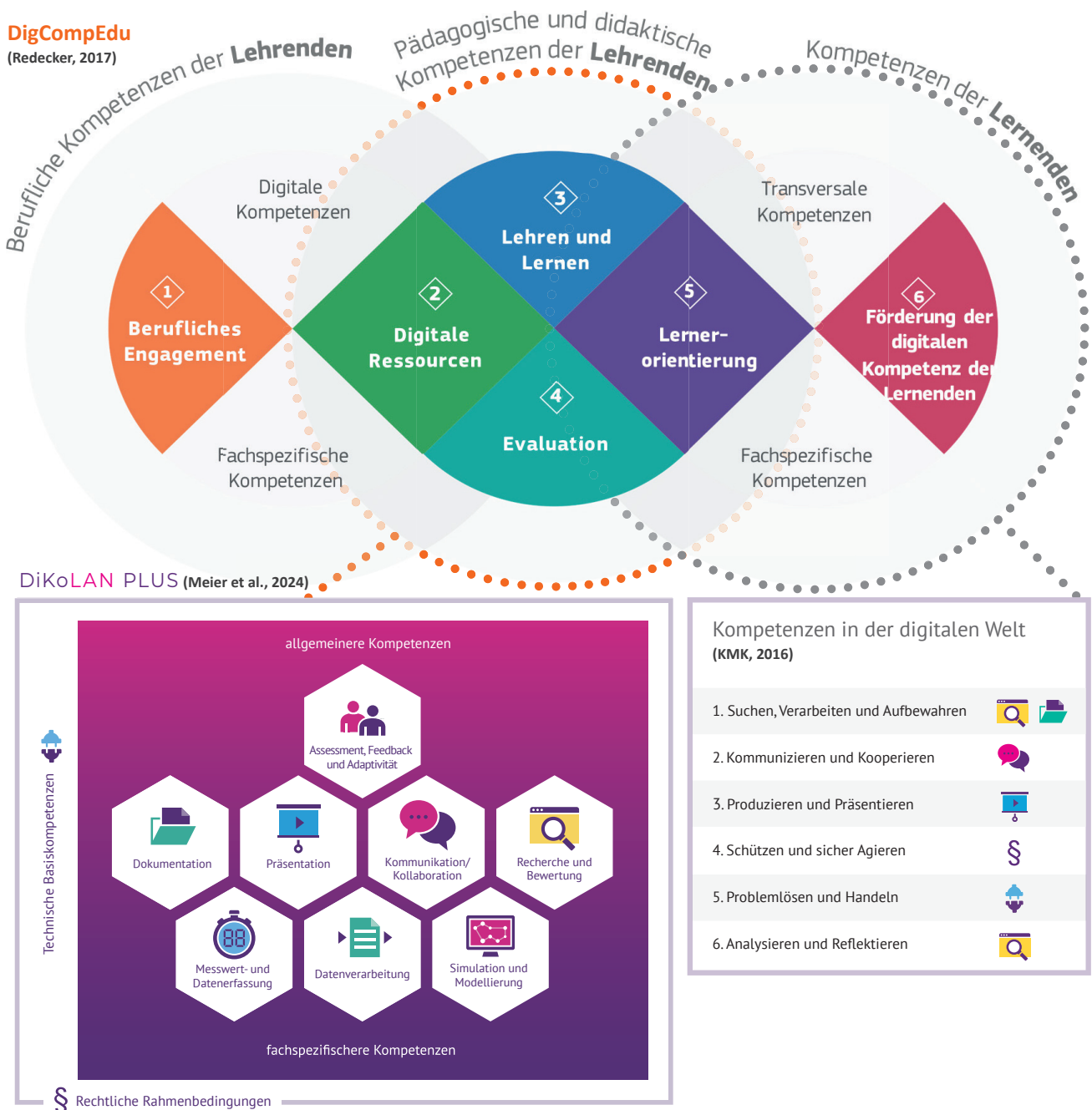
Trotz der breiten Anwendung und offensichtlichen Vorteile von KI im Bildungssektor ist die Vermittlung von KI-Wissen und die Entwicklung entsprechender Kompetenzen in der Lehrkräfteausbildung in Deutschland noch nicht ausreichend thematisiert oder gar integriert. Der (zukünftige) Bedarf an KI-Kompetenzen geht dabei über das bloße Verständnis der Technologie hinaus; Lehrkräfte müssen heutzutage in der Lage sein, KI pädagogisch und didaktisch sinnvoll sowie verantwortungsbewusst im Klassenzimmer einzusetzen. Dies schließt das Wissen um ethische Überlegungen, Datenschutz und die potenziellen Bias-Problematiken mit ein, die mit KI-Systemen einhergehen können. Die Deutsche Telekom Stiftung (2021) und die Europäische Kommission (2022) betonen in diesem Zusammenhang, dass Lehrkräfte und Schulleitungen bei der Implementierung und Nutzung von KI-Systemen eine zentrale Rolle spielen, insbesondere bei der Erkennung der Vorteile und der Handhabung der Herausforderungen. Die damit verbundenen Anforderungen sind an jede Lehrkraft unabhängig vom Unterrichtsfach zu richten. Denn die Kultusministerkonferenz hat in ihrer Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ bereits im Jahr 2016 gefordert, dass „Kompetenzen [...], die für eine aktive, selbstbestimmte Teilhabe in einer digitalen Welt erforderlich sind [...], integrativer Teil der Fachcurricula aller Fächer [werden]“ (KMK, 2017, S. 11). Dies gilt mittlerweile auch für KI-bezogene Kompetenzen, welche als Schlüsselkompetenzen für die zukünftige, von der Digitalität geprägten Lebens- und Arbeitswelt von besonderer Bedeutung sind. Somit steht jede Lehrkraft vor der Aufgabe, ja in der Pflicht, das Lehren und Lernen mit und über KI systematisch in ihren Fachunterricht zu integrieren. Um ihrem

Bildungsauftrag dementsprechend auch weiterhin gerecht werden zu können, müssen Lehrkräfte über entsprechende didaktische, pädagogische und technologische KI-bezogene Fähigkeiten und Fertigkeiten verfügen.

Die Realität der Lehrkräftebildung, insbesondere an den Hochschulen, hinkt diesen Anforderungen jedoch weit hinterher, da eine strukturierte curriculare Integration von KI und damit eine kumulative, phasenübergreifende Förderung von KI-Kompetenzen momentan noch in weiter Ferne liegt. Noch immer sind fachspezifische Ansätze zur Integration digitaler Technologien und Kompetenzen für den Fachunterricht im Allgemeinen und KI im Besonderen nicht in der Breite etabliert. Eine zeitnahe Anpassung der Lehrkräftebildung scheint jedoch aufgrund der hohen Dynamik der technologischen Entwicklung verbunden mit einer raschen Verbreitung von KI-Anwendungen essenziell, um hier nicht langfristig Möglichkeiten einer Wirkung in der Schulpraxis zu verlieren. Zusätzlich zur Kompetenzentwicklung könnten so auch Vorbehalte und Ängste gegenüber dieser neuen Technologie bei (angehenden) Lehrkräften abgebaut und die Akzeptanz von KI als Lehr- und Lernmittel als Voraussetzung für die breite Nutzung im Unterricht gesteigert werden. Die Grundlage für eine solche kumulative, phasenübergreifende Kompetenzförderung besteht in einem strukturierten Bezugsrahmen, in welchem KI-bezogene Kompetenzen, welche (angehende) Lehrkräfte zu erwerben haben, phasen- und fachspezifisch konkretisiert werden. Das Fehlen von Konzepten, die ähnlich wie DiKoLAN mit Bezug zu generellen Lehrkräfteaufgaben und -kompetenzen als Basis für eine Analyse kommender Herausforderungen auch für andere Fächer ausdifferenziert wurden, erscheint vor diesem Hintergrund als immer drängenderes Problem. Aus fachdidaktischer Perspektive sollten hier proaktiv Bedarfe und Zielsetzungen formuliert werden, um zu vermeiden, nach einer eigendynamischen nicht zielgerichteten Integration von KI-Technologien in die Schulpraxis retrospektive Analysen und ggf. Schadensbegrenzung betreiben zu müssen.

Bezugsmodelle und -rahmen zu digitalen Kompetenzen von Lehrenden

Für die fachspezifische Professionalisierung von Lehrkräften und die kohärente Entwicklung fachunterrichtsbezogener Kompetenzen kann weiterhin auf etablierte Modelle des Professionswissens von Lehrkräften, insbesondere das PCK-Modell (Pedagogical Content Knowledge; Shulmann, 1986), zurückgegriffen werden. Grundlegende Handlungsfelder und Aufgaben bleiben auch in naher Zukunft ebenso erhalten wie die in den Fachdidaktiken dazu entwickelte Expertise als Grundlage für eine Auseinandersetzung mit den Herausforderungen der digitalen Transformation. Erkennbar wird dies u. a. anhand des SAMR-Modells (Puentedura, 2006), dessen Kategorisierung, wie sich Lehren und Lernen durch den Einsatz von Technologie verändert, auch die reine Substitution analoger Arbeitsmittel und Methoden beinhaltet, und somit klar bisherige Elemente des Lehrkräftehandelns mitberücksichtigt (um z. B. ohne sonstige Neuerung und kognitive Belastung Lernende mit der Nutzung von Hardware oder Anmeldeprozeduren vertraut zu machen). Bisherige pädagogische und didaktische Kompetenzen der Lehrenden (vgl. Abb. 3) müssen jedoch wie auch im DigCompEdu-Kompetenzrahmen (Redecker, 2017) dargelegt und mit fachspezifischen digitalen Kompetenzen ergänzt werden. Dies bedeutet in Anlehnung



▲ **Abb. 3** Beziehung des Orientierungsrahmens DiKoLAN (PLUS) zu DigCompEdu sowie zu den KMK-Standards

an DigCompEdu, dass für das Lehren und Lernen, für den Umgang mit digitalen Ressourcen, für eine Reflexion und Evaluation sowie für eine Lernerorientierung fachspezifische Kompetenzen ausdifferenziert und formuliert werden müssen, die für eine digital kompetente Gestaltung der im Fachunterricht zu bedienenden unterrichtlichen Handlungsfelder notwendig sind. Im Umgang mit (digitalen) Ressourcen (Redecker et al., 2017, S. 44-48) müssen diese (mittels Recherche) identifiziert und ausgewählt, für den Einsatz in einer Lerngruppe in verschiedenster Form zur Präsentation und Erschließung der Informationen aufbereitet und modifiziert werden, um dann (aber auch schon im Zuge dieser Prozesse) so organisiert, geteilt und verfügbar gemacht zu werden, dass eine problemlose Nutzung (Lizenzen, Zugriff ...) ermöglicht wird. DigCompEdu sieht im Kompetenzbereich des Lehrens und Lernens das Lehren als (grundlegende)

Kompetenz an, im Zuge dessen ein digitaler Geräteeinsatz und Ressourcen für den Unterrichtsprozess geplant und eingesetzt werden, um die Wirksamkeit von Unterrichtsmaßnahmen zu verbessern. Der Kompetenzbereich umfasst aber auch den Teilbereich des kollaborativen Lernens, der eine Orchestrierung des digital unterstützten Unterrichts unter Einbindung von digitalen Technologien als Teil von gemeinschaftlichen Aufgaben innehält, die jedoch nicht (fachlich) präzisiert sind. Die in DigCompEdu bestehende Unschärfe bzgl. dieser Aufgaben macht es notwendig, für den Fachunterricht jeweils spezifische digitale Szenarien und damit verbundene Handlungsfelder zu identifizieren. Solche Handlungsfelder sind gleichzeitig auch wiederkehrende Elemente (im Sinne von Handlungskompetenzen) der im Hinblick auf eine jeweils übergreifende Zielsetzung beschriebenen Kompetenzbereiche, die in wechselnder Kombination wirksam werden. So setzen kollaboratives Lernen aber auch die Bereitstellung von Ressourcen (auch für Einzelarbeit) z.T. identische Kompetenzen im Bereich der Ablage und Bereitstellung von Materialien sowie im Hinblick auf digitale Kommunikation voraus. Im Sinne einer Elementarisierung ist es für die Lehrkräftebildung deshalb zielführend, solche elementaren Kompetenzbereiche fachspezifisch zu beschreiben und konkret zu operationalisieren, um daran orientiert die Lehre strukturieren zu können. Für die Naturwissenschaften differenziert DiKoLAN im Bereich digitaler Kompetenzen solche Kompetenzbereiche für naturwissenschaftliche Unterrichtsfächer aus, über deren Teilkompetenzen Lehrkräfte mittels geeigneter Kombination in die Lage versetzt werden, in den pädagogischen und didaktischen Kompetenzbereichen lernförderlich zu agieren. So müssen z.B. im DigCompEdu beschriebenen Bereich des digitalen Assessments (abseits generell gültiger Prinzipien für Assessment und Feedback) digitale Aufgaben, Werkzeuge, Kommunikationswege und -formen sowie Datenanalysen als Voraussetzung für eine digitale Dokumentation und Präsentation für die Übermittlung von (digitalem) Feedback ermittelt und umgesetzt werden. Das mit DiKoLAN verfolgte Prinzip ist eine Elementarisierung solcher Prozesse, was vergleichbar mit prozessbezogenen Kompetenzen ist. Abhängig vom Fach und den unterrichtlichen Prozessen ergeben sich dabei abhängig von den eingesetzten Technologien (und deren Unterschiedlichkeiten in den Fächern) Kompetenzbereiche, die sich bzgl. des Grades ihrer Fachspezifität unterscheiden. Abhängig von den verwendeten Technologien muss deshalb, z.B. bei einer Integration neuer Technologien auch innerhalb des Faches, mit einer spezifischen Brille noch feiner differenziert werden.

Mittels Blick durch eine differenzierende und fokussierende „Brille“ können bestimmte Perspektiven gezielt adressiert und reflektiert werden. In DiKoLAN werden so für jeden der Kompetenzbereiche zur weiteren Strukturierung jeweils selektiv Kompetenzen in den mit TK verbundenen Wissensbereichen des TPACK- bzw. DPaCK-Modells (TPACK, TPK, TCK und TK bzw. je nach Perspektive auch DPaCK, DPK, DCK und DK) betrachtet. Ein Vorteil einer solchen Betrachtung ist die Möglichkeit für Akteurinnen und Akteure aus den Bildungs- und Fachwissenschaften sowie den Fachdidaktiken, die gemeinsam in der Lehrkräftebildung curricular verankerte Ziele anstreben, entsprechend dieser Gliederung jeweils adressierbare Kompetenzen zu identifizieren. Diese Struktur bietet demnach eine Gliederung, mit der sogar Zuständigkeiten in einem gedachten Kompetenzraster herausgearbeitet werden können. Um in diesem Bereich auch über den gesamten Studienverlauf planen zu können, bietet DiKoLAN in all die-

sen am TPACK- bzw. DPaCK-Modell orientierten Kompetenzteilbereichen eine Stufung in drei Niveaus: Nennen, Beschreiben und Anwenden. Ergänzend zu den sieben 2020 publizierten Kompetenzbereichen (Becker et al., 2020) umfasst der erweiterte DiKoLAN PLUS einen achten Kompetenzbereich „Assessment, Feedback & Adaptivität“, um zunehmenden Anforderungen und erweiterten digitalen Möglichkeiten in diesem Bereich Rechnung zu tragen (Meier et al., 2024). Die acht Kompetenzbereiche von DiKoLAN PLUS und die Beziehung des Orientierungsrahmens zu DigCompEdu sowie zu den KMK-Standards der Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ (KMK, 2017) verdeutlicht Abbildung 3. Wechselt man die Brille und damit die Perspektive dahingehend, dass die Blickrichtung auf eine konkrete und ggf. neue digitale Technologie fokussiert wird, kann man basierend auf diesen Strukturen (z. B. ausgehend von der Strukturierung nach Tätigkeiten des unterrichtlichen Handelns) die Relevanz der neuen Technologie und damit möglicherweise verknüpfte Kompetenzen sondieren.

DiKoLAN^{KI}

Die Struktur von DiKoLAN (PLUS) (Abbildung 4) orientiert sich an elementaren unterrichtlichen Handlungsfeldern und nicht an einzelnen Technologien. Fachdidaktisch relevante Prinzipien der Messwerterfassung oder Datenverarbeitung an sich bleiben unabhängig davon, mit welchen Technologien diese erfolgt, in der Regel gültig.

Grundsätzlich anders konzipierte Technologien oder Technologien mit besonders breitem, bisher in Teilen noch nicht absehbaren und ggf. disruptiven Potenzialen erfordern jedoch eine intensivere Betrachtung im Hinblick auf mögliche Potenziale und Herausforderungen in den Bereichen, über die Lehrkräfte Unterricht gestalten und umsetzen. Bisher wurde KI als spezielle Technologie im DiKoLAN (PLUS) (Becker et al., 2020; Meier et al., 2024) noch nicht mit Beispielen berücksichtigt, sodass hier erläutert werden soll, wie KI-bezogene Kompetenzen (angehender) Lehrkräfte in den Naturwissenschaften ergänzend zu den bereits in DiKoLAN (PLUS) formulierten Kompetenzen differenziert und beschrieben werden können. Betrachtet man die tiefgehenden expliziten und impliziten Transformationsprozesse, welche mit Fortschritten auf dem Gebiet der KI einhergehen, so stellt sich die Frage, wie die KI-bezogenen Kompetenzen (angehender) Naturwissenschaftslehrkräfte unterrichtlich berücksichtigt werden können. Für eine Berücksichtigung der Technologie „Künstliche Intelligenz“ zur Integration in den Orientierungsrahmen DiKoLAN (PLUS) gibt es zunächst zwei unterschiedliche Möglichkeiten:

- ◆ Möglichkeit 1: Erweiterung des Orientierungsrahmens DiKoLAN (PLUS) um einen weiteren Kompetenzbereich „Künstliche Intelligenz“
- ◆ Möglichkeit 2: Integration von KI-bezogenen Kompetenzen in die einzelnen Kompetenzbereiche des DiKoLAN (PLUS)

Beide Möglichkeiten bringen jedoch Schwierigkeiten mit sich: „Künstliche Intelligenz“ als Bezugsthema stellt allein keine Tätigkeit unterrichtlichen Handelns dar, sondern zunächst „nur“ eine Technologie. Es wäre demnach also sinnvoller, statt wie in Möglichkeit 1 beschrieben, relevante KI-bezogene Kompetenzen als konkrete, operationalisierte Einzelkompetenzen innerhalb der Kompetenzbereiche von DiKoLAN (PLUS) zu erfassen. Doch auch diese zweite Möglichkeit



▲ Abb. 4 Orientierungsrahmen DiKoLAN PLUS (Meier et al., 2024)

bringt Anwendungsprobleme mit sich: Anders als bisherige Technologien ist KI eine disruptive Technologie, die alle Bereiche des unterrichtlichen Handelns verändert oder verändern kann; dies betrifft technologische, gesellschaftlich sozio-kulturelle, pädagogische, fachwissenschaftliche und fachdidaktische Aspekte im Unterricht. Insofern sind KI-bezogene Kompetenzen auch in Bezug auf die DiKoLAN Kompetenzen durchdringend: KI kann sowohl integral in einer Vielzahl von bestehenden Kompetenzen mitwirken als auch gänzlich neue Kompetenzen notwendig machen. Mit dieser Perspektive auf KI müssten demnach also Kompetenzen des Rahmens insgesamt überarbeitet und um neue ergänzt werden. Dieses strukturelle Vorgehen würde die fokussierte Handhabung von KI-bezogenen Kompetenzen in der Professionalisierung von Lehrkräften deutlich erschweren. Es erscheint für konkrete Technologien also angebracht, dass man durch eine diesbezüglich spezifische Brille – hier eine „KI-Brille“ – auf die Tätigkeiten unterrichtlichen Handelns des Orientierungsrahmens DiKoLAN (PLUS) schaut und diese mit darauf ausgerichtetem Blick für den Unterricht und die Professionalisierung von Lehrkräften erschließt (als Möglichkeit 3).

Außerdem bedarf es, um den unterschiedlichen Facetten und weitreichenden Auswirkungen von Künstlicher Intelligenz auch in der Gesellschaft gerecht zu werden, einer weiteren darauf Bezug nehmende Anpassung der zugrundeliegenden Rahmen.

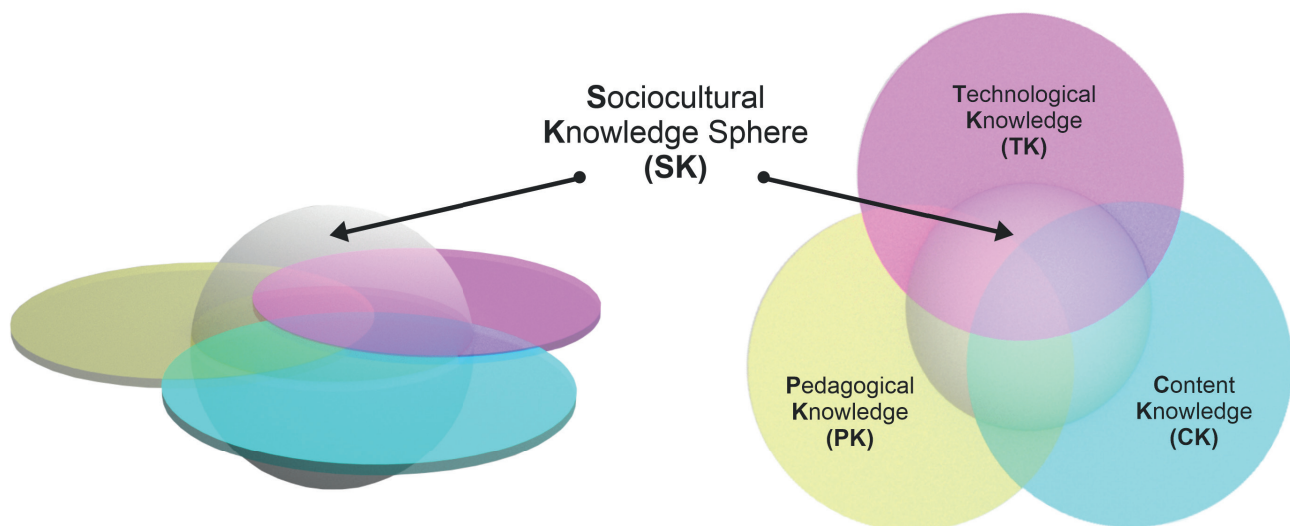


▲ Abb. 5 Orientierungsrahmen DiKoLAN^{KI}

Künstliche Intelligenz erfordert mehr als technisches Wissen

Während zu „Beginn der Digitalisierung“ noch der überwiegend technologische Aspekt und damit verbundene Perspektiven dominierten, ist seit der flächendeckenden Verfügbarkeit von Datennetzen und mobilen Technologien deutlich geworden, dass nicht nur technologische Veränderungen für Informations-, Kommunikations- und Bildungsprozesse bedeutsam sind, sondern auch soziokulturelle und mediale Entwicklungen in der Digitalität neue Herausforderungen und Chancen für das Lernen und Lehren mit sich bringen. Die gewachsene Bedeutung sozialer und kultureller Faktoren in der digitalen Transformation haben Thyssen und Kollegen (2023) zu der Überlegung geführt, die bisherigen Bereiche Technologisches (TK), Pädagogisches (PK) und Inhaltliches Wissen (CK) und deren Schnittmengen um den Bereich Soziokulturelles Wissen und resultierende Schnittmengen zu erweitern (Abb. 6). Einerseits um die Bedeutung soziokultureller Veränderungen in der Digitalität zu berücksichtigen, aber andererseits auch um diese Bedeutung von soziokulturellem Wissen in der MINT-Bildung für die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen explizit zu verdeutlichen.

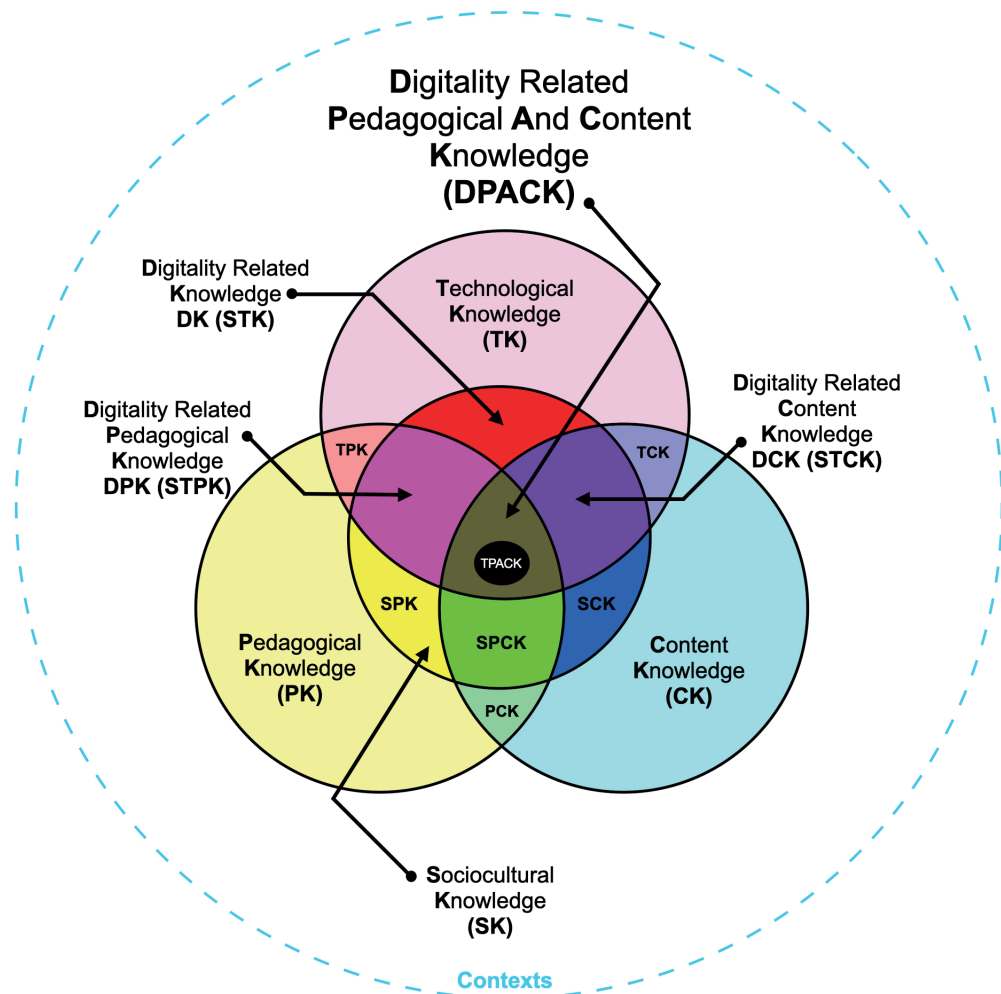
Soziokulturelles Wissen spielt bei der Gestaltung von Lehr-Lernprozessen im Hinblick auf eine stimmige Adressatenpassung eine wichtige Rolle und wird seit Jahrzehnten aus unterschiedlichen Perspektiven untersucht. Angesichts



▲ **Abb. 6** Erweiterung des TPACK-Modells um eine soziokulturelle Wissensdomäne (Thyssen et al., 2023, S.10)

der zunehmenden Heterogenität im Unterrichtsalltag sowie der sich ständig verändernden kulturellen Dynamiken und Praktiken in Gesellschaft und Schule werden soziokulturelle Erkenntnisse für die Lehrkräftebildung und Professionalisierung immer wichtiger.

Die in den vorangegangenen Kapiteln erläuterten Implikationen und Transformationen von und durch KI in allen Lebens- und Arbeitsbereichen bedeuten, dass die dem TPACK-Modell zugrundeliegende eher technische Perspektive allein nicht mehr ausreicht, um die unterrichtsrelevanten Aspekte der KI zu erfassen (vgl. auch: Mishra et al., 2023). Für DiKoLAN bedeutet dies, dass insbesondere im Kontext von KI eine rein auf Technologiewissen basierende Definition von benötigtem Wissen zu „Technological Knowledge (TK)“, „Technological Content Knowledge (TCK)“, „Technological Pedagogical Knowledge (TPK)“, „Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)“ für eine Kompetenzentwicklung von (angehenden) Lehrkräften alleine nicht ausreicht, sondern vermehrt auch deren Schnittbereiche mit „Sociocultural Knowledge“ (SK) (Thyssen et al., 2023, vgl. Abb. 6) relevant sind. Im Sinne der „Digitalität“ steht also der kulturell geprägte Mensch zentraler im Mittelpunkt der Betrachtung, als dies bei der „Technikfrage“, die zu Beginn der (schulischen) Integration von Technologie dominierende, der Fall war. Daher basiert DiKoLAN^{KI} nicht mehr nur auf dem TPACK-Modell, sondern berücksichtigt verstärkt jeweils auch digitalitätsbezogene Aspekte entsprechend dem „inhaltlich zukunftsweisenden“ (SWK, 2022) DPACK-Modell (Huyer et al., 2019; Thyssen et al., 2023, vgl. Abb 7). Somit kann das im Sinne der Digitalität wichtige digitalitätsbezogene Wissen (digitalitätsbezogenes inhaltliches Wissen, digitalitätsbezogenes pädagogisches Professionswissen, digitalitätsbezogenes fachdidaktisches Professionswissen) transparent integriert werden, welches auch die Perspektive des Frankfurter und Dagstuhl-Dreiecks berücksichtigt. Insbesondere angehenden Lehrkräften sollte verdeutlicht werden, dass die hiermit verbundene Perspektivenänderung nicht zwingend quantitativ anhand von z. B. der Anzahl explizit diesbezüglich formulierter Kompetenzerwartungen erkennbar sein kann. Vielmehr ist der soziokulturelle Aspekt nur ein Aspekt von vielen, dessen Nicht-Berücksichtigung jedoch (ähnlich



▲ **Abb. 7** Das vollständige DPACK-Modell (Thyssen et al, 2023, S.15)

wie eine nicht stufengemäße Planung) für den Lehr-Lernprozess fundamentale Konsequenzen haben kann.

Integration technischer und informatischer Basiskompetenzen sowie rechtlicher Rahmenbedingungen

Die Kompetenzbereiche von DiKoLAN (PLUS) wurden bisher von „Technischen Basiskompetenzen“ sowie „Rechtlichen Rahmenbedingungen“ umschlossen. Im beginnenden „Zeitalter“ KI in der Bildung sind allerdings auch diese beiden Bereiche von elementaren Veränderungen betroffen. Im Gegensatz zur Situation in Bezug auf die rechtlichen Regelungen bzgl. der bisherigen Integration digitaler Technologie in den Unterricht sind die rechtlichen Rahmenbedingungen und Regelungen für den Einsatz KI noch nicht weit fortgeschritten und ausdifferenziert. Das bedeutet, dass die Lehrkraft nicht nur die Potenziale von KI in und für den Bildungsprozess kennen muss, sondern auch potenzielle (und ggf. aktuell noch nicht rechtlich erfasste) Gefahren, die beim (unsachgemäßen) Umgang mit der Technologie existieren oder entstehen können. Insbesondere solange es keine konkreten und expliziten gesetzlichen Regulierungen gibt, erscheint es daher angebracht, dass Lehrkräfte im Rahmen ihrer Möglichkeiten bewusst eine Gefahrenabschätzung im Sinne einer in den Naturwissenschaften ohnehin etablierten „Gefährdungsbeurteilung“ durchführen sollten (da z.T. Erfahrungs-

werte und Vorgaben fehlen). Um dies adäquat tun zu können (und auch um die technischen Potenziale einer neuen Technologie erschließen zu können), ist es essenziell, dass alle Lehrkräfte neben rein technischen auch informatische Grundkompetenzen erwerben (vgl. Diethelm et al., 2023; KMK, 2021; SWK, 2022). Dies betrifft auch die fachspezifische Integration informatischer Grundkompetenzen (Braun & Huwer, 2022; Banerji et al., 2021; Barkmin et al., 2020).

Genese von DiKoLAN^{KI}

Betrachtet man mit der erwähnten KI-Brille die acht einzelnen Kompetenzbereiche von DiKoLAN PLUS, so ergeben sich drei Varianten für die Identifikation und Operationalisierung von Kompetenzen für DiKoLAN^{KI} (Tabelle 2):

- ◆ Die erste und einfachste Variante ist die **Substitution**. Hierbei handelt es sich um digitale Kompetenzen, welche sich durch Technologiewechsel auch – mehr oder weniger – 1:1 auf KI bezogene Kompetenzen übertragen lassen. Hier reicht die Substitution des Wortes „digital(e)“ durch „KI-bezogene“, um die entsprechende KI-bezogene Kompetenz zu beschreiben.
- ◆ Die zweite Variante ist die **Augmentation**. Hierbei lassen sich vorhandene allgemein-digitale Kompetenzen in spezifische KI-bezogene Kompetenzen überführen, jedoch reicht die reine Substitution von Worten nicht aus, um treffende Kompetenzformulierungen zu beschreiben, da neue Aspekte mit in den Fokus rücken. Augmentierte Kompetenzen wurden durch erweiterte, präzise Formulierungen ergänzt.
- ◆ Die dritte Variante stellt die **Neudefinition bzw. Deletion** dar. Bei der Neudefinition wurden neue Kompetenzen ergänzt, welche in den allgemein-digitalen Kompetenzen des DiKoLAN PLUS nicht vorhanden waren. Beispiele hierfür sind z.B. Kompetenzen im Bereich der Mensch-Maschine-Kommunikation und -Kollaboration, welche in dieser Form bisher (d. h. ohne KI-Einsatz) kaum eine Rolle gespielt haben. Ebenso wurden allgemein-digitale Kompetenzen gestrichen, welche im Bereich von KI-bezogenen Kompetenzen keine Anwendung finden.

DiKoLAN^{KI} wurde in mehreren iterativen Zyklen zunächst vom Expertenteam der AG Digitale Basiskompetenzen entwickelt. Die hierbei entstandenen Kompetenzformulierungen wurden auf der GDGP-Schwerpunkttagung „KI in der naturwissenschaftlichen Bildung – Perspektiven, Herausforderungen & Verantwortung für Forschung & Lehrkräftebildung“ (2024) einem breiten Feld an Expertinnen und Experten im Bereich der KI in der Bildung vorgestellt und im Rahmen eines Workshops auf dieser Tagung im Februar 2024 einem kritischen Feedback unterzogen. Die diversen Rückmeldungen wurden anschließend von der AG Digitale Basiskompetenzen aufgegriffen und eingearbeitet. Das Ergebnis dieses Entstehungsprozesses liegt mit dieser Ausgabe bzw. Publikation hier vor:

Der Orientierungsrahmen digitale Kompetenzen für das Lehramt der Naturwissenschaften für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz: DiKoLAN^{KI}

▼ **Tab. 2** Genese von DiKoLAN^{KI} an ausgewählten Beispielen. Legende zu den Abkürzungen in Abb. 8.

	DiKoLAN PLUS	DiKoLAN ^{KI}
1. Variante	SM.F.N3 Nennen mehrere Datenquellen, aus denen für eine digitale Modellierung einsetzbare Daten entnommen/bezogen werden können (z. B. Wetterdaten, Populationen, Messwerte aus den Fachwissenschaften).	KI.SM.F.N3 Nennen mehrere Datenquellen, aus denen für eine KI-basierte Modellierung einsetzbare Daten entnommen/bezogen werden können (z. B. Wetterdaten, Populationen, Messwerte aus den Fachwissenschaften).
2. Variante	SM.M.B2 Beschreiben Vor- und Nachteile im Vergleich zu analogen Simulationen (Planspiele).	KI.SM.M.B2 Beschreiben Vor- und Nachteile KI-basierter digitaler Simulation/Modellierung im Vergleich zu analogen und anderen digitalen (nicht KI basierten) Simulationen (Planspiele).
3. Variante	---	KI.DV.T.N8 Nennen die Bedeutung der Qualität der Daten und den daraus resultierenden Einfluss auf das KI-Modell.

Beschreibung und Erläuterung der Bereiche von DiKoLAN^{KI}

Da DiKoLAN^{KI} auf der grundlegenden Struktur von DiKoLAN PLUS basiert, ist dessen struktureller Aufbau gleich: Die acht unterschiedlichen Kompetenzbereiche werden im Folgenden jeweils zuerst beschrieben und anschließend wird 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 (Thyssen et al., 2023) angelehnte Facetten spezifiziert, die auf spezielle Techniken (T), fachwissenschaftliche Kontexte (F), Methodik (M) sowie die unterrichtliche 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 bzw. operationalisiert. Für jede ausformulierte KI-bezogene Kompetenz ergibt sich ein Schlüssel aus Kompetenzbereich, Schwerpunkt und Kompetenzniveau (z. B. KI.KK.F.B2; siehe Abb. 8).



▲ **Abb. 8** Legende zur Aufschlüsselung der ausformulierten Kompetenzen

Assessment, Feedback und Adaptivität (AFA)

Mit der wachsenden Forderung nach adaptivem Unterricht und dem damit verbundenen formativen Assessment zur individuellen Förderung von Lehr-Lernprozessen (aufgrund zunehmender Heterogenität) kommen Tätigkeiten und Kompetenzen in diesem Bereich eine immer größere Bedeutung zu. Lehrkräfte sind durch damit einhergehende Aufgaben u.a. im Kontext von Feedback zunehmend gefordert. Die Gabe von Feedback setzt die Durchführung von Lernstandsdiagnosen, anschließenden Analysen und die Entwicklung von individuellen Fördermaßnahmen und Lernkonzepten voraus. Technologien, die Lehrkräfte dabei durch eine intelligente und adaptive Bereitstellung von Diagnoseaufgaben, deren Auswertung und die Auswahl von passenden Lern- und Übungsaufgaben entlasten (Zhai et al., 2022), und der kompetente Einsatz solcher Systeme sind zukünftig wesentlich für gelingenden adaptiven Unterricht. In diesem Zusammenhang benötigen Lehrkräfte deshalb Kenntnisse zu vorhandenen und dafür geeigneten Systemen, deren Funktionalität sowie Kompetenzen zu deren Bedienung und unterrichtlichen Integration.

Kenntnisse über KI-basierte Technologien und deren Rahmenbedingungen im Einsatz für Assessment, wie die Diagnose von Schülervorstellungen, das (teil-) automatisierte Geben von Feedback in passenden Formaten inklusive adaptiver Vorschläge für die weitere Lerngestaltung und -begleitung auf Mikroebene, sind wesentlich. Peer-Feedback und ein Selbstvergleich mit anderen Lernen- den mittels KI-basierter Technologien (im Sinne der sozialen Bezugsnorm) können Lernprozesse unter Einhaltung datenschutzrechtlicher Aspekte fördern (Scheidig & Holmeier, 2021). Dabei ist ein Bewusstsein bei den (angehenden) Lehrenden über die Struktur und das Format der von der KI erhobenen und gespeicherten Daten von großer Bedeutung. Einerseits um notwendige Sicherheitsanforderungen beurteilen und abschätzen zu können und andererseits um sich darüber bewusst zu sein, dass KI hier aus soziokulturell verankerten Ursachen evtl. seitens der Lernenden nicht akzeptiert wird oder gar diskriminierend agieren kann (Cheuk, 2021).

Ebenso wird es Aufgabe der Lehrkräfte sein, thematisieren zu können, wie KI im Bereich Assessment, Feedback und Adaptivität auch in den Fachwissenschaften angewandt wird. So können Forschende z.B. mit Hilfe eines großen Sprachmodells (LLM) in der Rolle eines Gruppensupervisors in Prozessen oder im Versuchsdesign unterstützt werden. Damit kann nicht nur Feedback zu geplanten Forschungsschritten oder Durchführungen erfolgen, sondern ein ganzes Labor strukturiert werden. Im KI-System Coscientist (Boiko et al., 2023) entsteht quasi ein autonomes Labor, das über Texteingaben von Forschenden Versuchsreihen planen und durchführen kann, wobei der Prozess über verschiedene Stationen nicht nur geplant und durchgeführt, sondern auch in Echtzeit durch Feedbackschleifen anhand der Ergebnisse optimiert wird.

Ganz ähnlich können sich Lehrkräfte bei Kenntnis der Potenziale und Möglichkeiten von regelmäßigem formativem Assessment mit KI-Systemen zur kontinuierlichen Erfassung des Lernstands der Lernenden entlasten und damit mit traditionellen Methoden häufig selbst bei intensivem Einsatz von Ressourcen nicht erreichbare individuelle Lernwege und Förderung ermöglichen (Zhai & Nehm, 2023). Soziokulturelle Aspekte müssen dabei gleichermaßen bzgl. der

Akzeptanz durch Lernende wie auch im Hinblick auf einen möglichen kulturellen Bias solcher KIs (Cheuk, 2021) berücksichtigt werden.

Kompetent eingesetzt erlaubt KI auf Ebene der Makro-Adaption Arbeitsmaterialien zeitsparend zu differenzieren oder zu individualisieren (Zhang & Tur, 2024). Auf der Mikro-Ebene ermöglicht KI zeitlich nahes, präzises und individuelles Feedback, zum Beispiel durch den Einsatz von TutorBots, die den Lernenden spezifische Rückmeldungen geben (Chang et al., 2023; Ng et al., 2024). Lehrkräfte sollten zudem über mögliche Einflüsse und Risiken der Nutzung von KI im Bildungskontext (Ungerer & Slade, 2022) informiert sein. Datenschutz und die potenzielle Aufrechterhaltung sozialer Diskriminierung sind unter anderem wichtige kritische Aspekte, die berücksichtigt werden müssen (Salas-Pilco et al., 2022).

Formatives Assessment muss fachdidaktisch relevante Aspekte (z.B. notwendige Grundlagen, angestrebte Lernziele) präzise und mittels geeigneter Integration im Unterricht adressieren. Abhängig vom Zweck des Assessments müssen dafür geeignete Systeme ausgewählt werden und auf Basis der Ergebnisse bei adaptiven und differenzierenden Ansätzen ggf. unterstützende Technologien (z.B. Tutoring- und Übungssysteme) für die weiteren Lernprozesse eingesetzt werden können. Kohärent zum unterrichtlichen Kontext und der Zielsetzung muss eine geeignete technologische Unterstützung für insgesamt fachdidaktisch abgestimmte, digital unterstützende Konzepte gewählt werden. KI-basierte Systeme weisen hier andere Potenziale und Funktionalitäten als nicht-KI-basierte Systeme auf.



Der DiKoLAN^{KI}-Kompetenzbereich „Assessment, Feedback und Adaptivität“ (KI.AFA) umfasst die individuelle Fertigkeit, KI-basierte Werkzeuge systematisch für Feedback, tutorielle Unterstützung und Assessment einzusetzen. Dazu gehört auch, die Auswahl von KI-basierten Systemen zur Unterstützung und Bewertung von Lernenden, einschließlich des Gebens von system-gesteuertem und/oder technologie-unterstütztem Feedback, der individuellen Betreuung und Differenzierung sowie der Leistungsbewertung, als zentrale Facette der Lernbegleitung. Dabei sind jeweils verstärkt auch digitalitätsbezogene Aspekte zu berücksichtigen.

Tabelle 3 fasst praxisorientierte Vorschläge für KI-bezogene Kompetenzen im Bereich „Assessment, Feedback und Adaptivität“ zusammen.

Dokumentation (DO)

Lern- und Entwicklungsprozesse sind ohne Dokumentation nicht denkbar. Ob es sich um die notwendigen Daten zur Ableitung eines Sachverhaltes handelt oder um die Dokumentation eines Prozesses, ohne eine lückenlose und nachvollziehbare Dokumentation können keine Prozesse nachvollzogen bzw. überprüft werden. Die Dokumentation ist daher in allen Tätigkeiten unterrichtlichen Handelns, aber auch Beteiligungsprozessen, z.B. bei der Implementierung digitaler Technologien und Methoden in Lehr-Lernprozessen, von entscheidender Bedeutung. Die hierfür benötigten Daten können aus vielfältigen Datenarten bestehen und somit mit unterschiedlichen KI-basierten Technologien angefer-

tigt werden. Kompetente Lehrkräfte sind sich beispielsweise der Problematik bewusst, dass bei der Anfertigung von Bildern und Videos KI-gestützte Algorithmen aufgrund der Identifikation von Objekten die Farbwerte so verändern, dass diese gar nicht mehr den tatsächlich beobachteten (realen) entsprechen, und sensibilisieren die Lernenden auf die möglichen Gefahren bei der anschließenden Analyse dieser Daten, beispielsweise zur Colorimetrie.

Für die Dokumentation können beispielsweise KI-gestützte Diktier- und Transkriptionsdienste genutzt werden. Ob mit dem mobilen Endgerät aufgezeichnet oder direkt in den Webbrowser diktiert, wird mittels einer Spracherkennung das Gesprochene automatisch in geschriebenen Text umgewandelt. Hierbei muss man sich darüber im Klaren sein, dass die verarbeiteten Daten auch für Trainingszwecke gespeichert werden können. Hier sind von den Lehrkräften die geltenden Gesetze zur Handhabung und Verarbeitung personenbezogener Daten zu beachten. Mit einer Kombination aus generativer KI und herkömmlichen ML-Modellen können Backups automatisiert erstellt und überwacht werden. Die KI-gestützte Technologie erkennt fehlgeschlagene Backups, plant und führt neue Backups durch. Davon erstellt sie ausführliche Berichte mit klaren Schritten, die als nächstes durchgeführt werden müssen. Da Lehrkräfte sensible personenbezogene Daten verwalten, ist es notwendig, sie für die Vorteile und Nachteile, insbesondere der Datensicherheit, mit einer generativen KI oder öffentlichen Chatbot-Diensten angefertigter Backups zu sensibilisieren. Unter Verzicht auf die riskante Weitergabe von Daten an Dritte können mit ML-Modellen Backups automatisiert angefertigt werden.

In den Fachwissenschaften spielt neben ihrer Analyse und Verarbeitung die Speicherung von Daten eine enorm wichtige Rolle. KI kann dies ebenfalls unterstützen oder gänzlich übernehmen. Ein mögliches Vorgehen in der Katalysechemie basiert auf der Nutzung von ML (konkret eines „global neural network“ (GNN)) zur automatischen Erstellung einer Reaktionsdatenbank. Aus dieser Datenbank kann ein zweites KI-Modell anschließend alle benötigten Informationen zur Vorhersage der in einem heterogenen Katalysesystem möglichen Reaktionen entnehmen (Kang et al., 2022). KI ist zudem in der Lage, bisher analoge bzw. händische Arbeitsschritte im Bereich der Datenspeicherung zu übernehmen; dank der kontinuierlichen Verbesserung von „natural language processing“ (NLP) können virtuelle, KI-basierte Labor-Sprachassistenzen Arbeitsaufträge – wie bspw. die Dokumentation von Messwerten und Beobachtungen – mit hoher Genauigkeit verstehen und umsetzen (LabTwin GmbH, 2024; LabVoice, 2024).

Vor dem Einsatz KI-basierter Dokumentation in Lehr-Lernszenarien ist von Lehrkräften unbedingt zu prüfen, ob die verwendete Software für alle Teilnehmenden uneingeschränkt zugänglich ist und ob sie zentral oder auf den genutzten Geräten zur Verfügung steht. Gerade bei Letzterem sind in BYOD-Szenarien die sozialen und persönlichen Konsequenzen zu berücksichtigen, weil nur ein ausgewählter Personenkreis über die Geräte verfügt, die den sehr hohen Hardwareanforderungen gerecht werden.

Der Einsatz in Lehr-Lernszenarien sollte darauf angelegt sein, sowohl das grundlegende Verständnis der Funktionsweisen als auch die Möglichkeiten und Grenzen KI-basierter Dokumentation und auch KI-gestützter Backups zu vermitteln

(sachgerechtes und fachgerechtes Lernen mit, durch und über KI-basierte Technologie im Naturwissenschaftsunterricht). Um den sozialen und persönlichen Konsequenzen beim Einsatz gerecht zu werden, bedarf es geeigneter Organisations- und Sozialformen, die einerseits den Erwerb der benötigten Kompetenzen für einen sachgerechten Einsatz ermöglichen und andererseits einen Ausschluss auf Grund von Zugriffs- bzw. Zugangsbeschränkungen oder ungeeigneter Hardware zu vermeiden. Da zur KI-basierten Dokumentation bei der Spracherkennung das Gesprochene in Text umgewandelt wird und somit eine Datenverarbeitung stattfindet, handelt es sich bei der KI-basierten Dokumentation um einen Prozess, der stark mit der KI-basierten Datenverarbeitung verknüpft ist und somit die Kompetenzen, die bei einer DSGVO-gerechten Datenverarbeitung zu berücksichtigen sind, einschließt. Mit der Zunahme an der Nutzung digitaler Technologien im Entwicklungsprozess bedarf es der Sensibilisierung der Lernenden für die Notwendigkeit der sachgerechten Anfertigung und Prüfung von Datensicherungen. Mit der Integration von Backups, die auf ML-Modellen aufbauen, erfahren die Lernenden die Vorteile, aber auch die Risiken dieser Technologien, um selbst in die Lage versetzt zu werden, in vergleichbaren Situationen eine geeignete Technologie bzw. Methode auswählen zu können.



Der DiKoLAN^{KI}-Kompetenzbereich „Dokumentation“ (KI.DO) umfasst die individuelle Fertigkeit, KI-basierte Werkzeuge zur systematischen Ablage und dauerhaften Speicherung von Daten und Informationen, um diese fachgemäß zu nutzen. Dazu gehört auch, Fotos, Bilder und Videos unter Einbezug von KI-basierten Funktionen aufzunehmen, zu bearbeiten und einzubinden, verschiedene Medien zu kombinieren und zu speichern, Informationen strukturiert zu sichern und zu archivieren sowie Abläufe und Sinnzusammenhänge darzustellen. Dies beinhaltet auch die Befähigung zum reflektierten Einsatz von KI bei der Dokumentation sowie zur vertiefenden Medienkritik von dokumentierten Daten. Dabei sind jeweils verstärkt auch digitalitätsbezogene Aspekte zu berücksichtigen.

Die in Tabelle 4 aufgeführten praxisbezogenen Kompetenzerwartungen zur KI-basierten „Dokumentation“ machen eine enge Verzahnung mit fachspezifischen Kompetenzbereichen, wie der Messwert- und Datenerfassung oder der Datenverarbeitung deutlich.

Präsentation (P)

Lernen und Lehren ist ohne die Möglichkeit, Inhalte zu visualisieren nur schwer vorstellbar. Durch die Digitalisierung haben sich die Möglichkeiten zur Visualisierung im Lehr-Lernprozess grundsätzlich verändert und erweitert. Mit der Einführung von KI im Bereich der Präsentation und Visualisierung ist eine ähnliche Erweiterung zu erwarten. Dabei können KI-gestützte Werkzeuge nicht nur helfen, komplizierte und große Datenmengen zu visualisieren. Vielmehr können sie auch für die Vorhersage und Darstellung von 3D-Strukturen genutzt werden, die bisher nicht möglich waren (Jumper et al., 2021; Service, 2020). Auch hinsichtlich der Kreativität in der Darstellung können KI-gestützte Werkzeuge Nutzenden dabei unterstützen, Ideen leichter und zeiteffizienter grafisch ansprechend zu

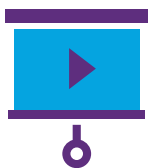
visualisieren. Gleichzeitig besteht aber auch die Gefahr des Missbrauchs dieser neuen Technologie, da mit KI-gestützten Werkzeugen bestehende und neue Visualisierungen geschaffen bzw. verändert werden können.

Kenntnisse darüber, wie KI-gestützte Werkzeuge die technischen Möglichkeiten erweitern und im Bereich der Präsentationsmedien eingesetzt werden können, sind von enormer Bedeutung für zukünftige Lehr-Lernprozesse. Hierbei können durch den Einsatz von KI neue und zeiteffiziente Visualisierungsformen entstehen und genutzt werden. Technisch ist dabei der Grad der Veränderung zu berücksichtigen.

Auch in der fachwissenschaftlichen Forschung werden KI-gestützte Visualisierungen genutzt; dies schließt die Erstellung von Übersichten mittels generativer KI, aber auch die automatisierte grafische Aufbereitung von Daten in Form von Diagrammen oder 3D-Modellen ein. Beispielsweise kann KI die Faltung einer beliebigen Aminosäuresequenz vorhersagen (Jumper et al., 2021; Service, 2020), indem sie die wahrscheinlichste 3D-Struktur berechnet und als dreidimensionales Molekül darstellt. Dabei werden Farben verwendet, um die Verlässlichkeit der Vorhersage in den verschiedenen Regionen anzuzeigen. Ebenso können Modelle (z. B. von Laborgeräten) mit Hilfe von KI erstellt und anschließend von einem 3D-Drucker ausgedruckt werden (Zheng et al., 2023).

Beim Einsatz und bei der Erstellung von KI-basierten Präsentationsmedien in Lehr-Lernszenarien sollten die zu beachtenden Gesetze, Regeln und Vorgaben transparent gemacht werden. Hierbei sind zudem die Auswirkungen auf das Lehren und Lernen sowie medienkritische Aspekte zu berücksichtigen.

Der Einsatz von KI-gestützten Werkzeugen zur Präsentation kann sachgerechtes und fachgerechtes Lernen mit, durch und über KI-basierte Technologie im Naturwissenschaftsunterricht unterstützen. Wichtig ist hierbei insbesondere, dass Lehrkräfte Kompetenzen von Lernenden hinsichtlich der Anwendungsoptionen beim Präsentieren von fachlichen Inhalten fördern.



Der DiKoLAN^{KI}-Kompetenzbereich „Präsentation“ (KI.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. Dies beinhaltet auch die Befähigung zum reflektierten Einsatz von KI bei der Erstellung von Präsentationsmedien sowie zur vertiefenden Medienkritik. Dabei sind jeweils verstärkt auch digitalitätsbezogene Aspekte zu berücksichtigen.

In Tabelle 5 sind die Erwartungen im Kompetenzbereich „Präsentation“ für Lehrpersonen der Naturwissenschaften zusammengefasst.

Kommunikation und Kollaboration (KK)

Unterricht hängt von Kommunikation sowie Austausch und Management von Informationen ab (Kron, 1994). Nach sozial-konstruktivistischen Lerntheorien fördern Kommunikation und Information beim kompetenzorientierten – und auch technologiegestützten – Lernen die Partizipation (Ebner et al., 2013, S. 158). Daher sind die Einbindung geeigneter Kommunikationstechniken und -phasen

sowie kollaborativer Elemente zur Teilnahme am Lernprozess Schlüsselemente des Unterrichts.

Durch den Einsatz von KI-basierter Technologie im Unterricht und darüber hinaus ergeben sich eine Reihe neuartiger Kommunikations- und Kollaborationsformen. Allen Formen ist gemein, dass neben der Unterstützung von Mensch-Mensch-Kommunikation und -Kollaboration insbesondere auch eine neue Form der Kommunikation und Kollaboration entsteht: die von einem Menschen mit einer Maschine, ohne dass dabei notwendigerweise eine zweite Person involviert ist.

Kollaborative Prozesse, wie z.B. die Text- und Datenverarbeitung, können mit KI-basierter Technologie angereichert oder unterstützt werden. So können KI-Chatbots zum Kollaborationspartner werden, indem diese z.B. Formeln bei der Datenverarbeitung überprüfen oder bei der Auswertung unterstützen. Das Transportieren von Informationen im Sinne einer Kommunikation erfolgt u.a. über Sprache, Text oder Bilder. In all diesen Formen kann KI-basierte Technologie die Kommunikation zwischen Menschen durch Simultanübersetzungen unterstützen. Ebenso werden plötzlich nahezu beliebige Konversation mit Maschinen – z.B. KI-ChatBots – möglich, ohne dass diese Konversation vorher exakt vorprogrammiert wurde. Bei dieser Kommunikation werden dann spezifische sprachliche Anweisungen (Prompts) wichtig, um die gewünschte Antwort zu erhalten.

KI-gestützte Simultanübersetzungen bieten einen inklusiven Weg, naturwissenschaftliche Forschung globaler zu gestalten, indem die Zusammenarbeit Forschender durch die Überwindung etwaiger Sprachbarrieren vereinfacht wird (Telekom MMS GmbH, 2024). Gleichwohl sind Kompetenzen zur Nutzung dieser und anderer generativer KI-Systeme mittels entsprechender Prompts notwendig (Arora et al., 2022). Die Korrektheit der generierten Inhalte (Fachlichkeit, Datenbasiertheit etc.) und Übersetzungen muss jedoch im Auge behalten werden, um Störungen bzw. Fehlleitungen des Kommunikationsprozesses und damit negative Auswirkungen auf die Qualität der Forschungsinhalte zu verhindern.

Kommuniziert man mit oder über ein KI-basiertes System, werden dabei aber nicht selten die Eingabedaten zu Trainingszwecken gespeichert und weiterverarbeitet. Es können aber auch bei der Kommunikation oder Kollaboration „Halluzinationen“ auftreten. Auf der anderen Seite können KI-Chatbots auch einen Perspektivwechsel ermöglichen oder als (z.B. fremdsprachlicher) Diskussionspartner auftreten. Wenn Menschen verstärkt nicht mehr mit anderen Menschen, sondern mit Maschinen (z.B. LLM-Chatbots) kommunizieren, dann hat dies auch Auswirkungen auf die zwischenmenschliche Kommunikation und das soziokulturelle Verhalten innerhalb der Gesellschaft. Diese Möglichkeiten, aber auch Grenzen und Auswirkungen der Technologie müssen im Unterricht entsprechend berücksichtigt werden.

Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Aspekte KI-basierter Kommunikation und Kollaboration kann ein sachgerechtes und fachgerechtes Lernen mit, durch und über KI-basierte Technologie im Naturwissenschaftsunterricht erfolgen. Wichtig ist hierbei insbesondere, dass Lehrkräfte Kompetenzen von

Lernenden in der fachspezifischen Kommunikation mit KI-basierten Technologien (Mensch-Maschine-Kommunikation) fördern.



Der DiKoLAN^{KI}-Kompetenzbereich „Kommunikation und Kollaboration“ (KI.KK) umfasst die individuelle Fähigkeit, mit digitalen KI-basierten 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, bearbeitet und mittels KI-basierter Werkzeuge kommuniziert. Als Erweiterung zum bisherigen Verständnis von Kommunikation und Kollaboration (Person-zu-Person) kommt die Facette der Person-zu-Maschine-Kommunikation und -Kollaboration hinzu. Dabei sind jeweils verstärkt auch digitalitätsbezogene Aspekte zu berücksichtigen.

Tabelle 6 fasst praxisorientierte Vorschläge für KI-basierte Kompetenzen im Bereich „Kommunikation und Kollaboration“ zusammen.

Recherche und Bewertung (RB)

Mit der fortschreitenden Entwicklung von KI nimmt auch deren Einfluss auf Recherche-Dienste erheblich zu. Um diesen neuen Anforderungen zu entsprechen, wurde der Kompetenzbereich Recherche und Bewertung durch KI-bezogene Kompetenzen erweitert. Diese Adaption wird u. a. durch KI-gestützte Empfehlungsdienste geprägt, die Algorithmen verwenden, um zu entscheiden, welche Informationen Nutzerinnen und Nutzern angezeigt werden (Portenoy et al., 2021). Sie nutzen Trainingsdaten, textuelle Inhalte, Meta-Daten und Klickdaten, um Ergebnisse zu filtern, was selbstverstärkend wirkt und zu einer zunehmenden Verzerrung und zu Filterblasen führt. Dies beeinträchtigt nicht nur spezialisierte Suchassistenten, sondern auch die Inhaltsfilterung durch Firmen und die Unterhaltungsindustrie. Lehrkräfte müssen dies bei der Online-Recherche und Quellenbewertung berücksichtigen und ein technisches Verständnis von KI-Suchmaschinen und Empfehlungssystemen entwickeln. Im Klassenraum wird der Bedarf an KI-Kompetenzen deutlich, da Lehrkräfte ihr Verständnis an Schülerinnen und Schülern weitergeben, die zu informierten und kritischen Nutzerinnen und Nutzern in einer von Desinformation und verzerrten Fakten geprägten Gesellschaft werden sollen (Visvizi & Lytras, 2019).

KI-basierte Recherche nutzt Algorithmen, um aus großen Datenmengen relevante Informationen zu extrahieren, wobei die Genauigkeit der Ergebnisse stark von der Qualität der Trainingsdaten, der Spezifität der Prompts und den verfügbaren Datenquellen abhängt. Die Effektivität und Grenzen dieser Technologien werden durch Faktoren wie Datenverzerrung, Zugang zu umfassenden Datenbanken und die Fähigkeit der KI, Falschinformationen zu identifizieren, beeinflusst. Die Qualität der KI-Rechercheergebnisse wird durch Kriterien wie Aktualität, wissenschaftliche Gültigkeit und die Qualität der verwendeten Referenzen bewertet, wobei die zugrundeliegenden Trainingsdaten oft sowohl die Stärken als auch die Schwächen der Ergebnisse bestimmen.

Das Durchsuchen umfangreicher Stoff- und Proteindatenbanken sowie die wissenschaftliche Literaturrecherche kann mittels verschiedener KI-Modelle automatisiert und deutlich effizienter ablaufen, als es ohne KI-gestützte Systeme

me möglich ist (u.a. Maki et al., 2022; Xu et al., 2023). Eine gezielte KI-basierte Literaturrecherche kann beispielsweise verwendet werden, um Synthesebedingungen zu extrahieren (Zheng et al., 2023) oder Versuchsdurchführungen zu bestimmen und zu optimieren (Boiko et al., 2023). Zudem können diese Systeme auch Bewertungen der recherchierten Informationen vornehmen (z.B. der Bindungsfähigkeit eines Stoffs an ein Enzym, Essegian et al., 2023) und somit die Auswertung der recherchierten Informationen unterstützen. Über diese Prozesse ist es sogar möglich, über eine KI-gestützte Literaturanalyse eine Vorhersage von zukünftigen Forschungsschwerpunkten zu treffen (Xu et al., 2023). Wie auch im Alltagsgebrauch gilt es bei der Nutzung generativer KI-Systeme für fachwissenschaftliche Zwecke darauf zu achten, dass z. B. fachliche Korrektheit und Aktualität der recherchierten Informationen gegeben sind. Ebenfalls notwendig sind Kenntnisse zur sachgemäßen und effektiven Nutzung dieser Recherchefunktionen mittels entsprechender Prompts (Arora et al., 2022).

KI-gestützte Recherchertools und digitale Datenbanken können die Informationsbeschaffung in Lehr- und Lernszenarien erheblich erleichtern, indem sie einen schnellen Zugriff auf eine Vielzahl von Ressourcen ermöglichen. Es ist jedoch wichtig, die Qualität und Zuverlässigkeit der Informationen kritisch zu bewerten, um eine übermäßige Abhängigkeit von der Technologie und den Verlust kritischer Denkfähigkeiten zu vermeiden. Bei der Planung und Durchführung von Unterrichtseinheiten, die den Einsatz von KI-gestützten Recherchertools thematisieren, sollte besonderes Augenmerk auf die Förderung von Recherche- und Bewertungskompetenz sowie die Reflexion ethischer Aspekte gelegt werden. Diese Ansätze tragen zu einem vertieften Verständnis der Möglichkeiten und Grenzen von KI in Bildungskontexten bei.

KI-basierte Recherchen im Fachunterricht erfordern eine sorgfältige Planung und Durchführung, um (fach)didaktische und ethische Standards zu erfüllen. Lehrkräfte sollten den Einsatz von KI in Lehr-Lernszenarien genau auf die Förderung kritischen Denkens und auf fachdidaktische Ziele abstimmen. Die Bewertung der Rechercheergebnisse sollte auf Kriterien wie Genauigkeit und Objektivität basieren und die Schülerinnen und Schüler sollten angeleitet werden, die Glaubwürdigkeit der (fachspezifischen) Informationen kritisch zu hinterfragen. Dabei ist es entscheidend, dass die Technologie transparent in den Fachunterricht integriert und die kritische Reflexion zugelassen wird.



Der DiKoLAN^{KI}-Kompetenzbereich „Recherche und Bewertung“ (KI.RB) umfasst technische und individuelle Fähigkeiten, digitale Werkzeuge für KI-basierte Recherchen zu nutzen, diese zielgerecht einzustellen sowie deren Ergebnisse qualitativ zu bewerten. Dabei sind jeweils verstärkt auch digitalitätsbezogene Aspekte zu berücksichtigen.

In Tabelle 7 sind die Erwartungen an die Lehrenden im Kompetenzbereich „Recherche und Bewertung“ zusammengefasst.

Messwert- und Datenerfassung (MD)

Durch die steigende Verfügbarkeit von leistungsfähigen KI-Algorithmen werden in immer mehr Messwerterfassungssystemen Möglichkeiten zur KI-gestützten Vorverarbeitung und Handhabung von Messdaten integriert. Auch wenn es sich hier bezogen auf den Einsatz der KI-Algorithmen eher um eine Datenverarbeitung handelt, betrifft deren Nutzung das unterrichtliche Handeln auch im Bereich der Messwert- und Datenerfassung und erfordert somit spezifische Kompetenzen in diesem Bereich. Die Grundlage für eine Abgrenzung zwischen Datenerfassung und Datenverarbeitung verschiebt sich spätestens durch den Einsatz von KI von einer technischen hin zu einer humanzentrierten Perspektive. Nicht die technischen Vorgänge, sondern der Nutzen und die Auswirkungen des Einsatzes auf den Menschen sind entscheidend. Entsprechend bedeutsam ist auch die Berücksichtigung damit einhergehender Digitalitätsaspekte. Durch KI kann der Prozess der Messwerterfassung vereinfacht werden und die Aufnahme und das Management auch großer Datenmengen erst ermöglicht werden. Durch KI erschließen sich nun auch neue Felder der Datenerfassung, wobei DiKoLAN die digitale Messwerterfassung gegenüber der digitalen Datenerfassung stärker in den Vordergrund stellt. Insbesondere die Extraktion von Daten aus Bild- und Tonmaterial ist zwar bereits in DiKoLAN berücksichtigt, eröffnet aber durch KI ganz neue Anwendungsfelder und erfordert gleichermaßen entsprechende Kompetenzen seitens der Lehrkräfte. Da mit steigender Verarbeitungstiefe- und -breite (insbesondere in der Vorverarbeitung von (Mess-)Daten) Teile der Datenvorverarbeitung und damit auch die Datenqualität nicht mehr sicher eingeschätzt werden können, müssen Lernende wie Lehrende für damit einhergehende Unsicherheiten sensibilisiert werden. Ein prominentes Beispiel für durch KI gefälschte „Messergebnisse“ ist, dass sich mit Samsung Smartphones detailreiche Fotos vom Mond aufnehmen ließen (<https://eu.community.samsung.com/t5/community-newsroom/mit-dem-smartphone-den-mond-fotografieren-wie-euer-samsung/ba-p/7468152>), auch wenn statt des Mondes ein vergleichbares Objekt fotografiert wurde. Kompetente Lehrkräfte sind sich dieser Problematik bewusst und können auch ihre Schülerinnen und Schüler für die Gefahren eines unreflektierten Einsatzes KI-basierter Messwert- und Datenerfassung sensibilisieren.

Der Einsatz KI-gestützter Messwert- und Datenerfassung setzt ein solides Verständnis für die verwendeten Technologien voraus. Dazu gehören Kenntnisse über KI-basierte Sensortechnologien, intelligente IoT-Geräte (Internet der Dinge) und die Funktionsweise von KI-Algorithmen zur Vorverarbeitung erfasster Daten. Kompetenzen in diesem Bereich umfassen die Fähigkeit zur Auswahl und Integration geeigneter Hardware und Software zur Datenerfassung sowie zur Implementierung von KI-Algorithmen zur initialen automatisierten Datenanalyse. Im Biologieunterricht ist z. B. der Einsatz KI-basierter Apps zur Bestimmung von Tieren und Pflanzen aus aufgenommenen Bildern bereits weit verbreitet. Aus Audioaufnahmen lassen sich Vogelstimmen mittels KI identifizieren. Damit unterstützt und vereinfacht die KI-basierte Erkennung selbst die nichtdigitale Bestimmung des Artenvorkommens und das Abschätzen der Populationsdichte. Ebenso lässt sich z. B. die Anzahl bestimmter Objekte in einem Bild zählen oder Beziehungen zwischen Objekten erkennen. Mit der intelligenten Vorverarbeitung der Daten sind aber auch steigende technische Anforderungen an die

Messwert- und Datenerfassungssysteme verbunden, so dass eine Berücksichtigung der technischen Anforderungen durch die Erfordernisse der intelligenten Vorverarbeitung noch bedeutender wird.

Auch in den Fachwissenschaften spielt die KI-basierte Messwert- und Datenerfassung eine wichtige Rolle: In der biologischen und biomedizinischen Forschung ist z. B. die KI-basierte Gewinnung von Daten aus Bildmaterial eine wichtige Methode. ML- und Deep-Learning(DL)-Ansätze erweisen sich z. B. in der Klassifizierung und Auswertung von mikroskopischen Aufnahmen oder Röntgenbildern als besonders vorteilhaft, da sie in der Lage sind, Muster und Details zu erkennen und zu kategorisieren (Chan et al., 2020). Zum Beispiel werden DL-basierte Systeme zur Analyse und Auswertung mikroskopischer Aufnahmen histologischer Schnitte verschiedener Gewebe genutzt (Cheng et al., 2022; Liu et al., 2022). Dies ermöglicht u. a. eine automatische und hoch akkurate Erkennung und Diagnose von Lungenkrebs (Cheng et al., 2022). Im Bereich der Mikrobiologie wird KI z. B. zur Interpretation von bakteriellen Kulturplatten verwendet (Signoroni et al., 2023): Mithilfe eines Convolutional Neural Networks (CNN) werden Bakterienkolonien einer Kulturplatte gezählt und die jeweilige Spezies identifiziert, um auf Erkrankungen oder Verschmutzungen des Abstrichorts schließen zu können. Auch die Erfassung von Messwerten durch spezifische KI-Systeme innerhalb eines automatisierten Labors (Boiko et al., 2023) gehört zu den fachwissenschaftlich relevanten Anwendungen von KI in der naturwissenschaftlichen Forschung. Autonome Labore stellen eine innovative Entwicklung in der Chemie dar, indem sie KI mit automatisierten Experimentiertechniken kombinieren. Sie sind darauf ausgerichtet, chemische Herausforderungen mit bisher unerreichter Geschwindigkeit und Effizienz zu bewältigen. Große Sprachmodelle spielen auch hier eine zentrale Rolle (Boiko et al., 2023). Autonome Labore wie AlphaFlow und CoScientist nutzen KI-basierte Funktionen, um die Fähigkeiten menschlicher Forscherinnen und Forscher zu ergänzen (Boiko et al., 2023; Volk et al., 2023), indem beispielweise verschiedene Aufgabenbereiche im Labor an die jeweils passenden KI-gestützten Assistenten delegiert werden. KI kann auch bei der Erfassung sekundärer Daten aus Rohdaten genutzt werden; Xing et al. (2023) zeigen, wie KI-gestützte elektrochemische Messungen zur Bestimmung der Konzentrationen einzelner Stoffe in komplexen Gemischen genutzt werden können. In der Physik wird KI z. B. bei der Untersuchung von Kollisionen schwerer Ionen eingesetzt, um bereits direkt aus den Detektordaten Rückschlüsse auf die Anzahl der beteiligten Partikel zu ziehen (Omana Kuttan, 2023).

Mit der Nutzung von KI-gestützter Messwert- und Datenerfassung sind ethische, rechtliche und soziale Voraussetzungen und Implikationen verbunden. Dies beinhaltet Fragen der Datenschutzrichtlinien, der Datensicherheit sowie der Fairness und Transparenz bei der Datenerfassung. Kompetenzen in diesem Bereich umfassen die Fähigkeit zur kritischen Reflexion über die Auswirkungen von KI auf den Datenschutz und die Schutzbedürfnisse der Schülerinnen und Schüler sowie zur Förderung eines verantwortungsvollen Umgangs mit den erfassten Daten.

Der Einsatz KI-gestützter Messwert- und Datenerfassung im Unterricht wird wesentlich von den Anforderungen der konkreten Unterrichtssituation und den kontextuellen Bedingungen geleitet. Die Planung und Durchführung von Unterricht mit und über KI-gestützte Messwert- und Datenerfassung erfordert

entsprechend grundlegendes Wissen dazu, wie KI-gestützte Messwert- und Datenerfassung im Unterrichtsfach lernförderlich eingesetzt werden können, damit Schülerinnen und Schüler bestenfalls selbst Daten erfassen und dabei intelligente Datenvorverarbeitung nutzen können. Allerdings sollte bei allen möglichen Vorteilen des unterrichtlichen Einsatzes (insbesondere ermöglichte Zugänge zur Erkenntnisgewinnung) immer auch die kritische Auseinandersetzung mit dem Einsatz von KI aus technischer sowie aus soziokultureller Perspektive gefördert werden.



Der DiKoLAN^{KI}-Kompetenzbereich „Messwert- und Datenerfassung“ (KI. 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, Programme (bzw. Apps) eingesetzt und Messwerte aus Dokumentationsmedien wie Bildern oder Videos gewonnen werden. Der Einsatz von KI-Technologien in der digitalen Messwerterfassung ist z.B. durch KI-gesteuerte Sensoren, automatisierte Signalvorverarbeitung, Mustererkennung und Datengewinnung aus Bildern und Videos möglich. Dabei sind jeweils verstärkt auch digitalitätsbezogene Aspekte zu berücksichtigen.

Neben der oben genannten Definition des Kompetenzbereichs „Messwert und Datenerfassung“ bietet Tabelle 8 eine Orientierung zu den Kompetenzerwartungen an die Lehrenden in diesem Kompetenzbereich.

Datenverarbeitung (DV)

Die Verarbeitung von digitalen Daten kann mittels KI in mannigfaltiger Weise unterstützt werden. So können KI-Algorithmen große Datenmengen aufbereiten, analysieren und darin komplexe Muster erkennen und Vorhersagemodelle entwickeln. Repetitive Datenverarbeitungsaufgaben können durch KI automatisiert werden, was zu einer Steigerung der Effizienz führt. Neben den Potenzialen sind mit dem Einsatz von KI in der Datenverarbeitung aber auch Risiken verbunden (wie z.B. systematische Verzerrungen aufgrund nicht repräsentativer bzw. unvollständiger Trainingsdaten oder Überinterpretation von Korrelationen als Kausalzusammenhänge).

Mit KI-basierten Werkzeugen können vielfältige Arten von Daten verarbeitet werden (z.B. Bild-, Audio und Video-Daten). So analysieren und interpretieren KI-Algorithmen bspw. Bilddaten und identifizieren darin Objekte oder Gesichter. Bei Videodaten kann KI dabei unterstützen, Bewegungen zu verfolgen und Ereignisse zu identifizieren. Mittels natürlicher Sprachverarbeitung (im Engl. natural language processing; NLP) können Texte analysiert werden, um Informationen zu extrahieren oder auch Stimmungen und Meinungen zu erkennen. Zudem kann gesprochene Sprache in Text umgewandelt und in verschiedene Sprachen übersetzt werden.

In der naturwissenschaftlichen Forschung spielt KI, angesichts der wachsenden Menge an Forschungsdaten und der Notwendigkeit, diese zu verarbeiten, eine zunehmend wichtiger werdende Rolle. Fortschritte in modernen Messmethoden und die zunehmende Automatisierung sind nur einige der Gründe für den

Anstieg der zu analysierenden Datenmengen. Für den effizienten Umgang mit solch großen Datensätzen ist der Einsatz von KI unabdingbar, da solche Systeme in effizienter Art und Weise Muster auch in großen Datenmengen identifizieren und Daten klassifizieren können. Basierend auf einer derartigen Verarbeitung können wiederum Vorhersagen über die Eigenschaften bisher nicht untersuchter Stoffe getroffen und Vorschläge für das Design neuer Medikamente oder Materialien generiert werden (z.B. Carvalho et al., 2023; Pandey & MacKerell, 2023; Lin et al., 2022). In der biochemischen Forschung kann u. a. die Suche nach Inhibitoren verschiedener krankheitsassoziierter Proteine mittels KI als Teil des sogenannten „in silico screenings“ drastisch verkürzt werden (Ren et al., 2023; Maki et al., 2022; Essegian et al., 2023). Anwendung findet die KI-basierte Datenverarbeitung aber auch in der Batterieforschung, um neuartige Elektrodenmaterialien zu entwickeln (Carvalho et al., 2023).

Beim Einsatz von KI-basierter Datenverarbeitung in Lehr-Lernszenarien sollten die einzelnen Arbeitsschritte im Verarbeitungsprozess sowie die zu beachtenden Gesetze, Regeln und Vorgaben für die Datensicherheit transparent gemacht werden, insbesondere wenn es sich um personenbezogene Daten handelt. Darüber hinaus sollten auch Stärken und Schwächen verschiedener KI-Algorithmen, deren Anforderungen an die IT-Hardware sowie deren Risiken thematisiert werden. Ziele sollten sein, einen verantwortungsbewussten und ethischen Umgang mit Daten bei den Lernenden zu fördern und ein übersteigertes Vertrauen in KI-Systeme ohne menschliche Überprüfung zu vermeiden.

Der sachgerechte Einsatz in Unterrichtsszenarien sollte darauf abzielen, ein grundlegendes Verständnis von den Funktionsweisen von KI-basierter Datenverarbeitung in geeigneten naturwissenschaftlichen Kontexten sowie deren Möglichkeiten und Grenzen zu vermitteln (sachgerechtes und fachgerechtes Lernen mit, durch und über KI-basierte Technologie im Naturwissenschaftsunterricht). Dabei sollten Lehrkräfte auf einen ethischen und datenschutzkonformen Umgang mit den Daten achten und ihre Schülerinnen und Schüler dahingehend sensibilisieren, dass sie KI-basierte Ergebnisse hinterfragen, um evtl. vorhandene KI-induzierte Verzerrungen erkennen zu können. Besonderes Augenmerk sollte dabei auf durch KI-basierte Datenverarbeitung ermöglichte Zugänge zu den Basiskompetenzen in den einzelnen naturwissenschaftlichen Disziplinen gelegt werden.



Der DiKoLAN^{KI}-Kompetenzbereich „Datenverarbeitung“ (KI.DV) beschreibt die individuelle Fähigkeit, Daten mit digitalen Werkzeugen weiterzuverarbeiten. Dies umfasst Filterung, Berechnungen neuer Größen, Aufbereitung, statistische Analysen und Zusammenführen von Datensätzen. Der Einsatz von KI-Technologie ist dabei insbesondere für Automatisierung, Mustererkennung und effiziente Verarbeitung großer Datenmengen von Vorteil. Dabei sind jeweils verstärkt auch digitalitätsbezogene Aspekte zu berücksichtigen.

In Tabelle 9 sind die Kompetenzerwartungen an die Lehrenden im Kompetenzbereich „Datenverarbeitung“ zusammengefasst.

Simulation und Modellierung (SM)

Neben Theorie und Experiment ist die Simulation ein weiteres wesentliches Werkzeug der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. Auf Grundlage von Modellen lassen sich Systeme analysieren und Prozesse in ihrer zeitlichen Entwicklung prognostizieren. Solche meist computergestützten Simulationen können dabei sehr aufwändig werden, falls eine Vielzahl von Parametern zu berücksichtigen sind, was entsprechende Rechen-Kapazitäten erfordert. Auf der anderen Seite eröffnet KI die Möglichkeit, auch große und komplexe Datensätze zu verarbeiten und damit Muster zu erkennen und Prognosen abzuleiten, auch wenn kein analytisches Modell vorhanden ist. Moderne KI-Systeme ermöglichen heutzutage, Methoden des maschinellen Lernens und Simulationsmodelle zu Simulations-KI-Modellen zu kombinieren und damit insbesondere die notwendigen Rechenzeiten zu verkürzen. Umgekehrt können KI-Systeme durch Simulationen optimiert werden, indem bspw. Trainingsdaten mittels Simulationen zur Verfügung gestellt werden.

Computergestützte Simulationen und Modellierungen können auf vielfältige Weise durch KI unterstützt bzw. erst ermöglicht werden. So können KI-Algorithmen große Datensätze effizient nach Mustern durchsuchen, Parameter optimieren sowie Simulations- und Modellierungsvorgänge effizienter gestalten, indem sie die benötigte Rechenzeit und den Ressourcenbedarf reduzieren.

Die Erstellung von Simulationen und Modellen basierend auf wissenschaftlichen Daten – entnehmbar aus einer Vielzahl verschiedener Datenbanken (bspw. PDB, Reaxys oder PubChem) – ist ein bedeutendes und wachsendes Forschungsfeld. Ein prominentes Beispiel für die Rolle von KI in derartigen Prozessen ist die Bestimmung von dreidimensionalen Proteinstrukturen anhand von Aminosäuresequenzen mittels der KI-basierten Plattform AlphaFold (z.B. Díaz-Rovira et al., 2023; Jumper et al., 2021; van Breugel et al., 2022). Diese Methode hat das Potenzial, die Forschung erheblich zu beschleunigen und die Genauigkeit von Strukturvorhersagen zu verbessern, was entscheidend für das Verständnis biologischer Prozesse und die Entwicklung neuer therapeutischer Ansätze ist (Graille et al., 2023). Auch in der Materialwissenschaft wird KI häufig eingesetzt, um die Entwicklung neuartiger Stoffe zu beschleunigen, bspw. bei der additiven Fertigung von Metallen (Ackermann & Haase, 2023). Bei der nachhaltigen Herstellung spezifischer Chemikalien und Treibstoffe wird KI zur Simulation möglicher Enzymlevelkonzentrationen genutzt, um die Produktionsoptimierung zu unterstützen (Sabzevari et al., 2022). In der organischen Chemie kann die Planung einer Syntheseroute mittels Retrosynthese inzwischen ebenfalls von spezifischen KI-Systemen übernommen werden (z. B. Liu et al., 2017; Segler & Waller, 2017), was insbesondere in der Pharmakologie Anwendung findet. In der Biologie finden KI-Systeme bspw. Anwendung beim Design von Promotern zur gezielten Steuerung der Genexpression (Zhang et al., 2023). Im Besonderen in der Genetik wird KI bspw. zur Optimierung von Genomsequenzierungsprozessen genutzt (Vilhekar & Rawekar, 2024) oder um das Vorhandensein bestimmter Proteine anhand der Gensequenz vorherzusagen (Yan et al., 2020). In der Physik findet KI mittlerweile breite Anwendung, z. B. zur Modellierung von hochenergetischen Teilchenkollisionen, um daraus Informationen über die Teilcheninteraktion zu gewinnen (El-Bakry & El-Metwally, 2003). Auch bei der Vorhersage künftiger Wetterereignisse werden KI-basierte Modellierungen und

Simulationen genutzt, um die Genauigkeit von Klimamodellen – bspw. durch eine verbesserte Parametrisierung von Wolken (Grundner et al., 2022) – zu verbessern und z. B. Niederschlagsstärken genauer vorhersagen zu können (Bannai et al., 2023).

Der Einsatz von KI-basierten Simulationen und Modellierungen in Lehr-Lernsituationen eröffnet die Möglichkeit, auch mit Schülerinnen und Schülern große Datenmengen zu analysieren und darin Muster und Trends zu erkennen, welche durch traditionelle Simulations- und Modellierungsverfahren verborgen bleiben könnten oder zumindest nur mit sehr viel mehr Aufwand erschlossen werden könnten. So können auch komplexe Simulationen oder Modellierungen ohne spezielle IT-Technik in überschaubarer Zeit durchgeführt werden. Auch können mittels KI Daten selbst erzeugt werden, welche für Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler nicht oder nur mit großem Aufwand verfügbar wären.

Der Einsatz KI-basierter Simulationen und Modellierungen kann sachgerechtes und fachgerechtes Lernen mit, durch und über KI-basierte Technologie im Naturwissenschaftsunterricht ermöglichen. Dies erfordert von den Lehrkräften zunächst die Auswahl fachdidaktisch und pädagogisch geeigneter KI-basierter Werkzeuge. Es ist dabei insbesondere darauf zu achten, dass diese wissenschaftlich fundiert und in der Lage sind, valide Simulationen mit einer entsprechenden Genauigkeit zu liefern. Darüber hinaus ist sicherzustellen, dass die notwendigen technischen Voraussetzungen gegeben sind, um diese Werkzeuge im Unterricht wirksam einzusetzen und auch, dass alle Lernenden Zugang dazu haben. Zudem ist es notwendig, sowohl Datenschutz als auch ethische Richtlinien bei der Generierung und Analyse von Daten und letztlich die verantwortungsvolle Nutzung von KI gemeinsam mit den Lernenden zu thematisieren und auch Auswirkungen der generierten Simulationen und Modellierungen auf soziokulturelle Dimensionen der Schülerinnen und Schüler zu berücksichtigen.



Der DiKoLAN^{KI}-Kompetenzbereich „Simulation und Modellierung“ (KI.SM) beschreibt die individuellen Fertigkeiten, computergestützte Modellierungen zu erstellen sowie bestehende digitale Simulations- und Simulations-KI-Modelle ziel- und adressatengerecht für den Erkenntnis- und Kommunikationsprozess einzusetzen, sowie das Wissen über Grenzen und Potenziale von Modellen und Simulationen im Erkenntnisgewinnungsprozess. Dabei sind jeweils verstärkt auch digitalitätsbezogene Aspekte zu berücksichtigen.

In Tabelle 7 sind die Erwartungen im Kompetenzbereich „Simulation und Modellierung“ an Lehrpersonen der Naturwissenschaften zusammengefasst.

Erläuterungen zu den Übersichten der Kompetenzbereiche

Basierend auf der Abgrenzung der dargelegten Kompetenzbereiche dienen die folgenden Tabellen zur detaillierten Beschreibung von jeweils damit korrespondierenden Kompetenzerwartungen. Wie in DiKoLAN und DiKoLAN PLUS wird dabei über die Spalten gemäß der technologiebezogenen Bereiche des TPACK-Modells strukturiert und über Zeilen in die Niveaus Nennen, Beschreiben und Anwenden/Durchführen gegliedert. Im Sinne von Kompetenzen wird bei einer Anwendung hierbei von einer reflektierten Anwendung ausgegangen. Das heißt, dass im Falle von z.B. hier erwarteten Planungen eines Technologieeinsatzes diese nicht intuitiv, sondern im Sinne des Wortes planvoll und überlegt stattfinden und im Nachgang an die tatsächliche Anwendung oder Durchführung mit Bezug zu den vorherigen Planungsüberlegungen reflektiert werden.

Auf konkrete inhaltliche Beispiele oder die Nennung von spezifischen Softwareprodukten wird, soweit nicht zur Beschreibung von Kompetenzen unumgänglich, verzichtet, da eine diesbezügliche Passung vom Kontext (wie z.B. dem Fach, den Schwerpunkten einer Lehrveranstaltung oder der Ausstattung an (Hoch-)Schulen) sowie der zukünftigen Marktdynamik und Technologieentwicklung abhängig ist. Für die Darstellung schnell erfassbarer Profile der im Anschluss an die Übersichtstabellen beschriebenen Lehrveranstaltungs-konzepte werden jeweils adressierte Kompetenzbereiche sowie Kompetenzschwerpunkte und -niveaus in einer grafischen Übersicht visualisiert bzw. gelistet (Abb. 9). Lehrenden wird es damit erleichtert, z. B. für die Planung von eigenen Lehrvorhaben mit bestimmten Schwerpunkten und der Suche nach Anregungen eine Passung herstellen zu können.

Technische Basiskompetenzen ● ● ● ● ●		
Allgemeinere Kompetenzen		
Assessment, Feedback, Adaptivität	● ● ○ ○ ○	KI.AFA.T.N1, KI.AFA.T.N2
Dokumentation	● ○ ○ ○ ○	KI.DO.T.N1, KI.DO.FB1
Präsentation	● ● ● ○ ○	KI.PT.N1, KI.PT.B2, KI.PM.N2
Kommunikation/Kollaboration	● ● ● ● ○	KI.KKT.N1, KI.KKT.N2, KI.KKT.B1, KI.KKT.A3, KI.KKT.FB1, KI.KKT.F.N.2, KI.KKT.M.N1
Recherche und Bewertung	● ● ● ● ●	KI.RB.T.N1–3, KI.RB.T.N5, KI.RB.T.B2, KI.RB.T.A1, KI.RB.F.A1, KI.RB.F.B1, KI.RB.F.N1, KI.RB.M.N1, KI.RB.M.B1
Fachspezifischere Kompetenzen		
Messwert- und Datenerfassung	● ○ ○ ○ ○	KI.MD.T.N1
Datenverarbeitung	● ● ○ ○ ○	KI.DV.T.N1, KI.DV.T.N7, KI.DV.T.N8
Simulation und Modellierung	● ● ○ ○ ○	KI.SM.T.N1, KI.SM.F.N1, KI.SM.F.N2, KI.SM.F.N4

▲ **Abb. 9** Schaubild zur Einordnung der in den Beiträgen beschriebenen Lehrvorhaben

Weiterführende Informationen

Bei Fragen und Anmerkungen erreichen Sie uns über die DiKoLAN-Webseite oder per Mail.

- **DiKoLAN-Website** <http://dikolan.de>
- **E-Mail-Kontakt** ki@dikolan.de

Über die Autorinnen und Autoren

- **Prof. Dr. Johannes Huwer** ist Brückenprofessor für Fachdidaktik der Naturwissenschaften an der Universität Konstanz und der Pädagogischen Hochschule Thurgau.
- **Prof. Dr. Sebastian Becker-Genschow** ist Professor für Digitale Bildung mit Schwerpunkt Künstliche Intelligenz an der Universität zu Köln.
- **Prof. Dr. Christoph Thyssen** ist Professor für Fachdidaktik Biologie an der RPTU Kaiserslautern-Landau.
- **Dr. Lars-Jochen Thoms** ist Postdoc und Dozent am Brückenlehrstuhl für Fachdidaktik der Naturwissenschaften der Universität Konstanz und der Pädagogischen Hochschule Thurgau.
- **Prof. Dr. Lena von Kotzebue** ist Professorin für Biologiedidaktik und leitet die AG Didaktik der Biologie und Umweltbildung an der Universität Salzburg.
- **Alexander Finger** betreut die wissenschaftliche Ausbildung von Lehrkräften im Seiteneinstieg im Fach Biologie an der Universität Leipzig.
- **Erik Kremser** leitet die Vorlesungsassistenz und das Demonstrationspraktikum für Studierende des Lehramtes am Fachbereich Physik der TU Darmstadt.
- **Sandra Berber** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Didaktik der Naturwissenschaften an der Universität Konstanz und der Pädagogischen Hochschule Thurgau.
- **Mathea Brückner** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Fachdidaktik der Naturwissenschaften an der Universität Konstanz und der Pädagogischen Hochschule Thurgau.
- **Nikolai Maurer** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fachdidaktik der Naturwissenschaften an der Universität Konstanz und der Pädagogischen Hochschule Thurgau.
- **Prof. Dr. Till Bruckermann** ist Professor am Institut für Erziehungswissenschaft der Leibniz Universität Hannover.
- **Prof. Dr. Monique Meier** leitet die Professur für Didaktik der Biologie sowie den dort verankerten Studiengang Lehramt Biologie an der Technischen Universität Dresden.



▼ **Tab. 3** Kompetenzbereich „Assessment, Feedback und Adaptivität“ (KI.AFA)

	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)	
Nennen	KI.AFA.U.N1 Nennen Bedingungen und Szenarien für den förderlichen Einsatz von KI-basierten Feedback-, Tutoring- und Assessment-Systemen in Lehr-Lernsituationen. KI.AFA.U.N2 Nennen kontextspezifische Möglichkeiten für KI-basierte Methoden in der Planung und Umsetzung von differenziertem bis adaptivem Unterricht.	KI.AFA.M.N1 Nennen Potenziale KI-basierter Formen der Lernbegleitung (synchron oder asynchron), z. B. mittels: ◆ digitalem Feedback über Kommentare o.Ä. ◆ digitalen Glossaren und FAQ ähnlichen Unterstützungen KI.AFA.M.N2 Nennen Vor- und Nachteile von KI-basierten digitalen Umsetzungen in der Auseinandersetzung mit Lernprodukten für die digitale Lernbegleitung, z. B. in versch. Sozialformen ◆ individuellem Austausch 1 zu 1 ◆ multiperspektivisches Peer Feedback ◆ Maschine-Mensch Feedback KI.AFA.M.N3 Nennen Potenziale von durch KI-basierte Werkzeuge ermöglichten Diagnosen und summativem sowie formativem Feedback. KI.AFA.M.N4 Nennen Potenziale für selbstgesteuertes Lernen mit KI-basierten tutoriellen Systemen inkl. Assessmentsystemen. KI.AFA.M.N5 Nennen Daten, Kenngrößen und Indikatoren, die durch ein KI-basiertes Monitoring erhoben und für die Diskussion von Lernaktivitäten/-prozessen genutzt und kommuniziert werden können. KI.AFA.M.N6 Nennen Unterschiede in der Gestaltung von KI-generiertem und technologisch-unterstütztem Feedback durch die Lehrperson.	
Beschreiben (inkl. notwendigem Vorgehen)	KI.AFA.U.B1 Beschreiben didaktisch begründet Vorgehensweisen für den fachgemäßen Einsatz von KI-basierten Assessment- und Tutoring-Technologien in Fachkontexten.	KI.AFA.M.B1 Beschreiben Vor- und Nachteile sowie Grenzen KI-basierter Feedback-, Tutoring- und Assessment/Diagnose-Technologien. KI.AFA.M.B2 Beschreiben pädagogische Voraussetzungen des methodischen Einsatzes KI-basierter Feedback-, Tutoring- und Assessment/Diagnose-Technologien, z. B. im Hinblick auf: ◆ Zeitaufwand und -nutzung ◆ Organisationsformen und Betreuung ◆ selbstgesteuertes, individuelles Lernen ◆ Interesse, Motivation und kulturelle Rahmenbedingungen KI.AFA.M.B3 Beschreiben Strategien zum Einsatz von KI-basierter Feedback-, Tutoring- und Assessment/Diagnose-Technologien in Lehr-Lernprozessen.	
Anwenden/ Durchführen (praktische und funktionale Realisierung)	KI.AFA.U.A1 Planung und Durchführung von Lehr-Lernprozessen (d. h. in Unterrichtsszenarien und/oder darüber hinaus) unter Einbindung KI-basierter Technologien für Assessment, Feedback, Diagnose und ihres adaptiven Einsatzes.		

► Kompetenzen für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz in den Naturwissenschaften

Der DiKoLAN^{KI}-Kompetenzbereich „Assessment, Feedback und Adaptivität“ (KI.AFA) umfasst die individuelle Fertigkeit, KI-basierte Werkzeuge systematisch für Feedback, tutorielle Unterstützung und Assessment einzusetzen. Dazu gehört auch, die Auswahl von KI-basierten Systemen zur Unterstützung und Bewertung von Lernenden, einschließlich des Gebens von system-gesteuertem und/oder technologie-unterstütztem Feedback, der individuellen Betreuung und Differenzierung sowie der Leistungsbewertung, als zentrale Facette der Lernbegleitung. Dabei sind jeweils verstärkt auch digitalitätsbezogene Aspekte zu berücksichtigen.

	Fachwissenschaftlicher Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
	KI.AFA.F.N1 Nennen KI-basierte Technologien zur Kontrolle von fachwissenschaftlichen Forschungsdokumentationen als ein Beispiel für Unterstützungssysteme mit Feedback (z. B. KI-basierte Forschungsdatenmanagementsysteme und Large Language Models (LLMs)) KI.AFA.F.N2 Nennen KI-basierte Assessments zur Kontrolle von Arbeitsabläufen und Prozessen (z. B. Echtzeitprozessoptimierung) KI.AFA.F.N3 Nennen Peer Review Systeme als Beispiel für KI-basierte Technologien im Kontext von Publikationen, z. B. LLMs zur Begutachtung von Publikationen bzw. zur Auswahl von Gutachtern	KI.AFA.T.N1 Nennen KI-basierte Technologien, die Funktionalitäten anbieten im Bereich von z. B. ◆ der für Lerngruppen passenden inhaltlichen und zeitlichen Strukturierung von Lernplänen ◆ der Gabe von einfachem (d. h. „Richtig-oder-Falsch“) Feedback ◆ der Gabe von differenzierterem (d. h. elaboriertem) Feedback ◆ der Erstellung und Einbindung von Lernstandserhebungen (summatives Assessment) ◆ der Lernfortschrittserhebung und -dokumentation (formatives Assessment) ◆ Audience-Response Systemen, wie z. B. Umfragesysteme, Mind- bzw. Concept-Mapping-Tools (automatisierte Liveauswertung) KI.AFA.T.N2 Nennen KI-basierte Technologien für Assessment, Feedback, Diagnose und deren adaptiven Gestaltung, die eine Lernbegleitung mit oben genannten Funktionen (teil-)automatisiert unterstützen können. KI.AFA.T.N3 Nennen KI-basierte Technologien, die einen anonymen, individuellen Vergleich mit und/oder in der Lerngruppe ermöglichen. KI.AFA.T.N4 Nennen technische Umsetzungsmöglichkeiten für KI-basiertes Audio- und Videofeedback.
		KI.AFA.T.B1 Beschreiben Daten, z. B. zur Anmeldung und/oder Nutzung, die genannte KI-basierte Technologien erheben und speichern, um im Hinblick auf die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) sicher agieren zu können KI.AFA.T.B2 Beschreiben technische Rahmenbedingungen, die für einzelne KI-basierte Technologien zum Einsatz im Bereich Assessment, Feedback und Diagnose notwendig sind. KI.AFA.T.B3 Beschreiben aus technischer Perspektive die Umsetzung und damit verbundene Arbeitsabläufe und Prozesse, um in KI.AFA.T.N1 genannte KI-basierte Technologien in Passung zu gegebenen technischen und kulturellen Rahmenbedingungen der digitalen Infrastruktur auszuwählen und einzusetzen.



▼ **Tab. 4** Kompetenzbereich „Dokumentation“ (KI.DO)

	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)	
Nennen	KI.DO.U.N1 Nennen Bedingungen und Szenarien für den sachgerechten Einsatz von KI-basierter Dokumentation in Lehr-Lernszenarien.	KI.DO.M.N1 Nennen methodische und soziokulturelle Aspekte, die beim Einsatz digitaler Dokumentation mit KI Software im Unterricht relevant sein können, z. B. ◆ Zugang zu der KI Software ◆ Zeitaufwand ◆ Hardwarebedarf ◆ Zugriffsbeschränkungen ◆ soziokulturelle sowie persönliche Auswirkungen der Dokumentation auf die Person ◆ Auswirkungen der (Trainings-)Daten auf die KI-Software	
Beschreiben (inkl. notwendigem Vorgehen)	KI.DO.U.B1 Beschreiben didaktisch begründete Szenarien für den sachgerechten Einsatz von KI-basierter digitaler Dokumentation/Versionierung bzw. Datenarchivierung/Back-up-Erstellung für spezifische Lehr-Lernszenarien	KI.DO.M.B1 Beschreiben methodische Vor- und Nachteile sowie Grenzen KI-basierter Dokumentation bezogen auf Lehr-Lernszenarien.	
Anwenden/ Durchführen (praktische und funktionale Realisierung)	KI.DO.U.A1 Planung kompletter Unterrichtsszenarien mit fachgemäßer Anwendung von KI-basierter Dokumentation/Versionierung bzw. Datenarchivierung/Back-up-Erstellung unter Berücksichtigung geeigneter Organisations- und Sozialformen (z. B. Langzeitdokumentation über die Sekundarstufe 2). KI.DO.U.A2 Durchführung kompletter Unterrichtsszenarien mit fachgemäßer Anwendung von KI-basierter Dokumentation/Versionierung bzw. Datenarchivierung/Back-up-Erstellung unter Berücksichtigung geeigneter Organisations- und Sozialformen (z. B. Langzeitdokumentation über die Sekundarstufe 2).		

► Kompetenzen für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz in den Naturwissenschaften

Der DiKoLAN^{KI}-Kompetenzbereich „Dokumentation“ (KI.DO) umfasst die individuelle Fertigkeit, KI-basierte Werkzeuge zur systematischen Ablage und dauerhaften Speicherung von Daten und Informationen, um diese fachgemäß zu nutzen. Dazu gehört auch, Fotos, Bilder und Videos unter Einbezug von KI-basierten Funktionen aufzunehmen, zu bearbeiten und einzubinden, verschiedene Medien zu kombinieren und zu speichern, Informationen strukturiert zu sichern und zu archivieren sowie Abläufe und Sinnzusammenhänge darzustellen. Dies beinhaltet auch die Befähigung zum reflektierten Einsatz von KI bei der Dokumentation sowie zur vertiefenden Medienkritik von dokumentierten Daten. Dabei sind jeweils verstärkt auch digitalitätsbezogene Aspekte zu berücksichtigen.

	Fachwissenschaftlicher Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
	KI.DO.F.N1 Nennen Möglichkeiten der fachgemäßen KI-basierten Dokumentation/Versionierung und Datenarchivierung (z. B. Anlegen einer Datenbank über chemische Reaktionen/Gene mithilfe eines "Global Neural Network") unter Berücksichtigung der Zitationsregeln. KI.DO.F.N2 Nennen Methoden der digitalen Datendokumentation mit KI Software in Forschungsszenarien (z. B. KI-basierte Bilddokumentation, Speicherung experimenteller Daten und Protokolle mit einem "Labor Sprachassistent").	KI.DO.T.N1 Nennen technische Ansätze, wie z. B.: ◆ Möglichkeiten zur KI-basierten digitalen Dokumentation von z. B. Protokollen, Experimenten, Daten, Analyseprozessen, digitalen Herbarien ◆ Möglichkeiten der Versionsverwaltung und Dateiarchivierung mit KI-basierter Technologie
	KI.DO.F.B1 Beschreiben Methoden der digitalen Datendokumentation mit KI Software in Forschungsszenarien (z. B. KI-basierte Bilddokumentation, Speicherung experimenteller Daten und Protokolle mit einem "Labor Sprachassistent").	KI.DO.T.B1 Beschreiben im Hinblick auf ◆ vorhandene Funktionen, ◆ technische Rahmenbedingungen, ◆ techn. Anforderungen, ◆ technische Vor- und Nachteile (z. B. automatisierte Backups mit KI-Software), die unter KI.DO.T.N1 angeführten Möglichkeiten zur Dokumentation zu.



▼ **Tab. 5** Kompetenzbereich „Präsentation“ (KI.P)

	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)	
Nennen	KI.P.U.N1 Nennen zu (fachwissenschaftlichen) Präsentationsmedien für den Schuleinsatz geeignete KI-basierte Alternativen. KI.P.U.N2 Nennen für spezifische Lehr-Lern-Settings/Kontexte unterschiedliche Szenarien zum sachgerechten Einsatz (adressaten-, fach- und zielgerecht) KI-basierter Präsentationsmedien.	KI.P.M.N1 Nennen Prinzipien/Kriterien zur adressatengerechten Gestaltung digitaler Präsentationsmedien mit KI-basierter Technologie. KI.P.M.N2 Nennen mögliche Aspekte, auf die sich der Einsatz KI-basierter 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	
Beschreiben (inkl. notwendigem Vorgehen)	KI.P.U.B1 Beschreiben didaktische Voraussetzungen für den Einsatz KI-basierter Präsentationsmedien im Unterricht, Auswirkungen dieser auf die jeweiligen Unterrichtsverfahren sowie durch diese Systeme ermöglichte Zugänge zu Basiskompetenzen (vor allem dem Kompetenzbereich Kommunikation), insbesondere beim inklusiven Lehren und Lernen.		
Anwenden/ Durchführen (praktische und funktionale Realisierung)	KI.P.U.A1 Planung kompletter Unterrichtsszenarien unter Einbindung KI-basierter Präsentationsmedien und -formen und der Berücksichtigung geeigneter Sozial- und Organisationsformen. KI.P.U.A2 Durchführung kompletter Unterrichtsszenarien unter Einbindung KI-basierter Präsentationsmedien und -formen und der Berücksichtigung geeigneter Sozial- und Organisationsformen.		

► Kompetenzen für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz in den Naturwissenschaften

Der DiKoLAN[®]-Kompetenzbereich „Präsentation“ (KI.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. Dies beinhaltet auch die Befähigung zum reflektierten Einsatz von KI bei der Erstellung von Präsentationsmedien sowie zur vertiefenden Medienkritik. Dabei sind jeweils verstärkt auch digitalitätsbezogene Aspekte zu berücksichtigen.

	Fachwissenschaftlicher Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
	KI.P.F.N1 Nennen mehrere fachwissenschaftliche Szenarien und ggf. Kontexte für KI-basierte ◆ Präsentationsformen (z. B. Zusammenfassungen von Forschungsliteratur) ◆ Präsentation von Prozessen (z. B. Visualisierung von Daten) ◆ Präsentationssoftware, die den aktuellen fachwissenschaftlichen Anforderungen genügt	KI.P.T.N1 Nennen jeweils mehrere technische Möglichkeiten zur KI-basierten Erstellung von Präsentationsmedien, z. B. von ◆ fotorealistischen oder illustrativen Abbildungen ◆ zeitbasierten visuellen Medien ◆ auditiven Medien ◆ Präsentationsfolien ◆ Webseiten
	KI.P.F.B1 Beschreiben ausgewählte fachwissenschaftliche KI-basierte Szenarien, z. B. ◆ Präsentationsformen ◆ Präsentation von Prozessen	KI.P.T.B1 Beschreiben für jede Art der Präsentation mindestens eine Möglichkeit der technischen Umsetzung inklusive des notwendigen Vorgehens unter Bezugnahme auf aktuelle KI-basierte Technologien. KI.P.T.B2 Beschreiben die Eigenschaften/Funktionalitäten, technischen Voraussetzungen und etwaige Einschränkungen der jeweiligen KI-Software.
	KI.P.F.A1 Erstellung und Vorführung von Präsentationen im fachwissenschaftlichen Kontext unter Verwendung KI-basierter Präsentationsmedien, z. B. ◆ Erstellung von Modellen für die Anfertigung von Laborgeräten mittels 3D-Drucker	KI.P.T.A1 Führen für mindestens ein Beispiel jeder Art der oben genannten Möglichkeiten KI-basierter Erstellung von Präsentationsmedien durch.



▼ **Tab. 6** Kompetenzbereich „Kommunikation und Kollaboration“ (KI.KK)

	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)	
Nennen	KI.KK.U.N1 Nennen Technologien, die in einer spezifische Lehr-Lernszenario für eine sachgerechte KI-basierte Kommunikation und Kollaboration geeignet sind.	KI.KK.M.N1 Nennen mögliche Grenzen und Auswirkungen/Aspekte der jeweiligen KI-basierten Software-Nutzung im Unterricht im Hinblick auf: ◆ Kommunikation über die Unterrichtszeit hinaus mit fremdsprachlichen Personen ◆ Kommunikation mit KI-basierten Systemen (Assistenten) ◆ technische Probleme und Vorbereitungszeit ◆ Selbstorganisation und Selbststeuerung ◆ Datensicherheit (Verwendung der Eingaben als Trainingsdaten)	
Beschreiben (inkl. notwendigem Vorgehen)	KI.KK.U.B1 Beschreiben Einsatzszenarien KI-basierter Technologie und geeignete Strategien, diese im Kommunikationsprozess einzusetzen. KI.KK.U.B2 Beschreiben Kollaborationsszenarien für die Verwendung von KI-basierter Technologie. KI.KK.U.B3 Beschreiben didaktischen Voraussetzungen für den Einsatz von KI-basierter Technologie im Unterricht, Auswirkungen dieser auf die jeweiligen Unterrichtsverfahren sowie die ermöglichten Zugänge zu Basiskompetenzen (vor allem dem Kompetenzbereich Kommunikation) und beim inklusiven Lernen und Lehren.	KI.KK.M.B1 Beschreiben Vor- und Nachteile beim unterrichtlichen Einsatz von KI-basierter Software im Hinblick auf die oben genannten Aspekte.	
Anwenden/ Durchführen (praktische und funktionale Realisierung)	KI.KK.U.A1 Planung von kompletten Unterrichtsszenarien mit sachgerechtem Einsatz der KI-basierten Technologie unter Berücksichtigung geeigneter Organisations- und Sozialformen. KI.KK.U.A2 Durchführung von kompletten Unterrichtsszenarien mit sachgerechtem Einsatz der KI-basierten Technologie unter Berücksichtigung geeigneter Organisations- und Sozialformen. KI.KK.U.A3 Einweisung der Lernenden in KI-basierte Kommunikations- und Kollaborationstechnologien. KI.KK.U.A4 Einweisung der Lernenden in fachspezifische Kommunikation mit KI-basierten Technologien (Mensch-Maschine Kommunikation).		

► Kompetenzen für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz in den Naturwissenschaften

Der DiKoLAN[®]-Kompetenzbereich „Kommunikation und Kollaboration“ (KI.KK) umfasst die individuelle Fähigkeit, mit digitalen KI-basierten 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, bearbeitet und mittels KI-basierter Werkzeuge kommuniziert. Als Erweiterung zum bisherigen Verständnis von Kommunikation und Kollaboration (Person-zu-Person) kommt die Facette der Person-zu-Maschine-Kommunikation und -Kollaboration hinzu. Dabei sind jeweils verstärkt auch digitalitätsbezogene Aspekte zu berücksichtigen.

	Fachwissenschaftlicher Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
	KI.KK.F.N1 Nennen Möglichkeiten zur Kommunikation mit internationalen Kollegen mittels geeigneter KI-basierter Systeme (die z. B. Simultanübersetzungen anbieten). KI.KK.F.N2 Nennen fachspezifische Möglichkeiten zur Kommunikation mit KI-basierten Systemen wie z. B.: Prompts für fachspezifische Sprachmodelle für Simultanübersetzungen.	KI.KK.T.N1 Nennen KI-basierte Software für kollaborative Text- und Datenverarbeitung. KI.KK.T.N2 Nennen Möglichkeiten zur Kommunikation mit KI-basierter Software, über z. B. ◆ Sprache ◆ Text ◆ Bild
	KI.KK.F.B1 Beschreiben Vorteile der KI-basierten Kommunikation mit internationalen Kollegen für die Forschung und einzelne Projekte. KI.KK.F.B2 Beschreiben Vorteile und Grenzen der Kommunikation/Kollaboration mit KI-basierten Systemen für die Forschung und einzelne Projekte.	KI.KK.T.B1 Beschreiben die unter KI.KK.T.N1 genannte KI-basierte Software bezüglich ihrer Anwendung. KI.KK.T.B2 Beschreiben die unter KI.KK.T.N2 genannte KI-basierte Software bezüglich ihrer Anwendung.
		KI.KK.T.A1 Nutzen KI-basierte kollaborative Software für Text- und Datenverarbeitung. KI.KK.T.A2 Nutzen KI-basierte Systeme zur kollaborativen Datenverwaltung. KI.KK.T.A3 Kommunizieren mit KI-basierten Systemen unter Anwendung der in KI.KK.T.N2 genannten Möglichkeiten.



▼ **Tab. 7** Kompetenzbereich „Recherche und Bewertung“ (KI.RB)

	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)	
Nennen	KI.RB.U.N1 Nennen Bedingungen und Szenarien für den sachgerechten Einsatz von KI-basierten Recherchen in Lehr-Lernszenarien. KI.RB.U.N2 Nennen Kriterien zur Bewertung der Ergebnisse einer KI-basierten Recherche im Unterricht.	KI.RB.M.N1 Nennen Vor- und Nachteile sowie Grenzen KI-basierter Recherchen für die Verwendung in Lehr-Lernszenarien.	
Beschreiben (inkl. notwendigem Vorgehen)	KI.RB.U.B1 Beschreiben sachgerechte Einsatzszenarien von KI-basierter Recherche sowie die Durchführung einer Bewertung der Ergebnisse anhand von Kriterien.	KI.RB.M.B1 Beschreiben Vor- und Nachteile sowie Grenzen digitaler Datenbanken und Suchmaschinen für KI-basierte Recherche bei der Verwendung in Lehr-Lernszenarien.	
Anwenden/ Durchführen (praktische und funktionale Realisierung)	KI.RB.U.A1 Planung von kompletten Unterrichtsszenarien unter Einbindung von KI-basierten Recherchen sowie der Bewertung der Ergebnisse anhand von Gütekriterien und der Berücksichtigung geeigneter Sozial- und Organisationsformen. KI.RB.U.A2 Durchführung von kompletten Lehr-Lernszenarien unter Einbindung von KI-basiertern Recherchen sowie der Bewertung der Ergebnisse anhand von Gütekriterien und der Berücksichtigung geeigneter Sozial- und Organisationsformen.	KI.RB.M.A1 Planung und Durchführung von Unterrichtsszenarien, in dem die (fachunabhängige) Verwendung KI-basierter Recherchesoftware thematisiert werden.	

► Kompetenzen für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz in den Naturwissenschaften

Der DiKoLAN[®]-Kompetenzbereich KI-basierter „Recherche und Bewertung“ (KI.RB) umfasst technische und individuelle Fähigkeiten, digitalen Werkzeugen für KI-basierte Recherchen zu nutzen, diese zielgerecht einzustellen sowie deren Ergebnisse qualitativ zu bewerten. Dabei sind jeweils verstärkt auch digitalitätsbezogene Aspekte zu berücksichtigen.

	Fachwissenschaftlicher Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
	KI.RB.F.N1 Nennen KI-basierte Technologien zur Recherche in naturwissenschaftsspezifischen Datenbanken, z. B. ◆ Large Language Models ◆ Tensornetzwerke ◆ Graph-convolutional Neural Networks KI.RB.F.N2 Nennen fachspezifische Kontexte für KI-Recherchen oder im Bereich der Datenrecherche ◆ Darstellung aktueller Forschungsschwerpunkte ◆ Zusammenfassung von Informationen aus Forschungsliteratur ◆ Identifikation von Stoffen mit spezifischen Eigenschaften aus Datenbanken KI.RB.F.N3 Nennen Kriterien zur Bewertung KI-basierter Recherchen im fachwissenschaftlichen Kontext, z. B. ◆ Aktualität der Informationen ◆ Fachliche Korrektheit ◆ Umfang/Stil/Gestaltung ◆ Datengrundlage ◆ Erkennbarkeit von Urheber und Referenzen KI.RB.F.N4 Nennen fachspezifische Kontexte, in denen KI-basiert Bewertungen vorgenommen werden, z. B. ◆ Bindungsfähigkeit von Liganden an Zielstrukturen	KI.RB.T.N1 Nennen Möglichkeiten der KI-basierten Recherche. KI.RB.T.N2 Nennen notwendige Voreinstellungen (Prompts), um KI-basierte Recherchen durchzuführen. KI.RB.T.N3 Nennen Faktoren, die Grenzen von KI bei der Bewertung von Informationen (Verständnis, Bias, Wahrscheinlichkeit von Falschangaben) beeinflussen, wie z. B. Datengrundlage, Zugriff auf Datenbanken, Trainingsdaten. KI.RB.T.N4 Nennen aus den Trainings bzw. Referenzdatensätzen resultierende Limitierungen der Ergebnisse. KI.RB.T.N5 Nennen Einflussfaktoren auf das Rechercheergebnis bei der Verwendung von KI-Systemen: Grundlegende Arbeitsweise des verwendeten Algorithmus, wie z. B. Zugriffsmöglichkeiten/ Verarbeitungstiefe des KI-Systems auf/von Daten.
	KI.RB.F.B1 Beschreiben Prompting-Strategien bei einer KI-basierten fachwissenschaftlichen Suchanfrage. KI.RB.F.B2 Beschreiben die Bewertung von Rechercheergebnissen, die mit KI-basierter Technologie gefunden wurden, an einem Beispiel. KI.RB.F.B3 Beschreiben die Einflussfaktoren auf Rechercheergebnisse bei der Verwendung von KI-basierter Technologie an einem Beispiel. KI.RB.F.B4 Beschreiben mindestens zwei der unter KI.RB.F.N3 genannten Kriterien.	KI.RB.T.B1 Beschreiben wichtige Voreinstellungen und Anweisungen, um KI-basierte Rechercheaufgaben zu bearbeiten, an einem Beispiel. KI.RB.T.B2 Beschreiben Kriterien zur Bewertung der Qualität der KI-basierten Rechercheergebnisse, z. B. ◆ Aktualität ◆ Wissenschaftlichkeit ◆ Referenzen KI.RB.T.B3 Beschreiben den Einfluss der aus Trainings- bzw. Referenzdatensätzen resultierenden Limitierungen auf die Ergebnisse.
	KI.RB.F.A1 Führen eine fachwissenschaftsspezifische Recherche mit einer KI-basierten Technologie durch und bewerten die Ergebnisse.	KI.RB.T.A1 Führen eine Recherche mit einem KI-basierten System durch und bewerten die Ergebnisse.



▼ **Tab. 8** Kompetenzbereich „Messwert- und Datenerfassung“ (KI.MD)

	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)	
Nennen	KI.MD.U.N1 Nennen zur fachwissenschaftlichen KI-basierten MD für den Schuleinsatz taugliche Alternativen. KI.MD.U.N2 Nennen für spezifische Lehr-Lernszenarien unterschiedlichster Szenarien zum sachgerechten Einsatz (schüler-, fach- und zielgerecht) KI-basierte MD und damit verbundene Messstrategien, z. B. zur automatisierten Erfassung großer Datenmengen bei der ◆ Untersuchung der Veränderung der Hauttemperatur beim Sport oder beim Rauchen durch Thermografie mit Wärmebildkameras. ◆ Bestimmung des Nitratgehalts eines Gewässers durch KI-basierte Messwerterfassung. ◆ Analyse der Bewegungen in Schwärmen von Insekten mit mobilen Endgeräten.	KI.MD.M.N1 Nennen mögliche weitere Aspekte, auf die sich der Einsatz KI-basierter MD beim Lernen und Lehren auswirken kann, z. B. im Hinblick auf: ◆ Zeitaufwand ◆ Organisationsformen ◆ Darstellungsformen ◆ Methoden ◆ Medienkenntnis/Einarbeitung ◆ Interesse und Motivation ◆ persönliche und soziale Konsequenz	
Beschreiben (inkl. notwendigem Vorgehen)	KI.MD.U.B1 Beschreiben didaktische Voraussetzungen für den Einsatz KI-basierter MD-Systeme im Unterricht (z. B. individuell angepasste Instruktionen), Auswirkungen der KI-basierten MD auf die jeweiligen Unterrichtsverfahren durch KI-Systeme ermöglichte Zugänge zu Basiskompetenzen, Erkenntnisgewinnung und NOS-Konzepten.	KI.MD.M.B1 Beschreiben pädagogische Voraussetzungen sowie Vor- und Nachteile, die sich methodisch beim Einsatz KI-basierter MD ergeben, z. B. im Hinblick auf die unter MD.M.N1 gelisteten Aspekte.	
Anwenden/ Durchführen (praktische und funktionale Realisierung)	KI.MD.U.A1 Planung kompletter Lehr-Lernszenarien unter Einbindung einer KI-basierten MD und Berücksichtigung geeigneter Sozial- und Organisationsformen. KI.MD.U.A2 Durchführung kompletter Lehr-Lernszenarien unter Einbindung einer KI-basierten MD und Berücksichtigung geeigneter Sozial- und Organisationsformen.		

► Kompetenzen für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz in den Naturwissenschaften

Der DiKoLAN^{KL}-Kompetenzbereich „Messwert- und Datenerfassung“ (KI.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, Programme (bzw. Apps) eingesetzt und Messwerte aus Dokumentationsmedien wie Bildern oder Videos gewonnen werden. Der Einsatz von KI-Technologien in der digitalen Messwerterfassung ist z. B. durch KI-gesteuerte Sensoren, automatisierte Signalvorverarbeitung, Mustererkennung und Datengewinnung aus Bildern und Videos möglich. Dabei sind jeweils verstärkt auch digitalitätsbezogene Aspekte zu berücksichtigen.

	Fachwissenschaftlicher Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
	KI.MD.F.N1 Nennen fachwissenschaftliche Szenarien und ggf. Kontexte KI-basierter MD, z. B. ◆ Erkennung von Auffälligkeiten in mikroskopischen Bildern ◆ Auswertung von Bildern mikrobiologischer Kulturplatten ◆ Teilchenkollisionen in Beschleunigungsexperimenten ◆ Verwendung von "Chemical Robotic Labs" KI.MD.F.N2 Nennen Messinstrumente mit KI-basierter MD (z. B. automatisiertes Experimentieren), die den aktuellen Anforderungen der fachwissenschaftlichen Forschung genügen. KI.MD.F.N3 Nennen die mit KI.MD.F.N2 korrespondierenden Messsysteme und relevante Sicherheitsstandards, z. B. Leitfähigkeitsmessungen mit KI-gestützter Signaldecodierung zur Identifikation und Quantifizierung einzelner Komponenten einer Mischung.	KI.MD.T.N1 Nennen Möglichkeiten der KI-basierten MD, z. B. ◆ zur Artenbestimmung ◆ bei der Bilderkennung ◆ bei der automatisierten Aggregation von bestehenden Rohdaten
	KI.MD.F.B1 Beschreiben ausgewählte fachwissenschaftliche Szenarien der KI-basierten MD beispielhaft, z. B. Automatisierte Erkennung von Tumorzellen in Gewebeproben.	KI.MD.T.B1 Beschreiben für Anwendungen der KI-basierten MD mindestens eine Möglichkeit der technischen Umsetzung inkl. des notwendigen Vorgehens unter Bezugnahme auf aktuelle Hard- und Software sowie damit verbundenen Standards. KI.MD.T.B2 Beschreiben die Messcharakteristika (z. B. Messbereich, Messgenauigkeit, Auflösung, Abtastrate, Einsatzbereiche, Limitierungen) der KI-basierten Systeme.
	KI.MD.F.A1 Führen die Aufnahme von Messwerten im fachwissenschaftlichen Kontext unter Verwendung von KI-basierter MD durch.	KI.MD.T.A1 Führen die Messwerterfassung für mindestens ein Beispiel der oben genannten Möglichkeiten der KI-basierten MD durch.



▼ **Tab. 9** Kompetenzbereich „Datenverarbeitung“ (KI.DV)

	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)	
Nennen	KI.DV.U.N1 Nennen Werkzeuge für den sachgerechten Einsatz (adressaten-, fach- und zielgerecht) der KI-basierten DV. KI.DV.U.N2 Nennen Szenarien zum Einsatz der genannten Möglichkeiten einer KI-basierten DV in spezifischen Lehr-Lernsituationen mit Passung zu einem inhaltlich sinnvollen Kontext.	KI.DV.M.N1 Nennen für eine Lehr-Lernszenarien notwendige Vorkenntnisse und Kompetenzen der Lernenden zum Einsatz der KI-basierten Techniken. KI.DV.M.N2 Nennen methodische Aspekte des Lernen und Lehrens über KI-basierte DV, z. B. hinsichtlich: ◆ Zeit ◆ Organisationsform ◆ Ausrüstungs- und Materialbedarf ◆ genutzter Algorithmen ◆ Datensicherheit KI.DV.M.N3 Nennen zu beachtende Punkte bei der Verarbeitung von personenbezogenen Daten im Rahmen von Arbeitsschritten (mit KI-basierten Technologien).	
Beschreiben (inkl. notwendigem Vorgehen)	KI.DV.U.B1 Beschreiben didaktische Voraussetzungen der KI-basierten DV für den Einsatz in und Auswirkungen auf die jeweiligen Unterrichtsverfahren. KI.DV.U.B2 Beschreiben durch KI-basierte DV ermöglichte Zugänge zu Basiskompetenzen (vor allem zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung).	KI.DV.M.B1 Beschreiben Möglichkeiten zum Schutz und zur Anonymisierung von personenbezogenen Daten. KI.DV.M.B2 Beschreiben Vor- und Nachteile methodischer Aspekte der KI-basierten DV beim Lernen und Lehren, z. B. hinsichtlich: ◆ Zeit ◆ Organisationsform ◆ Ausrüstungs- und Materialbedarf ◆ genutzter Algorithmen ◆ Datensicherheit	
Anwenden/ Durchführen (praktische und funktionale Realisierung)	KI.DV.U.A1 Planung kompletter Unterrichtsszenarien unter Einbindung KI-basierter DV und der Berücksichtigung geeigneter Sozial- sowie Organisationsformen. KI.DV.U.A2 Durchführung kompletter Unterrichtsszenarien unter Einbindung KI-basierter DV und der Berücksichtigung geeigneter Sozial- sowie Organisationsformen.		

► Kompetenzen für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz in den Naturwissenschaften

Der DiKoLAN^{KL}-Kompetenzbereich „Datenverarbeitung“ (KI.DV) beschreibt die individuelle Fähigkeit, Daten mit digitalen Werkzeugen weiterzuverarbeiten. Dies umfasst Filterung, Berechnungen neuer Größen, Aufbereitung, statistische Analysen und Zusammenführen von Datensätzen. Der Einsatz von KI-Technologie ist dabei insbesondere für Automatisierung, Mustererkennung und effiziente Verarbeitung großer Datenmengen von Vorteil. Dabei sind jeweils verstärkt auch digitalitätsbezogene Aspekte zu berücksichtigen.

	Fachwissenschaftlicher Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
	KI.DV.F.N1 Nennen etablierte Vorgehensweisen KI-basierter DV im Fachgebiet, z. B. die Anwendung von: ◆ supervised learning ◆ unsupervised learning KI.DV.F.N2 Nennen fachwissenschaftliche Szenarien mit zugehörigen Methoden der fachspezifischen KI-basierten DV z. B. ◆ Mustererkennung in (großen) Datensätzen ◆ Vorhersage (von Bindungsaffinitäten, Proteinfaltung o. Ä.) ◆ Designvorschläge (z. B. Moleküldesign oder Materialdesign) ...auf Basis von eigenen Daten oder aus Datenbanken.	KI.DV.T.N1 Nennen verschiedene Datentypen und Kodierungen sowie zugehörige Daten- bzw. Dateiformate (sowie damit erlaubte Operationen) für eine KI-basierte DV, z. B. für ◆ Bild und Video ◆ Audio ◆ Werte (Integer, Float) ◆ Text KI.DV.T.N2 Nennen verschiedene Algorithmen, die in KI-basierter DV-Anwendung finden. KI.DV.T.N3 Nennen KI-basierte Werkzeuge zur ◆ Filterung, ◆ Berechnung neuer Größen, ◆ Aufbereitung zur Visualisierung, ◆ statistischen Analyse, ◆ Bild-, Audio- und Videoanalyse, ◆ Verknüpfung von Daten, ◆ Automatisierung in der Datenverarbeitung, ◆ Mustererkennung sowie ◆ Verarbeitung großer Datenmengen KI.DV.T.N4 Nennen unterstützte Dateiformate der KI-basierten Werkzeuge. KI.DV.T.N5 Nennen Möglichkeiten des KI-basierten Exports und Imports von digitalen Daten der genannten Datentypen und Kodierungen. KI.DV.T.N6 Nennen Möglichkeiten zur KI-basierten Konvertierung der Daten und Datenformate. KI.DV.T.N7 Nennen Möglichkeiten zur Aufbereitung von Daten für eine KI-basierte DV. KI.DV.T.N8 Nennen die Bedeutung der Qualität der Daten und den daraus resultierenden Einfluss auf das KI-Modell.
	KI.DV.F.B1 Beschreiben fachwissenschaftliche Szenarien mit zugehörigen Methoden, in denen fachspezifische KI-basierte DV stattfindet. ◆ Mustererkennung (z. B. Bewegungsdaten von Insektenschwärmen) ◆ Vorhersage (von Bindungsaffinitäten, Proteinfaltung o. Ä.) ◆ Designvorschläge (z. B. Moleküldesign oder Materialdesign) ...auf Basis von eigenen Daten oder aus Datenbanken.	KI.DV.T.B1 Beschreiben KI-basierte Verfahren zur ◆ Filterung, ◆ Berechnung neuer Größen, ◆ Aufbereitung zur Visualisierung, ◆ statistischen Analyse, ◆ Bild-, Audio- und Videoanalyse, ◆ Verknüpfung von Daten und, ◆ Automatisierung in der Datenverarbeitung, ◆ Mustererkennung sowie ◆ Verarbeitung großer Datenmengen. KI.DV.T.B2 Beschreiben Möglichkeiten einer KI-basierten Datenverarbeitung. KI.DV.T.B3 Beschreiben Schwierigkeiten einer KI-basierten Datenverarbeitung. KI.DV.T.B4 Beschreiben Vor- und Nachteile einer KI-basierten Datenverarbeitung.
		KI.DV.T.A1 Wenden KI-basierte Verfahren an zur ◆ Filterung, ◆ Berechnung neuer Größen, ◆ Aufbereitung zur Visualisierung, ◆ statistischen Analyse, ◆ Bild-, Audio- und Videoanalyse, ◆ Verknüpfung von Daten, ◆ Automatisierung in der Datenverarbeitung, ◆ Konvertierung von Daten und Datenformate ◆ Mustererkennung sowie ◆ Verarbeitung großer Datenmengen KI.DV.T.A2 Exportieren und Importieren digitale Daten der Datentypen und -formate mit KI-basierter Software.



▼ **Tab. 9** Kompetenzbereich „Simulation und Modellierung“ (KI.SM)

	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)	
Nennen	KI.SM.U.N1 Nennen Szenarien für den sachgerechten Einsatz KI-basierter Simulationen und Modellierungen sowie Software und Strategien zum Einsatz in einem spezifischen Lehr-Lernszenarien, 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	KI.SM.M.N1 Nennen Vor- und Nachteile, typische Eigenschaften sowie die Grenzen von KI-basierter Simulation/Modellierung in Lehr-Lernszenarien unter Berücksichtigung von z. B. ◆ fachlicher Korrektheit (Vereinfachung), ◆ Modellvarianten, normativ, deskriptiv (Wetterbericht), ◆ Qualität der Repräsentation, ◆ Zeitaufwand (Berechnungsdauer), ◆ Einweisungszeit, ◆ der Realisierung risikofreier, fehlertoleranter Räume (Sicherheitsaspekte), ◆ der jeweiligen mathematischen Modelle (z. B. Parameter, Rundungsfehler, Eingabegenauigkeit) sowie ◆ notwendiger Vorkenntnisse. KI.SM.M.N2 Nennen Vor- und Nachteile KI-basierter Simulation/Modellierung im Vergleich zu analogen und anderen digitalen (nicht KI-basierten) Simulationen.	
Beschreiben (inkl. notwendigem Vorgehen)	KI.SM.U.B1 Beschreiben didaktische Voraussetzungen für den Einsatz von KI-basierten Simulationen und Modellierungen im Unterricht und deren Auswirkungen auf die jeweiligen Unterrichtsverfahren sowie durch KI-basierte Systeme ermöglichte Zugänge zu Basiskompetenzen (vor allem zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung und ggf. Kommunikation).	KI.SM.M.B1 Beschreiben und bewerten KI-basierte Simulationen und Modellierungssoftware bezüglich Motivation (Usability, Attraktivität, Klarheit der Beschreibung und Zielsetzung) und Methodik (Flexibilität, Passung an die Zielgruppe, Umsetzung, klare Beschreibung und Zielsetzung). KI.SM.M.B2 Beschreiben Vor- und Nachteile KI-basierter Simulation/Modellierung im Vergleich zu analogen und anderen digitalen (nicht KI-basierten) Simulationen.	
Anwenden/ Durchführen (praktische und funktionale Realisierung)	KI.SM.U.A1 Planung kompletter Unterrichtsszenarien unter Einbindung von KI-basierten Simulationen bzw. Modellierungen und der Berücksichtigung geeigneter Sozial- und Organisationsformen. KI.SM.U.A2 Durchführung kompletter Unterrichtsszenarien unter Einbindung von KI-basierten Simulationen bzw. Modellierungen und der Berücksichtigung geeigneter Sozial- und Organisationsformen.		

► Kompetenzen für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz in den Naturwissenschaften

Der DiKoLAN^{KL}-Kompetenzbereich „Simulation und Modellierung“ (KI.SM) beschreibt die individuellen Fertigkeiten, computergestützte Modellierungen zu erstellen sowie bestehende digitale Simulations- und Simulations-KI-Modelle ziel- und adressatengerecht für den Erkenntnis- und Kommunikationsprozess einzusetzen, sowie das Wissen über Grenzen und Potenziale von Modellen und Simulationen im Erkenntnisgewinnungsprozess. Dabei sind jeweils verstärkt auch digitalitätsbezogene Aspekte zu berücksichtigen.

	Fachwissenschaftlicher Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
	KI.SM.F.N1 Nennen mehrere fachwissenschaftliche Szenarien, in denen KI-basierte Simulation bzw. Modellierung zur Erkenntnisgewinnung genutzt wird (z. B. Klimamodelle, Gensequenzen, Proteinstruktur, Vorhersage von Materialeigenschaften, Optimierung von Zellstammdesigns für die Produktion von Chemikalien und Treibstoffen in mikrobiellen Zellen, Design von Molekülen mit gewünschten Eigenschaften). KI.SM.F.N2 Nennen mehrere Methoden der KI-basierten Simulation bzw. Modellierung in Forschungsszenarien (z. B. Teilchenkollisionen, Proteinstrukturen, inverses Moleküldesign). KI.SM.F.N3 Nennen mehrere Datenquellen, aus denen für eine KI-basierte Modellierung einsetzbare Daten bezogen werden können (z. B. Stoff- bzw. Proteindatenbanken, Wetterdaten, Populationen, Messwerte aus den Fachwissenschaften). KI.SM.F.N4 Nennen Erkenntnisse, die mit KI-basierten Simulationen gewonnen wurden (z. B. Proteinstrukturen, inverses Moleküldesign, Wettervorhersage, Klimamodelle, Erderwärmung, Materialeigenschaften). KI.SM.F.N5 Nennen unterschiedliche Zielkategorien des Einsatzes von KI-basierten Simulationen: ◆ prognostisch → Generierung von Messwerten ◆ analytisch → Abgleich mit Messwerten ◆ Veranschaulichung → Vermittlung KI.SM.F.N6 Nennen unterschiedliche Zielkategorien des Einsatzes von KI-basierten Modellierungs-Applikationen ◆ prognostisch → Generierung von Messwerten ◆ analytisch → Abgleich mit Messwerten ◆ Veranschaulichung → Vermittlung	KI.SM.T.N1 Nennen mehrere KI-basierte Technologien, mit denen Simulationen und Modellierungen vorgenommen werden können. KI.SM.T.N2 Nennen für die digitale Modellierung notwendige Daten Grundlagen, Fertigkeiten und notwendige Vorkenntnisse des Nutzers, z. B. im Hinblick auf: ◆ Programmierung und Syntax ◆ benötigte Hardware (Leistung) ◆ Datenpoolgröße für Berechnungen ◆ Methoden des maschinellen Lernens KI.SM.T.N3 Nennen mehrere KI-basierte Simulationen und Zugänge zu solchen Simulationen ◆ zur Generierung von Daten im Erkenntnisprozess, ◆ zum Abgleich mit experimentell gewonnenen Daten, ◆ zur Veranschaulichung fachlicher Zusammenhänge
	KI.SM.F.B1 Beschreiben den Erkenntnisgewinn mit KI-basierten Simulationen und deren Vor-/Nachteile sowie deren erkenntnistheoretische Limitierungen in verschiedenen konkreten Forschungsszenarien.	KI.SM.T.B1 Beschreiben den Funktionsumfang der genannten Technologien (vgl. KI.SM.T.N1) z. B. in Hinblick auf die Simulation von Mustern in großen und/oder komplexen Datensätzen.

Literatur

- Ackermann, M., & Haase, C. (2023). Machine learning-based identification of interpretable process-structure linkages in metal additive manufacturing. *Additive Manufacturing*, 71, 103585. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2023.103585>
- Akhtar, P., Ghouri, A. M., Khan, H. U. R., Amin Ul Haq, M., Awan, U., Zahoor, N., Khan, Z., & Ashraf, A. (2023). Detecting fake news and disinformation using artificial intelligence and machine learning to avoid supply chain disruptions. *Annals of Operations Research*, 327, 633–657. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-05015-5>
- Ampadu, Y. B. (2023). Handling big data in education: Educational problems. A review of educational data mining techniques for specific educational problems. *ACRT* 2, 1–16. <https://doi.org/10.5772/ACRT.17>
- André, E., Bauer, W. et al. (2021). *Kompetenzentwicklung für Künstliche Intelligenz. Veränderungen, Bedarfe und Handlungsoptionen. Whitepaper aus der Plattform Lernende Systeme*, München. https://doi.org/10.48669/pls_2021-2
- Arora, S., Narayan, A., Chen, M. F., Orr, L., Guha, N., Bhatia, K., Chami, I., Sala, F., & Ré, C. (2022). *Ask Me Anything: A simple strategy for prompting language models (Version 3)*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2210.02441>
- Banerji, A., Thyssen, C., Pampel, B., & Huwer, J. (2021). Naturwissenschaftsunterricht und Informatik – bringt zusammen, was zusammen gehört?! *ChemKon*, 28(6). <https://doi.org/10.1002/ckon.202100008>
- Bannai, T., Xu, H., Utsumi, N., Koo, E., Lu, K., & Kim, H. (2023). Multi-Task Learning for Simultaneous Retrievals of Passive Microwave Precipitation Estimates and Rain/No-Rain Classification. *Geophysical Research Letters*, 50(7), e2022GL102283. <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2022GL102283>
- 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 (Hrsg.), *Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung* (S. 99–120). <https://doi.org/10.17185/duerpublico/73330>
- Barnard, A. S., & Fox, B. L. (2023). Importance of Structural Features and the Influence of Individual Structures of Graphene Oxide Using Shapley Value Analysis. *Chemistry of Materials*, 35(21), 8840–8856. <https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.3c00715>
- Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C., & Kotzebue, L. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen Lehramtsstudierender der Naturwissenschaften – DiKoLAN. In S. Becker, J. Messinger-Koppelt, & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen: Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (S. 14–43). Joachim Herz Stiftung. https://www.joachim-herz-stiftung.de/fileadmin/Redaktion/Projekte/Naturwissenschaften/2020_Nawi_Digitale_Basiskompetenzen_web.pdf
- Berber, S., Brückner, M., Maurer, N., & Huwer, J. (2024). A Review of Artificial Intelligence in natural sciences – Implications for Teaching and Learning. *In review*.
- Birkelbach, L., Mader, C., & Rammel, C. (2020). *Lernen mit Künstlicher Intelligenz – Potenziale und Risiken von KI-Lernumgebungen im Hochschulbereich* [Whitepaper]. Wirtschaftsuniversität. Regional Centre of Expertise on Education for Sustainable Development. https://www.bmbwf.gv.at/dam/jcr:f525d2c6-efaf-4534-9c87-9fadb2a81a55/Studie_Lernen%20mit%20kuenstlicher%20Intelligenz.pdf
- Bitkom Research. (2023). *Repräsentative Umfrage unter 504 Schülerinnen und Schülern in Deutschland zwischen 14 und 19 Jahren im Auftrag des Digitalverbands Bitkom*. <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/ChatGPT-in-Schule-nutzen> (abgerufen am 20.06.2024).
- Bitkom Research. (2024). *Studie zur digitalen Teilhabe*, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Studie-digitale-Teilhabe-Haelfte-der-Deutschen-sorgt-sich-technische-Entwicklung-mithalten> (abgerufen am 20.06.2024)
- Boiko, D. A., MacKnight, R., Kline, B., & Gomes, G. (2023). Autonomous chemical research with large language models. *Nature*, 624(7992), 570–578. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06792-0>
- 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>
- Bryant, J., Heitz, C., Sanghvi, S., & Wagle, D. (2020). *How artificial intelligence will impact k-12 teachers*. McKinsey & Company.
- Callway, E. (2024, 19. Juli). Jeder kann jetzt Proteine falten. *Spektrum.de*. <https://www.spektrum.de/news/alphafold-2-jeder-kann-jetzt-proteine-falten/1896928> (abgerufen am 25.06.2024)
- Cardoso Rial, R. (2024). AI in analytical chemistry: Advancements, challenges, and future directions. *Talanta*, 274, 125949. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2024.125949>
- Carvalho, R. P., Brandell, D., & Araujo, C. M. (2023). An evolutionary-driven AI model discovering redox-stable organic electrode materials for alkali-ion batteries. *Energy Storage Materials*, 61, 102865. <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2023.102865>
- Chan, H.-P., Samala, R. K., Hadjiiski, L. M., & Zhou, C. (2020). Deep Learning in Medical Image Analysis. In G. Lee & H. Fujita (Hrsg.), *Deep Learning in Medical Image Analysis : Challenges and Applications* (S. 3–21). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33128-3_1
- Chang, D. H., Lin, M. P.-C., Hajian, S., & Wang, Q. Q. (2023). Educational Design Principles of Using AI Chatbot That Supports Self-Regulated Learning in Education: Goal Setting, Feedback, and Personalization. *Sustainability*, 15(17), 12921. <https://doi.org/10.3390/su151712921>
- Cheng, G., Zhang, F., Xing, Y., Hu, X., Zhang, H., Chen, S., Li, M., Peng, C., Ding, G., Zhang, D., Chen, P., Xia, Q., & Wu, M. (2022). Artificial Intelligence-Assisted Score Analysis for Predicting the Expression of the Immunotherapy Biomarker PD-L1 in Lung Cancer [Original Research]. *Frontiers in Immunology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.893198>

- Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A., & Bilyatdinova, A. (2018). Artificial Intelligence trends in education: A narrative overview. *Procedia Computer Science*, 136, 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.233>
- Cheuk, T. (2021). Can AI be racist? Color-evasiveness in the application of machine learning to science assessments. *Science Education*, 105(5), 825–836. <https://doi.org/10.1002/sce.21671>
- Díaz-Rovira, A. M., Martín, H., Beuming, T., Díaz, L., Guallar, V., & Ray, S. S. (2023). Are Deep Learning Structural Models Sufficiently Accurate for Virtual Screening? Application of Docking Algorithms to AlphaFold2 Predicted Structures. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 63(6), 1668–1674. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.2c01270>
- Diethelm, I., Bergner, N., Brinda, T., Dittert, N., Döbeli Honegger, B., Freudenberger, R., Funke, F., Hannappel, M., Hildebrandt, C., Humbert, L., Kramer, M., Losch, D., Nenner, C., Pampel, B., Schmitz, D., Spalteholz, W., & Weinert, M. (2023). *Informatikkompetenzen für alle Lehrkräfte – Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V. (GI)*. https://doi.org/10.18420/rec2023_064
- Duan, Y., Edwards, J. S., & Dwivedi, Y. K. (2019). Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data–evolution, challenges and research agenda. *International Journal of Information Management*, 48, 63–71.
- 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). <https://doi.org/10.25656/01:8341>
- El-Bakry, M. Y., & El-Metwally, K. A. (2003). Neural network model for proton-proton collision at high energy. *Chaos Solitons & Fractals*, 16(2), 279–285, Article Pii 50960-0779(02)00318-1. [https://doi.org/10.1016/S0960-0779\(02\)00318-1](https://doi.org/10.1016/S0960-0779(02)00318-1)
- Essegián, D. J., Chavez, V., Khurshid, R., Merchan, J. R., & Schürer, S. C. (2023). AI-Assisted chemical probe discovery for the understudied Calcium-Calmodulin Dependent Kinase, PNCK. *PLOS Computational Biology*, 19(5), e1010263. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1010263>
- Europäische Kommission, Generaldirektion Bildung, Jugend, Sport und Kultur. (2022). *Ethische Leitlinien für Lehrkräfte über die Nutzung von KI und Daten für Lehr- und Lernzwecke*. Zugriff am 27.09.2023.
- Gomollón-Bel, F. (2023). IUPAC's 2023 Top Ten Emerging Technologies in Chemistry. *Chemistry International*, 45(4), 14–22. <https://doi.org/10.1515/ci-2023-0403>
- Graille, M., Sacquin-Mora, S., & Taly, A. (2023). Best Practices of Using AI-Based Models in Crystallography and Their Impact in Structural Biology. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 63(12), 3637–3646. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.3c00381>
- Grand View Research. (2021). Artificial Intelligence Market Size, Share & Trends Analysis Report By Solution, By Technology (Deep Learning, Machine Learning), By End-Use, By Region, And Segment Forecasts, 2023–2030.
- Grundner, A., Beucler, T., Gentine, P., Iglesias-Suarez, F., Giorgetta, M. A., & Eyring, V. (2022). Deep Learning Based Cloud Cover Parameterization for ICON. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 14(12), e2021MS002959. <https://doi.org/10.1029/2021MS002959>
- Guastavino, S., Candiani, V., Bemporad, A., Marchetti, F., Benvenuto, F., Massone, A. M., Mancuso, S., Susino, R., Telloni, D., Fineschi, S., & Piana, M. (2023). Physics-driven Machine Learning for the Prediction of Coronal Mass Ejections' Travel Times. *The Astrophysical Journal*, 954(2), 151. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ace62d>
- Heeg, D. M., & Avraamidou, L. (2023). The use of Artificial intelligence in school science: a systematic literature review. *Educational Media International*, 60(2), 125–150. <https://doi.org/10.1080/09523987.2023.2264990>
- Hohenstein, J., Kizilcec, R. F., DiFranzo, D., Aghajari, Z., Mieczkowski, H., Levy, K., Naaman, M., Hancock, J., & Jung, M. F. (2023). Artificial intelligence in communication impacts language and social relationships. *Scientific Reports*, 13(1), 5487. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30938-9>
- Howard, T. (2011). Coronal Mass Ejections. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8789-1>
- 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.
- Ishida, S., Terayama, K., Kojima, R., Takasu, K., & Okuno, Y. (2022). AI-Driven Synthetic Route Design Incorporated with Retrosynthesis Knowledge. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 62(6), 1357–1367. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.1c01074>
- Jacobs, L. (2024, 13. Juni). Künstliche Intelligenz – „Ich lasse die Arbeit liegen wie einen Teig, der ruhen muss“. *Zeit Online*. <https://www.zeit.de/arbeit/2024-06/kuenstliche-intelligenz-arbeit-buero-manager> (abgerufen am 20.06.2024)
- Jumper, J., Evans, R., Pritzel, A., Green, T., Figurnov, M., Ronneberger, O., Tunyasuvunakool, K., Bates, R., Žídek, A., Potapenko, A., Bridgland, A., Meyer, C., Kohl, S. A. A., Ballard, A. J., Cowie, A., Romera-Paredes, B., Nikolov, S., Jain, R., Adler, J., ... Hassabis, D. (2021). Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature*, 596(7873), 583–589. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03819-2>
- Jumper, J. M., et al. (2024). Accurate structure prediction of biomolecular interactions with AlphaFold 3. *Nature*, 630(8016), 493–500. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07487-w>
- Kang, P.-L., Shi, Y.-F., Shang, C., & Liu, Z.-P. (2022). Artificial intelligence pathway search to resolve catalytic glycerol hydrogenolysis selectivity. *Chemical Science*, 13(27), 8148–8160. <https://doi.org/10.1039/D2SC02107B>
- KMK. (2017). *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016 in der Fassung vom 07.12.2017.
- KMK. (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
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Journal of Education*, 193(3), 13–19. <https://doi.org/10.1177/002205741319300303>

- Kron, F.W. (2004). *Grundwissen Didaktik* (2. Auflage). München: UTB.
- LabTwin GmbH. (2024). *LabTwin, the Leading Smart Lab Assistant*. LabTwin GmbH. Retrieved 23.05.2024 from <https://www.labtwin.com/>
- LabVoice. (2024). The LabVoice Platform. Retrieved 23.05.2024 from <https://www.labvoice.ai/>
- Lin, M. H., Tu, Z., & Coley, C. W. (2022). Improving the performance of models for one-step retrosynthesis through re-ranking. *Journal of Cheminformatics*, 14(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s13321-022-00594-8>
- Liu, B., Ramsundar, B., Kawthekar, P., Shi, J., Gomes, J., Luu Nguyen, Q., Ho, S., Sloane, J., Wender, P., & Pande, V. (2017). Retrosynthetic Reaction Prediction Using Neural Sequence-to-Sequence Models. *ACS Central Science*, 3(10), 1103-1113. <https://doi.org/10.1021/acscentsci.7b00303>
- Liu, Y., Huang, H., Sun, Y., Li, Y., Luo, B., Cui, J., Zhu, M., Bi, F., Chen, K., & Liu, Y. (2022). Monosodium Glutamate-Induced Mouse Model With Unique Diabetic Retinal Neuropathy Features and Artificial Intelligence Techniques for Quantitative Evaluation [Original Research]. *Frontiers in Immunology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.862702>
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Corcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson. <https://static.googleusercontent.com/media/edu.google.com/de//pdfs/Intelligence-Unleashed-Publication.pdf>
- Maki, J., Oshimura, A., Tsukano, C., Yanagita, R. C., Saito, Y., Sakakibara, Y., & Irie, K. (2022). AI and computational chemistry-accelerated development of an alotaketal analogue with conventional PKC selectivity. *Chemical Communications*, 58(47), 6693-6696. <https://doi.org/10.1039/D2CC01759H>
- 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.
- Merchant, A., & Cubuk, E. D. (2023, 29. November). Millions of new materials discovered with deep learning. *Google DeepMind*. <https://deepmind.google/discover/blog/millions-of-new-materials-discovered-with-deep-learning/> (abgerufen am 25.06.2024)
- 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>
- Murphy, R. (2019). *Artificial intelligence applications to support K-12 teachers and teaching: A review of promising applications, challenges, and risks*. RAND Corporation.
- Ng, D. T. K., et al. (2024). Empowering student self-regulated learning and science education through ChatGPT: A pioneering pilot study. *British Journal of Educational Technology*, 55. <https://doi.org/10.1111/bjet.13454>
- OECD (2020). *Künstliche Intelligenz in der Gesellschaft*. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/6b89dea3-de>
- OECD (2023). *OECD Employment Outlook 2023: Artificial Intelligence and the Labour Market*. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/08785bba-en>
- Omana Kuttan, M. (2023). *Artificial intelligence in heavy-ion collisions: Bridging the gap between theory and experiments* [Goethe Universität Frankfurt am Main]. <https://doi.org/10.21248/gups.79444>
- Ouyang, F., & Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100020>
- Pandey, P., & MacKerell, A. D., Jr. (2023). Combining SILCS and Artificial Intelligence for High-Throughput Prediction of the Passive Permeability of Drug Molecules. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 63(18), 5903-5915. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.3c00514>
- Portenoy, J., Radensky, M., West, J., Horvitz, E., Weld, D., & Hope, T. (2021). Bursting scientific filter bubbles: Boosting innovation via novel author discovery. *arXiv*. <http://arxiv.org/pdf/2108.05669>
- Puentedura, R. (2006). Transformation, Technology, and Education. http://hippasus.com/resources/tte/puentedura_tte.pdf (letzter Zugriff am 16.06.2024).
- Redecker, C. (2017). *European framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu* (No. JRC107466). Joint Research Centre (Seville site).
- Ren, F., Ding, X., Zheng, M., Korzinkin, M., Cai, X., Zhu, W., Mantsyzov, A., Aliper, A., Aladinskiy, V., Cao, Z., Kong, S., Long, X., Man Liu, B. H., Liu, Y., Naumov, V., Shneyderman, A., Ozerov, I. V., Wang, J., Pun, F. W., ... Zhavoronkov, A. (2023). AlphaFold accelerates artificial intelligence powered drug discovery: efficient discovery of a novel CDK20 small molecule inhibitor. *Chemical Science*, 14(6), 1443-1452. <https://doi.org/10.1039/D2SC05709C>
- Roll, I., & Wylie, R. (2016). Evolution and Revolution in Artificial Intelligence in Education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 582–599. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0110-3>
- Sabzevari, M., Szedmak, S., Penttilä, M., Jouhten, P., & Rousu, J. (2022). Strain design optimization using reinforcement learning. *PLOS Computational Biology*, 18(6), e1010177. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1010177>
- Salas-Pilco, S., Xiao, K., & Hu, X. (2022). Artificial Intelligence and Learning Analytics in Teacher Education: A Systematic Review. *Education Sciences*, 12(8), 569. <https://doi.org/10.3390/educsci12080569>
- Scheidig, F., & Holmeier, M. (2021). Learning Analytics aus institutioneller Perspektive: Ein Orientierungsrahmen für die hochschulische Datennutzung. In Geschäftsstelle beim Stifterverband (Hrsg.), *Digitalisierung in Studium und Lehre gemeinsam gestalten* (S. 215–231). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32849-8_13

- Schmid, U., Blanc, B., & Toepel, M. (2021). *KI@Bildung: Lehren und Lernen in der Schule mit Werkzeugen Künstlicher Intelligenz*. Deutsche Telekom Stiftung. https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/media/publications/KI_Bildung_Schlussbericht.pdf (online abgerufen am 05.04.22)
- Schauperl, M., & Denny, R. A. (2022). AI-Based Protein Structure Prediction in Drug Discovery: Impacts and Challenges. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 62(13), 3142–3156. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.2c00026>
- Segler, M. H. S., & Waller, M. P. (2017). Neural-Symbolic Machine Learning for Retrosynthesis and Reaction Prediction. *Chemistry – A European Journal*, 23(25), 5966–5971. <https://doi.org/10.1002/chem.201605499>
- Service, R. F. (2020). 'The game has changed.' AI triumphs at protein folding. *Science*, 370(6521), 1144–1145. <https://doi.org/10.1126/science.370.6521.1144>
- Signoroni, A., Ferrari, A., Lombardi, S., Savardi, M., Fontana, S., & Culbreath, K. (2023). Hierarchical AI enables global interpretation of culture plates in the era of digital microbiology. *Nature Communications*, 14(1), 6874. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-42563-1>
- SWK. (2022). *Digitalisierung im Bildungssystem: Handlungsempfehlungen von der Kita bis zur Hochschule*. SWK. <https://doi.org/10.25656/01:25274>
- SWK. (2024). *Large Language Models und ihre Potenziale im Bildungssystem. Impulspapier der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission der Kultusministerkonferenz*. Zugriff am 20.06.2024 auf https://www.swk-bildung.org/content/uploads/2024/02/SWK-2024-Impulspapier_LargeLanguageModels.pdf
- Thyssen, C., Huwer, J., Irion, T., & Schaal, S. (2023). From TPACK to DPACK: The Digitality-Related Pedagogical and Content Knowledge-Model in STEM-Education. *Education Sciences*, 13(8), 769. <https://doi.org/10.3390/educsci13080769>
- Telekom MMS GmbH. (2024). *transcribby AI. KI Simultan-übersetzer und Transkription*. Deutsche Telekom MMS GmbH. Retrieved 27.05.2024 from <https://www.telekom-mms.com/kuenstliche-intelligenz/ki-loesung/ki-simultanuebersetzer#c25855>
- Ungerer, L., & Slade, S. (2022). Ethical Considerations of Artificial Intelligence in Learning Analytics in Distance Education Contexts. In P. Prinsloo, S. Slade & M. Khalil (Hrsg.), *SpringerBriefs in Education. Learning Analytics in Open and Distributed Learning* (S. 105–120). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0786-9_8
- van Breugel, M., Rosa e Silva, I., & Andreeva, A. (2022). Structural validation and assessment of AlphaFold2 predictions for centrosomal and centriolar proteins and their complexes. *Communications Biology*, 5(1), 312. <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03269-0>
- Vereinte Nationen – Regionales Informationszentrum für Westeuropa. (2021). *SDG 4*. <https://unric.org/de/17ziele/sdg-4/> (Zuletzt aktualisiert am 18.05.2021, zuletzt geprüft am 11.06.2024).
- Vilhekar, R. S., & Rawekar, A. (2024). Artificial Intelligence in Genetics. *Cureus*, 16(1), e52035. <https://doi.org/10.7759/cureus.52035>
- Visvizi, A., & Lytras, M. D. (Hrsg.). (2019). *Politics and Technology in the Post-Truth Era*. Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-78756-983-620191001>
- Volk, A. A., Epps, R. W., Yonemoto, D. T., Masters, B. S., Castellano, F. N., Reyes, K. G., & Abolhasani, M. (2023). AlphaFlow: autonomous discovery and optimization of multi-step chemistry using a self-driven fluidic lab guided by reinforcement learning. *Nature Communications*, 14(1), 1403. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37139-y>
- World Economic Forum. (2018). *The Future of Jobs Report 2018*. Genf. Forum, W. E. (2018). <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2018/>
- Xing, Z., Jiang, Y., Zogona, D., Wu, T., & Xu, X. (2023). Fully nondestructive analysis of capsaicinoids electrochemistry data with deep neural network enables portable system. *Food Chemistry*, 417, 135882. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135882>
- Xu, Y., Ye, S., & Zhu, X. (2023). The ScholarNet and Artificial Intelligence (AI) Supervisor in Material Science Research. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 14(36), 7981–7991. <https://doi.org/10.1021/acs.jpclett.3c01668>
- Yan, J., Bhadra, P., Li, A., Sethiya, P., Qin, L., Tai, H. K., Wong, K. H., & Siu, S. W. I. (2020). Deep-AmPEP30: Improve Short Antimicrobial Peptides Prediction with Deep Learning. *Molecular Therapy – Nucleic Acids*, 20, 882–894. <https://doi.org/10.1016/j.omtn.2020.05.006>
- Yang, Z., Zeng, X., Zhao, Y., & Chen, R. (2023). AlphaFold2 and its applications in the fields of biology and medicine. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 8(1), 115. <https://doi.org/10.1038/s41392-023-01381-z>
- Zhai, X., He, P., & Krajcik, J. (2022). Applying machine learning to automatically assess scientific models. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(10), 1765–1794. <https://doi.org/10.1002/tea.21773>
- Zhai, X., & Nehm, R. H. (2023). AI and formative assessment: The train has left the station. *Journal of Research in Science Teaching*, 60(6), 1390–1398. <https://doi.org/10.1002/tea.21885>
- Zhang, P., Wang, H., Xu, H., Wei, L., Liu, L., Hu, Z., & Wang, X. (2023). Deep flanking sequence engineering for efficient promoter design using DeepSEED. *Nature Communications*, 14(1), 6309. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41899-y>
- Zhang, P., & Tur, G. (2024). A systematic review of ChatGPT use in K-12 education. *European Journal of Education*, 59(2), e12599. <https://doi.org/10.1111/ejed.12599>
- Zheng, Z., Zhang, O., Nguyen, H. L., Rampal, N., Alawadhi, A. H., Rong, Z., Head-Gordon, T., Borgs, C., Chayes, J. T., & Yaghi, O. M. (2023). ChatGPT Research Group for Optimizing the Crystallinity of MOFs and COFs. *ACS Central Science*, 9(11), 2161–2170. <https://doi.org/10.1021/acscentsci.3c01087>

Praxisbeispiele für die Lehrpersonenbildung in den Naturwissenschaften



BioLogisch Denken: Mit KI Computational Thinking und naturwissenschaftliches Forschen verknüpfen

In BioLogisch Denken werden generative Large Language Models (LLMs) genutzt, um Biologie-Lehramtsstudierenden Kompetenzen in Computational Thinking und Scientific Reasoning zu vermitteln. Die Studierenden entwickeln eigenständig digitale Messwerterfassungssysteme. LLMs unterstützen sie bei der Planung des Layouts und der Programmierung. Mit den Messwerterfassungssystemen wird im Anschluss experimentiert. Studierende erwerben dadurch praxisnah Teilkompetenzen im Bereich des Computational Thinking und Scientific Reasoning. Die innovative Nutzung von LLMs eröffnet neue Perspektiven für das naturwissenschaftliche Lehramtsstudium.

Verortung in der Lehrpersonenbildung

- ◆ Entwickelt an der Pädagogischen Hochschule Weingarten
- ◆ Fächer: Biologie, Chemie, Physik, Sachunterricht
- ◆ Institutionelle Einbindung: Seminar
- ◆ Zielgruppe: Lehramtsstudierende ab dem 4. Fachsemester

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ Generative LLMs (z. B. Open AI chatGPT, Google Gemini, Perplexity)
- ◆ Zielgerichtetes Prompting mit generativen LLMs zur Programmierung der Mikrocontroller
- ◆ Zielgerichtete Lösung technischer Problemstellungen unter Zuhilfenahme von LLMs

Vorwissen der Teilnehmenden

- ◆ Die Teilnehmenden haben grundlegendes fachinhaltliches Vorwissen
- ◆ Die Teilnehmenden haben grundlegendes fachmethodisches Vorwissen zur Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten
- ◆ Die Teilnehmenden haben kein Vorwissen zu Mikrocontrollern, weder zu deren Verschaltung noch zu deren Programmierung

Praktische Tipps zur Durchführung

- ◆ Gegebenenfalls Expertise von Lehrenden anderer Disziplinen in das Seminar einbinden (z.B. Informatik, Technik etc.)
- ◆ Authentizität und Relevanz der Seminarinhalte für die spätere Berufstätigkeit betonen
- ◆ Sich der hohen kognitiven Belastung durch die Inhalte bewusst sein und die LLMs als adaptive Unterstützungssysteme einbinden
- ◆ Lehrendenrolle im Sinne projektorientierten Arbeitens vor allem als Prozessberatung verstehen

Einordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen ○ ○ ○ ○ ○		
Allgemeinere Kompetenzen		
Assessment, Feedback, Adaptivität	○ ○ ○ ○ ○	
Dokumentation	○ ○ ○ ○ ○	
Präsentation	○ ○ ○ ○ ○	
Kommunikation/Kollaboration	○ ○ ○ ○ ○	
Recherche und Bewertung	● ● ● ○ ○	KI.RB.F.B1, KI.RB.F.B2, KI.RB.F.B3, KI.RB.F.B4, KI.RB.F.A1, KI.RB.T.A1
Fachspezifischere Kompetenzen		
Messwert- und Datenerfassung	○ ○ ○ ○ ○	
Datenverarbeitung	○ ○ ○ ○ ○	
Simulation und Modellierung	○ ○ ○ ○ ○	

▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzen

Beschreibung des Lehrvorhabens

Im Projekt werden digitale Messsensoren entwickelt, die anschließend genutzt werden, um Hypothesen zu einer naturwissenschaftlichen Fragestellung aufzustellen und darauf bezogene Messungen durchzuführen. Zum Beispiel wird ein CO₂-Sensor hergestellt, der dann für die Messung der Fotosyntheseleistung von Pflanzen unter unterschiedlichen Bedingungen eingesetzt werden kann. LLMs dienen dazu, die Studierenden ohne Vorkenntnisse zu Mikrocontrollern und zu Programmiersprachen bei der Entwicklung der Sensoren zu begleiten und zu unterstützen. Ziel des Vorgehens ist die parallele Vermittlung von Teilkompetenzen des Scientific Reasoning (SR), des Prompting und des Computational Thinking (CT). Computational Thinking als mathematisch-logische Problemlösungskompetenz (Wing, 2006) ist bislang im Lehramtsstudium wenig präsent trotz der Nähe zu Kompetenzen wissenschaftlichen Denkens.

Organisatorisches:

- ◆ Seminarveranstaltung (ca. 13 Termine)
- ◆ max. 25 Teilnehmende
- ◆ Projektorientierung mit ausreichend selbstorganisierter Gruppenarbeit

Seminarstruktur:

- ◆ Block 1: Inhaltliche, organisatorische und technische Einführung (ca. 4 Termine)
- ◆ Block 2: Entwicklungsphase (ca. 6 Termine)
- ◆ Block 3: Naturwissenschaftliches Experimentieren (ca. 2-4 Termine)

Notwendige Hardware:

- ◆ Mikrocontroller (Arduino UNO R4 WiFi)
- ◆ CO₂-Sensor (SEEED SCD41)
- ◆ O₂-Sensor (SEEED ME-o2-D20)
- ◆ Powerbank
- ◆ Jumper-Kabel (Grove)
- ◆ Verbindungskabel (USB-C)
- ◆ Laptop/PC



▲ **Abb. 2** Messstation in der Anwendung

- ◆ Luftdichter Aufbewahrungsbehälter
- ◆ Pflanzenmaterial

Notwendige Software/Anwendungen:

- ◆ Programmierumgebung (Arduino IDE)
- ◆ Auswahl an LLMs
- ◆ Arduino IoT Cloud

Das Seminar beginnt mit einer vorformulierten biologischen Fragestellung an einem lebensweltlichen Beispiel, zu deren Untersuchung Messwerte erfasst werden müssen. Im hier vorgestellten Beispiel wird vor dem Hintergrund der Auswirkungen des Klimawandels die Frage untersucht, wie sich Temperaturveränderungen auf die Fotosyntheseleistung von Pflanzen auswirken. Die Studierenden erhalten Inputs hinsichtlich der inhaltlichen (Fotosynthese und Klimawandel), organisatorischen (agiles Projektmanagement) sowie technischen (Hard- und Software zur Messwerterfassung) Grundlagen und planen darauf aufbauend ihr Untersuchungsvorhaben. Dies beinhaltet die Formulierung von Hypothesen, die Entwicklung eines experimentellen Untersuchungsdesigns sowie die Ableitung von Anforderungen an

das zu entwickelnde Messwerterfassungssystem. Anschließend entwickeln und programmieren sie in Gruppenarbeit unter Zuhilfenahme generativer LLMs digitale Messstationen. Diesbezüglich wird den Teilnehmenden vorab ein Prompt mit den relevanten Informationen (Hardware-Bezeichnungen, Bibliotheken etc.) sowie ein Prompting-Guide zur Verfügung gestellt. Die entwickelten Prototypen der Messwerterfassungssysteme werden getestet und optimiert. Nach Fertigstellung werden sie genutzt, um die zuvor formulierten Hypothesen zu untersuchen. Im Seminarverlauf tauschen sich die Gruppen über ihre (Zwischen-) Ergebnisse aus.

Auf diese Weise erlernen die Teilnehmenden Kompetenzen zu CT und SR in einem authentischen Szenario. Neu und innovativ am Projekt ist, dass die Förderung von CT bislang nur als Add-on in das Curriculum des Lehramtsstudiums integrierbar und daher zeitlich kaum realisierbar war. Die Entwicklungen im Bereich KI-basierter Sprachmodelle schaffen diesbezüglich neue Perspektiven, da LLMs performante Programmierwerkzeuge darstellen (Kiesler & Schiffner, 2023).

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Bei der Durchführung haben die Studierenden innovative Wege entdeckt, um LLMs in ihre Arbeitsabläufe einzubinden. Wie vorhergesehen hatten die Studierenden vor dem Projekt nahezu keine Kenntnisse im Umgang mit Mikrocontrollern und kannten auch keine Programmiersprachen.

Kenntnisse im Umgang mit LLMs waren rudimentär vorhanden. Einigen Teilnehmenden war ausschließlich ChatGPT bekannt.

Die vergleichsweise einfache Möglichkeit, mit dem Arduino Aufgaben umzusetzen, überraschte und begeisterte die Studierenden zugleich. Zudem wurde für sie das Potenzial, das das Programmieren mit LLM-Unterstützung bietet, schnell ersichtlich, denn plötzlich war Programmieren durch sprachliches Prompting auch ohne Vorkenntnisse möglich. Die anfängliche Skepsis der Studierenden gegenüber den technischen Herausforderungen wich einer wachsenden Zu-

versicht und Motivation, wodurch sich Unsicherheiten auflösten.

Das Projekt verdeutlicht, dass kostengünstige Messsensoren auch von unerfahrenen Lehrkräften hergestellt werden können. Damit wird die im Lehrmittelhandel teuer zu erwerbende Hardware auch für Schulen mit begrenzten Mitteln finanzierbar, sodass dort Experimente durchgeführt werden können, die bislang unmöglich waren.

Lessons Learned:

- ◆ Regelmäßige Teilnahme (gerade in der Instruktionsphase) wichtig
- ◆ Unerwartete Erfolge bei der Arbeit motivieren Studierende
- ◆ LLM wird als adaptives Unterstützungssystem von Studierenden und Lehrenden angenommen

Über die Autoren

- **Jan Wiedenmann** hat Lehramt Sekundarstufe 1 mit den Fächern Biologie und Chemie studiert und promoviert derzeit in der Didaktik der Biologie an der PH Weingarten. Seine Forschungsinteressen liegen in der Förderung von Computational Thinking und Scientific Reasoning bei Biologie-Lehramtsstudierenden unter Verwendung von LLMs. Er ist akademischer Mitarbeiter im pädagogischen Makerspace CoLiLab.
- **Alexander Aumann** befindet sich in der Endphase seiner Promotion, in der er sich mit der Übertragbarkeit universitär erworbenen TPACKs von Biologie-Lehramtsstudierenden auf die Unterrichtspraxis beschäftigt. Er ist Junior-Fellow des Kolleg Didaktik:digital der Joachim Herz Stiftung und führt den pädagogischen Makerspace der PH Weingarten.
- **Prof. Dr. Holger Weitzel** ist Professor für naturwissenschaftliches Lernen an der PH Weingarten und leitet den pädagogischen Makerspace (CoLiLab). Seine Forschungsschwerpunkte sind naturwissenschaftliche Lehr-Lernforschung und Professionalisierungsforschung, insbesondere unter Nutzung digitaler Technologien.

Literatur

- Kiesler, N., & Schiffner, D. (2023). *Large Language Models in Introductory Programming Education: ChatGPT's Performance and Implications for Assessments*. arXiv, <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2308.08572>
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>

ChemStrucLearn – KI-basierte Bilderkennung zur Diagnose von Schülerfehlern beim Zeichnen von Strukturformeln

Das Lehrvorhaben ChemStrucLearn zielt darauf ab, angehenden Gymnasiallehrpersonen der naturwissenschaftlichen Fächer die Grundlagen der KI-basierten Bilderkennung zu vermitteln. Im Fokus steht die Anwendung eines YOLO-Modells zur Erkennung handgezeichneter chemischer Strukturformeln. Die Teilnehmenden erlernen die Datensammlung und Annotation, das Training und die Optimierung des Modells sowie dessen Einsatz im Unterricht. Besonderes Augenmerk liegt auf der Erkennung typischer Schülerfehler, der Einrichtung individueller Lernwege und der Integration adaptiven Lernens in den Unterricht.

Verortung in der Lehrpersonenbildung

- ◆ Entwickelt an der Pädagogischen Hochschule Thurgau, der Ostschweizer Fachhochschule und der Universität Konstanz
- ◆ Fach: Chemie, eingebunden in die Fachdidaktik der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer
- ◆ Zielgruppe: Studierende im Lehrdiplomstudengang Sekundarstufe 2 (Schweiz) oder Master of Education (Deutschland)
- ◆ Teilnehmendenzahl: 10–25

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ Roboflow (zum Annotieren des Datensatzes)
- ◆ YOLO (zum Erkennen von Objekten)
- ◆ OrChemSTAR (als unterrichtsbezogenes Anwendungsbeispiel)

Vorkenntnisse der Teilnehmenden

Die Teilnehmenden benötigen keine besonderen technischen Vorkenntnisse. Jedoch sollten sie das Lesen und Zeichnen von Strukturformeln sowie Grundlagen der Organischen Chemie beherrschen.

Praktische Tipps zur Durchführung

Das Lehrvorhaben kann modular in bestehende Seminare eingebunden werden. Dabei sollte allerdings beachtet werden, dass das Training der Modelle umfangreiche Rechenzeit benötigt und daher außerhalb der Seminarzeit zwischen zwei Seminareinheiten vorgenommen werden sollte.

Einordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen ○ ○ ○ ○ ○		
Allgemeinere Kompetenzen		
Assessment, Feedback, Adaptivität	○ ○ ○ ○ ○	
Dokumentation	○ ○ ○ ○ ○	
Präsentation	○ ○ ○ ○ ○	
Kommunikation/Kollaboration	○ ○ ○ ○ ○	
Recherche und Bewertung	○ ○ ○ ○ ○	
Fachspezifischere Kompetenzen		
Messwert- und Datenerfassung	● ● ● ● ●	KI.MD.T.N1, KI.MD.T.B1, KI.MD.M.N1, KI.MD.M.B1, KI.MD.U.N2, KI.MD.U.B1, KI.MD.U.A1
Datenverarbeitung	● ● ● ● ●	KI.DV.T.N2/3, KI.DV.T.N8, KI.DV.T.B1, KI.DV.T.A1, KI.DV.F.N1/2, KI.DV.M.N1/2, KI.DV.M.B2, KI.DV.U.N1/2, KI.DV.U.A1
Simulation und Modellierung	○ ○ ○ ○ ○	

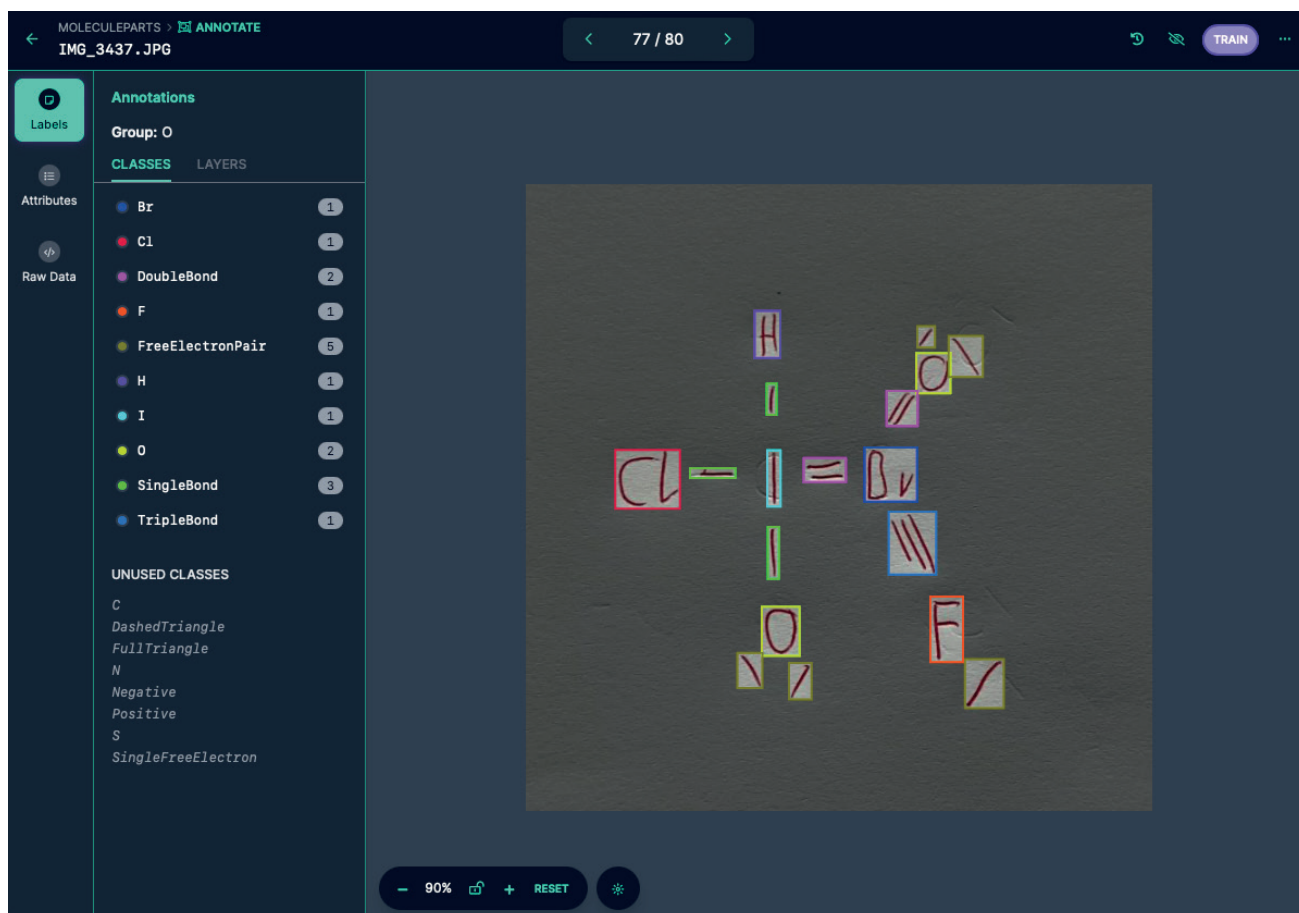
▲ Abb. 1 Adressierte Kompetenzen

Beschreibung des Lehrvorhabens

Das Lehrprojekt ChemStrucLearn richtet sich an angehende Gymnasiallehrpersonen der naturwissenschaftlichen Fächer und hat das Ziel, ihnen die Grundlagen der KI-basierten Bilderkennung zu vermitteln. Sie sollen in die Lage versetzt werden, ein YOLO-Modell (You Only Look Once; Jiang et al., 2022) mit handgezeichneten chemischen Strukturformeln zu trainieren und das Modell im Unterricht zu nutzen. Die Teilnehmenden lernen dabei sowohl die technischen Aspekte der Modellierung als auch die praktischen Anwendungen im Schulalltag kennen und können das Vorgehen in der Entwicklung sowie die Funktionsweise der KI-basierten Augmented-Reality-App OrChemSTAR (Schweizerischer Nationalfonds, 2024) nachvollziehen.

Zu Beginn erhalten die Studierenden eine Einführung in die theoretischen Grundlagen von Künstlicher Intelligenz (KI) und KI-basierter Bilderkennung. Hierbei werden aktuelle Anwendungen dieser Technologien in der Bildung vorgestellt, um ein grundlegendes Verständnis

zu schaffen und mögliche Anwendungsfelder im naturwissenschaftlichen Unterricht aufzuzeigen. Anschließend sammeln die Teilnehmenden handgezeichnete chemische Strukturformeln und annotieren diese mit Roboflow (Roboflow, 2024). Die Erstellung eines geeigneten Datensatzes für das Training des YOLO-Modells steht hierbei im Mittelpunkt (Ultralytics, 2024). Insbesondere erkennen die Studierenden, welchen Einfluss die Häufigkeit des Vorkommens einzelner Objektbestandteile im Trainingsdatensatz für die sogenannte Modellgesundheit hat, und optimieren den Trainingsdatensatz entsprechend. Nach der ersten Datenerstellung und Annotation beginnt die Phase des Modelltrainings. Die angehenden Lehrpersonen richten die Trainingsumgebung ein und trainieren das Modell mit den annotierten Daten. Während dieser Phase des Seminars liegt ein besonderer Fokus auf der Evaluierung und Optimierung der Modellleistung, um sicherzustellen, dass das Modell präzise und zuverlässig arbeiten kann.



▲ Abb. 2 Komponenten chemischer Strukturformeln werden in roboflow annotiert.

In der technischen Anwendungsphase konzentriert sich das Projekt auf die Erkennung typischer Schülerinnen- und Schülerfehler beim Zeichnen von chemischen Strukturformeln. Die Studierenden analysieren häufige Fehler, die Schülerinnen und Schüler beim Zeichnen der Strukturformeln machen und passen die Modellarchitektur oder den Datensatz so an, dass das Modell die handgezeichneten Molekülteile erkennen kann, sodass diese Fehler nach einem Fehlererkennungsalgorithmus aufgedeckt und entsprechende Rückmeldungen gegeben werden können. Diese Funktion soll dazu beitragen, den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler zu unterstützen und ihnen individuelle Hilfestellungen zu bieten. Eine weitere wichtige Anwendungsphase ist die Integration der trainierten Modelle in den Unterricht. Die Teilnehmenden entwickeln entsprechende Unterrichtsmaterialien und -strategien. Sie simulieren Unterrichtseinheiten, in denen das trainierte Modell zum Einsatz kommt, und passen die Materialien basierend auf dem Feedback an. Das Projekt endet mit einer Abschlusspräsentation, in der die

Studierenden ihre Projektergebnisse vorstellen und über ihre Erfahrungen reflektieren. Diese Reflexion ist entscheidend, um den Lernprozess zu bewerten und zukünftige Anwendungen der KI-Modelle im Unterricht zu planen.

Durch ChemStrucLearn sollen (angehende) Lehrpersonen fundierte Kenntnisse in der Anwendung von KI-gestützter Bilderkennung erwerben und in der Lage sein, diese Kenntnisse in ihrem Unterricht anzuwenden. Erwartet wird, dass sie innovative Unterrichtskonzepte entwickeln, die die Fehlererkennung und -rückmeldung durch KI nutzen, und damit den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler verbessern.

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Für die Durchführung des Projekts werden Ressourcen wie der Zugang zu Roboflow und relevanten Datenannotationstools, Computer mit ausreichender Rechenleistung für das Training der Modelle sowie Beispielmaterialien benötigt. Herausforderungen des Projekts können der Zeitaufwand für die Erstellung und Annotation der Datensätze sowie das Training des Modells sein (man benötigt derzeit etwa 16 Stunden für das Modelltraining auf einem Laptop mit einer RTX 5000 und 16GB VRAM). Zudem muss die Integration der Modelle in bestehende Unterrichtskonzepte sorgfältig geplant werden. Insgesamt hat

ChemStrucLearn das Potenzial, angehende Gymnasiallehrpersonen in die moderne Technologie der KI-basierten Bilderkennung einzuführen und ihnen zu zeigen, wie sie diese zur Unterstützung des naturwissenschaftlichen Unterrichts nutzen können. Durch individuelle Rückmeldungen und adaptive Lernwege sollen die Schülerinnen und Schüler besser gefördert und ihr Lernprozess effizienter gestaltet werden. Mit diesem Projekt sollen angehende Lehrpersonen befähigt werden, den Chemieunterricht innovativer zu gestalten und den Einsatz moderner Technologien in der Bildung voranzutreiben.

Über die Autorin und die Autoren

- **Dr. Lars-Jochen Thoms** ist Dozent an der PH Thurgau und Postdoc an der Uni Konstanz und leitet das SNF-Projekt „OrChemSTAR – Organic Chemistry Science Teaching and Learning with Augmented Reality“.
- **Tobias Rothlin** ist Projektmitarbeiter in OrChemSTAR an der Ostschweizer Fachhochschule.
- **Prof. Dr. Mitra Purandare** ist Professorin für AI Applications and Deployment am Institut für Software der Ostschweizer Fachhochschule.
- **Prof. Dr. Frieder Loch** ist Professor für User-Centered Design an der Ostschweizer Fachhochschule.
- **Prof. Dr. Johannes Huwer** ist Brückenprofessor für Fachdidaktik der Naturwissenschaften an der Universität Konstanz und der Pädagogischen Hochschule Thurgau.

Literatur

- Jiang, P., Ergu, D., Liu, F., Cai, Y., & Ma, B. (2022). A Review of Yolo Algorithm Developments. *Proc. Comp. Sci.*, 199, 1066–1073. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.135>
- Roboflow. (2024). *Roboflow: Roboflow AI Vision – Build better computer vision models, faster*. Abgerufen am 7. Juni 2024, von <https://roboflow.com/>
- Schweizerischer Nationalfonds. (2024). OrChemSTAR – Organic Chemistry Science Teaching and Learning with Augmented Reality. *SNSF Data Portal*. Abgerufen am 7. Juni 2024, von <https://data.snf.ch/grants/grant/221108>
- Ultralytics. (2024). *Ultralytics YOLO documentation*. Abgerufen am 22. Juni 2024, von <https://docs.ultralytics.com>

Das Würzburger KI-Projekt: ChatGPT als Reflexionscoach im Lehr-Lern-Labor-Seminar Physik

Das Lehr-Lern-Labor Physik der Universität Würzburg ermöglicht Studierenden Unterrichtserfahrungen durch die Entwicklung und mehrfache Erprobung von Experimentierstationen für Schülerinnen und Schüler. Zwischen den Durchführungsterminen reflektieren die Studierenden ihre Erfahrungen und überarbeiten die Stationen. Ein KI-Chatbot auf Basis von ChatGPT unterstützt die Reflexion. Vortests des Chatbots zeigen positive Ergebnisse, wie strukturierte Reflexionsprozesse und vertrauensfördernde Kommunikation. Trotz derzeit noch kleinerer Schwächen, wie teils fehlender Flexibilität, zeigt der Chatbot insgesamt großes Potenzial.

Verortung in der Lehrpersonenbildung

- ◆ Entwickelt am M!ND-Center der Universität Würzburg
- ◆ Fach: Physik – übertragbar auf andere Fächer
- ◆ Lehr-Lern-Labor-Seminar
- ◆ Zielgruppe: Lehramtsstudierende
- ◆ Ca. 10 – 15 Teilnehmende

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ Generative Text-KI, hier ChatGPT

Vorkenntnisse der Teilnehmenden

- ◆ Keine Vorkenntnisse erforderlich

Praktische Tipps zur Durchführung

- ◆ Derzeit ChatGPT-Plus-Account nötig
- ◆ Umsetzungsmöglichkeiten über API hilfreich

Einordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen		
Allgemeinere Kompetenzen		
Assessment, Feedback, Adaptivität		KI.AFA.M.B1, KI.AFA.M.B3
Dokumentation		
Präsentation		
Kommunikation/Kollaboration		KI.KK.F.N2, KI.KK.F.B2, KI.KK.M.N1, KI.KK.M.B1, KI.KK.T.N2, KI.KK.T.B2, KI.KK.T.A3, KI.KK.U.B1/2, KI.KK.U.A4
Recherche und Bewertung		
Fachspezifischere Kompetenzen		
Messwert- und Datenerfassung		
Datenverarbeitung		
Simulation und Modellierung		

▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzen

Beschreibung des Lehrvorhabens

Im Lehr-Lern-Labor (LLL) Physik am MIND-Center der Universität Würzburg sammeln Studierende erste praktische Unterrichtserfahrungen bei der Entwicklung und Betreuung von Lernstationen, bei denen die Schülerinnen und Schüler eigenständig Experimente durchführen können (Damköhler et al., 2024). Der Ablauf des Seminars folgt dem in Abbildung 2 skizzierten Schema. In einer mehrwöchigen Vorbereitungszeit (V) entwickeln die Studierenden auf Basis didaktischer Überlegungen eigene Experimentierstationen zu einem vorgegebenen Rahmenthema. Jede Experimentierstation besitzt einen zeitlichen Umfang von ungefähr 30 Minuten. Im Abstand von je zwei Wochen besuchen Schulklassen an drei Terminen (D1 bis D3) das LLL. Dabei wird jede Experimentierstation pro Durchführungstermin üblicherweise ungefähr viermal von je vier bis acht Schülerinnen und Schüler bearbeitet. Während den Durchführungen besuchen sich die Studierenden teilweise gegenseitig und reflektieren anschließend in einer

etwa fünfminütigen Reflexionseinheit ihre selbst erlebten Erfahrungen bzw. ihre Beobachtungen.

In den beiden Wochen zwischen den Durchführungen (T1 und T2) erhalten die Studierenden Feedback, Gelegenheit zum Austausch und die Möglichkeit zur Überarbeitung ihrer Stationen. Zusätzlich reflektieren die Studierenden an diesen Terminen ihre Unterrichtserfahrungen. In diesem Zusammenhang kommt ein KI-Chatbot auf Basis von ChatGPT als Reflexionscoach zum Einsatz, der als Gesprächspartner durch den Reflexionsprozess führt. Der Chatbot wird in zwei unterschiedlichen Varianten zur Verfügung gestellt.

Der erste Chatbot konzentriert sich auf die Analyse und Reflexion der Unterrichtsqualität basierend auf den Basisdimensionen guten Unterrichtens (Praetorius et al., 2018). Studierende werden über ihre Einschätzungen zu Klassenführung, konstruktiver Unterstützung und kognitiver Aktivierung befragt und zur Formulierung von Handlungsalternativen angeleitet, um gezielt Schwächen



▲ Abb. 2 Ablauf des Lehr-Lern-Labor-Seminars.

zu adressieren und einen Handlungsplan für zukünftige Stationsdurchführungen zu entwickeln. In diesem Fall übernimmt der Chatbot eine strukturierende und gesprächsleitende Funktion. Die Studierenden lernen hier die Fähigkeiten eines KI-Tools bei der Gesprächsführung kennen.

Der zweite Chatbot sammelt von den Studierenden detaillierte Informationen zu den von ihnen durchgeführten Unterrichtseinheiten und deren Schwächen, um daraufhin eigene Vorschläge für Verbesserungen zu unterbreiten. Studierende analysieren diese Vorschläge kritisch und wählen eine geeignete Handlungsalternative aus, die anschließend mit anderen Studierenden und Dozierenden diskutiert und validiert wird. Dies fördert nicht nur die Reflexionsfähigkeit, sondern auch den kritischen Umgang mit KI-generierten

Lösungen und stärkt die Fähigkeit, KI-Werkzeuge effektiv zu nutzen. In dieser Variante werden Arbeitsweise und Ergebnisse des Chatbots explizit thematisiert.

Alle Studierenden durchlaufen Gespräche mit beiden Chatbots. In einer anschließenden Sitzung werden Ergebnisse ausgetauscht sowie die Veränderung der Betreuungsbeziehungen im LLL bei Einbezug einer KI sowie ethische Implikationen diskutiert. In Metabetrachtungen erhalten die Studierenden Einblicke in die Entwicklung der Chatbots.

Vor dem Projektstart wurden die Chatbots ausführlich getestet. In diesen Vortests, die die Basis der bisherigen Erfahrungen bilden, konnten erste wichtige Erkenntnisse gewonnen werden.

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Positiv wird wahrgenommen, dass der Chatbot ...

- ◆ Gespräche konsequent strukturiert und die Nutzenden schrittweise durch die Reflexion führt.
- ◆ einen validierenden und zustimmenden Kommunikationsstil pflegt. Dies fördert das Vertrauen der Nutzenden, persönliche Erfahrungen zu teilen.
- ◆ auch bei der Schilderung problematischer Lehrsituationen produktiv bleibt und hilft, konstruktive Pläne für künftige Durchführungen zu entwickeln, indem er schwierige Erfahrungen als wertvolle Lerngelegenheiten rahmt.
- ◆ Fragen situationsgerecht adaptiert, was eine tiefgründige Reflexion der Unterrichtserfahrungen ermöglicht.
- ◆ das Gesagte paraphrasiert und um zusätzliche Bemerkungen erweitert, was bereichernd wirkt.

Es wird allerdings auch kritisch angemerkt, dass der Chatbot ...

- ◆ manchmal unflexibel agiert und strikt der vorgegebenen Struktur folgt, wodurch situativ relevante Themen nicht ausreichend behandelt werden.
- ◆ keine professionellen Einschätzungen des Lehrverhaltens liefert. Er reagiert meist validierend, bietet aber oft kein konkretes Feedback zur Angemessenheit der Lösungen der Nutzer. Dieses Verhalten ist allerdings in der Regel gewünscht.
- ◆ oft nicht scharf zwischen relevanten und irrelevanten Unterrichtsaspekten trennt.
- ◆ sich gelegentlich zu leicht ablenken lässt.

Trotz dieser Schwächen zeigt der Chatbot ein großes Potenzial, auch indem er bei komplexen Problemen auf menschliche Experten verweist, was die Grenzen der KI-Reflexion anerkennt und eine effiziente Nutzung menschlicher Ressourcen ermöglicht.

Über die Autoren

- **Jens Damköhler** unterrichtet Mathematik und Physik an einem bayerischen Gymnasium. Als abgeordnete Lehrkraft promoviert er in der Fachdidaktik Physik der Universität Würzburg zum Thema Reflexionsprozesse.
- **Wolfgang Lutz** unterrichtet Mathematik und Physik an einem bayerischen Gymnasium. Als abgeordnete Lehrkraft promoviert er in der Fachdidaktik Physik der Universität Würzburg zum Thema Flipped Classroom.
- **Prof. Dr. Thomas Trefzger** ist seit 2007 ordentlicher Professor und Inhaber des Lehrstuhls für Physik und ihre Didaktik an der Universität Würzburg.

Literatur

- Damköhler, J., Elsholz, M. & Trefzger, T. (2024, im Druck). Förderung der Reflexionskompetenz angehender Physiklehrkräfte im Lehr-Lern-Labor. In M. Jungwirth, J. Haarmann, N. Harsch, F. Haupts, J. Marks & Y. Noltensmeier (Hrsg.), *Wegmarken für eine zeitgemäße Lehrkräftebildung – Konzeptionelle Ansätze im Fokus. Tagungsband des 16. Bundeskongresses der Zentren für Lehrer*innenbildung (Schriften zur allgemeinen Hochschuldidaktik, Bd. 9)*. Münster.
- Praetorius, A. K., Klieme, E., Herbert, B., Pinger P. Generic dimensions of teaching quality: the German framework of Three Basic Dimensions. *ZDM Mathematics Education* 50, 407–426 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0918-4>

Der Einsatz generativer KI in digitalen Projekten zur Förderung von Prompting und Co-Creation-Prozessen

In diesem Lehrkonzept nutzen Studierende generative künstliche Intelligenz (KI) wie ChatGPT (v3.5, v4.0) und DALL-E (v3) zur Generierung von Texten und Bildern. Die erstellten Inhalte sollen durch kritisch-reflexives Prompting unter Zuhilfenahme eines Prompting-Frameworks bearbeitet und verbessert werden. Sie werden dann in einem Co-Creation-Prozess mit Inhalten aus nicht-KI-basierter Recherche und Erstellung zusammengebracht und unterstützen so die Umsetzung eines digitalen Lernprojektes. Dieses besteht aus einem „Science Spotlight“, das Interesse am Thema aktivieren soll sowie einer hinter diesem Spotlight liegenden digitalen Lernumgebung.

Verortung in der Lehrpersonenbildung

- ◆ Entwickelt an der Universität Graz
- ◆ Fach: Chemie, erweiterbar auf alle Naturwissenschaften
- ◆ Übungsphase der Vorlesung mit Übung „Digitale Medien im Chemieunterricht“
- ◆ Zielgruppe: 7. Semester des 8-semesterigen Bachelorstudiums Lehramt Chemie
- ◆ Teilnehmendenzahl: 20-25

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ Reflektiertes Prompting und Prompt-Engineering unter Verwendung eines passenden Frameworks
- ◆ Einsatz KI-generierter Inhalte (Text & Bild) in einem Projekt, das fachwissenschaftliche Inhalte digital für den Unterricht aufbereitet
- ◆ Begleitung des Lernprozesses in einem Co-Creation-Ansatz inkl. laufendem formativen Feedback durch text-generative KI

Vorkenntnisse der Teilnehmenden

Die Studierenden haben entsprechend des TPACK-Modells (Mishra & Koehler, 2006) ein breiteres CK, PK und PCK. Im ersten Vorlesungsteil der LV ist das Ziel der Aufbau von TK, TCK, TPK und TPACK. Im vorgestellten Übungsteil soll durch Projektarbeit, Transfer und Reflexion eine Vertiefung dieser Wissensbereiche durch Erwerb der Kompetenzen im DiKoLAN^{KI} angeregt werden. Ihr Vorwissen zum Thema KI beschreiben die Studierenden als gering und eher anwendungsorientiert.

Praktische Tipps zur Durchführung

Zugang zu Text- und Bild-KI wurde über die API von OpenAI auf einem Discord-Server gegeben, wo alle Studierenden eigene Textkanäle mit GPT 3.5 und 4.0 hatten. So können Studierende auf andere Chats zugreifen und über Verwendungsszenarien sowie Prompting-Strategien anderer Studierender lernen. Diese Art der Integration wurde gut angenommen und alle Teilnehmenden verwendeten dieses Angebot. Die registrierungsfreie Alternative perplexity.ai wurde gar nicht genutzt.

Einordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen			● ● ● ● ○
Allgemeinere Kompetenzen			
Assessment, Feedback, Adaptivität	● ● ● ● ○	KI.AFA.U.N1/2, KI.AFA.M.N1–3, KI.AFA.M.B1, KI.AFA.M.B3	
Dokumentation	○ ○ ○ ○ ○		
Präsentation	● ● ● ● ○	KI.PU.N2, KI.PU.B1, KI.PT.N1, KI.PT.B1/2, KI.PT.A1	
Kommunikation/Kollaboration	○ ○ ○ ○ ○		○
Recherche und Bewertung	● ● ● ● ●	KI.RB.F.N1, KI.RB.F.N3, KI.RB.F.B1–4, KI.RB.F.A1, KI.RB.T.N1–5, KI.RB.T.B1–3, KI.RB.T.A1	
Fachspezifischere Kompetenzen			
Messwert- und Datenerfassung	○ ○ ○ ○ ○		
Datenverarbeitung	○ ○ ○ ○ ○		
Simulation und Modellierung	○ ○ ○ ○ ○		

▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzen

Beschreibung des Lehrvorhabens

Generative KI wurde tiefgehend auf fachliche Richtigkeit von Antworten geprüft. Ein erstes Fazit für den Bereich Chemie lautete: eine schöne Formulierung (Humphry & Fuller, 2023) kann über fachliche Ungenauigkeiten und Schwächen nicht hinwegtäuschen (Castro Nascimento & Pimentel, 2023). Genau diese schöne Formulierung könnte aber einen Beitrag dazu leisten, dass Studierende Antworten generativer KI unreflektiert akzeptieren (Krupp et al., 2023). Es ist also ein Ziel KI-generierte Antworten kritisch zu hinterfragen, mit dem eigenen Fachwissen abzugleichen und erst danach (teilweise) zu nutzen.

Promptingstrategien und kritische Bewertung

Um den Studierenden eine adäquate Wissensbasis zu generativer KI zu liefern, wird in der ersten Einheit dieser LV ein strukturierter Input zu Large Language Models und deren Funktionsweise sowie Implikationen dieses Wissens für die eigene KI-Nutzung bereitgestellt. Daraus abgeleitet ver-

wenden die Studierenden ein Prompting-Framework (siehe Abb. 2). Zur konkreten Implementation gibt es genauere Empfehlungen (Tassoti, 2024). In der zweiten Einheit wenden die Studierenden das Framework zur Lösung chemischer Aufgabenstellungen mit steigendem Schwierigkeitsgrad von der Sekundarstufe 1 bis zur Universität an. Sie beurteilen dann die Korrektheit der generierten Antworten und verbessern so ihr Wissen über die Fähigkeiten der generativen KI sowie den Einfluss von gezieltem Prompting. Durch die steigende Schwierigkeit erkennen sie, dass die Korrektheit durchwachsen und auf höheren Niveaus ohne ausreichendes Fachwissen nicht mehr leicht beurteilbar ist.

Reflektierte Nutzung von KI-Generaten

In der dritten Einheit wird die Projektphase von rund 6 Wochen mit einer Kick-Off-Präsentation der Projektideen (als Elevator Pitch) gestartet. Studierende lassen sich bei der Erstellung ihrer Pitches bereits durch KI unterstützen. In der folgenden



Adaption, Original unter aiforeducation.io

▲ **Abb. 1** Das Five S Prompting Framework for Educators

Umsetzungsphase nutzen sie KI-Generatoren für ihr Science Spotlight (Spitzer & Tassoti, 2023) und die digitale Lernumgebung (Co-Creation-Ansatz) und reflektieren die Nutzung in einem begleitenden Reflexionsjournal mit spezifischen Fragestellungen. Die KI kann dabei Ideen zur Umsetzung liefern, Feedback geben, konkrete Formulierungen liefern, Bilder erstellen und viele weitere Aufgaben erfüllen. Die Studierenden schätzen laut eigenen Aussagen vor allem kreative Ansätze zur Weiterarbeit, spezifische Formulierungshilfen im Falle sprachlicher Unsicherheit und die Bildgenerierung zur visuellen Unterstützung. In einer Abschlusseinheit werden fertige Projekte vorgestellt und der KI-Einsatz gemeinsam reflektiert.

Begleitung der Projektarbeit durch Feedback

Die Studierenden sollen in der Durchführung ihres Projektes nicht nur von der KI ausreichend unterstützt werden, sondern auch von der Lehr-

veranstaltungsleitung entsprechende Hilfestellungen zur Verfügung gestellt bekommen. In diesem Konzept werden die Studierenden durch Peer-Feedback, formatives Feedback durch die LV-Leitung während der Umsetzung sowie durch aktives Einholen von KI-generiertem Feedback unterstützt. Die Studierenden werden dazu aufgefordert, zu Beginn des Projektes Rückmeldungen zu den Kurzpräsentationen des geplanten Projekts zu geben. Während der Umsetzung stehen allen Studierenden Sprechstunden bei der LV-Leitung offen, die gut angenommen wurden. Vor Abschluss des Projekts werden die Einzelprojekte in einem Museumsbesuch präsentiert und alle Studierenden bekommen ein weiteres Peer-Feedback zur Einarbeitung vor der finalen Abgabe.

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die abgegebenen Projektarbeiten konnten mit den Arbeiten aus den Vorjahren verglichen werden. Sie schnitten vor allem in Aspekten der sprachlichen Einfachheit, Gestaltung und Zielgruppenpassung etwas besser ab – vor allem bezüglich der sprachlichen Gestaltung ist das vermutlich eine Konsequenz aus der Funktionsweise großer Sprachmodelle. Keinen Einfluss hatte der Einsatz generativer KI auf die fachliche Qualität der Abgaben, was mindestens auf eine teils reflektierte Nutzung generierter Fachinhalte hindeuten könnte.

In ihrem Reflexionsjournal gaben die Studierenden an, dass sie im Umfang von 0 bis 40 % des Gesamtprojekts bei der Umsetzung von KI unterstützt wurden. Sie nennen hier mitunter positiv

das niederschwellige Feedback-System, das sofort zur Verfügung steht. Auch Generierung neuer Ideen in allen Projektphasen gerade dann, wenn sie weniger kreativ sind, wird genannt. Die Studierenden schätzen die KI als Brainstorming-Partnerin, es wird aber auch immer wieder die fehlende fachliche Korrektheit (vor allem bildgenerativer KI) als wichtige Einschränkung genannt (Tassoti, 2024). In diesem Bewusstsein geben die Studierenden auch an, KI-Generates vermehrt zumindest oberflächlich auf Richtigkeit und Plausibilität zu überprüfen, und stellen das eigene Fachwissen als relevant dar. Insgesamt scheint das Kennenlernen generativer KI im Rahmen fachspezifischer Projektarbeit die kritische, reflektierte Haltung Studierender zu diesem Thema zu fördern.

Über den Autor

- **Dr. Sebastian Tassoti** ist Postdoc in der AG Chemiedidaktik der Universität Graz. Seine Forschungsinteressen sind Curriculare Innovation, Hochschuldidaktik und der Einsatz generativer künstlicher Intelligenz im Fach Chemie sowie im Lehramt Chemie.

Literatur

- Castro Nascimento, C. M., & Pimentel, A. S. (2023). Do Large Language Models Understand Chemistry? A Conversation with ChatGPT. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 63(6), 1649–1655. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.3c00285>
- Humphry, T., & Fuller, A. L. (2023). Potential ChatGPT Use in Undergraduate Chemistry Laboratories. *Journal of Chemical Education*, 100(4), 1434–1436. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00006>
- Krupp, L., Steinert, S., Kiefer-Emmanouilidis, M., Avila, K. E., Lukowicz, P., Kuhn, J., Küchemann, S., & Karolus, J. (2023). *Unreflected Acceptance—Investigating the Negative Consequences of ChatGPT-Assisted Problem Solving in Physics Education*. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2309.03087>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Spitzer, P., & Tassoti, S. (2023). Chemie im Alltag: Leuchtender Gin Tonic und schäumendes Bier. *Nachrichten Aus Der Chemie*, 71(2), 16–19. <https://doi.org/10.1002/nadc.20234132327>
- Tassoti, S. (2024). Assessment of Students Use of Generative Artificial Intelligence: Prompting Strategies and Prompt Engineering in Chemistry Education. *Journal of Chemical Education*, acs.jchemed.4c00212. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00212>

Design Thinking zur Antizipation von Einsatzmöglichkeiten Künstlicher Intelligenz in Unterricht, Schule und Alltag

Durch den Einsatz von Design Thinking lernen angehende Lehrpersonen und in der Lehrpersonenbildung tätige Dozierende, schulische und unterrichtliche Veränderungsprozesse zu antizipieren und innovative Lehr-Lernumgebungen zu gestalten. Grundlagen der Künstlichen Intelligenz werden vermittelt und durch praktische Anwendungen vertieft. Die Teilnehmenden entwickeln Lösungsansätze, testen diese und optimieren sie, wodurch sie auf ethische, rechtliche und soziale Aspekte sensibilisiert werden und lernen, sich kontinuierlich an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen und dabei die Bedürfnisse der Lernenden zu berücksichtigen.

Verortung in der Lehrpersonenbildung

- ◆ Entwickelt an der Universität Konstanz
- ◆ Fächer: offen für alle Fächer mit besonderem Fokus auf Naturwissenschaften
- ◆ Wahlseminar
- ◆ 2 SWS
- ◆ Zielgruppe: angehende Lehrpersonen, Promovierende und in der Lehrpersonenbildung tätige Dozierende
- ◆ Teilnehmendenzahl: max. 24

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ ChatGPT
- ◆ perplexity
- ◆ uizard
- ◆ HeyGen

Vorkenntnisse der Teilnehmenden

Die Teilnehmenden benötigen keine besonderen Vorkenntnisse. Allerdings sind Erfahrungen im Umgang mit generativer Künstlicher Intelligenz und Kenntnisse der Gestaltungsmöglichkeiten durch zielgerichtetes Prompting förderlich.

Praktische Tipps zur Durchführung

Die Design-Thinking-Methode profitiert sehr von Räumlichkeiten, die kreatives Arbeiten ermöglichen und auch anregen. An der Universität Konstanz wurde ein spezieller Design-Thinking-Raum eingerichtet, der eine freie Raumnutzung und aktives gemeinsames Arbeiten an Flipcharts und Whiteboards erlaubt. Dies sollte auch an anderen Standorten so gut es geht ermöglicht werden. Die Teilnehmenden arbeiten in Gruppen zu drei bis fünf Personen und benötigen je Gruppe mindestens ein Flipchart/Whiteboard und einen Laptop. Darüber hinaus wird ausreichend und möglichst vielfältiges Prototypingmaterial benötigt (Bastelmaterial, Kunststoffbausteine, Knete, Kleber, Pfeifenputzer usw.).

Einordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen		● ● ● ○ ○
Allgemeinere Kompetenzen		
Assessment, Feedback, Adaptivität	● ○ ○ ○ ○	KI.AFA.T.N1, KI.AFA.T.B3
Dokumentation	● ● ● ○ ○	KI.DO.T.N1, KI.DO.T.B1, KI.DO.F.N2, KI.DO.M.N1, KI.DO.M.B1
Präsentation	● ● ● ● ●	KI.PT.N1 KI.PT.B1/2, KI.PT.A1, KI.PF.N1, KI.PF.B1, KI.PM.N1/2, KI.PU.N1/2, KI.PU.B1, KI.PU.A1/2
Kommunikation/Kollaboration	● ● ● ● ●	KI.KK.T.N1/2, KI.KK.T.B1/2, KI.KK.T.A1-3, KI.KK.M.N1, KI.KK.M.B1, KI.KK.U.N1, KI.KK.U.B1-3, KI.KK.U.A1-4
Recherche und Bewertung	● ● ● ● ○	KI.RB.T.N1-5, KI.RB.T.B1-3, KI.RB.F.N1/2, KI.RB.U.N1/2, KI.RB.U.B1
Fachspezifischere Kompetenzen		
Messwert- und Datenerfassung	● ● ● ● ○	KI.MD.T.N1, KI.MD.T.B1, KI.MD.T.A1, KI.MD.F.N1-3, KI.MD.M.N1, KI.MD.M.B1, KI.MD.U.N1, KI.MD.U.A1
Datenverarbeitung	● ○ ○ ○ ○	KI.DV.F.N2
Simulation und Modellierung	● ● ○ ○ ○	KI.SM.T.N1, KI.SM.F.N1-6, KI.SM.F.B1

▲ Abb. 1 Adressierte Kompetenzen

Beschreibung des Lehrvorhabens

Angehende Lehrpersonen und in der Lehrpersonenbildung tätige Dozierende benötigen dringend einen niederschweligen Zugang zu den für den Lehrberuf relevanten Grundlagen aktueller Zukunftsthemen wie Künstliche Intelligenz (KI) und adaptives Lernen, damit sie a) die Chancen und Risiken neuer Technologien fachdidaktisch fundiert evaluieren und bewerten können und b) Zukunftstechnologien in ihr eigenes Methodenrepertoire aufnehmen können.

Digitale Transformation und Zukunftstechnologien

Durch die immer rasanter voranschreitenden Entwicklungen im Bereich der Zukunftstechnologien ist heute überhaupt nicht absehbar, wie tiefgreifend sich der Lehrberuf in der Zukunft bedingt durch die digitale Transformation verändern wird. Gerade die erwähnten Zukunftstechnologien werden das Berufsfeld unserer Studierenden nachhaltig beeinflussen. Entsprechend sollten angehende Lehrpersonen etablierte Methoden

zur Antizipation von schulischen und unterrichtlichen Veränderungsprozessen, zur Orientierung an Bedürfnissen der Lernenden sowie zum Innovieren und Mitgestalten zukünftiger Lehr-Lernumgebungen bereits im Studium einüben.

Design Thinking in der Lehrpersonenbildung

Eine geeignete Methode, um Zukunftsthemen zu evaluieren und zu bewerten und dabei den Fokus auf die Lernendenperspektive zu legen, ist Design Thinking (Beyhl & Giese, 2016). In einem iterativen Prozess werden (angehende) Lehrpersonen dazu angeregt, Probleme aus der Perspektive der Lernenden zu betrachten, Lösungen zu entwickeln, diese zu testen und anschließend auf Basis von Rückmeldungen zu optimieren. Dieses Vorgehen fördert nicht nur das Verständnis für komplexe Themen, sondern trägt auch dazu bei, eine effektive und individuell angepasste Lernumgebung zu schaffen. In Bezug auf das lebenslange Lernen kann Design Thinking den Lehrpersonen



▲ Abb. 2 Illustration des visuellen Arbeitens während des Lehrvorhabens (adaptiert nach OpenAI, 2024)

im späteren Berufsleben als Werkzeug dienen, um aufkommende neue Zukunftstechnologien in ihr unterrichtliches Handeln zu integrieren. Da Design Thinking auf Empathie, Kreativität und Experimentierfreude setzt, befähigt es die Lehrpersonen, sich kontinuierlich an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen, ihre Unterrichtsstrategien entsprechend weiterzuentwickeln und dabei die individuellen Bedürfnisse aller Lernenden zu berücksichtigen.

Ziele des Workshops

Ziel ist die Vermittlung der Grundlagen aktueller Zukunftsthemen (insb. Künstlicher Intelligenz) sowie die Integration von Design Thinking als Bedürfnisorientierungs- und Innovationstechnik in die Lehrpersonenbildung. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf dem Einsatz dieser Zukunftstechnologien im Lehren und Lernen und damit verbundenen Berufsfeldern.

Ablauf des Workshops

In einer initialen Phase (10 Stunden) erlernen die Teilnehmenden zunächst die Grundlagen von KI, testen bestehende Angebote aus und reflektieren und diskutieren Eignung und Einsatzmöglichkeiten in Schule, Unterricht und Alltag.

Kern des Lehrvorhabens ist ein Design-Thinking-Workshop (16 Stunden), der basierend auf den Konzepten der Design Thinking Schools der Universitäten Stanford und Potsdam (Hasso-Plattner-Institut) von zwei Design-Thinking-Coaches ausgebracht wird. Nach einer Einführung in die Grundlagen des Design-Thinking-Konzepts erleben die Teilnehmenden die Phasen des Design-Thinking-Prozesses zunächst im Schnelldurchlauf („Design Dash“) an einem vom Ziel des Workshops unabhängigen freien Thema. Anschließend wird die konkrete Design-Challenge zum Thema „KI in Schule, Unterricht und Alltag“ durchgeführt. Dies beinhaltet auch Interviews mit Lernenden und Lehrenden. In allen Design-Thinking-Phasen werden die Teilnehmenden motiviert, über das klassische Vorgehen hinaus KI in den Prozess einzubeziehen. Dazu erhalten sie phasenspezifische „KI-Joker“ mit Anleitungen und/oder vorformulierten Prompts.

Abschließend präsentieren die Teilnehmenden ihre Innovationsideen und erhalten Peer-Feedback. Gemeinsam mit den Coaches wird das methodische Vorgehen reflektiert und die Eignung des Design-Thinking-Konzepts für eine zukunftsorientierte und nachhaltige Lehrpersonenbildung diskutiert.

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

In diesem Design-Thinking-Workshop werden neue Ansätze für die Nutzung von Zukunftstechnologien in Schule, Unterricht und Alltag entwickelt. Grundlagen relevanter Zukunftsthemen des Lehrens und Lernens (Künstliche Intelligenz und ihre Anwendungen, Lehren und Lernen in virtuellen Welten) werden vermittelt. Die Teilnehmenden werden für ethische, rechtliche und soziale Aspekte insbesondere im Zusammenhang mit KI in Unterricht, Schule und Alltag sensibilisiert und

praktische Erfahrung mit KI-Tools und -Techniken wird gefördert. Dabei erfahren die Teilnehmenden selbst, wie Design Thinking als Methode genutzt werden kann, um Problemstellungen zu lösen, sich an neue Bedingungen anzupassen und dabei individuelle Bedürfnisse von Lernenden zu berücksichtigen. Die Erfahrungen dabei sollen den Teilnehmenden in ihrem späteren Berufsleben einen wertvollen Beitrag zum lebenslangen Lernen ermöglichen.

Über die Autoren

- **Dr. Lars-Jochen Thoms** ist Postdoc und Dozent am Brückenlehrstuhl für Fachdidaktik der Naturwissenschaften der Universität Konstanz und der Pädagogischen Hochschule Thurgau
- **Prof. Dr. Johannes Huwer** ist Brückenprofessor für Fachdidaktik der Naturwissenschaften an der Universität Konstanz und der Pädagogischen Hochschule Thurgau.

Literatur

- Beyhl, T., Giese, H. (2016). The Design Thinking Methodology at Work: Capturing and Understanding the Interplay of Methods and Techniques. In: Plattner, H., Meinel, C., Leifer, L. (Hg.) *Design Thinking Research. Understanding Innovation*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40382-3_5
- OpenAI. (2024). Design-Thinking Workshop on AI in Teacher Education [Generated Image]. DALL-E. <https://www.openai.com/dall-e>

Ein einfaches neuronales Netz und seine Anwendung in der Biotechnologie

Winner-Take-All-Netzwerke sind eine simple Form des neuronalen Netzes, die etwa die Erkennung von Buchstaben (eine prototypische KI-Anwendung) in wenigen Schritten ermöglicht. Damit ist es Schülerinnen und Schülern möglich, die Funktionsweise eines solchen Netzes Schritt für Schritt nachzuvollziehen und so einen Einblick in die Funktionsweise von KI zu erhalten. Gleichzeitig sind diese Netze wichtig für die Biotechnologie, da sie die Grundlage für die Konstruktion von DNA-basierter KI bilden.

Verortung in der Lehrpersonenbildung

Grundsätzlich lässt sich das Konzept der Winner-Take-All-Netzwerke in zwei verschiedenen Kontexten einsetzen:

1. In Seminaren naturwissenschaftlicher Lehramtsstudiengänge, in denen Grundlagen der künstlichen Intelligenz (KI) und ihrer Vermittlung in der Schule thematisiert werden. In diesem Fall steht die Anwendung eines Winner-Take-All-Netzwerks zur Buchstabenerkennung im Vordergrund.
2. In Seminaren von Biologie- und Chemiestudiengängen zu technischen Anwendungen von Desoxyribonukleinsäure (DNA). In diesem Fall kann auch die Implementierung des Netzwerks mittels DNA detaillierter behandelt werden.

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ Bilderkennung-/verarbeitung
- ◆ Winner-Take-All-Netzwerke
- ◆ DNA-basierte neuronale Netze (allgemein: neuromorphes Computing)

Vorkenntnisse der Teilnehmenden

Erforderlich sind Grundkenntnisse in Vektor- und Matrizenrechnung, wie sie im Mathematikunterricht der Oberstufe vermittelt werden. Falls die DNA-Implementierung im Detail behandelt werden soll, sind zusätzlich Grundkenntnisse in Biochemie erforderlich.

Praktische Tipps zur Durchführung

Auch wenn die mathematische Behandlung von neuronalen Netzen auf Vektor- und Matrizenrechnung basiert, lässt sich die Rechnung auch ohne explizite Verwendung der Konzepte „Vektor“ und „Matrix“ durchführen. Für den hier konkret behandelten Fall ist auch eine rein grafische Visualisierung möglich. Beides ermöglicht – dies sollte von den Studierenden erarbeitet werden – den Einsatz auch in der Sekundarstufe I, wo Kenntnisse über Vektorrechnung nicht vorausgesetzt werden können. Für die Erarbeitung kann das online (te Vrugt, 2024) bereitgestellte Softwarepaket verwendet werden.

Einordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen		○ ○ ○ ○ ○
Allgemeinere Kompetenzen		
Assessment, Feedback, Adaptivität	○ ○ ○ ○ ○	
Dokumentation	○ ○ ○ ○ ○	
Präsentation	○ ○ ○ ○ ○	
Kommunikation/Kollaboration	○ ○ ○ ○ ○	
Recherche und Bewertung	○ ○ ○ ○ ○	
Fachspezifischere Kompetenzen		
Messwert- und Datenerfassung	● ○ ○ ○ ○	KI.MD.FB1
Datenverarbeitung	● ● ○ ○ ○	KI.DV.F.N1/2, KI.DV.T.N1–3, KI.DV.T.N6–8
Simulation und Modellierung	● ● ● ○ ○	KI.M.T.N1–3, KI.SM.T.B1, KI.SM.M.N1

▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzen

Beschreibung des Lehrvorhabens

Winner-Take-All-Netzwerk

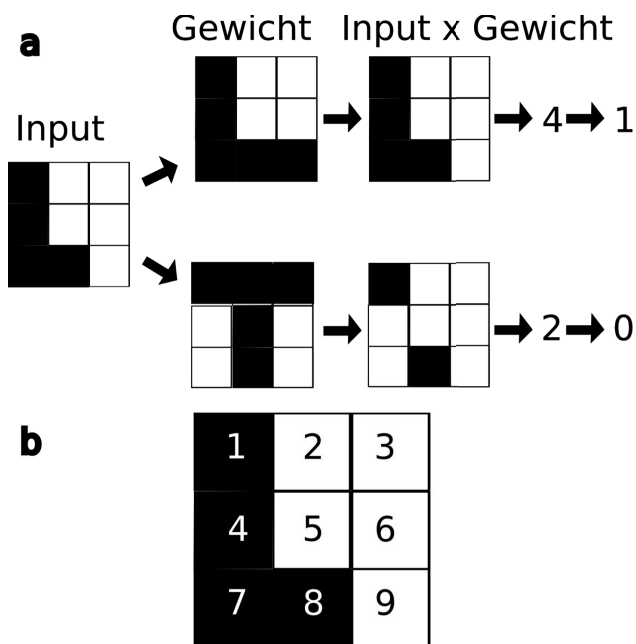
Ein Winner-Take-All-Netzwerk (Maass, 2000) ist ein einfaches neuronales Netz. Ein Input-Vektor x_i wird in einen Output-Vektor $y_i = \sum_j w_{ij} x_j$ mit einer Gewichtsmatrix w_{ij} umgewandelt. Anschließend wird der größte Eintrag von y_i auf eins und alle anderen auf null gesetzt.

Dies ist in Abbildung 2a visualisiert. Ziel ist hier, Buchstaben (Ls und Ts) mit neun Pixeln zu erkennen. Der Input (Abb. 2a links) kann als Vektor x_i interpretiert werden, dessen 9 Komponenten null (weiß) oder eins (schwarz) sind (vgl. Abb. 2b). Das Netzwerk hat zwei Buchstaben gelernt, nämlich L und T. Diese sind in Form der Gewichte gespeichert (Abb. 2a Mitte links). Das L entspricht dem Vektor w_{1j} , das T dem Vektor w_{2j} und y_i ist das Skalarprodukt von x_j und w_{ij} . Anschaulich beantwortet dieses Skalarprodukt die Frage, wie ähnlich sich die Bilder sind. Die Abbildungen Mitte rechts in Abbildung 2a zeigen, welche schwarzen Felder der Input und das L (oben) sowie der Input und

das T (unten) gemeinsam haben, die Anzahl dieser Felder ist der Wert von y_i (hier 4 bzw. 2). In diesem Fall ist das Input-Bild dem L ähnlicher als dem T, also wird im finalen („Winner takes it all“) Schritt die Variable y_1 auf eins und die Variable y_2 auf null gesetzt. Damit identifiziert das Netzwerk das Bild als ein L (auch wenn es mit dem gespeicherten Bild des Ls nicht exakt übereinstimmt.)

Implementierung in DNA

Dieses neuronale Netzwerk kann in einem DNA-Computer implementiert werden (Cherry & Kian, 2018). Ein DNA-Computer (Adleman, 1994) arbeitet nicht mit elektrischen Schaltkreisen, sondern mit chemischen Reaktionen von DNA-Molekülen. Abbildung 2b visualisiert, wie ein Bild in den DNA-Computer „eingegeben“ wird: Den hier neun Pixeln eines Bildes (etwa von einem Buchstaben) werden neun verschiedene Arten DNA-Moleküle zugewiesen. Wie das Bild aussieht, wird dadurch kodiert, welche davon vorhanden sind – bei dem



▲ **Abb. 2** a) Funktionsweise eines Winner-Take-All-Netzwerks (Adapt. von Cherry & Kian, 2018), b) Bild als Vektor.

in Abbildung 2b gezeigten Input wären dies etwa die Moleküle 1, 4, 7 und 8. Die Gewichte werden in ähnlicher Weise kodiert. Mithilfe von „Seesaw-Gattern“ (Qian und Winfree, 2011) kann ein DNA-Molekül in ein anderes umgewandelt werden. Diese Gatter repräsentieren die Elemente von w_{ij} und wandeln die Moleküle x_i in Moleküle $w_{ij} x_j$ um. Die Summation erfolgt dadurch, dass für jedes j das Molekül $w_{ij} x_j$ in ein Molekül y_i umgewandelt wird. Anschließend löschen die Moleküle sich gegenseitig aus, bis nur noch das mit der höchsten Konzentration übrigbleibt. Dessen Konzentration wird anschließend erhöht. Eine Fluoreszenzreaktion zeigt, welches Molekül „gewonnen“ hat. (Für eine detaillierte Einführung siehe te Vrugt (in Vorb.).)

Erarbeitung

In der Lehrpersonenbildung kann diese Methode Gegenstand von Seminaren zur Vermittlung von KI im naturwissenschaftlichen Unterricht sein.

Zur Erarbeitung kann die zugehörige Software (te Vrugt, 2024) verwendet werden. Zunächst wird den Studierenden dabei die Funktionsweise des oben skizzierten Netzwerks vermittelt. Denkbare Übungen:

1. Die Studierenden identifizieren Szenarien, in denen das Netz nicht funktioniert. Beispiele: (a) ein Muster ist komplett weiß (Skalarprodukt mit dem entsprechenden Vektor ist immer null); (b) der Input ist ein zufälliges Muster (wird auch als T oder L identifiziert).
2. Sie diskutieren, was „Lernen“ für dieses Netzwerk heißt (die den Gewichtsmatrizen entsprechenden Bilder finden).

Anschließend kann diskutiert werden, wie sich dieses Konzept an verschiedene Unterrichtskontexte anpassen lässt. In der Oberstufenmathematik etwa ist eine rechnerische Behandlung möglich, andernfalls empfiehlt sich ein grafischer Zugang.

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Das hier diskutierte Netzwerk ist sehr einfach aufgebaut, sodass Schülerinnen und Schüler sich seine Funktionsweise Schritt für Schritt und insbesondere auch grafisch erschließen können. Im Sinne eines exemplarischen Lernens (Klafki, 2006) lernen sie Grundlagen der KI an einem einfachen Beispiel, was zum selbstständigen Transfer auf komplexere Szenarien anregt. Eine allgemeinere Botschaft dieses Beispiels ist, dass KI-Anwendungen nicht notwendigerweise auf „normalen“ Com-

putern ausgeführt werden müssen, sondern z.B. auch im Reagenzglas mit DNA. Die Entwicklung von neuen Hardwarekonzepten für KI-Anwendungen mit potenziellen Vorteilen gegenüber der Architektur traditioneller Computer ist aktuell ein rasch wachsendes Forschungsgebiet. Weitere Beispiele sind etwa KI-Anwendungen basierend auf Licht (Meyer et al., in Vorb.) oder Magnetismus (Brems et al., 2023).

Über den Autor

- **Dr. Dr. Michael te Vrugt** ist Postdoc am Fachbereich Mathematik der University of Cambridge in Großbritannien und ab dem 01.09.2024 Juniorprofessor für Physik an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Seine Forschungsinteressen sind Statistische Physik, Theorie der weichen Materie und Philosophie der Physik.

Literatur

- Adleman, L. M. (1994). Molecular computation of solutions to combinatorial problems. *Science*, 266(5187), 1021–1024. <https://doi.org/10.1126/science.7973651>
- Brems, M. A., Raab, K., Virnau, P., & Kläui, M. (2023). Brownscher Reservoir-Computer mit Skyrmionen. *Physik in unserer Zeit*, 54(2), 60–61. <https://doi.org/10.1002/piuz.202370205>
- Cherry, K. M., & Qian, L. (2018). Scaling up molecular pattern recognition with DNA-based winner-take-all neural networks. *Nature*, 559(7714), 370–376. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0289-6>
- Klafki, W. (2006). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik* (6. Auflage). Beltz.
- Maass, W. (2000). On the computational power of winner-take-all. *Neural Computation*, 12(11), 2519–2535. <https://doi.org/10.1162/089976600300014827>
- Meyer, L., Xu, R., & Pernice, W. (in Vorb.). Integrated photonics for neuromorphic computing. In M. te Vrugt (Hrsg.), *Artificial Intelligence and Intelligent Matter*. Springer.
- Qian, L., & Winfree, E. (2011). A simple DNA gate motif for synthesizing large-scale circuits. *Journal of the Royal Society Interface*, 8(62), 1281–1297. <https://doi.org/10.1098/rsif.2010.0729>
- te Vrugt, M. (2024). Demonstrationssoftware zur Funktionsweise von Winner-Take-All-Netzwerken. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10968947>
- te Vrugt, M. (in Vorb.). Neural networks consisting of DNA. In M. te Vrugt (Hrsg.), *Artificial Intelligence and Intelligent Matter*. Springer.

Eine vierteilige Modulreihe zur Förderung von Digital und Artificial Intelligence (AI) Literacy in der Lehrerbildung

Das Thema „Digital Literacy“ und die damit verbundene professionelle Vorbereitung der zukünftigen Lehrkräfte auf den Unterricht mit digitalen Medien spielt schon seit mehreren Jahren eine zentrale Rolle in allen Phasen der Lehrerbildung. Aufgrund des aktuellen Hypes rund um den Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Lehre rückt die Thematik der Förderung entsprechender Kompetenzen in der Lehrerbildung noch mehr in den Fokus der Aufmerksamkeit. Eine konkrete Umsetzung zeigt das vorliegende vierteilige Workshop-Programm, das im Rahmen des Projekts „Digital und AI Literacy in der Lehrerbildung“ entwickelt wurde.

Verortung in der Lehrpersonenbildung

- ◆ Entwickelt an der Universität Passau in Zusammenarbeit mit der Regierung Niederbayern
- ◆ Fächer: fächerunabhängig
- ◆ Institutionelle Einbindung: Seminar/Wahlpflichtseminar/Ergänzungsangebot)
- ◆ Zielgruppe: erste Phase der Lehrerbildung ab dem 3. Fachsemester Lehramt Grundschule und Mittelschule / zweite Phase der Lehrerbildung (Referendariat)
- ◆ Teilnehmendenzahl pro Durchgang: 10–30

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ ChatGPT
- ◆ Perplexity
- ◆ Smodin.io
- ◆ Neuroflash
- ◆ Grammarly
- ◆ DeepL
- ◆ fobizz

Vorkenntnisse der Teilnehmenden

Kein spezifisches Vorwissen notwendig. Der Umgang mit dem Learning-Management-System mebis sowie der Umgang mit dem Tablett sowie Apps sind von Vorteil.

Praktische Tipps zur Durchführung

Nutzen Sie das Flipped-Classroom-Format effektiv, indem Sie den Teilnehmenden klare Anweisungen für die Selbststudiumsphasen geben.

Verwenden Sie die Lernplattform mebis zur Ergebnissicherung und fördern Sie den Austausch durch Peer-Feedback.

Stellen Sie sicher, dass alle Teilnehmenden Zugang zu den benötigten digitalen Tools haben, und bieten Sie gegebenenfalls technische Unterstützung an.

Einordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen ● ● ● ● ○		
Allgemeinere Kompetenzen		
Assessment, Feedback, Adaptivität	● ● ○ ○ ○	KI.AFA.U.N1/2, KI.AFA.M.N1/2, KI.AFA.T.N1, KI.AFA.U.A1
Dokumentation	● ● ○ ○ ○	KI.DO.U.N1, KI.DO.M.N1, KI.DO.U.B1, KI.DO.M.B1, KI.DO.U.A1
Präsentation	● ● ○ ○ ○	KI.PU.N1 / KI.PU.N2 / KI.PU.B1 / KI.PU.A1 / KI.PU.A2
Kommunikation/Kollaboration	● ● ○ ○ ○	KI.KK.U.N1, KI.KK.U.B1/2, KI.KK.U.B3, KI.KK.FB2, KI.KK.U.A1–2
Recherche und Bewertung	○ ○ ○ ○ ○	
Fachspezifischere Kompetenzen		
Messwert- und Datenerfassung	○ ○ ○ ○ ○	
Datenverarbeitung	● ● ○ ○ ○	KI.DV.U.N1/2, KI.DV.M.N1, KI.DV.M.N3, KI.DV.U.B1, KI.DV.U.A1/2
Simulation und Modellierung	● ● ○ ○ ○	KI.SM.U.N1, KI.SM.M.N1, KI.SM.U.B1, KI.SM.U.A1

▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzen

Beschreibung des Lehrvorhabens

Ziel der vierteiligen Modulreihe „Digital und AI Literacy in der Lehrerbildung“ ist es, digitale und AI Literacy bezogene (Lehr-)Kompetenzen der Teilnehmenden bezugnehmend auf die sechs Kompetenzbereiche des DigCompEdu Bavaria aufzubauen bzw. zu verbessern. Umgesetzt sind die einzelnen Module im Selbststudium (Modul 1) sowie im Flipped-Classroom-Format (Module 2, 3 und 4). Flipped-Classroom heißt für die Teilnehmenden, dass diese jeweils eine vorbereitende Aufgabe erhalten, die sie im Selbststudium über die zur Verfügung gestellten Skripte, Video-Tutorials, Webseiten, Fachliteratur etc. ausarbeiten. An den dazugehörigen Präsenztagen erfolgt die gemeinsame Vertiefung. Zur Ergebnissicherung wurde ein eigener Online-Kurs auf der Lernplattform mebis erstellt, auf welchem die Ergebnisse aus den Arbeitsaufträgen aus den einzelnen Modulen gesammelt werden.

Workshop 1: Constructive Alignment

In diesem Modul erfolgt eine Einführung in das Rahmenmodell des Prüfens, dem Constructive Alignment sowie eine Einführung in den Digital und AI Literacy basierten Unterricht. Außerdem lernen die Teilnehmenden verschiedene bereits in der Praxis eingesetzte Beispiele für einen Digital und AI Literacy basierten Unterricht im Sinne des Constructive Alignments zu unterschiedlichen Unterrichtsthemen kennen und begründen die Passung für die eigene Schulform mit Vor- und Nachteilen und Umsetzungsmöglichkeiten kritisch-reflexiv. Zudem erhalten die Teilnehmenden die Aufgabenstellung, entweder alleine oder in der Gruppe ein eigenes Beispiel für einen Digital und AI Literacy basierten Unterricht im Sinne des Constructive Alignments für ein konkretes Unterrichtsbeispiel basierend auf dem LehrplanPLUS zu konzipieren und sich gegenseitig Feedback zu geben.

Künstliche Intelligenz (KI) Tools wie ChatGPT in Schule und Unterricht

Künstliche Intelligenz ist zwar schon lange ein großes Thema, hält jedoch abseits der klassischen Reflexionsfragen erst seit kurzer Zeit Einzug in die Unterrichtspraxis. Spätestens die offene Verfügbarkeit KI-basierter Tools zur Textproduktion wird deren Verbreitung aber deutlich beschleunigen. Dieser Blogbeitrag soll als erster Überblick am Beispiel von Textproduktion und Textüberarbeitung verdeutlichen, wo wir aktuell stehen: Welche Tools existieren und lassen sich in Schule und Unterricht nutzen? Welches didaktische Potential bieten KI-basierte Tools? Erste Erfahrungen und Unterrichtsideen ermöglichen Orientierung sowie Austausch und Vernetzung mit anderen interessierten Lehrpersonen.



- 1 Künstliche Intelligenz (KI) im Bildungsbereich
- 2 Texterstellung und Textüberarbeitung mit KI / AI
- 3 Überblick – KI-Tools für Texterstellung & Textüberarbeitung in Schule & Unterricht
 - 3.1 OpenAI
 - 3.2 ChatGPT – ein KI-Chatbot (GPT-3) als Assistent für Lernen und Lehren?!
 - 3.3 Perplexity
 - 3.4 Smodin.io
 - 3.5 Neuroflash
 - 3.6 Grammarly
 - 3.7 DeepL
- 4 KI / AI im Unterricht – Erste Gedanken
 - 4.1 Das didaktische Potential von KI im Unterricht
 - 4.1.1 Vorteile und Nachteile von KI für die Texterstellung
 - 4.1.2 KI – Ansätze für den Unterricht
 - 4.2 KI im Unterricht als Treiber der Schulentwicklung?
- 5 Youtube-Tutorial: KI im Unterricht – ChatGPT, Neuroflash-KI Writer, Smoding & Perplexity
- 6 KI / AI im Unterricht – Erste Praxisansätze
 - 6.1 Übersicht: KI für die Schule / den Unterricht
 - 6.2 Unterrichtsmaterialien von fobizz

▲ **Abb. 2** Beispielinhalte aus Modul 3 im mebis-Kurs zum Thema Künstliche Intelligenz

Modul 2: Lernkultur(en) der Digitalität

In diesem Modul lernen die Teilnehmenden verschiedene digitale Tools zu den Themenbereichen Kommunikation, Kollaboration, Interaktion, Präsentation und KI (u.a. WBTs, Blogs, Webseite, Apps, Screencasts, Podcasts, Erklärvideos, Simulationen) zur Gestaltung eines Digital und AI Literacy basierten Unterrichts im Sinne des Constructive Alignments mit den jeweiligen Vor- und Nachteilen kennen und bewerten diese digitalen Werkzeuge anhand festgelegter Kriterien im Hinblick auf den motivierenden und aktiven Umgang aus Lernendensicht kritisch-reflexiv. Die Teilnehmenden wählen ein digitales Tool aus und erstellen ein kurzes Erklärvideo zur Nutzung des von ihnen gewählten Tools anhand einer konkreten Einsatzmöglichkeit im Unterricht und geben sich konstruktives Peer-Feedback.

Modul 3: Transformationen digitaler Lernkultur(en)

In diesem Modul lernen die Teilnehmenden, wie sie Constructive Alignment, Digital und AI Literacy sowie generell digitale Medien im Fachunterricht einsetzen und für ihren eigenen Unterricht nutzen können.

Modul 4: Future Skills & Learning Spaces

Dieses Modul zeigt den Teilnehmenden nicht nur auf, wie sich fachliche Gegenstände durch den digitalen Wandel verändern, sondern auch, wie sie diesen Veränderungen didaktisch begegnen können. Dazu lernen die Teilnehmenden, welche Future Skills und welche neuen digitalen fachlichen Kompetenzanforderungen sie dadurch in Zukunft benötigen werden und wie sie sich diese aneignen können.

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Entwicklung und Durchführung des Projekts zur Förderung von Digital und AI Literacy in der Lehrerbildung hat gezeigt, dass ein fächerübergreifender und flexibler Ansatz in der Lehrerausbildung von großer Bedeutung ist, um zukünftige Lehrkräfte auf die Herausforderungen und Möglichkeiten der digitalen Transformation im Bildungswesen vorzubereiten. Die Kombination aus Selbststudium und Flipped-Classroom-Format hat sich als effektiv erwiesen, um den Teilnehmenden sowohl die notwendige Flexibilität im Lernprozess zu bieten als auch eine tiefere Auseinandersetzung mit dem Stoff zu ermöglichen.

Die praxisorientierte Ausrichtung des Programms, insbesondere die Aufgabe, eigene Unterrichtskonzepte zu entwickeln und im Peer-Feedback zu

reflektieren, hat nicht nur die Entwicklung praktischer Lehrkompetenzen gefördert, sondern auch die Fähigkeit zur kritischen Reflexion und Bewertung digitaler Lehrmethoden. Dieser Ansatz hat die Teilnehmenden dabei unterstützt, ein tieferes Verständnis für die Integration digitaler und KI-basierter Werkzeuge in den Unterricht zu entwickeln und deren Potenziale kritisch zu bewerten.

Die Ergebnisse des Projekts unterstreichen die Bedeutung der Förderung digitaler Kompetenzen in der Lehrerausbildung. Sie zeigen, dass die Auseinandersetzung mit digitalen und KI-basierten Lehrmethoden nicht nur die Lehrfähigkeiten verbessert, sondern auch das Bewusstsein für die Rolle der Digitalisierung im Bildungskontext schärft.

Über die Autorinnen und den Autor

- **Johannes Graup** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Passau am Lehrstuhl für Erziehungswissenschaft mit dem Schwerpunkt Diversitätsforschung und Bildungsräume der Mittleren Kindheit.
- **Prof. Dr. Christina Hansen** ist Inhaberin des Lehrstuhls für Erziehungswissenschaft mit dem Schwerpunkt Diversitätsforschung und Bildungsräume der Mittleren Kindheit.
- **Dr. Tamara Rachbauer** ist akademische Rätin an der Universität Passau am Lehrstuhl für Erziehungswissenschaft mit dem Schwerpunkt Diversitätsforschung und Bildungsräume der Mittleren Kindheit.
- **Eva Rutter** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Passau am Lehrstuhl für Erziehungswissenschaft mit dem Schwerpunkt Diversitätsforschung und Bildungsräume der Mittleren Kindheit.

Literatur

- Apel, H., & Kraft, S. (2003). Online lehren in der Weiterbildung. In H. Apel, & S. Kraft (Hrsg.), *Online lehren. Planung und Gestaltung netzbasierter Weiterbildung*. Bertelsmann.
- DigCompEDU Bavaria. (o. D.). <https://www.km.bayern.de/schule-digital/unterrichten-in-der-digitalen-welt/digcompedu-bavaria.html>, Stand 6. September 2023.
- Eichhorn, M. (2018). Digitale Kompetenzen von Hochschullehrenden messen: Validierungsstudie eines Kompetenzrasters. *DeLFI 2018 – Die 16. E-Learning Fachtagung Informatik* (S. 69-80). Druck + Verlag GmbH.
- Kromrey, H. (2004). Qualität und Evaluation im System Hochschule. In R. Stockmann (Hrsg.), *Evaluationsforschung* (S. 233-258). Leske & Budrich.
- Liebig, M., & Schweder, M. (2020). Schulpraxis auf DIN A0. Poster(-präsentationen) als eine Form der Reflexion von Unterricht. *Herausforderung Lehrer_innenbildung*, 3(2), 214–231. <https://doi.org/10.4119/hlz-2498>
- Redecker, C. (2019). *Europäischer Rahmen für die digitale Kompetenz Lehrender: DigCompEdu*. Goethe-Institut.

Einsatz von KI-basierten Chatbots in der Ausbildung von Sachunterrichtslehrkräften

Vorgestellt wird ein Lehrkonzept bestehend aus verschiedenen Lehr-Lernbausteinen zum Umgang mit KI-basierten Chatbots in der universitären Ausbildung von Sachunterrichtslehrkräften, welche an verschiedenen Stellen des Lehramtsstudiums zukünftig integriert werden. Die Bausteine führen an die Nutzung KI-basierter Chatbots im Rahmen der Unterrichtsvorbereitung heran und sensibilisieren für die Notwendigkeit zu präzisiertem Prompting und vor allem für den kritisch-reflexiven Umgang mit dem Output KI-basierter Sprachmodelle im Spannungsfeld zwischen naturwissenschaftlich-fachlicher Korrektheit und didaktischer Rekonstruktion.

Verortung in der Lehrpersonenbildung

- ◆ Entwickelt an der Universität des Saarlandes (Projekt: DaTa-Pin, Teilprojekt: LehrChats)
- ◆ Fach: Sachunterricht
- ◆ Institutionelle Einbindung: verschiedene Seminare der Didaktik des Sachunterrichts an der Universität des Saarlandes (Pflicht- und Wahlpflichtveranstaltungen)
- ◆ Zielgruppe: Studierende des Studiengangs „Studienfächer der Primarstufe“ (1.-8. Semester)
- ◆ Teilnehmende pro Durchgang: prinzipiell unbegrenzt, empfohlen werden gängige Seminargrößen (10 bis 30 Teilnehmende)

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ KI-basierte Chatbots (z. B. ChatGPT)

Vorkenntnisse der Teilnehmenden

Vorerfahrungen im Umgang mit KI-Chatbots wie ChatGPT (insb. Prompting) sind nicht zwingend notwendig, können aber hilfreich sein.

Praktische Tipps zur Durchführung

Falls (einige) Teilnehmende keinen eigenen Account zur Nutzung der KI-Chatbots verwenden möchten/sollen/dürfen, können Dozierende nach Möglichkeit ggf. zentral eine gewisse Anzahl an nutzbaren Tokens (Text-Einheiten) erwerben und für die Teilnehmenden bereitstellen.

Einordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen			● ● ● ● ●
Allgemeinere Kompetenzen			
Assessment, Feedback, Adaptivität	○ ○ ○ ○ ○		
Dokumentation	○ ○ ○ ○ ○		
Präsentation	○ ○ ○ ○ ○		
Kommunikation/Kollaboration	● ● ● ● ●	KI.KK.M.N1, KI.KK.M.B1, KI.KK.F.N2, KI.KK.T.A3, KI.KK.U.A4	
Recherche und Bewertung	● ● ● ● ●	KI.RB.U.N1/2, KI.RB.F.N3/4, KI.RB.T.N3, KI.RB.T.N5, KI.RB.T.B2/3	
Fachspezifischere Kompetenzen			
Messwert- und Datenerfassung	○ ○ ○ ○ ○		
Datenverarbeitung	○ ○ ○ ○ ○		
Simulation und Modellierung	○ ○ ○ ○ ○		

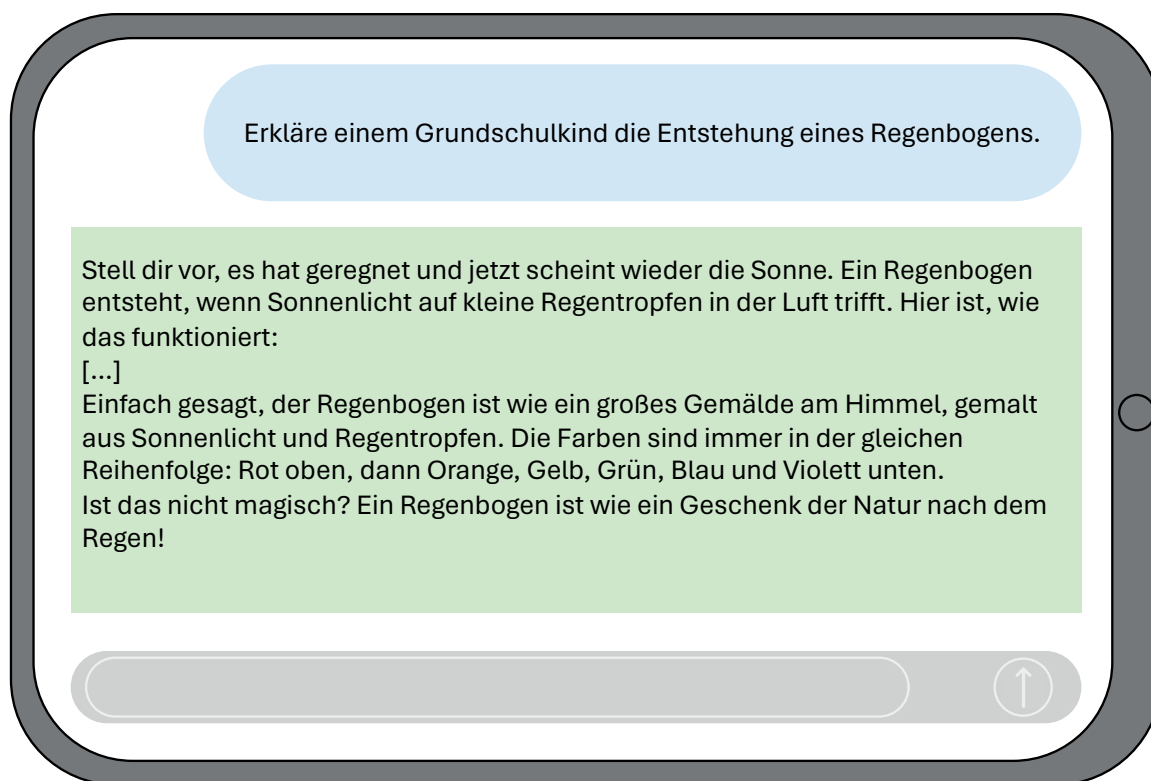
▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzen

Beschreibung des Lehrvorhabens

In dem hier beschriebenen Lehrkonzept werden KI-Chatbots am Beispiel von ChatGPT als Bestandteil und gleichzeitig als gestaltendes Element der Digitalität (Schmeinck et al., 2023; Irion et al., 2023) adressiert. Das übergeordnete Ziel besteht darin, (angehende) Sachunterrichtslehrkräfte für die Möglichkeiten, aber auch insbesondere für die fachlichen, didaktischen und pädagogischen Grenzen des Einsatzes von KI-Chatbots wie ChatGPT bei der eigenen Arbeit als (zukünftige) Grundschullehrkraft zu sensibilisieren. Insbesondere in einem vielperspektivischen Sachunterricht müssen Lehrkräfte über fachlich breit gefächertes Wissen verfügen. Hier scheint die Versuchung gegeben, „einfach ChatGPT zu fragen“ oder gar das Formulieren von Arbeitsaufträgen oder Erklärungen an die KI auszulagern. Entsprechend soll das hier vorgestellte Lehrkonzept (angehende) Sachunterrichtslehrkräfte zu einem kritisch-reflexiven Umgang mit KI-Sprachmodellen (die keine „Wissensmodelle“ sind!) befähigen.

Folgende Kompetenzen werden adressiert (Abb. 1):

1. Kritisch-reflexive Bewertung von KI-Chatbots als Teil der Digitalität und ihrer Auswirkungen auf Individuum und Gesellschaft
2. Beschreibung grundlegender (informatischer) Entwicklungs- und Funktionsprozesse sowie -strukturen von KI-Chatbots
3. Nutzung von KI-Chatbots für eigene Lernprozesse und/oder zur Problemlösung
4. Nutzung effektiver Kommunikationsstrategien und -muster für KI-Chatbots (insb. Prompting)
5. Erläuterung der Auswirkungen des eigenen Medienverhaltens (hier bezogen auf KI-Chatbots) auf die Digitalität



▲ **Abb. 2** Unterhaltung mit ChatGPT zu einem fachlichen Thema für den Sachunterricht

Theoretische Auseinandersetzung mit KI-Chatbots unter Einbezug des Vorwissens der Studierenden

Die Studierenden erhalten einen theoretischen Input zu:

- ◆ Verschiedenen Definitionen von Künstlicher Intelligenz (KI)
- ◆ Der historischen Entwicklung von KI und ihren Auswirkungen auf Individuum und Gesellschaft
- ◆ Verschiedenen Arten und Funktionsweisen von KI
- ◆ Grundlegenden Funktions- und Entwicklungsprinzipien von KI-Chatbots
- ◆ Grundlegenden Prinzipien der Human-Computer-Interaction (HCI) in Bezug auf KI-Chatbots, insb. Prompting

Praktische Auseinandersetzung mit ChatGPT zu verschiedenen Einsatzzwecken

Die Studierenden bearbeiten Arbeitsaufträge zur Nutzung von ChatGPT für verschiedene Aspekte der Unterrichtsvorbereitung, z.B. Formulierung und Beantwortung von Kinder-Sachen-Welten-Fragen (Peschel et al., 2021) oder zur Erstellung

von Arbeitsaufträgen und/oder Erwartungshorizonten zu verschiedenen Themen des Sachunterrichts. Dabei erfahren die Studierenden die Möglichkeiten, aber auch insbesondere die fachlichen, pädagogischen und didaktischen Grenzen von ChatGPT als Sprachmodell (s. auch Abb. 2).

Diskussion und Reflexion

Vorbereitend halten die Studierenden die Ergebnisse der praktischen Auseinandersetzung mit ChatGPT schriftlich fest und ergänzen ggf. angefertigte Screenshots aus Unterhaltungen mit ChatGPT. Sie prüfen anschließend die Ergebnisse auf fachlicher, pädagogischer und didaktischer Ebene. Dann tauschen sich die Studierenden über ihre Erfahrungen und Ergebnisse aus und ziehen ein abschließendes, persönliches Fazit für die Nutzung des KI-Chatbots für ihre eigene (zukünftige) Tätigkeit als (Sachunterrichts-)Lehrkraft.

Nachbereitung

Zur asynchronen Nachbereitung erarbeiten die Studierenden als „Hausaufgabe“ eine Empfehlung zum Einsatz von ChatGPT für die Unterrichtsvorbereitung im Sachunterricht zu einem selbst gewählten, exemplarischen Einsatzzweck.

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Folgende Ergebnisse gingen aus bisherigen Einsätzen des beschriebenen Lehrkonzepts in Bezug auf die Nutzung von KI-Chatbots wie ChatGPT für die Unterrichtsvorbereitung als (angehende) Sachunterrichtslehrkraft hervor:

- ◆ KI-basierte Chatbots wie ChatGPT können von (angehenden) Sachunterrichtslehrkräften an einigen Stellen begrenzt zur Unterrichtsvorbereitung benutzt werden, z.B. zur inhaltlichen Ideenfindung in spezifischen Kontexten, weniger zur konkreten Ausgestaltung von Stunden.
- ◆ Die KI-Chatbots können weder die fachliche noch die pädagogisch-didaktische Expertise der (angehenden) Lehrkräfte ersetzen. Auch Schumann (2024) zeigte ähnliche Befunde zur Nicht-Anwendbarkeit von KI-Chatbots zur fachlichen Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Phänomenen.

Über die Autorinnen und den Autor

- **Dr. Luisa Lauer** ist PostDoc in der AG Didaktik der Primarstufe, Schwerpunkt Sachunterricht an der Universität des Saarlandes.
- **Sarah Poensgen** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der AG Didaktik der Primarstufe, Schwerpunkt Sachunterricht an der Universität des Saarlandes.
- **Prof. Dr. Markus Peschel** leitet die AG Didaktik der Primarstufe, Schwerpunkt Sachunterricht an der Universität des Saarlandes.

Literatur

- Irion, T., Peschel, M. & Schmeinck, D. (2023). Grundlegende Bildung in der Digitalität. Was müssen Kinder heute angesichts des digitalen Wandels lernen? In T. Irion, M. Peschel & D. Schmeinck (Hrsg.), *Grundschule und Digitalität. Grundlagen, Herausforderungen, Praxisbeispiele* (S. 18–42). Grundschulverband.
- Peschel, M., Fischer, M., Kihm, P. & Liebig, M. (2021). Fragen der Kinder – Fragen der Schule – Fragen an die Sache. Die Kinder-Sachen-Welten-Frage (KSW-Frage) als Element einer neuen Lernkultur im Sinne der didaktischen Inszenierung eines vielperspektivischen Sachunterrichts. In M. Peschel (Hrsg.), *Didaktik der Lernkulturen* (153, S. 231–250). Grundschulverband.
- Schmeinck, D., Irion, T. & Peschel, M. (2023). Von der Digitalisierung zur Digitalität. In T. Irion, M. Peschel & D. Schmeinck (Hrsg.), *Grundschule und Digitalität. Grundlagen, Herausforderungen, Praxisbeispiele* (S. 8–17). Grundschulverband.
- Schumann, S. (2024). Phänomene verstehen und KI. *GDSU-Tagung 2024 (Vortrag)*, Leibniz Universität Hannover.

Entdeckungsreise KI: Lernen durch Gestalten und Analysieren

In dieser Einheit wird in das pädagogische Arbeiten mit Künstlicher Intelligenz (KI) eingeführt. Die Nutzung von Googles Teachable Machine ermöglicht es den Teilnehmenden eigene Projekte zu erstellen und veranschaulicht den Trainingsprozess einer KI. Weiterhin stärken Literaturrecherchen mit ChatGPT und Perplexity die Informationskompetenz. Die Teilnehmenden entwickeln KI-gestützte Bildungskonzepte und erhalten durch Peer-Feedback Einblicke in die Anwendung von KI im Bildungsbereich. Abschließende Diskussionen fördern ein kritisches Verständnis der technologischen und ethischen Dimensionen von KI.

Verortung in der Lehrpersonenbildung

- ◆ Entwickelt an der Universität zu Köln
- ◆ Fach: Physik
- ◆ Institutionelle Einbindung im Rahmen zweier jeweils 90-minütiger Einheiten des Medienpraktikums, einem Wahlpflichtangebot in der Lehrpersonenbildung in der Didaktik der Physik.
- ◆ Zielgruppe: Lehramtsstudierende (B.A.) der Schulformen Grundschule; Haupt-, Real-, Sekundar- und Gesamtschule; Gymnasium und Gesamtschule; Berufskolleg I und Berufskolleg II; Sonderpädagogische Förderung.
- ◆ Teilnehmendenzahl pro Durchgang: 15–20

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ Teachable Machine
- ◆ ChatGPT
- ◆ Perplexity

Vorkenntnisse der Teilnehmenden

Die Teilnehmenden benötigen kein Vorwissen, um die Einheiten zu absolvieren. Erste Erfahrungen im Formulieren von Prompts können jedoch helfen, um schneller gute Ergebnisse zu erzielen.

Praktische Tipps zur Durchführung

Es ist ratsam, den Teilnehmenden im Vorfeld die Anlage eines Accounts zur Nutzung von ChatGPT zu empfehlen, damit dieses Werkzeug in der Einheit problemlos genutzt werden kann. Die anderen Anwendungen können ohne Account genutzt werden. Die Teachable Machine funktioniert i.d.R. nur auf Computern, nicht auf Tablets, dies sollte ebenfalls berücksichtigt werden.

Zuordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen			
Allgemeinere Kompetenzen			
Assessment, Feedback, Adaptivität		KI.AFA.U.N2, KI.KK.M.N1, KI.KK.U.A1	
Dokumentation			
Präsentation		KI.P.F.N1, KI.P.U.N2, KI.P.U.A1	
Kommunikation/Kollaboration		KI.KK.U.N1	
Recherche und Bewertung		KI.RB.M.N1, KI.RB.T.N1, KI.RB.T.N3, KI.RB.U.A1, KI.RB.T.A1	
Fachspezifischere Kompetenzen			
Messwert- und Datenerfassung		KI.MD.U.N1, KI.MD.M.N1	
Datenverarbeitung		KI.DV.U.N2	
Simulation und Modellierung			

▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzen

Beschreibung des Lehrvorhabens

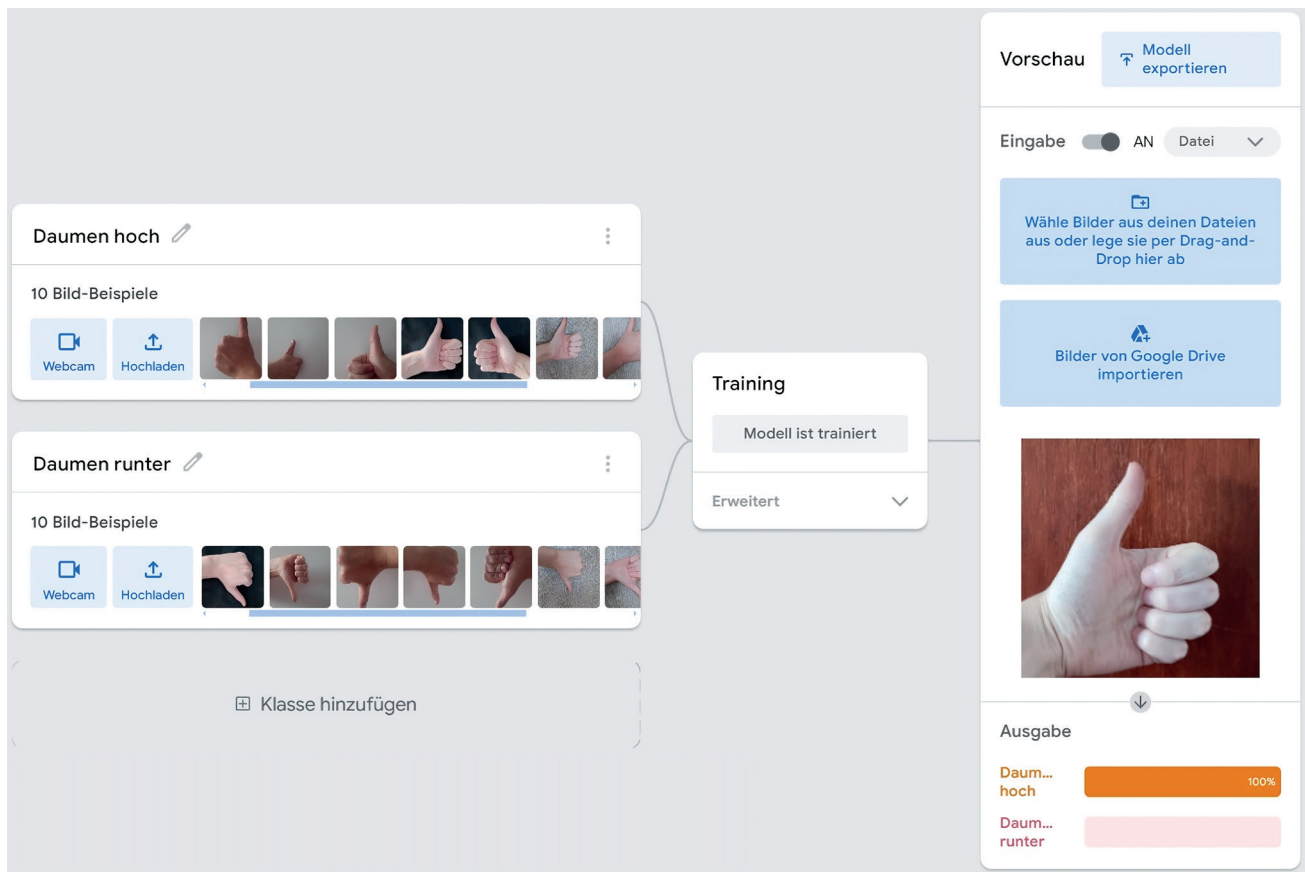
Die Lerneinheit beginnt mit einer umfassenden Einführung in die Grundlagen der Künstlichen Intelligenz (KI). Dabei werden verschiedene Definitionen des Begriffs KI präsentiert, die allesamt von unterschiedlichen KI-Modellen mit identischem Prompt generiert wurden. Ohne Kenntnis über den Ursprung der Texte sollen die Lernenden einschätzen, ob und welche der Definitionen von einer KI stammen.

Im Anschluss werden die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Definitionen in einer Diskussion analysiert. Dies ermöglicht es den Teilnehmenden, erste Eindrücke verschiedener Modelle und deren spezifische Schwerpunkte zu gewinnen. Zudem wird ein Glossar erarbeitet, das zentrale Begriffe wie schwache und starke KI, Maschinelles Lernen und Künstliche Neuronale Netzwerke umfasst um grundlegende KI Kompetenzen zu vermitteln (Hornberger et al., 2023).

Im praktischen Teil der Lerneinheit erhalten die Teilnehmenden in Kleingruppen die Aufgabe,

mithilfe der Teachable Machine von Google ein eigenes Projekt zu entwickeln. Diese Plattform ermöglicht es den Lernenden einfache Modelle maschinellen Lernens zu trainieren. Parallel zur praktischen Umsetzung wird ein Schaubild entwickelt, welches den Prozess des Trainierens einer entscheidungsfähigen KI visualisiert und erläutert.

Eine weitere zentrale Komponente der Lerneinheit ist eine Aufgabe zur KI-gestützten Literaturrecherche. Hierbei kommen Sprachmodelle wie ChatGPT und Perplexity zum Einsatz, um themenspezifisch relevante wissenschaftliche Literatur zu identifizieren. Die Lernenden erstellen mithilfe dieser KI-Tools eine Literaturliste zu verschiedenen vorgegebenen Themen. Anschließend verifizieren sie die Ergebnisse durch eine manuelle Internetrecherche. Diese Übung zielt darauf ab, die Informationskompetenz zu stärken und die Teilnehmenden zu befähigen, die Zuverlässigkeit und Qualität von KI-generierten Inhalten kritisch zu bewerten. Besonderes Augenmerk wird dabei



▲ **Abb. 2** Screenshot einer trainierten Teachable Machine zur Unterscheidung „Daumen hoch“ – „Daumen runter“

auf mögliche halluzinierte Antworten gelegt – Ausgaben, die zwar realistisch und plausibel erscheinen, jedoch faktisch inkorrekt sind (Kurban & Şahin, 2024).

Im weiteren Verlauf der Einheit entwickeln die Teilnehmenden unter Verwendung von KI-Tools eigene Konzepte für den Bildungsbereich. Dabei nutzen sie insbesondere ChatGPT und Perplexity, um am Beispiel des physikalischen Phänomens des Ohm'schen Gesetzes Lehrpläne und Lehrmaterialien zu entwerfen. Der Fokus liegt hierbei vor allem auf der kritischen Bewertung der Anwendbarkeit und didaktischen Eignung KI-gestützter Methoden im Physikunterricht. Die Teilnehmenden werden ermutigt, kreative und gleichzeitig pädagogisch fundierte Ansätze zu entwickeln, die das Potenzial von KI im Bildungskontext optimal ausschöpfen. Die Lernenden präsentieren ihre Konzepte, um sie gemeinsam auf Stärken und Schwächen hin zu diskutieren (Küchemann et al., 2023).

Gegen Ende der Lerneinheit werden die Studierenden zu einer Reflexion über die Chancen und Risiken des Einsatzes von KI in Bildungskontexten angeregt. In strukturierten Debatten sammeln und diskutieren sie Argumente für und gegen den Einsatz von KI im Unterricht. Die Einheit schließt mit einer Reflexion der gemachten Erfahrungen. Die Teilnehmenden bewerten kritisch die Effektivität der verschiedenen KI-Tools und diskutieren mögliche Entwicklungen und deren Auswirkungen auf den Bildungssektor. Hierdurch können Anwendungshürden abgebaut und eine reflektierte, zukunftsorientierte Haltung gegenüber Technologie im Bildungsbereich entwickelt werden (Braun et al. 2022).

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Durch den praktischen Einsatz von KI gewinnen Lernende wertvolle Erfahrungen und ein differenziertes Verständnis für die Möglichkeiten und Grenzen dieser Technologie. Die geführten Debatten über Risiken und Chancen von KI in der Bildung schärfen das Bewusstsein für die sozialen und ethischen Implikationen technologischer Entwicklungen. Die praktischen Übungen zeigen, wie eine kritische Bewertung die Qualität KI-gestützter Ergebnisse verbessern kann. Die Erstellung von Lehrplänen mithilfe von KI veranschaulicht, dass diese Technologie zwar ein leistungsfähiges Hilfsmittel darstellt, jedoch pädagogische Fachkenntnisse und menschliche Urteilskraft nicht ersetzen kann. Das strukturierte Peer-Feedback und die moderierten Debatten fördern gezielt die Kommunikations- und kritischen Denkfähigkeiten der Studierenden, die zu den essentiellen 4K-Kompetenzen des 21. Jahrhunderts zählen (Piffner et al. 2021).

Eine engere Verknüpfung von Theorie und Praxis kann ein tieferes Verständnis von KI-Konzepten und deren Anwendung fördern. Das durch die praktischen Erfahrungen gestärkte Kompetenzerleben befähigt angehende Lehrpersonen, zukünftig selbstbewusster und reflektierter mit KI und Technologien im Lehr-Alltag umzugehen (Braun et al. 2022).

Die beschriebenen Kurseinheiten bilden eine solide Grundlage für das Verständnis und die Anwendung von KI im Bildungsbereich. Um die Relevanz und Aktualität des Kurses zu gewährleisten, sind kontinuierliche Aktualisierungen entsprechend den neuesten technologischen, wissenschaftlichen und pädagogischen Entwicklungen unerlässlich. Dies stellt sicher, dass Studierende die notwendigen Kompetenzen erwerben, um in einer zunehmend von KI geprägten Welt erfolgreich agieren zu können.

Über die Autorin und die Autoren

- **Jannik Henze** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand im Institut für Physikdidaktik an der Universität zu Köln.
- **Sascha Therolf** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand im Institut für Physikdidaktik an der Universität zu Köln.
- **Julia Lademann** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin und Doktorandin in der AG Digitale Bildung mit Schwerpunkt Künstlicher Intelligenz an der Universität zu Köln.
- **Prof. Dr. André Bresges** ist Professor für Physikdidaktik an der Universität zu Köln.
- **Prof. Dr. Sebastian Becker-Genschow** ist Professor für Digitale Bildung mit Schwerpunkt Künstliche Intelligenz an der Universität zu Köln.

Literatur

- Braun, A., Weiß, S., & Kiel, E. (2022). Überzeugungsmuster angehender Lehrpersonen zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht. *MedienPädagogik*, 235–259. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2022.12.08.X>
- Hornberger, M., Bewersdorff, A., & Nerdel, C. (2023). What do university students know about Artificial Intelligence? Development and validation of an AI literacy test. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5, 100165. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100165>
- Küchemann, S., Steinert, S., Revenga, N., Schweinberger, M., Dinc, Y., Avila, K. E., & Kuhn, J. (2023). Can ChatGPT support prospective teachers in physics task development? *Physical Review Physics Education Research*, 19(2), 020128. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020128>
- Kurban, C. F., & Şahin, M. (2024). *The Impact of ChatGPT on Higher Education. Exploring the AI Revolution*. Emerald Publishing Limited.
- Piffner, M., Sterel, S., & Hassler, D. (2021). *4K und digitale Kompetenzen. Chancen und Herausforderungen*. hep (4K kompakt, Band 1).

KI für die Professionalisierung von angehenden Biologielehrpersonen am Beispiel naturwissenschaftlicher Hypothesenbildung

Im Projekt „ProfiLL (Professionalisierung mittels intelligenter Lehr-Lernsysteme)“ wurde eine hochschuldidaktische, digital-gestützte Lehrveranstaltung für angehende Biologielehrpersonen konzipiert, implementiert und sukzessiv weiterentwickelt. Zentrales Lehrziel ist, über den Einsatz eines eigens entwickelten, regelbasierten Lehr-Lernsystems (klassische KI) und langfristig mittels generativer KI (LLM), die Förderung von T/DK, T/DPK, und T/DPACK kontextualisiert in der naturwissenschaftlichen Hypothesenbildung beim Experimentieren.

Verortung in der Lehrpersonenbildung

- ◆ entwickelt an der Universität Kassel als Kooperationsprojekt zwischen der Didaktik der Biologie und Theoretischen Informatik
- ◆ Fach: Biologie (oder auch Naturwissenschaften)
- ◆ Institutionelle Einbindung: (wöchentliches oder teilgeblocktes) Wahlpflichtseminar (2 SWS)
- ◆ Zielgruppe: ab dem 5. Fachsemester
- ◆ Lehramt: Haupt- und Realschule; Gymnasien
- ◆ Teilnehmendenzahl pro Durchgang: 20 bis 24

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ klassische KI: selbstentwickeltes Diagnose- und Feedbacktool zur naturwissenschaftlichen Hypothesenbildung
- ◆ generative KI: ChatGPT

Vorkenntnisse der Teilnehmenden

- ◆ grundlegendes pädagogisch-psychologisches Wissen zu Diagnostik und Feedback
- ◆ grundlegendes fachdidaktisches Wissen zum Experimentieren entlang des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses einhergehend mit möglichen Hürden von Schülerinnen und Schülern
- ◆ wünschenswert sind Fertigkeiten im Umgang mit digitalen Technologien

Praktische Tipps zur Durchführung

- ◆ vor einem diskursiven Austausch zur Nutzung der KI-Anwendungen sollten die Studierenden zunächst eigene Erfahrungen im Umgang mit diesem machen, um sich das eigene Vorstellungs- und Meinungsbild zu KI bewusst zu machen
- ◆ zur tiefergehenden Reflexion hat sich die Erstellung und Einbindung von Videovignetten aus der realen Hospitation von Lernenden bei der Nutzung der KI-Anwendung bewährt

Zuordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen		○ ○ ○ ○ ○
Allgemeinere Kompetenzen		
Assessment, Feedback, Adaptivität	● ● ● ● ●	KI.AFA.T.N1, KI.AFA.U.A1, KI.AFA.T.N2, KI.AFA.M.N1, KI.AFA.M.B1, KI.AFA.M.B2, KI.AFA.U.N2, KI.AFA.U.N1
Dokumentation	○ ○ ○ ○ ○	
Präsentation	○ ○ ○ ○ ○	
Kommunikation/Kollaboration	○ ○ ○ ○ ○	
Recherche und Bewertung	○ ○ ○ ○ ○	
Fachspezifischere Kompetenzen		
Messwert- und Datenerfassung	○ ○ ○ ○ ○	
Datenverarbeitung	○ ○ ○ ○ ○	
Simulation und Modellierung	○ ○ ○ ○ ○	

▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzen

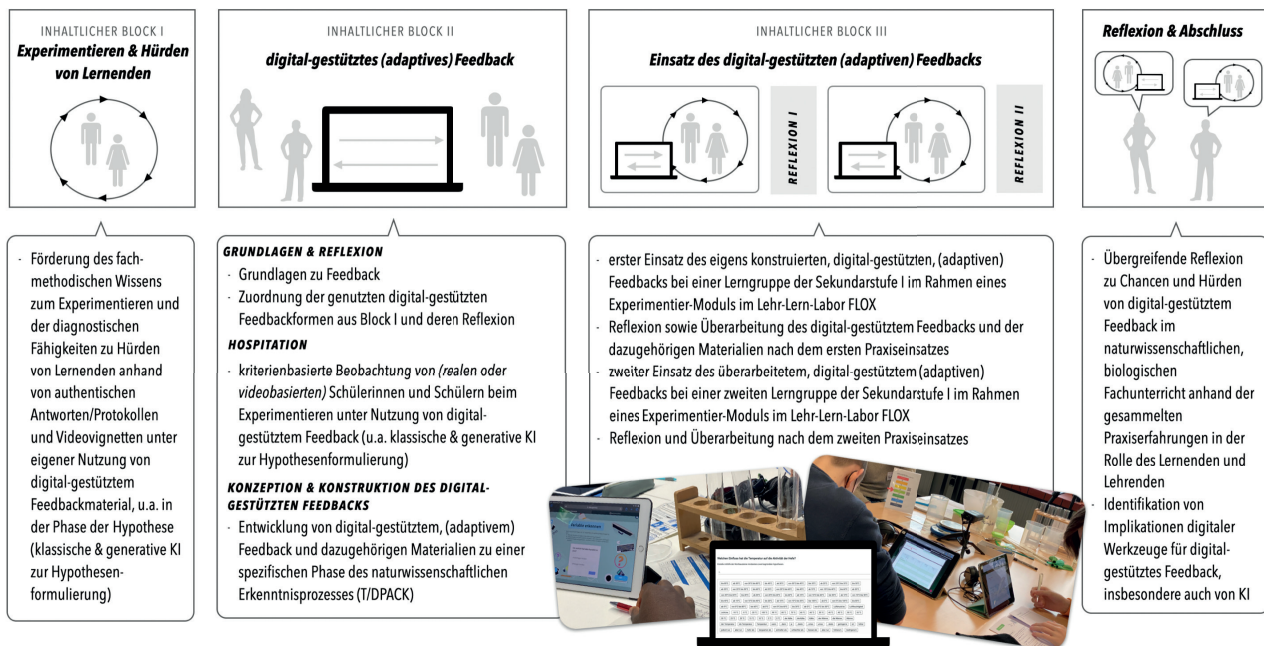
Beschreibung des Lehrvorhabens

Die effektive Nutzung von KI-Anwendungen scheint einfach, auch weil sich der Markt an unterrichtsbezogener KI stetig erweitert. Der gezielte Einsatz zur Förderung generischer oder fachspezifischer Kompetenzen bei den Lernenden setzt jedoch z. T. weit mehr als nur die reine Bedienbarkeit durch die Lehrenden voraus (Khosravi et al., 2022). Gegenüber der Nutzung durch Lernende benötigen Lehrpersonen für einen zielgerichteten, unterrichtlichen Einsatz ein weiterführendes technologiebezogenes Verständnis, welches die Arbeitsweise der Maschinen sowie grundlegendes, informatisches Wissen miteinschließt. Im Vergleich zu anderen digitalen Technologien können die Potenziale von KI z. B. zur Diagnostik und zum individuellen Lernen mittels Feedbacks dann ausgeschöpft werden, wenn Lehrpersonen diese auch für ihr Unterrichtsgeschehen sowie ihre Lerngruppe anpassen und nutzbar machen können (Schmid et al., 2021). Daran anknüpfend verfolgt die universitäre Lehrveranstaltung das Ziel, angehende Biologielehrpersonen in ihrem profes-

sionellen Handlungsprofil zum digital-gestützten Unterrichten zu stärken, indem sie digitale Werkzeuge, u.a. klassische und generative KI, zur Diagnostik und Bereitstellung von differenzierten bis hin zu individualisierten Feedback entlang des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses selbst anwenden, entwickeln und mit Lernenden erproben (Kastaun & Meier, 2023).

Experimentierfähigkeiten stärken, Diagnostizieren lernen und digital-gestützt Feedback geben

Die Lehrveranstaltung besteht aus drei inhaltlich aufeinander aufbauenden Blöcken (Abb. 2). Nach dem ersten Block zum Experimentieren und der Auseinandersetzung mit entsprechenden Hürden der Lernenden, folgt eine Einführung in die pädagogisch-psychologischen Grundlagen zu Feedback und dessen digital-gestützter, fachdidaktischer Gestaltung (Block II). Anschließend beobachten die angehenden Lehrpersonen eine Lerngruppe (9. oder 11. Klasse), die unter der Ver-



▲ **Abb. 2** Konzept der Lehrveranstaltung

wendung von digital-gestütztem Feedback, u.a. mit klassischer und generativer KI, experimentell eine naturwissenschaftliche Frage („Welchen Einfluss hat die Temperatur auf die Aktivität der Hefe im Pizzateig?“) untersucht. Auf Basis dessen konstruieren die Studierenden für eine Phase im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess digital-gestütztes Feedbackmaterial (z. B. interaktive Präsentationen mit Feedbackschleife, differenzierte Erklärvideos oder Online-Lernumgebungen mit Echtzeit-Rückmeldung). Über einen zweimaligen Praxiseinsatz und deren Reflexion (Block III) erproben die angehenden Biologie-Lehrpersonen ihre Materialien in realen Schulklassen und diskutieren übergreifend Chancen, Hürden und Implikationen für den forschend-naturwissenschaftlichen Unterricht.

Klassische und generative KI am Beispiel der naturwissenschaftlichen Hypothesenbildung

Im Rahmen dieser Lehrveranstaltung wird u.a. der Einsatz von KI erprobt. Zur Unterstützung der Hypothesenbildung nutzen die angehenden Lehrpersonen eine klassische KI, welche auf Basis von mathematischen Modellen Hypothesen sowohl sprachlich, fachmethodisch als auch fachlich prüft (Bruse et al., 2023). Vorteil dieses intern auf logischen Schlussregeln basierten Systems ist es, dass die vorgenommene, technische Prüfung der Eingaben auch für diagnostische Zwecke genutzt werden kann, weil eine Erklärbarkeit durch diesen Ansatz gegeben ist. Dies ist üblicherweise bei Verwendung generativer KI nicht der Fall. Allerdings ist eine Erfassung natürlicher Sprache, im Gegensatz zu LLMs wie ChatGPT, nicht möglich. Mittels Wortbausteinen, die die Lehrkraft zuvor angelegt hat, können die Lernenden ihre Hypothesen (hier zur experimentellen Prüfung des Phänomens zum Aufgehen des Pizzateiges) aufstellen und mittels des automatisierten Feedbacks überarbeiten.

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Das Lehrkonzept wurde mit zwei Kohorten an der Universität Kassel und einer Kohorte an der Leibniz Universität Hannover in jeweils einer Lehrveranstaltung ($N = 58$) implementiert und weiterentwickelt. Das sukzessive Heranführen der angehenden Lehrpersonen über die eigene Nutzung, die Hospitation und der reale Einsatz in Schulklassen von KI-Tools als unterstützendes Lehrwerkzeug im Feedbackgeben kann als effektiv-situierter Lehrweg festgehalten werden (Kastaun & Meier, 2023). Können sich die Studierenden unter „intelligentem Feedback“ mittels digitaler Technologien vor der Veranstaltung nur wenig bis nichts vorstellen („Ich meine, ich könnte mir nur vorstellen, dass es Feedback mit einer speziellen Zielsetzung ist, aber ich kann mir ehrlich gesagt nicht mehr drunter vorstellen.“ Aussage aus Interviewstudie mit $N = 12$ Studierenden), hat sich das Bild zum digital-gestützten Unterricht bei ihnen neu bis erweitert geformt.

Der Einsatz klassischer KI-Systeme eignet sich insbesondere für fachdidaktische Lernbereiche, die durch ableitbare, objektive Bewertungskriterien

formalisiert und damit in ein mathematisches Modell übertragen werden können. Die Bildung naturwissenschaftlicher Hypothesen kann in diesem Zusammenhang als exemplarischer Kontext angesehen werden. Mit der Entwicklung eines regelbasierten Systems geht eine Abstraktion des Lerngegenstandes einher, welche zum einen durch die Fokussierung auf objektive Maßstäbe einen fachdidaktischen Erkenntnisgewinn fördert, sowie eine Erklärbarkeit des auf Basis des Modells gewonnenen Feedbacks ermöglicht. Zum anderen bedingt dies jedoch einen Verlust an Genauigkeit – z. B. erfordert die klassische KI eine formalisierte Eingabe an Hypothesen, kann aber durch den Formalisierungsgrad der natürlichen Sprache nur eingeschränkt das alltägliche Konzeptwissen abbilden. Im Projekt gewonnene Erkenntnisse machen deutlich, dass eine effektive Nutzung solcher Systeme eine Erweiterung der Data und AI Literacy über ein reines Anwendungswissen hinaus, hin zu einem tiefergehenden Verständnis ihrer Funktionsweise erfordert.

Über die Autorinnen und die Autoren

- **Dr. Marit Kastaun** ist Mitarbeiterin in der Didaktik der Biologie an der Universität Kassel und forscht zu KI und Individualisierung in der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung.
- **Dr. Norbert Hundeshagen** ist akademischer Oberrat im Fachgebiet Theoretische Informatik/ Formale Methoden an der Universität Kassel und forscht in der Entwicklung von Bildungstechnologien.
- **Prof. Dr. Martin Lange** leitet das Fachgebiet Theoretische Informatik / Formale Methoden an der Universität Kassel und forscht zur Entwicklung automatisierter Feedbackmethoden.
- **Prof. Dr. Monique Meier** leitet die Professur für Didaktik der Biologie an der TU Dresden und forscht im Bereich Feedback und Individualisierung sowie Einsatz von Tieren.

Literatur

- Bruse, F., Kastaun, M., Lange, M. & Möller, S. (2023), The Calculus of Temporal Influence. 30. *Internationales Symposium zu Temporal Representation and Reasoning (TIME'23)*.
- Kastaun, M., & Meier, M. (2023). Experimentierfähigkeiten stärken, Diagnostizieren lernen und digitalgestützt Feedback geben. In M. Meier, G. Greefrath, M. Hammann, R. Wodzinski, & K. Ziepprecht (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung* (S. 77–90). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_6
- Khosravi, H., Shum, S. B., Chen, G., Conati, C., Tsai, Y.-S., Kay, J., Knight, S., Martinez-Maldonado, R., Sadiq, S., & Gašević, D. (2022). Explainable Artificial Intelligence in education. *Comp. Educ. Artificial Intelligence*, 3, 100074. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100074>
- Schmid, U., Blanc, B., Toepel, M., Pinkwart, N. & Drachler, H. (2021). *KI@Bildung: Lehren und Lernen in der Schule mit Werkzeugen Künstlicher Intelligenz. Trendstudie KI@Bildung*. Deutsche Telekom Stiftung.

KI im Biologieunterricht: Von den Grundlagen zur praxisorientierten Anwendung

Die dreiteilige Blockveranstaltung startet mit einem Überblick über technologische Grundkenntnisse von KI und maschinellem Lernen, welche an datenschutzkonformen KI-Tools erprobt werden. Anschließend werden fachwissenschaftlich relevante Tools aufgegriffen. Der zweite Block gibt einen Überblick über mediendidaktische Grundlagen für den KI-Einsatz in der Schule, wie Forschungsstand, ethische Aspekte und Einsatzmöglichkeiten. Im zeitintensivsten Block kommt es zur praxisbezogenen biologiespezifischen Erprobung von KI-Tools zur Unterrichtsplanung und automatisierten textbasierten Rückmeldungen.

Verortung in der Lehrpersonenbildung

- ◆ Entwickelt an der Paris Lodron Universität Salzburg
- ◆ Fach: Biologie
- ◆ Institutionelle Einbindung: Vorlesung mit Übungsanteil
- ◆ Zielgruppe: Lehramtsstudierende der Sekundarstufe I und II, im Pflichtbereich des Bachelorstudiums Lehramt für Biologie und Umweltkunde (BEd)
- ◆ Teilnehmendenzahl pro Durchgang: ca. 20

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ KI-Chatbot
- ◆ KI-Tools von KI macht Schule (<https://ki-macht-schule.de/>)
- ◆ KI-Tools von MagicSchool (magicschool.ai) oder Teachino (teachino.io)
- ◆ Fiete (fiete.ai)

Vorkenntnisse der Teilnehmenden

In diesem Themenblock der Lehrveranstaltung „Medien im Biologieunterricht“ werden keine gesonderten Kenntnisse im Bereich digitaler Unterrichtsmedien und Mediendidaktik gefordert. Vorausgesetzt werden jedoch Kenntnisse über kompetenzorientierte Unterrichtsplanungen, grundlegende fachdidaktische Kenntnisse hinsichtlich Unterrichtsqualität und Vorkenntnisse zu pädagogisch-psychologischen Lehr- und Lernansätzen.

Praktische Tipps zur Durchführung

Für die Umsetzung des Lehrkonzeptes wird ein Seminarraum mit WLAN und Präsentationstechnik wie z. B. Beamer benötigt. Die Teilnehmenden sollten alle einen Computer/Tablet mitbringen. Bei der Auswahl der KI-Tools, mit denen die Studierenden in der Lehrveranstaltung arbeiten, ist darauf zu achten, dass der Zugang zu den Tools niederschwellig gestaltet ist (kostenlose, schnelle Anmeldung), um die praktische Anwendung zu fördern und technische Probleme zu minimieren.

Einordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen			○ ○ ○ ○ ○
Allgemeinere Kompetenzen			
Assessment, Feedback, Adaptivität	● ● ● ○ ○	KI.AFA.U.N1/2, KI.AFA.M.N1, KI.AFA.M.N4/5, KI.AFA.T.N2, KI.AFA.U.B1, KI.AFA.M.B1/2	
Dokumentation	● ● ○ ○ ○	KI.DO.U.N1, KI.DO.M.N1, KI.DO.M.B1	
Präsentation	● ○ ○ ○ ○	KI.PF.N1, KI.PT.N1	
Kommunikation/Kollaboration	● ● ● ● ●	KI.KK.T.N2, KI.KK.T.B2, KI.KK.T.A3, KI.KK.FB2, KI.KK.M.N1, KI.KK.M.B1, KI.KK.U.N1, KI.KK.U.B1, KI.KK.U.B3, KI.KK.U.A1	○
Recherche und Bewertung	● ● ● ● ○	KI.RB.T.N3/4, KI.RB.T.B2/3, KI.RB.M.N1, KI.RB.U.B1, KI.RB.U.A1	
Fachspezifischere Kompetenzen			
Messwert- und Datenerfassung	● ● ● ○ ○	KI.MD.T.N1, KI.MD.T.B1, KI.MD.T.A1, KI.MD.FB1	
Datenverarbeitung	● ● ● ● ○	KI.DV.T.N8, KI.DV.T.B1, KI.DV.T.A1, KI.DV.F.N2, KI.DV.F.B1, KI.DV.M.N1, KI.DV.M.B2, KI.DV.U.N1, KI.DV.U.B2	
Simulation und Modellierung	● ○ ○ ○ ○	KI.SM.F.N1	

▲ Abb. 1 Adressierte Kompetenzen

Beschreibung des Lehrvorhabens

Konzeptionelle Rahmung

Die Blockveranstaltung gliedert sich in drei Bereiche (siehe Abb. 2):

1. Technologische Grundkenntnisse für den Einsatz von KI in der Schule (D/TK, D/TCK)

Dieser Block adressiert die Vermittlung technologischen Grundlagenwissens zu KI und maschinellem Lernen. Dazu werden Materialien und KI-Tools von KI macht Schule eingebunden. Die spezielle Technik der KI in der Kommunikation und Kollaboration (KK), Recherche und Bewertung (RB) und Messwert- und Datenerfassung (MD) wurden so besonders ausführlich erörtert und erprobt.

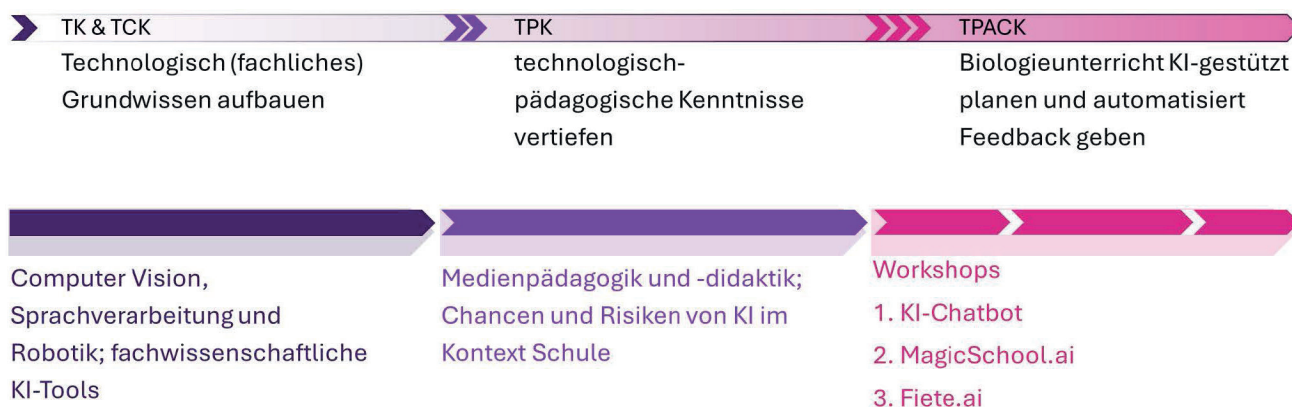
Zu Beginn wird eine Definition von KI eingeführt und zentrale Anwendungsbereiche der KI vorgestellt (Computer Vision, Sprachverarbeitung, Robotik). Zu den Anwendungsbereichen erproben die Studierenden diverse KI-Tools – z. B. trainieren sie eine Bilderkennung mit der Teachable Machi-

ne. Dabei werden die Begriffe Trainings- und Testdaten eingeführt.

Wann ist eine Maschine intelligent? Zur Beantwortung dieser Frage wird der Turing Test erläutert und am Beispiel von Bildern durchgeführt. Für ein grundlegendes Verständnis der Funktionsweise von KI-Systemen, werden dann Grundideen von Algorithmen des maschinellen Lernens an Beispielen vorgestellt. Abschließend werden Themen und fachwissenschaftlich relevante Tools aufgegriffen, die Bildung über KI im Fachunterricht ermöglichen (u. a. künstliche neuronale Netze & das menschliche Gehirn; AlphaFold).

2. Einführung in mediendidaktische Grundlagen für den Einsatz von KI in der Schule (D/TPK)

Zunächst werden Zeitungsberichte zu KI in der Schule mit z. T. gegensätzlichen Meinungen vorgestellt, was zu Diskussionen über Vor- und Nachteile führt. Danach werden KI-Chatbots und Prompting behandelt, inklusive Techniken und



▲ **Abb. 2** Zentrale konzeptionelle Lehr-Lernbausteine und Ablauf des Lehrvorhabens

Parallelen zu klassischen Aufgabenstellungen unter Bezugnahme auf die Bloomsche Taxonomie. Der Forschungsstand zu KI-Chatbots im Bildungsbereich zeigt Potenziale zur Verbesserung von Lehr- und Lernprozesse, jedoch ist die empirische Evidenz noch unzureichend (Europäische Kommission, 2022). Hierbei wurden ethische Aspekte des KI-Einsatzes ebenfalls diskutiert. Die Einsatzmöglichkeiten von KI in der Schule werden in Makro-Ebene (Schule: Evaluieren & Planen), Meso-Ebene (Klasse: Unterrichten & Prüfen) und Mikro-Ebene (Schülerinnen und Schüler: Lernen & Üben) unterteilt (Schmid et al., 2021). Abschließend werden Chancen und Risiken der Unterrichtsplanung mit KI-Chatbots thematisiert (u.a. Martin & Graulich, 2023).

Ein besonderer Fokus dieses Lehrabschnitts lag auf dem Kompetenzbereich Assessment, Feedback und Adaptivität (AFA).

3. Praxisbezogene Erprobung: Einsatz von KI-Tools zur Unterrichtsplanung und automatisierten textbasierten Rückmeldung (D/TPACK)

Die praxisbezogene Erprobung besteht aus drei Teilen und verwendet vorgegebene Unterrichtssettings als kontextuellen Rahmen. Anfang und Ende jedes Lernelements beinhalten die Einführung in das KI-Tool bzw. die KI-Plattform und die Ergebnissicherung durch eine Diskussion. Dies ermöglichte, u.a. die Vermittlung von „Assessment, Feedback und Adaptivitäts“-Kompetenzen im Einsatz mit KI sowie ein Benennen bis Anwenden von KI-basierten „Kommunikations- und Kollaboration“-Kompetenzen.

a) Unterrichtsplanungen und Differenzierung mit einem KI-Chatbot

Das von KI macht Schule bereitgestellte GPT-Format ermöglicht einen leichten Einstieg in die KI-gestützte Unterrichtsplanung und Materialgenerierung, z.B. Differenzierung nach Sprachkompetenz. Effektive Prompts werden durch gezielten Input unterstützt und die Ergebnisse kritisch bewertet.

b) MagicSchool.ai, eine KI-basierte Bildungsplattform

Im zweiten Teil werden verschiedene KI-Tools der Plattform MagicSchool.ai erprobt. Studierende wählen ein Tool zur Planung oder Generierung von Unterrichtsmaterialien, die nach fachlicher Korrektheit und angewandter Didaktik geprüft und vorgestellt werden, z.B. adäquate didaktische Reduktion und kognitive Aktivierung.

c) Fiete.ai, das automatisierte Assessment Tool

Fiete.ai ist ein textbasiertes Assessment-Tool zur automatisierten Bewertung geschriebener Antworten. Trotz technischer Limitationen bietet es eine Grundlage für kritische Reflexionen. Die Erprobung des Tools gliedert sich in drei Teile (s. Abb. 3):

1. Erprobung des Formats aus Lernendenperspektive,
2. Erstellung eines Quiz aus Lehrendenperspektive,
3. Peer-Review der Assessment-Kriterien der Teilnehmenden und deren Umsetzung durch die KI.

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die bewusste Strukturierung des Kurses von D/TK (D/TCK) über D/TPK zu D/TPACK hat sich als sinnvoll erwiesen, da Schritt für Schritt von eher abstrakten technischen Aspekten über mediendidaktische Inhalte zu konkreten fachdidaktischen Anwendungen hingeführt wird.

In der praktischen Erprobung wurde stets ein KI-Einsatz im Unterricht betont, bei dem die Technik die Rolle des Lehrenden ergänzt und nicht ersetzt (Schmid et al., 2021).

Als DSGVO-konforme Alternative zu MagicSchool könnte auch teachino eingesetzt werden. Da hierfür ein kostenpflichtiges Abonnement erforderlich ist, wurde die amerikanische Alternative

gewählt. Es ist jedoch zu beachten, dass diese Plattform amerikanische Standards wie die Next Generation Science Standards implementiert.

In Zukunft sollte verstärkt auf die gesetzlichen Regelungen zum Datenschutz und Urheberrecht eingegangen werden, da diese für (angehende) Lehrkräfte von besonderem Interesse sind.

Vor und nach der Blockeinheit wurde eine Befragung durchgeführt, die eine Zunahme der selbst eingeschätzten Kompetenzen und der wahrgenommenen Potenziale im Umgang mit KI zeigen, während die wahrgenommenen Risiken leicht angestiegen sind.

Über die Autorinnen

- **Prof. Dr. Lena von Kotzebue** ist Professorin für Biologiedidaktik und leitet die AG Didaktik der Biologie und Umweltbildung an der Universität Salzburg. Ihre Forschungsinteressen liegen im Bereich der professionellen Handlungskompetenzen von (angehenden) Biologielehrkräften zum Umgang mit digitalen Medien und im Bereich der Klimabildung.
- **Freya Steinacher** ist Senior Scientist in der AG Didaktik der Biologie und Umweltbildung an der Universität Salzburg. Ihre Forschungsinteressen umfassen den Einsatz von Künstlicher Intelligenz im Biologieunterricht sowie die Entwicklung mediendidaktischer Konzepte für Lehrkräfte.
- **Ass.-Prof. Dr. Sarah Schönbrodt** ist Assistenzprofessorin für Mathematikdidaktik an der Universität Salzburg. Ihr aktueller Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich Bildung über KI und maschinelles Lernen. Zudem ist sie Geschäftsführerin der Non-Profit-Organisation „KI macht Schule“.

Literatur

- Europäische Kommission, Generaldirektion Bildung, Jugend, Sport und Kultur, (2022). *Ethische Leitlinien für Lehrkräfte über die Nutzung von KI und Daten für Lehr- und Lernzwecke*, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2766/494>
- Martin, P. P., & Graulich, N. (2023). Mit Computerintelligenz Lehr-Lern-Prozesse gestalten: Anwendung von ChatGPT zur Unterrichtsplanung. In *DiCE-Tagung 2023*. Justus-Liebig-Universität. <https://dx.doi.org/10.22032/dbt.59418>
- Schmid, U., Blanc, B., & Toepel, M. (2021). *KI@Bildung: Lehren und Lernen in der Schule mit Werkzeugen Künstlicher Intelligenz*. Deutsche Telekom Stiftung. <https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/media/publications/KIBildung-Schlussbericht.pdf>

KI in der naturwissenschaftlichen Lehrkräfteausbildung: KI-kompetente Lehrkräfte für die Gestaltung modernen Unterrichts

Mit dem hier vorgestellten Seminarkonzept analysieren, verstehen und entwickeln angehende Lehrkräfte KI-bezogene Kompetenzen, Verfahren und Vorgehensweisen, um KI-gestützte Anwendungen angemessen in die eigene Unterrichtspraxis integrieren zu können (kompetente KI-Nutzung und kompetente KI-Gestaltung). Dem Seminarkonzept liegt ein Dreischritt zugrunde: Lehramtsstudierende aus verschiedenen Studiengängen und Fachkombinationen entwickeln ihre Rolle von Nutzenden über das Verstehen und Klassifizieren der KI bis hin zu Gestaltenden potenzieller Lernangebote.

Verortung in der Lehrpersonenbildung

- ◆ Entwickelt an der Leibniz Universität Hannover, Institut für Didaktik der Naturwissenschaften, Didaktik der Chemie
- ◆ Fächer: alle Fächer an der LUH
- ◆ Wahlpflichtseminar (Schlüsselkompetenzangebot)
- ◆ Zielgruppe: ab dem 1. Fachsemester / Fächerübergreifender Bachelor
- ◆ Teilnehmendenanzahl pro Durchgang: 25

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ Analyse von Prozessdaten durch neuronales Netzwerk (z.B. Zeichnungen in Quick,Draw!)
- ◆ KI-Erkennung und Klassifizierung von Bild-, Audio- und Videodaten durch maschinelles Lernen (z.B. Teachable Machine)
- ◆ Eigenschaften und Parameter großer Sprachmodelle (z.B. OpenAI Playground)
- ◆ Chatbots (z.B. ChatGPT; Q-Chat; Textgenerierende und übersetzende Systeme: DeepL)

Vorkenntnisse der Teilnehmenden

Das Seminar setzt keine Vorkenntnisse über KI und KI-Anwendungen voraus. Es wird auf eine interaktive Art und Weise in das Themenfeld der KI eingeführt. Dabei werden verschiedene Arten von KI-Anwendungen erkundet.

Praktische Tipps zur Durchführung

Der Fokus des Seminars liegt auf der Darstellung der Bandbreite möglicher KI-basierter Anwendungen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass mit der schnellen Entwicklung der KI auch die Vielfalt der KI-Anwendungen zunimmt und sich das Seminar daher ständig anpassen muss. So ist davon auszugehen, dass sich die Auswahl der im Seminar verwendeten KI-Anwendungen ständig weiterentwickelt. Außerdem ist zu beachten, dass der Einsatz von KI-Anwendung im Seminar aufgrund veränderter Parameter oder zusätzlicher Kosten nicht mehr zielführend ist. Wir empfehlen daher, insbesondere die KI-Anwendungen für die ersten zwei Sitzungen immer wieder genau zu überprüfen und die Schnelligkeit zu thematisieren.

Einordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen ○ ○ ○ ○ ○		
Allgemeinere Kompetenzen		
Assessment, Feedback, Adaptivität	● ● ○ ○ ○	AFA.U.N1/2, AFA.M.N1–4, AFA.M.B1–3, AFA.T.N1/2
Dokumentation	● ○ ○ ○ ○	DO.M.N1, DO.M.B1, DO.F.N1, DO.T.N1
Präsentation	● ● ● ● ○	P.U.N1/2, P.U.B1, P.U.A1, P.M.N1/2, P.F.N1, P.T.N1, P.T.B1/2, P.T.A1
Kommunikation/Kollaboration	● ● ● ● ●	KK.U.N1, KK.U.B1–3, KK.U.A1, KK.M.N1, KK.M.B1, KK.F.N1/2, KK.T.N1/2, KK.T.B1/2, KK.T.A1–3
Recherche und Bewertung	● ● ○ ○ ○	RB.U.N1/2, RB.M.N1, RB.M.B1, RB.F.N3, RB.F.B3/4, RB.T.N1, RB.T.N3–5, RB.T.B2
Fachspezifischere Kompetenzen		
Messwert- und Datenerfassung	● ○ ○ ○ ○	MD.T.N1, MD.T.B1/2
Datenverarbeitung	● ● ● ● ○	DV.F.N1/2, DV.F.B1, DV.T.N1/3/8, DV.T.B1–4, DV.T.A1
Simulation und Modellierung	● ○ ○ ○ ○	SN.M.N1, SN.M.B2, SN.T.N1, SN.T.B1

▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzen

Beschreibung des Lehrvorhabens

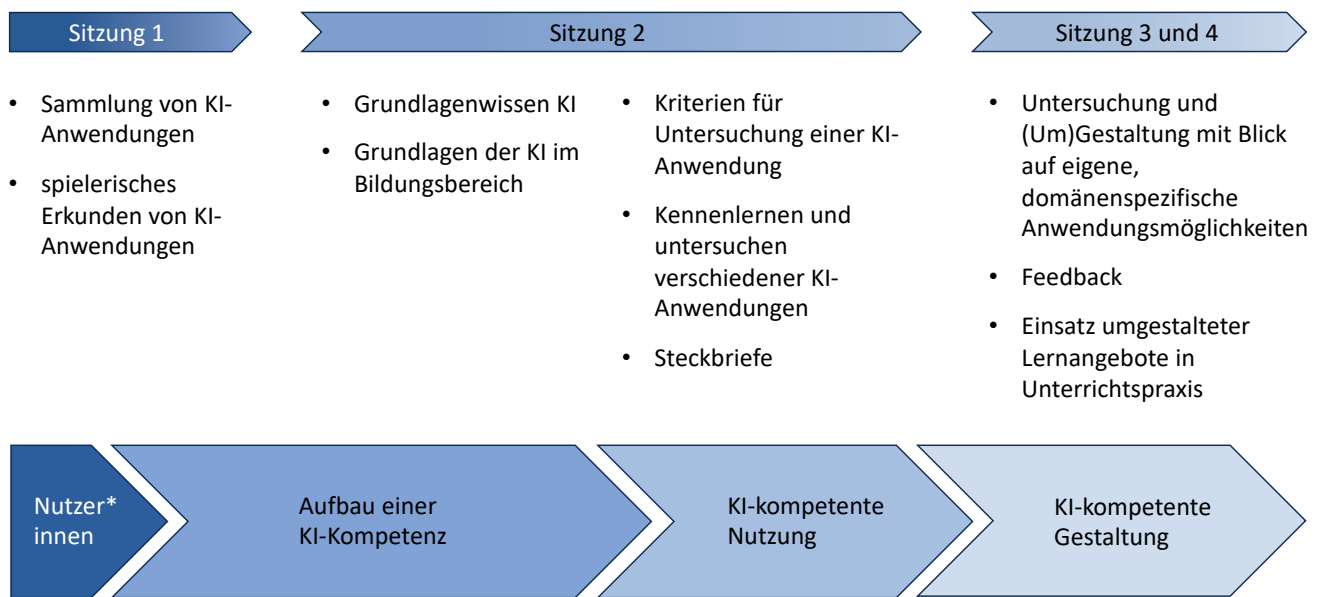
Das Seminarkonzept (Abb. 2) besteht aus 4 Block-sitzungen von jeweils 180 Minuten mit asynchrone Phasen zwischen den Sitzungen.

Erfahrungsgemäß kommen die Studierenden mit sehr geringen Vorkenntnissen und Erfahrungen im Umgang mit und über Künstliche Intelligenz (KI) in das Seminar. Sie bringen den Begriff der KI hauptsächlich mit ChatGPT in Verbindung und sind meist bis dahin bloße Nutzerinnen und Nutzer von KI-Anwendungen.

Das Ziel der ersten Sitzung ist es, Studierende bewusst zu machen, wie viele alltägliche KI-basierte Anwendungen es gibt und warum es wichtig ist sich als Lehrkraft mit KI zu beschäftigen. Zu Beginn werden im Plenum bekannte KI-Anwendungen gesammelt. Aufgrund des domänenübergreifenden Austauschs sind nicht alle Studierende mit allen KI-Anwendungen vertraut. Im Plenum entstehen verschiedene Fragen zu den einzelnen Programmen (Einsatz, Funktionsweise, etc.), die gemeinsam geklärt werden. Hier stoßen

die Studierenden an ihre Grenzen, da sie die Fragen nicht mehr ausschließlich mit ihrem Wissen beantworten können. Es wird diskutiert, welche Möglichkeiten und Wege der Informationsbeschaffung es gibt, um die Fragen zu beantworten. Anschließend werden zwei Anwendungen aus dem Google-Portfolio (Quick,Draw!, Teachable Machine) spielerisch erprobt, um die unterschiedlichen Funktionsweisen der Dateneingabe und -ausgabe zu verstehen und kritisch zu reflektieren. In der asynchronen Phase informieren sich die Studierenden über die Grundlagen zur KI.

Nach dem eher offenen und unspezifischen Einstieg werden zu Beginn der zweiten Sitzung die Grundlagen der KI im Bildungsbereich intensiver behandelt, um die praktischen Anwendungen besser für die Institution Schule einschätzen zu können. Hierfür werden KI-Verfahren und praktische Anwendungen, sowie drei Einsatzebenen (Schmid et al., 2021) diskutiert. Die Studierenden schließen aus ihrem Wissen und den Fragen der ersten Sitzung, dass es bestimmter Informatio-



▲ **Abb. 2** Darstellung der Seminarkonzeption

nen bedarf, um den Anwendungsbereich einer KI einschätzen zu können. Hierfür werden Kategorien aus den Fragen und den Grundlagen im Bildungsbereich abgeleitet. Für jede Anwendung wird ein Steckbrief erstellt, sodass die Studierenden am Ende des Seminars ein Repertoire von potenziellen Anwendungen im Unterricht haben. Bevor die Studierenden in Gruppen verschiedene KI-Anwendungen analysieren, wird beispielhaft ein strukturiertes Vorgehen präsentiert, um in der Analyse nicht nur die Nutzung, sondern auch die Qualität der Ergebnisse zu berücksichtigen und zu bewerten. Hierfür kann z.B. der OpenAI Playground genutzt werden. Mit den dortigen Anwendungsbeispielen lässt sich der Einfluss von Parameter-Veränderungen der KI auf den Prozess und das Ergebnis illustrieren und analysieren. Die Studierenden erkunden Potenziale und Grenzen

der Anwendungen für den Unterricht und adaptieren dies angemessen für ihre Domänen.

Die dritte Sitzung konzentriert sich darauf, einen Unterrichtseinsatz basierend auf der ausgewählten KI-Anwendung in Gruppen zu gestalten. Die Studierenden erkunden und analysieren die Anwendung und dokumentieren dabei ihr Vorgehen. Sie testen dann in einer asynchronen Phase auf Peer-Ebene die verschiedenen erstellten Einsatzszenarien und geben dazu Feedback.

In der letzten Sitzung überarbeiten die Gruppen ihre Anwendung bzw. Einsatzszenarien und präsentieren sie im Plenum. Die abschließende Reflexion und Diskussion zielt darauf ab, Potenziale der KI-Anwendung für die eigene Domäne und Unterrichtspraxis zu erarbeiten.

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Das Seminar wurde erstmals im WiSe 2022/23 durchgeführt und diente der Erprobung erster Ideen, aus denen sich das hier vorgestellte Seminar-konzept entwickelte (Schanze & Kühne, 2024). Anfangs verliefen die Recherchen und Erprobungen von KI-Anwendungen sowie deren Gestaltung für den schulischen Kontext eher frustrierend. Einzig OpenAI bot bereits eine Vielzahl an Anwendungen. Mit der Veröffentlichung von ChatGPT nahm auch die Vielfalt der KI-Anwendungen von Seminar zu Seminar zu. Dadurch konnten immer mehr eigene KI-Anwendungen für die Unterrichtspraxis gestaltet werden. Dies zeigen auch die verschiedenen, sehr kreativ entwickelten Endprodukte aus den Seminaren. Daher ist es wichtig, als (angehende) Lehrkraft diese Zu-

kunft aktiv mitzugestalten und sich intensiv mit den Entwicklungen auseinanderzusetzen.

Die Studierende besitzen zu Beginn des Seminars sehr wenig Erfahrungen mit KI im Lernkontext, obwohl sie viele Anwendungen aus dem Alltag nennen können. Oft wird der Begriff der KI nur mit ChatGPT in Verbindung gebracht. Hinzu kommt, dass es wenig domänenspezifische KI-Anwendungen gibt und der fachspezifische Einsatz von allgemeinen KI-Anwendungen incl. der Grenzen von den Studierenden noch nicht erkannt wird. Dies führt zu einem unsicheren Umgang mit und über KI im Unterricht. Hier leistet das Seminar einen wesentlichen Beitrag zur Befähigung angehender Lehrkräfte, KI kompetent und reflektiert für die eigene Unterrichtspraxis einzusetzen.

Über die Autorin und den Autor

- **Patricia Kühne** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Didaktik der Chemie an der Leibniz Universität Hannover. Sie ist mitverantwortlich für die Entwicklung des Moduls „AI in Teacher Education“ im Rahmen der Leibniz AI Academy.
- **Prof. Dr. Sascha Schanze** ist leitet das Fachgebiet Didaktik der Chemie des Instituts für Didaktik der Naturwissenschaften an der Leibniz Universität Hannover. Ein Forschungsschwerpunkt ist die Einbindung digitaler Werkzeuge zum Lehren und Lernen in der Chemie, speziell das digital gestützte (kollaborative) Lernen zur Förderung des Verständnisses fachlicher Konzepte.

Literatur

- Schanze, S. & Kühne, P. (2024). AI in Teacher Education. KI-kompetente Lehramtsstudierende für die Gestaltung modernen Unterrichts. In N. Graulich, J. Arnold, S. Sorge & M. Kubsch (Hrsg.), *Lehrkräftebildung von morgen* (S. 309 – 317). Waxmann.
- Schmid, U.; Blanc, B. & Toepel, M. (2021). *KI@Bildung: Lehren und Lernen in der Schule mit Werkzeugen Künstlicher Intelligenz. Schlussbericht*. Deutsche Telekom Stiftung. <https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/media/publications/KI%20Bildung%20Schlussbericht.pdf>

KI in gymnasialer und beruflicher Lehrkräftebildung an der TUM: Interdisziplinäres und fachdidaktische Umsetzungsbeispiel

KI-Technologien verändern nicht nur den naturwissenschaftlichen Unterricht durch fachwissenschaftliche Anwendungen wie die Proteinstrukturanalyse, sondern transformieren auch das Lernen selbst. Der Beitrag gibt Einblick in die Inhalte und die didaktischen Ansätze eines Seminars für Studierende des Lehramts Biologie am Gymnasium sowie des Lehramts Gesundheit und Pflege an beruflichen Schulen an der Technischen Universität München (TUM). Das Seminar zielt darauf ab, angehende Lehrkräfte auf das Unterrichten von KI-spezifischen Themen vorzubereiten. Der Einsatz von KI als Lerntechnologie wird im Seminar exemplarisch thematisiert.

Verortung in der Lehrpersonenbildung

- ◆ Entwickelt an der Technischen Universität München
- ◆ Fächer: Gymnasiales Lehramt Biologie sowie berufliches Lehramt Gesundheits- und Pflegewissenschaft
- ◆ Zielgruppe: Bachelor- und Masterstudierende
- ◆ Teilnehmendenanzahl: ca. 15 pro Semester
- ◆ Lernziele: grundlegendes technisches Verständnis in Bezug auf KI, z. B. künstliche neuronale Netze, Verfahren des Maschinellen Lernens, ethische und gesellschaftliche Implikationen sowie Kenntnis didaktischer Konzepte zur Vermittlung von KI im Unterricht. Der effektive Einsatz von KI-Tools wird exemplarisch thematisiert.

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ Teachable Machines
- ◆ Playground Tensorflow
- ◆ ChatGPT u.ä.
- ◆ Eigenentwicklungen von KI-Systemen

Vorkenntnisse der Teilnehmenden

Die Studierenden haben grundlegende fachdidaktische und pädagogische Kenntnisse und können Unterrichtsentwürfe erstellen. Außerdem haben die Studierenden Kenntnisse zum Einsatz von digitalen Medien im Unterricht. Es werden keine Programmierkenntnisse vorausgesetzt.

Praktische Tipps zur Durchführung

Das Vorwissen bzgl. KI sowie das Interesse und die Einstellung gegenüber KI sind oft heterogen. Eine Binnendifferenzierung hat sich daher als effektiv erwiesen: Studierende mit technischem Hintergrund können im vornehmlich fachwissenschaftlichen Teil eigene KI-Systeme entwickeln, Studierende ohne diesen Hintergrund können mittels Teachable Machines oder vorbereitetem Programmcode KI-Systeme entwickeln, ohne selbst programmieren zu müssen. Diese Studierenden legen dann einen Fokus auf Datenqualität, Bias und die Bestimmung der Vorhersagegenauigkeit. Ähnlich kann bei der Entwicklung von Unterrichtsentwürfen vorgegangen werden.

Beschreibung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen		
Allgemeinere Kompetenzen		
Assessment, Feedback, Adaptivität		KI.AFA.M.B1/2, KI.AFA.M.N3/4, KI.AFA.U.N1
Dokumentation		
Präsentation		
Kommunikation/Kollaboration		
Recherche und Bewertung		
Fachspezifischere Kompetenzen		
Messwert- und Datenerfassung		
Datenverarbeitung		KI.DV.T.N1–3, KI.DV.T.N8, KI.DV.T.B1, KI.DV.F.B1, KI.DV.U.B1
Simulation und Modellierung		

▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzen

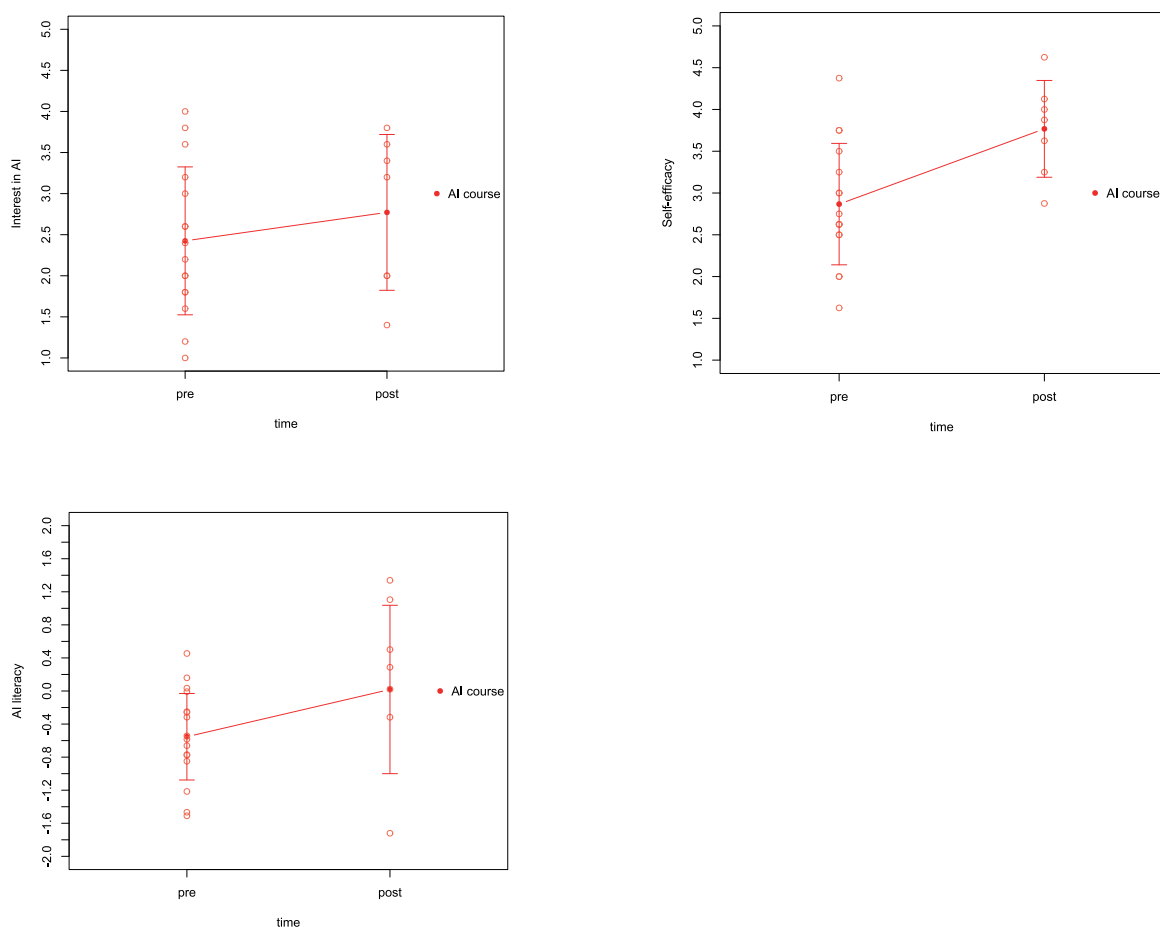
Beschreibung des Lehrvorhabens

In diesem Seminar sollen grundlegende fachliche und fachdidaktische Kenntnisse zur Künstlichen Intelligenz (KI) vermittelt werden. In der Implementationsphase sind die Studierenden dazu aufgefordert, im Rahmen des Project-Based Learning (Krajcik & Shin, 2014) ein KI-System zur Anwendung in ihrer fachwissenschaftlichen Domäne, hier der Biologie, zu entwickeln.

Konkret sollen die Studierenden der Biologie mittels Drohnenaufnahmen die Anzahl von Maulwurfshügeln auf einer Wiese bestimmen. Alternativ könnten je nach Vegetationsphase andere Klassifizierungen anhand von Luftbildaufnahmen durchgeführt werden, etwa die Bestimmung des Anteils vertrockneter Wiesenfläche einer Weide. Die Studierenden planen ihr Vorgehen anhand einer festgelegten Prozessfolge zur Entwicklung von KI-Anwendungen. Hilfestellungen werden den Gruppen bei Bedarf zur Verfügung gestellt. Um den Entwicklungsprozess zu vereinfachen und die Lernenden nicht zu überfordern, ist das KI-System bereits vorkonfiguriert. Anhand der von den Stu-

dierenden festgelegten Eingangs- und Ausgangsvariablen definieren sie das Grundgerüst der KI. Parameter des KI-Modells, wie die Lernrate und die Anzahl der Durchläufe (Epochen), werden von den Studierenden explorativ bestimmt. Dies ermöglicht es ihnen, die verschiedenen Parameter und ihre Wirkweisen zur Anpassung und Optimierung des vorkonfigurierten KI-Modells praxisnah kennenzulernen. Für die Physik und Chemie sowie das berufliche Lehramt können äquivalente Anwendungsfelder bestimmt werden.

Die Phase der Reflexion und des Transfers beinhaltet die Verortung von KI unter gesellschaftlicher und ethischer Perspektive. Die Studierenden sollen basierend auf den im Seminar gewonnenen Erkenntnissen die Möglichkeiten und Grenzen beim Einsatz von KI bewerten und einer verantwortungsbewussten Anwendung von KI offen gegenüberstehen. Anhand von Beispielen wie der Abhängigkeit von Technologiefirmen, Datenhoheit sowie Bias und Manipulation durch KI werden gesellschaftliche Auswirkungen disku-



▲ **Abb. 2** Interesse an KI, Selbstwirksamkeit bzgl. KI und AI Literacy im Pre-Post-Vergleich

tiert und ethische Aspekte erörtert. Zudem soll der Transfer in die schulische Praxis angestoßen werden, indem mit den Studierenden typische Prä- und Fehlkonzepte zu KI (Bewersdorff et al., 2023) sowie potenziell geeignete Lehr-Lernformate zum Conceptual Change besprochen werden. Anschließend erarbeiten die Studierenden eine Unterrichtseinheit zur Vermittlung von KI-Kompetenzen. Abschließend wird ein Ausblick auf den möglichen zukünftigen Einsatz von KI als lernunterstützende Technologie (Bewersdorff

et al., 2024) etwa im Bereich Assessment & Feedback gegeben. Diese skizzierten Einsatzszenarien werden, wie zuvor bezüglich KI im Allgemeinen, kritisch hinsichtlich ethischer und rechtlicher Aspekte diskutiert.

Das Seminar dient dazu, technische und gesellschaftliche Aspekte von KI zu erarbeiten, um Schülerinnen und Schülern diese KI-Kompetenzen zu vermitteln und erste Grundlagen für die effektive didaktisch-pädagogische Nutzung von KI-Tools zu legen.

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

In einem Pre-Post-Design wurden die Effekte des Seminars auf das Fachwissen über KI (AI Literacy), das Interesse an KI sowie die Selbstwirksamkeit bzgl. KI der Teilnehmenden mittels Multiple-Choice-Testinstrumenten analysiert. Hierbei kamen die von Hornberger et al. (2023) validierten Instrumente zum Einsatz. An der Studie nahmen 16 Studierende teil (BA: 1, MA: 13, Magister: 1, StEx: 1; Mediansemester: 7.5; Frauen: 13; Männer: 3). Teils haben Personen nicht bei der Erhebung aller drei Variablen teilgenommen, teils existiert nur ein

Pre- oder Postdatenpunkt. Unverbundene Pre- bzw. Post-Datenpunkte wurden in die Diagramme aufgenommen, jedoch nicht für Mittelwertberechnung herangezogen (siehe Abbildung 2).

Die deskriptiven Ergebnisse deuten auf ein tendenziell steigendes Interesse an KI, eine höhere Selbstwirksamkeit bzgl. KI und einen Zuwachs von AI Literacy hin. Aufgrund der geringen Stichprobengröße sind die Ergebnisse jedoch in ihrer Aussage limitiert.

Über die Autorin und den Autor

- **Dr. Arne Bewersdorff** ist wissenschaftlicher Koordinator des TUM-DigiLLabs, einem Lehr-Lernlabor zur Förderung digitaler Kompetenzen in der Lehrkräftebildung an der TUM. Seine Forschungsinteressen sind die Entwicklung von KI-Systemen zur Unterstützung von Lehr-Lernprozessen sowie die Erforschung der Voraussetzungen einer effektiven Vermittlung von KI-Kompetenzen.
- **Prof. Dr. Claudia Nerdel** ist Professorin für Fachdidaktik Life Sciences. Sie beschäftigt sich in ihrer Forschung mit der Kompetenzentwicklung von (angehenden) Lehrkräften unter spezieller Berücksichtigung des Lehrens und Lernens mit digitalen Medien sowie der digitalen Transformation im Kontext des Unterrichtsfachs Biologie und angrenzender MINT-Disziplinen; hierzu gehört insbesondere die Anwendung von künstlicher Intelligenz in Schule und Hochschule.

Literatur

- Bewersdorff, A., Hartmann, C., Hornberger, M., Seßler, K., Bannert, M., Kasneci, E., Kasneci, G., Zhai, X., & Nerdel, C. (2024). Taking the Next Step with Generative Artificial Intelligence: The Transformative Role of Multimodal Large Language Models in Science Education (arXiv:2401.00832). *arXiv*. <http://arxiv.org/abs/2401.00832>
- Bewersdorff, A., Zhai, X., Roberts, J., & Nerdel, C. (2023). Myths, mis- and preconceptions of artificial intelligence: A review of the literature. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 100143.
- Hornberger, M., Bewersdorff, A., & Nerdel, C. (2023). What do university students know about Artificial Intelligence? Development and validation of an AI literacy test. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5, 100165.
- Krajcik, J. S., & Shin, N. (2014). Project-Based Learning. In R. K. Sawyer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (S. 275–297). Cambridge University Press.

KI und Co. bewusst einplanen: KI-CoRes als unterstützendes Tool zur Unterrichtsvorbereitung

Deklaratives Wissen in unterrichtliches Handeln zu überführen stellt eine bekannte Herausforderung in der Lehrkräftebildung dar. Um zusätzlich Methoden Künstlicher Intelligenz neu für Lernsettings bedenken zu können, kann das Tool der Content Representations (CoRe) zur Vergegenwärtigung eigenen Handlungswissens beitragen. Der Beitrag stellt eine Adaption der Methode dar, welche KI-bezogene Kompetenzen im bzw. für den Fachunterricht explizit adressiert. Eine zugehörige Online-Infrastruktur kann überregional und interdisziplinär eingesetzt werden und auf diese Weise Perspektiven für die naturwissenschaftsdidaktische Lehrkräftebildung eröffnen.

Verortung in der Lehrpersonenbildung

- ◆ Entwickelt in der AG Didaktik der Physik der Universität Potsdam
- ◆ Fachunabhängige Anwendung
- ◆ Geeignet für universitäre Lehrveranstaltungen mit Fokus auf Theorie-Praxis-Verzahnung sowie zur individuellen Unterrichtsvorbereitung
- ◆ Zielgruppe: Lehramtsstudierende ab dem ersten fachdidaktischen Schulpraktikum, sowie im Referendariat oder der vollzeit-Unterrichtspraxis
- ◆ Teilnehmendenzahl pro Durchgang: unbegrenzter Zugriff

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ Jegliche KI-Anwendungen, welche Lehrkräfte für oder im Unterricht anwenden
- ◆ Content Representation (KI-CoRe) nutzbar unter core.didaktik.physik.uni-potsdam.de

Vorkenntnisse der Teilnehmenden

Für die Erstellung einer KI-CoRe ist kein explizites Vorwissen nötig. Die Onlineumgebung ist selbsterklärend strukturiert, konkrete Handlungsanweisungen sind leicht verständlich und in Deutsch und Englisch verfügbar. Zudem sind zentrale Literaturverweise zur individuellen Weiterbildung hinterlegt.

Praktische Tipps zur Durchführung

Wir empfehlen, sich bewusst Zeit für die Erstellung einer KI-CoRe zu nehmen. Erfahrungsgemäß sollten mindestens 30 Minuten eingeplant werden. Über den Button „Speichern als .csv“ kann die KI-CoRe heruntergeladen werden, um sie zu einem späteren Zeitpunkt erneut für eine Unterrichtsvorbereitung zu analysieren.

Einordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen		● ● ○ ○ ○
Allgemeinere Kompetenzen		
Assessment, Feedback, Adaptivität	○ ○ ○ ○ ○	
Dokumentation	● ● ● ○ ○	DO.U.N1, DO.U.B1, DO.M.N1, DO.M.B1 • DO.F.N1, DO.F.N2, DO.F.B1, DO.T.N1, DO.T.B1
Präsentation	● ● ● ○ ○	P.U.N1, P.U.N2, P.U.B1, P.M.N1, P.M.N2, P.F.N1, P.F.B1, P.T.N1, P.T.B1, P.T.B2
Kommunikation/Kollaboration	● ● ● ○ ○	KK.U.N1, KK.U.B1–3, KK.M.N1, KK.M.B1, KK.F.N1, KK.F.N2, KK.F.B1, KK.F.B2, KK.T.N1, KK.T.N2, KK.T.B1, KK.F.B2
Recherche und Bewertung	● ● ● ○ ○	RB.U.N1, RB.U.N2, RB.U.B1, RB.M.N1, RB.M.B1, RB.F.N1–4, RB.F.B1–4, RB.T.N1–5, RB.T.B1–3
Fachspezifischere Kompetenzen		
Messwert- und Datenerfassung	● ● ● ○ ○	MD.U.N1/2, MD.U.B1, MD.M.N1, MD.M.B1, MD.F.N1–3, MD.F.B1, MD.T.N1, MD.T.B1/2
Datenverarbeitung	● ● ● ○ ○	DV.U.N1/2, DV.U.B/2, DV.M.N1–3, DV.M.B/2, DV.F.N/2, DV.F.B1, DV.T.N1–8, DV.T.B1–4
Simulation und Modellierung	● ● ● ○ ○	SM.U.N1, SM.U.B1, SM.M.N1, SM.M.N1, SM.M.B/2, SM.F.N1–6, SM.F.B1, SM.T.N1–3, SM.T.B1

▲ Abb. 1 Adressierte Kompetenzen

Beschreibung des Lehrvorhabens

In einer zunehmend digitalisierten Gesellschaft nimmt die Vermittlung digitalisierungsbezogener Kompetenzen auch im naturwissenschaftlichen Fachunterricht eine immer größere Rolle ein. Da guter Unterricht unter anderem auf umfangreichem und vernetztem Wissen basiert (Kunter et al., 2011; Carlson et al., 2019), müssen Lehrkräfte der Naturwissenschaften auch über Wissen zu Künstlicher Intelligenz (KI) verfügen, um Fachunterricht in einer digitalisierten Welt erfolgreich zu gestalten. Dieses umfangreiche und vernetzte Wissen wurde bereits 1986/1987 durch Lee Shulman als Pedagogical Content Knowledge (PCK) im Sinne eines Amalgams aus Fachwissen und Pädagogik diskutiert (Shulman, 1986; 1987). Mit zunehmender Technisierung vertraten Mishra und Kohler (2006) die Auffassung, dass Lehrkräfte die dynamische Beziehung zwischen Technologie, Pädagogik und Fachinhalten beherrschen müssen, um im Unterricht mit Technologie kompetent umgehen zu können (TPACK – technological pedagogical content knowledge). Spätestens mit der

Veröffentlichung des Chatbots Chat.GPT im November 2022 erreichte die Bedeutung von TPACK ein bislang unerreichtes Level.

Daher sollten auch angehende Lehrkräfte der Naturwissenschaften im Umgang mit der Ambivalenz von zu fördernden Fachkompetenzen und KI-bezogenen Kompetenzen unterstützt werden. Eine Elementarisierung von fachlichen Lerngegenständen rückt hierbei erneut in den Fokus und kann unter der Verwendung von Content Representations (CoRes) erreicht werden (Loughran et al., 2006). Die Methode wird von Lehrkräften der Naturwissenschaften international und interdisziplinär als nützliches Tool bewertet, um sich des eigenen Professionswissens bewusst zu werden und träges Wissen in handlungsnahe Unterrichtsvorbereitungen zu überführen (Hume & Berry, 2011; Hume, 2010; Bertram & Loughran, 2011). In CoRes identifizieren Lehrkräfte elementare Ideen eines Lerngegenstands und diskutieren diese leitfragengestützt (siehe Mientus & Borowski, im Druck).

Content Representation

Bearbeiten Sie die Content Representation indem Sie...

1. auf Grundlage Ihres fachlichen Wissens die Big Ideas einer Thematik identifizieren und als Keywords in der ersten Zeile festhalten und
2. die Big Ideas vor dem Hintergrund Ihres pädagogischen und fachdidaktischen Wissens entlang der Leitfragen spaltenweise diskutieren.

Es empfiehlt sich Gedanken in ausführlichen Stichpunkten oder vollständigen Sätzen festzuhalten.



CoRe

Leitfragen ☐ Big Ideas ☐	BIG IDEA 1	BIG IDEA 2
Was sollen die Schüler:innen wissen / können?		
Warum ist es wichtig, dass Schüler:innen genau das lernen?		
Was gibt es darüber hinaus inhaltlich noch zu wissen? (Inhalte, die Schüler:innen jetzt (noch) nicht brauchen)		
Welche Vorgaben werden im Rahmenlehrplan/ Schulinternen Curriculum gemacht?		
Welche Präkonzepte können zu dieser Kernidee bestehen?		
Welche lerngruppenspezifischen Faktoren beeinflussen Ihren Umgang mit dieser Kernidee im Unterricht?		
Welche KI-Tools können Ihnen helfen, adressatengerechte Lernangebote für diese Kernidee zu gestalten?		
Welche KI-Tools können Schüler:innen im Umgang mit der Kernidee unterstützen?		
Wie kann überprüft werden, was Schüler:innen verstanden haben / anwenden können und wo Feedback nötig ist?		

Pseudonym: CoRe
[Datenschutz akzeptieren](#) ☐
 Daten für Forschung freigeben
[Speichern als .csv](#) [Speichern als .txt](#)

▲ Abb. 2 KI-CoRes – Leitfragen und Elementarisierung durch Formulierung zentraler Ideen des Lerngegenstandes

In Folge zunehmender Digitalisierung wurde die Methode international um eine digitalisierungsbezogene Facette erweitert. Nilsson (2022) adaptierte die Methode erstmals um den technologiespezifischen Anforderungen der Lehrkräftebildung gerecht zu werden (T-CoRes), indem Leitfragen, welche methodische Gestaltungen im Unterricht adressierten, umformuliert wurden. Neue Leitfragen gaben als Reflexionsimpulse, welche digitalen Lehrmethoden verwendet werden sollten und warum und welche Chancen und Herausforderungen für den Umgang mit einer Idee eingehen könnten. Durch eine erneute Adaption der Leitfragen sollen Lehrkräfte nun explizit angeregt werden, (1) den Einsatz ausgewählter KI-Tools für die eigene Unterrichtsplanung (z. B. zur Bereitstellung differenzierender Aufgabenstellungen) und (2) den Einsatz geeigneter KI-Tools für das Lernen im Umgang mit einer Idee zu berücksichtigen. Ab-

bildung 2 stellt hierbei eine KI-CoRe exemplarisch in der Entwickelten Online-Infrastruktur dar.

Im Praxissemester Physik der Universität Potsdam sowie im Rahmen von Lehrkräftefortbildungen im MINT-Kompetenzzentrum lernen:digital (Projektverbund DigiProMIN im Kompetenzverbund lernen:digital, gefördert vom BMBF, Förderkennzeichen: 01JA23Mo5A) werden KI-CoRes derzeit unter Verwendung einer Online-Infrastruktur eingesetzt, um beispielsweise Modellierung im Kontext Klimaphysik für einen KI-gerechten Unterricht aufzubereiten und sich eigener KI-bezogener Kompetenzen bewusst zu werden.

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Mit CoRes können sich Lehrkräfte ihres situations-spezifischen Wissens bewusst werden. KI-CoRes bieten eine für die eigene Lehre konzipierte und erprobte Orientierungshilfe im Umgang mit KI für eine eigene Unterrichtsvorbereitung. Lehrende sowie Forschende können durch Analyse von KI-CoRes individuelle Ausprägungen der Kompetenzbereiche des DiKoLAN^{KI} aufzeigen. Hierbei bilden Lehrkräfte mit dem Tool insbesondere im Bereich Nennen und Beschreiben Kompetenzen ab. Internationale Befunde zur positiven Bewertung von CoRes können auch für KI-CoRes bestätigt werden. Studierende schätzen die Infrastruk-

tur sowie die Prompts und Leitfragen als wertvolle Impulse im individuellen Professionalisierungsprozess im Praxissemester.

Die zuverlässige Online-Infrastruktur, welche open-access unter core.didaktik.physik.uni-potsdam.de zugänglich ist, wird auf Basis erster Rückmeldungen der Nutzenden stetig weiterentwickelt. Zum derzeitigen Stand ist geplant, digitalisierungsbezogene Kompetenzen unter Verwendung der KI-CoRes zu erheben und Kompetenzentwicklungen beispielsweise im Praxissemester empirisch in DiKoLAN^{KI} zu verorten.

Über die Autoren

- **Dr. Lukas Mientus** ist Mitarbeiter der Didaktik der Physik der Universität Potsdam im Kompetenzverbund lernen:digital. Seine Forschungsinteressen sind Professionalisierungsprozesse von Lehrkräften der Naturwissenschaften durch Wahrnehmung und Analyse des eigenen Denkens und Handelns.
- **Prof. Dr. Andreas Borowski** leitet die AG Didaktik der Physik und ist Direktor des Zentrums für Lehrerbildung und Bildungsforschung an der Universität Potsdam. Sein Forschungsfeld ist das Professionswissen von (angehenden) Lehrkräften sowie der Übergang von der Schule zur Hochschule.

Literatur

- Bertram, A. & Loughran, J. (2012). Science Teachers' Views on CoRes and PaP-eRs as a Framework for Articulating and Developing Pedagogical Content Knowledge. *Research in Science Education*, 42, 1027–1047. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9227-4>
- Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., ... & Wilson, C. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.) *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2>
- Hume, A. (2010). CoRes as tool for promoting pedagogical content knowledge of novice science teachers. *Chemistry Education in New Zealand*, 119, 13–19.
- Hume, A., & Berry, A. (2011). Constructing CoRes—A strategy for building PCK in pre-service science teacher education. *Research in Science Education*, 41(3), 341–355. <https://doi.org/10.1007/s11165-010-9168-3>
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., & Neubrand M. (Hrsg.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Waxmann.
- Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2006). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*. Sense Publishers.
- Mientus, L. & Borowski, A. (im Druck). Content Representations kohärent gedacht. In I. Glowinski, F. Grospietsch, T. Heinz, K. Hellmann, N. Masanek & A. Wehner (Hrsg.). *Vernetzung von Wissen bei Lehramtsstudierenden – eine Black-Box für die Professionalisierungsforschung?* Klinkhardt.
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108, 6, 1017–1054.
- Nilsson, P. (2022). From PCK to TPACK – Supporting student teachers' reflections and use of digital technologies in science teaching. *Research in Science & Technological Education*. <https://doi.org/10.1080/02635143.2022.2131759>
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22.

KI-generierte Bilder für MINT-Kontexte: Bildgeneratoren unter didaktischen Gesichtspunkten einsetzen und reflektieren

In der Diskussion über Künstliche Intelligenz (KI) und im Bildungskontext stehen Bildgeneratoren nach textgenerierenden Systemen im Fokus. Diese erzeugen Bilder basierend auf Texteingaben, deren Qualität von vorhandenen Daten abhängt. In der MINT-Didaktik und im Unterricht können diese Tools genutzt werden, um Fachwissen, Medienkritik und wissenschaftliches Arbeiten zu verbinden. Erste Erfahrungen zeigen, dass Studierende Freude am Ausprobieren haben und typische Fehler sowie Vorurteile in den Bildern erkennen und diskutieren. Dies verdeutlicht die Vorzüge und Grenzen der KI-Bildgeneratoren im MINT-Unterricht.

Verortung in der Lehrpersonenbildung

- ◆ Fachdidaktik der MINT-Fächer und/oder Medienpädagogik, auch interdisziplinär
- ◆ Durchführung in allen drei Phasen der Lehrkräftebildung möglich

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ KI-Bildgeneratoren, wie z.B. Stable Diffusion, Dall-e von OpenAI, Microsoft Copilot, craiyon

Vorkenntnisse der Teilnehmenden

Die Studierenden benötigen kein spezifisches fachdidaktisches Vorwissen, da zunächst Grundlagen von Bildern im MINT-Unterricht besprochen werden. Da das Projekt als Einstieg in die Verwendung von KI-Bildgeneratoren angelegt ist, gelingt auch die grundlegende Benutzung der Software-Angebote intuitiv. Die vorgeschlagenen Erweiterungsmöglichkeiten erlauben eine Differenzierung auf verschiedenen Niveaus, bei der auch unterschiedliche Vorerfahrungen einbezogen werden können.

Praktische Tipps zur Durchführung

Die Eignung des ausgewählten KI-Bildgenerators sollte vor der Durchführung überprüft werden, da die Nutzungsmöglichkeiten sich kurzfristig ändern können. Das Tool sollte für alle Teilnehmenden möglichst ohne Registrierung zugreifbar sein. Für den Fall, dass den Studierenden keine eigenen Themen für Bilder einfallen, können Vorschläge vorbereitet oder z.B. Lehrplanthemen bzw. Schulbücher bereitgestellt werden.

Einordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen			● ● ● ● ○
Allgemeinere Kompetenzen			
Assessment, Feedback, Adaptivität	○ ○ ○ ○ ○		
Dokumentation	○ ○ ○ ○ ○		
Präsentation	● ● ● ● ●	KI.P.U.N1/2, KI.P.U.B1, KI.P.M.N1/2, KI.P.F.N1, KI.P.F.B1, KI.P.F.A1, KI.P.T.N1, KI.P.T.B1/2, KI.P.T.A1	
Kommunikation/Kollaboration	○ ○ ○ ○ ○		
Recherche und Bewertung	● ● ● ● ○	KI.RB.U.N1/2, KI.RB.U.B1, KI.RB.F.N3/4, KI.RB.F.B1-4, KI.RB.F.A1, KI.RB.T.N1-5, KI.RB.T.B1-3, KI.RB.T.A1	
Fachspezifischere Kompetenzen			
Messwert- und Datenerfassung	○ ○ ○ ○ ○		
Datenverarbeitung	○ ○ ○ ○ ○		
Simulation und Modellierung	○ ○ ○ ○ ○		

▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzen

Beschreibung des Lehrvorhabens

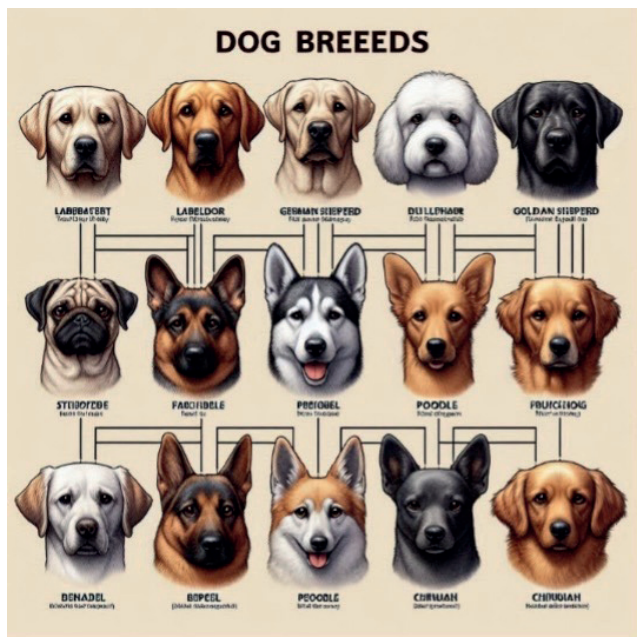
In der öffentlichen Diskussion über Künstliche Intelligenz ebenso wie bei der Verwendung von KI in Bildungskontexten stehen textgenerierende Systeme an erster Stelle, oft gefolgt von Bildgeneratoren. Letztere ermöglichen es, auf Basis einer Texteingabe Bilder erzeugen zu lassen; sie werden daher auch als Text-to-Image-KI-Systeme bezeichnet. Die ursprüngliche Basis für die neu generierten Grafiken bildet eine Datenbank von bestehenden Bildern. Die Qualität der erstellten Grafiken hängt u. a. davon ab, ob für das jeweilige Thema genügend qualitativ hochwertige Bilder in der Datenbasis (Trainingsdaten) verfügbar waren.

Dementsprechend sind auch die Fähigkeiten von Bildgeneratoren zur Erzeugung realistischer Grafiken für den MINT-Bereich begrenzt. Der Software gelingt es gut, Bilder von individuellen, häufig im Internet auffindbaren Gegenständen und Lebewesen zu erstellen. Der Wahrheitsgehalt der Bilder insbesondere bei komplexeren Darstellungen sowie bei wenig massentauglichen Sachverhalten lässt jedoch zu wünschen übrig. In jedem Fall

müssen die Ausgaben von Bildgeneratoren kritisch hinterfragt werden. Bei der Beurteilung des Wahrheitsgehaltes zeigt sich die Notwendigkeit von Fachwissen aus dem jeweiligen Bereich.

Diese Tatsache bietet einen guten Ansatzpunkt für eine exemplarische Betrachtung von KI-Bildgeneratoren in Lehrveranstaltungen der MINT-Fachdidaktik als Verbindung von fachlichen Kompetenzen, fachdidaktischen Kompetenzen (Funktionen von Bildern), der Medienbildung (Medienkritik) sowie des wissenschaftlichen Arbeitens (Quellenkritik und Zitieren).

In der Lehrveranstaltung wird als fachdidaktische Grundlage zunächst dargestellt, welche unterschiedlichen Funktionen Bilder im MINT-Unterricht erfüllen können, um den Lernprozess auf verschiedene Art und Weise zu unterstützen (Girwidz, 2020). Damit kennen die Studierenden bereits verschiedene Möglichkeiten, zu denen sich die Erstellung von grafischen Darstellungen anbietet. Für die anschließende Arbeitsphase in



▲ **Abb. 2** Generierte Bilder. Schaubild von Hunderassen (links), Forschende Person an einem Physikexperiment (rechts).

Partnerarbeit wird ein frei verfügbarer KI-Bildgenerator empfohlen, um damit Bilder zu eigenen Themen zu generieren.

Gerade im MINT-Bereich bildet die fachliche Korrektheit bei KI-generierten Bildern einen zentralen Aspekt der Überprüfung. Während es den Tools bei manchen Inhalten gelingt, qualitativ hochwertige Bilder zu erzeugen, beginnt die Software bei Spezialthemen schnell damit, zu „halluzinieren“, also vermeintliche Tatsachen zu erfinden, wie auch von Textgeneratoren bekannt. Bildgeneratoren besitzen außerdem derzeit nur rudimentäre Fähigkeiten, den erstellten Grafiken Beschriftungen hinzuzufügen. Die in Bildern eingefügten Texte beschränken sich oftmals darauf, echte Wörter nachzuahmen. Ein weiterer Aspekt, der in den generierten Bildern kritisch betrachtet

werden sollte, sind die eingeschriebenen Vorurteile (englisch „Bias“ = „Voreingenommenheit“) und tradierte Rollenbilder. Auch diese lassen sich anhand der Ausgaben von Bildgeneratoren für den MINT-Bereich gut thematisieren. So sind beispielsweise forschende Personen oft männlich, weil dies so in den Ausgangsdaten zu finden ist.

Mit einem KI-Bildgenerator können exemplarisch viele Probleme anschaulich dargestellt und reflektiert werden, die KI-Tools im Allgemeinen betreffen. Zur Vertiefung können die Zitierweise, technische Grundlagen, Urheberrecht, Prompt Engineering und die Verwendung in Prüfungsleistungen thematisiert werden. Im Schulunterricht sollte als Aufgabenstellung ein konkretes Thema für das zu generierende Bild gewählt werden.

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Studierenden zeigen große Freude beim Ausprobieren des empfohlenen Bildgenerators. Mit verschiedener Software wurden unterschiedliche Bilder für MINT-Themen erstellt, wie z. B. aus dem Fach Biologie Schaubilder zu unterschiedlichen Arealen des menschlichen Gehirns oder von verschiedenen Hunderassen (vgl. Abb. 2 links, Microsoft Corporation, 2024a).

Typischerweise beinhaltet jedes Bild eine realitätsnahe Illustration, die mit falschen Fakten angereichert wird. So zeigt beispielsweise die Grafik zu Hunderassen reale Hunde, aber mit Wiederholungen, kryptischen Bezeichnungen und weiteren Fehlern. Generierte Bilder zu einer forschenden Person an einem Experiment aus der Physik zeigen überwiegend Männer und beinhalten weitere fachliche Fehler, die mit der Lerngruppe diskutiert

werden können (Abb. 2 rechts, Microsoft Corporation, 2024b).

Anhand der selbst erzeugten Bildbeispiele werden die Vorzüge und Grenzen von KI-Bildgeneratoren anschaulich deutlich. Vor dem Hintergrund der betrachteten fachdidaktischen Grundlagen wird klar, dass diese nur für bestimmte Funktionen in MINT-Kontexten nutzbar sind.

Da sich die Entwicklung von KI-Systemen aktuell sehr dynamisch darstellt, kann es sich bei der Beurteilung der generierten Bilder nur um Momentaufnahmen handeln. Auch musste bei der Umsetzung des beschriebenen Lehrkonzepts in den Jahren 2023 und 2024 jeweils auf unterschiedliche Tools zurückgegriffen werden. Es hat sich als typische Strategie der Anbieter gezeigt, dass ein Tool zunächst frei verfügbar war und anschließend nur noch mit Registrierung.

Über den Autor

- **Prof. Dr. William Lindlahr** ist Professor für Medienpädagogik mit Schwerpunkt Medien- und Informationstechnik an der Fachhochschule Südwestfalen. Er lehrt Informationstechnik und MINT-Didaktik in den Studiengängen Medienpädagogik und Frühpädagogik. Nach dem Studium der Physik, Sozialkunde und Informatik promovierte er in Didaktik der Physik über Virtual-Reality-Experimente. Von 2017 bis 2021 war er Fachreferent für Bildung in der digitalen Welt im Schulbereich im Ministerium für Bildung Rheinland-Pfalz.

Literatur

- Girwidz, R. (2020). Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz, & H. E. Fischer (Hrsg.): *Physikdidaktik, Grundlagen* (S. 293-335). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59490-2_8
- Microsoft Corporation (Hrsg.). (2024a). Microsoft Copilot, unterstützt von DALL-E 3. Prompt: „Erstelle ein realistisches Schaubild, das verschiedene Hunderassen darstellt. Jede Hunderasse sollte detailliert und naturgetreu, aber nicht als Foto dargestellt werden, in einem stilisierten, aber realistischen Zeichenstil. Das Schaubild sollte die Rassen nebeneinander zeigen, jeweils mit einem klaren und beschrifteten Namen. Folgende Hunderassen sollen enthalten sein: Labrador Retriever, Deutscher Schäferhund, Französische Bulldogge, Golden Retriever, Pudel, Beagle, Chihuahua“. Erstellt am 07.06.2024.
- Microsoft Corporation (Hrsg.). (2024b). Microsoft Copilot, unterstützt von DALL-E 3. Prompt: „Ein Foto von einer forschenden Person an einem Experiment aus dem Fach Physik.“ Erstellt am 07.06.2024.

▼ Jan Winkelmann, Luzia Leifheit, Sina Belschner, Heiko Holz, Benedikt Beuttler, Denise Löfflad und Detmar Meurers

Künstliche Intelligenz im MINT-Unterricht: Entwicklung einer Lehrveranstaltung für Lehramtsstudierende

Lehrkräfte spielen bei der verantwortungsvollen Integration von künstlicher Intelligenz (KI) eine entscheidende Rolle. Im Projekt „WoLKE“ (www.wolke.schule) entwickeln wir fachlich und didaktisch passgenaue Lehr-Lernformate, um angehende Lehrkräfte systematisch auf die Herausforderungen und Chancen des didaktisch motivierten Einsatzes von KI-Tools vorzubereiten. Der Fokus liegt in diesem Beitrag auf KI-Tools im MINT-Unterricht und umfasst sowohl die fachspezifischen Anforderungen an KI-Tools als auch ein methodisch und ethisch fundiertes Verständnis der Potenziale und Grenzen von KI-Methoden.

Verortung in der Lehrpersonenbildung

Die Lehrveranstaltung wird an der PH Schwäbisch Gmünd mit Verbundpartnern der PH Ludwigsburg und der Universität Tübingen / IWM entwickelt. Im Rahmen eines curricular eingebundenen Seminars werden Studierende aller MINT-Fächer adressiert. Wir gehen von einer Teilnehmendenzahl von 20-30 Studierenden aus.

Adressierte KI-Anwendungen

Im Zentrum stehen sowohl traditionelle KI-Tools, wie z. B. das intelligente Tutorsystem bettermarks, als auch generative KI-Tools, wie z. B. ChatGPT. Der Fokus liegt auf der unterrichtlichen Nutzbarmachung von KI sowohl für die Unterrichtsvorbereitung als auch für die Anwendung beim Lehren und Lernen.

Vorkenntnisse der Teilnehmenden

Bislang ist noch keine Lehrveranstaltung zur expliziten Auseinandersetzung mit KI-Tools in den Lehramts-Studiengängen der PH Schwäbisch Gmünd verankert. Wir gehen daher davon aus, dass das Vorwissen der teilnehmenden Studierenden gering ausfällt und sich auf eigene Explorationen im Umgang mit generativer KI sowie vereinzelte Thematisierungen in sehr unterschiedlichen Lehrveranstaltungskontexten beschränkt.

Praktische Tipps zur Durchführung

Die entwickelten Module können bei der Projektgruppe angefragt und Informationen zur Veranstaltung auf der Projektseite (www.wolke.schule) eingesehen werden. Nach Abschluss der Evaluation werden die Materialien der Lehrveranstaltung als Open Educational Resources veröffentlicht und lassen sich ebenfalls über die Projektseite finden.

Einordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen		
Allgemeinere Kompetenzen		
Assessment, Feedback, Adaptivität		KI.AFA.U.B1, KI.AFA.M.B2, KI.AFA.T.N2
Dokumentation		KI.DO.M.B1
Präsentation		KI.PU.B1; KI.PF.N1
Kommunikation/Kollaboration		KI.KK.M.B1; KI.KK.T.B1
Recherche und Bewertung		KI.RB.M.B1, KI.RB.T.B2
Fachspezifischere Kompetenzen		
Messwert- und Datenerfassung		KI.MD.U.B1, KI.MD.F.N1
Datenverarbeitung		KI.DV.M.B1
Simulation und Modellierung		KI.SM.U.B1, KI.SM.M.B1, KI.SM.F.B1

▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzen

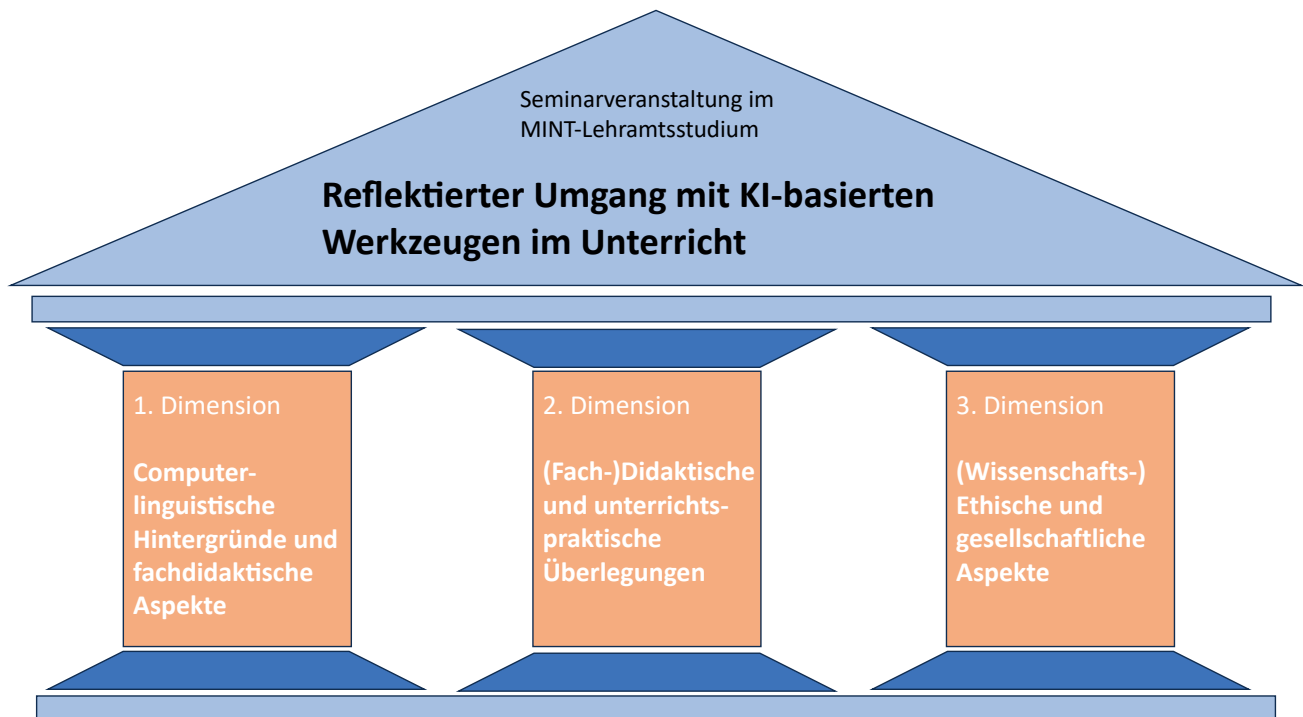
Beschreibung des Lehrvorhabens

Das übergeordnete Ziel des Projektes ist es, angehende Lehrkräfte zu einem reflektierten Umgang mit KI-basierten Tools im Unterricht zu befähigen, die sie hinsichtlich konkreter schulischer Herausforderungen in fachdidaktisch begründeter Weise einsetzen können. Die Lehrveranstaltung setzt sich mit drei zentralen Dimensionen des Potenzials und der Grenzen von KI-Tools für den reflektierten, computerlinguistisch fundierten und fachdidaktisch passgenauen Einsatz im Unterricht auseinander (Abb. 2).

Zunächst wird die Dimension der computerlinguistischen Hintergründe und fachdidaktischen Aspekte im Kontext des Einsatzes von KI im Unterricht behandelt. Der Fokus liegt dabei auf der Vermittlung grundlegender Kenntnisse über die Funktionsweise von Large Language Models und textgenerierender KI, insbesondere im Hinblick auf deren probabilistische Grundlagen und die Fiktionalität der generierten Inhalte. Dabei wird der traditionelle Prozess des Verfassens wissenschaftlicher Texte, der quellenbasiert, argumentativ und

an den Bedürfnissen der Adressierten orientiert ist, mit der probabilistischen Generierung durch generative KI kontrastiert. Darüber hinaus werden die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von KI-Tools im (sprachsensiblen) Unterricht diskutiert, insbesondere im Hinblick auf Prompt Engineering, Quellenrecherche und die reflektierte Überarbeitung von KI-generierten Texten. In der Lehrveranstaltung werden aus MINT-didaktischer Perspektive Qualitätskriterien für KI-generierte Texte betrachtet, wobei neben der Form auch der fachliche Inhalt und die naturwissenschaftliche Argumentation im Fokus stehen.

Die zweite zentrale Dimension der Lehrveranstaltung sind (fach-)didaktische und unterrichtspraktische Überlegungen, die die Rolle, den Mehrwert sowie die Grenzen von KI-Tools im Unterricht beleuchten. Dabei wird untersucht, welchen spezifischen Mehrwert textgenerierende KI-Tools im Vergleich zu traditionellen Methoden und anderen digitalen (KI-)Tools bieten. Die Möglichkeiten und Grenzen von KI-Ansätzen sowohl mit als auch



▲ **Abb. 2** Das Seminarkonzept von WolKE

ohne explizite Modellierung der curricularen Lernziele und des Lernprozesses werden diskutiert. Besonderes Augenmerk liegt auf der synergetischen Nutzung von expliziter Modellierung in traditionellen KI-Tools und aktuellen textgenerierenden KI-Methoden.

Dabei werden sowohl klassische algorithmische Lösungen in intelligenten Tutorsystemen oder in Simulationen als auch Ansätze wie Augmented Reality (AR) betrachtet. Zudem wird „die“ empirisch-naturwissenschaftliche Methode mit der Big-Data-basierten, probabilistischen Arbeitsweise der textgenerierenden KI kontrastiert, um die Unterschiede und Potenziale dieser Ansätze zu verdeutlichen.

Die dritte Dimension betrachtet die (wissenschafts-)ethischen und gesellschaftlichen Aspekte im Zusammenhang mit textgenerierenden KI-Tools. Die wissenschaftlichen, ethischen und

gesellschaftlichen Implikationen, die mit dem Einsatz solcher Tools verbunden sind, insbesondere im Hinblick auf die Reproduktion von Biases, werden eingehend reflektiert. Die Lehrveranstaltung befasst sich mit den Implikationen generativer KI für das Wissenschaftsverständnis und das Vertrauen in naturwissenschaftliche Erkenntnisse. Es wird diskutiert, wie der Einsatz von KI-Tools das Verständnis wissenschaftlicher Methodik und die Wahrnehmung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse beeinflussen kann und welche potenziell negativen Auswirkungen dies auf das Wissenschaftsverständnis haben und das Vertrauen in die Wissenschaft schwächen könnte.

Durch die ganzheitliche Betrachtung dieser ethischen und gesellschaftlichen Aspekte wird angehenden Lehrkräften ein umfassendes Verständnis der Herausforderungen und Möglichkeiten des Einsatzes von KI im Unterricht vermittelt.

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Unser Projekt zur Entwicklung einer Lehrveranstaltung befindet sich aktuell in einem frühen Stadium. Daher werden an dieser Stelle Überlegungen formuliert, die grundlegend für die Projektidee sind. Um den Bedürfnissen einer Lehrveranstaltung für Lehramtsstudierende gerecht zu werden, stützt sich die Entwicklungsarbeit der beschriebenen Veranstaltung auf zwei Grundannahmen. Zum einen ist uns eine Verzahnung mit der Praxis wichtig, um die konkreten schulischen Herausforderungen in den Fokus rücken zu können. Hierfür nutzen wir den Design-based-Research-Ansatz und stehen im engen Austausch mit Partnerinnen

und Partnern aus der Schulpraxis. Zum anderen begreifen wir eine gelungene Kollaboration nicht allein aus schulpraktischer Relevanz, sondern auch auf inhaltlicher Ebene als essentiell. Aus diesem Grund ist unser Projektverbund interdisziplinär aufgestellt und berücksichtigt Perspektiven sowohl der Informatik und Computerlinguistik als auch der MINT- und Sprachdidaktiken. Bei den adressierten Themen der Lehrveranstaltung legen wir einen Fokus auf Inhalt, Konzepte und Methodik, statt auf einzelne KI-Tools, deren Aktualität schnell überholt ist.

Über die Autorinnen und die Autoren

- **JProf. Dr. Jan Winkelmann** leitet das Zentrum für naturwissenschaftliche Bildung sowie das SkillsLab Naturwissenschaften an der PH Schwäbisch Gmünd. Seine Forschungsinteressen liegen im Bereich Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht sowie in Nature of Science und der Bedeutung von Idealisierungen für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess.
- **JProf. Dr. Luzia Leifheit** ist TT-Professorin für Digitalisierung mit Schwerpunkt Didaktik der Algorithmik und Data Science an der PH Schwäbisch Gmünd. In ihrer Forschung setzt sie sich mit der Wirksamkeit unterschiedlicher, oft spielbasierter und körperlicher Lernansätze für die Förderung von Motivation und Kompetenzen in der informatischen Bildung auseinander.
- **Sina Belschner** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der PH Schwäbisch Gmünd. Sie hat an der Universität Tübingen Informatik und Biologie für das gymnasiale Lehramt studiert und ihr zweites Staatsexamen absolviert.
- **JProf Dr. Heiko Holz** ist TT-Professor für Informatik und Informatikdidaktik an der PH Ludwigsburg. Seine Forschung fokussiert sich auf Bedingungen einer erfolgreichen Digitalisierung im Bildungsbereich einschließlich Mensch-Computer-Interaktion, digitales spielbasiertes Lernen, intelligente Tutorsysteme und digitale Assessments.
- **Benedikt Beuttler** ist Postdoc im Projekt „WoLKE“ an der PH Ludwigsburg. In seiner Forschung fokussiert er sich auf die Digitalisierung im Bildungsbereich und auf Systeme mit Mensch-Computer-Interaktionen, wie z. B. digitales spielbasiertes Lernen, intelligente Tutorsysteme und digitale Assessments.
- **Denise Löfflad** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Leibniz-Institut für Wissensmedien in Tübingen. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen im Zweitspracherwerb und in der Computerlinguistik. Sie erforscht, wie KI und Digitalisierung den Lehr-Lernprozess unterstützen können.
- **Prof. Dr. Detmar Meurers** leitet die Arbeitsgruppe „Sprache und KI in der Bildung“ am Leibniz-Institut für Wissensmedien Tübingen. Seine Forschungsinteressen liegen an der Schnittstelle der Computerlinguistik und der empirischen Bildungsforschung. Er erforscht und entwickelt KI-Methoden im Bildungs- und Zweitspracherwerb.

Let's prompt – aber sicher!? Den Funktionsweisen künstlicher Intelligenz durch Computational Thinking und Educational Robotics begegnen

Die Lehrkraftfortbildung „Let's prompt – aber sicher!?“ zielt darauf ab, Grundschullehrkräfte aller Fächer für die Funktions- und Wirkungsweisen von Algorithmen zu sensibilisieren und Anregungen für die Vermittlung dieses Wissens an Grundschülerinnen und -schüler zu geben. Im Fokus steht die Nutzung des Computational Thinking, eines speziellen Zugangs zum Problemlösen. Erlebbar wird das Computational Thinking für die Teilnehmenden durch das aktive Erproben von Lernrobotern. Die Lernroboter können im Unterricht vielfältig und differenziert eingesetzt werden, um die digitale Kompetenz von Schülerinnen und Schülern insbesondere mit Fokus auf das Problemlösen und Modellieren unter dem Einsatz von Algorithmen zu fördern.

Verortung in der Lehrpersonenbildung

- ◆ Entwickelt an der Universität Münster
- ◆ Grundschullehrkräfte
- ◆ Medienpädagogik und -didaktik aller Fächer, insbesondere der MINT-Fächer

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ Einsatz von Sprachassistenten als Beispiel für KI im Alltag
- ◆ Nutzung von Lernrobotern wie dem Ozobot zur Förderung von Computational Thinking
- ◆ Implementierung von Algorithmen zur Strukturierung und Problemlösung im Unterricht

Vorwissen der Teilnehmenden

Vorwissen der Grundschullehrkräfte zu den Themen Computational Thinking, Bildungsrobotik und Algorithmen ist nicht erforderlich. Hilfreich ist eine Offenheit für die Auseinandersetzung mit innovativen digitalen Systemen und die Bereitschaft zur Reflexion über ethisch-technische Aspekte im Umgang mit KI.

Einordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen			
Allgemeinere Kompetenzen			
Assessment, Feedback, Adaptivität		KI.AFA.U.A1, KI.AFA.M.B1	
Dokumentation			
Präsentation			
Kommunikation/Kollaboration		KI.KK.U.N1, KI.KK.M.N1, KI.KK.F.N2	
Recherche und Bewertung		KI.RB.U.N1, KI.RB.M.N1, KI.RB.T.N2, KI.RB.F.B1	
Fachspezifischere Kompetenzen			
Messwert- und Datenerfassung			
Datenverarbeitung			
Simulation und Modellierung		KI.SM.U.B1	

▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzen

Beschreibung des Lehrvorhabens

Das Lehrprojekt „Let's prompt – aber sicher!“ setzt sich zum Ziel, Grundschullehrkräfte in der Nutzung und Vermittlung von Kompetenzen im Bereich des Computational Thinking und der Educational Robotics zu schulen. In einer zunehmend digitalisierten Welt ist die Fähigkeit, digitale Technologien souverän und reflektiert einzusetzen, von zentraler Bedeutung. Dieses Projekt setzt den Fokus auf den Umgang mit Algorithmen, die die Basis von Künstlicher Intelligenz (KI) bilden, die in vielen Lebensbereichen präsent sind und deren Bedeutung hinsichtlich einer kritischen Wahrnehmung und Reflexion stetig wächst.

Einen methodischen Zugang, um Grundschullehrkräfte dazu zu befähigen, selbst Algorithmen aktiv wahrzunehmen und in ihrer Wirkung zu reflektieren sowie technologisches Wissen an Schülerinnen und Schüler zu vermitteln, bietet das Computational Thinking. Durch Computational Thinking werden Lernende jeden Alters in die Lage versetzt, komplexe Problemstellungen zu identifizieren, zu strukturieren und durch algorithmische Denk-

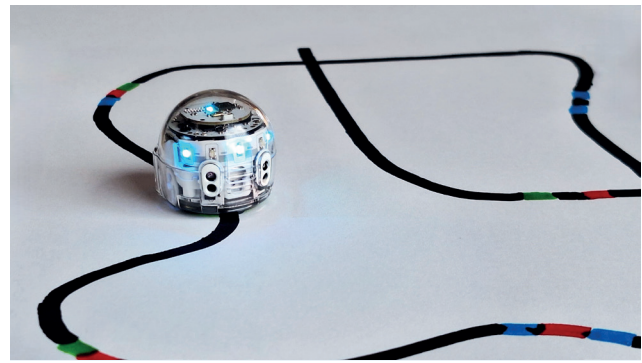
und Handlungsweisen zu lösen. Dabei werden die Schritte des Problemlösens in kleine, überschaubare Teilprobleme zerlegt, bekannte Muster erkannt und logisch-analytische Lösungsschritte in Anlehnung an die Strukturen und Eigenschaften von Algorithmen formuliert. Das Computational Thinking fördert dabei nicht nur ein grundlegendes technologisches Verständnis für die Struktur und Funktionsweise von Algorithmen, sondern auch die Fähigkeit zur abstrahierten und generalisierten Problemlösung, Kompetenzfacetten der Kreativität und das kritische Denken. Für den Umgang mit KI ist die Kompetenz des Computational Thinking von hoher Relevanz. So ermöglicht der problemlöseorientierte Zugang ein zielgerichtetes, reflektiertes Prompting, um spezifische, korrekte und relevante KI-Ausgaben zu erhalten:

- ◆ Durch das Erkennen von Mustern in Daten oder Prozessen können konsistente Elemente in Responses identifiziert werden, die für die Entwicklung effektiverer Prompts genutzt werden können.

- ◆ Die Fähigkeit zur Problemzerlegung hilft dabei, komplexe Prompts in handhabbarere, spezifischere Teilfragen zu zerlegen. Hierdurch kann ein Prompt präziser formuliert werden, was zu relevanteren und genaueren Antworten führt.
- ◆ Kompetenzen zur Abstraktion ermöglichen das Auslassen von weniger relevanten Details und das Fokussieren auf die Kernaspekte einer Fragestellung.
- ◆ Beim Entwerfen von Prompts können zudem algorithmische Denkweisen genutzt werden, um eine logische Abfolge von Frage- und Antwortschritten zu entwickeln. Dies kann besonders nützlich sein, um die Dialogstruktur in Conversational AI-Anwendungen oder in dynamischen Befragungsabläufen zu gestalten.

Ziel der Fortbildung ist es, Grundschullehrkräfte dazu zu befähigen, ihren Schülerinnen und Schülern die notwendigen Kompetenzen im Computational Thinking zu vermitteln. Um praxisnahe Erfahrungen im Problemlösen mithilfe algorithmischer Muster, deren Gestaltung sowie deren Reflexion zu ermöglichen und Anregungen für Vermittlungsanlässe im Unterricht zu bieten, eignen sich Aktivitäten der Educational Robotics. Ein für zahlreiche Fächer der Grundschule geeigneter Lernroboter, den die Lehrkräfte im Rahmen der Fortbildung kennenlernen, ist der Lernroboter Ozobot. Algorithmen, mithilfe derer der Roboter programmiert werden kann, können dabei „analog“ mit Stift und Papier durch das Zeichnen von Fahrtlinien und Codeblöcken oder mithilfe einer App gestaltet werden.

Durch die Programmierung des Roboters können die Lehrkräfte, die sich im Rahmen der Fortbildung in der Rolle der Lernenden befinden, grundlegende Erfahrungen im Umgang mit technischen Schnittstellen sammeln, ihre Problemlösungsfähigkeiten verbessern und gleichzeitig fachspezifisches Wissen erwerben. Durch die Arbeit an verschiedenen Stationen erlernen sie aktiv handelnd, Aufgabenstellungen, vom Roboter angebotene Programmierzugänge sowie Materialien vielfältig zu differenzieren und auf ihre Unterrichtsfächer zu adaptieren. Durch die hohe Flexibilität, die der Roboter strukturell aufweist, können durch geschicktes Programmieren beispielsweise im Mathematikunterricht Fahrzeiten gemessen und



▲ **Abb. 2** Der Lernroboter Ozobot (R. Fehrmann, CC-BY)

Weg-Zeit-Diagramme erstellt oder im Biologieunterricht der Weg der Nahrung im Verdauungssystem simuliert werden.

Ausgehend von mithilfe der Roboter konkret erlebten, ausgestalteten und reflektierten Algorithmen werden die Lehrkräfte dafür sensibilisiert, die Verwendung und Wirkung dieser bei der Nutzung von KI zu reflektieren. Welche hohe Relevanz einem kritisch-reflektierten Umgang mit KI durch Lehrkräfte zukommt, zeigt sich in den Anwendungsmöglichkeiten von KI im Unterricht: Mithilfe von KI können Lehrkräfte personalisierte Lernpfade erstellen, automatisierte Bewertungen generieren, Lerninhalte gestalten, Unterrichtsverläufe planen, Lernunterstützungen per Chatbot bereitstellen u. v. m. – jeweils generiert unter dem Einfluss von Algorithmen.

Die Fortbildung „Let’s prompt – aber sicher!“ bietet somit einen umfassenden Ansatz zur Förderung digitaler Kompetenz mit speziellem Fokus auf die Gestaltung, Nutzung und Reflexion der Funktions- und Wirkungsweise von Algorithmen. Durch die Kombination von Computational Thinking und Educational Robotics wird ein praxisnaher und interaktiver Zugang geschaffen, der die Lehrkräfte motiviert und gleichzeitig notwendige Kompetenzen fördert, um digitale Technologien gegenwärtig und zukünftig souverän und reflektiert zu nutzen sowie diese Kompetenzen an Schülerinnen und Schüler zu vermitteln.

- ◆ Video zur Funktionsweise des Roboters:
<https://youtu.be/7sgsARa3M7lv>
- ◆ Unterrichtsmodule:
<https://www.wwu.de/lernroboter/>

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Um Schülerinnen und Schüler problemlöseorientiert auf die Anforderungen des digitalen Zeitalters vorzubereiten, deren Weiterentwicklung aufgrund des rasanten technischen Fortschritts nicht zielgenau vorhergesagt werden kann, ist die curriculare Verankerung von Computational Thinking relevant. In vielen europäischen Ländern ist Computational Thinking bereits fester Bestandteil von Lehrplänen, jedoch fehlt es im deutschsprachigen Raum noch an einer flächendeckenden Implementierung. Zugunsten einer möglichst vielschichtigen Verankerung ab der Grundschule setzt die Veranstaltung einen besonderen Fokus auf die Fortbildung von Lehrkräften, um diese Lücke zu schließen. Dies wird von den teilnehmenden Lehrkräften als erfolgreich und

hochrelevant eingestuft: Sie geben an, insbesondere ihr Wissen über Algorithmen, ihre Fähigkeit zur strukturierten Problemlösung sowie deren kritische Reflexion durch die Teilnahme an der Fortbildung zu erweitern. Als zentrale Erfolgsfaktoren werden die praxisnahe Erprobung der Lernroboter auf verschiedenen Niveaustufen, die dabei erfolgte enge, persönliche Anleitung und Beratung durch den Dozierenden, Anregungen zum kollaborativen Arbeiten sowie die Impulse zum thematischen Transfer auf verschiedene Unterrichtsfächer durch die Lehrkräfte benannt. Die positiven Rückmeldungen und beobachteten Lernerfolge bestätigen den Bedarf und die Relevanz solcher Bildungsinitiativen.

Über den Autor

- **Dr. Raphael Fehrmann** ist Postdoc an der Professur für Erziehungswissenschaft mit dem Schwerpunkt Grundschulpädagogik der Universität Münster. Er forscht zur Förderung digitaler Kompetenzen durch Einsatz von Bildungsrobotik in der Grundschule, zur Gestaltung von Aktivitäten der Maker Education sowie zum Ausbau der professionellen digitalen Kompetenz bei (angehenden) Lehrkräften.

Literatur

- Fehrmann, R. (2024). Educational Robotics in Higher Education for Promoting Pre-Service Primary School Teachers: A Study on Expanding Computational Thinking. In M. Fonkam & N. Vajjhala (Hrsg.), *Revolutionizing Curricula Through Computational Thinking, Logic, and Problem Solving* (S. 17–39). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1974-1.ch002>
- Fehrmann, R. (2024). *Professionelle digitale Kompetenz bei Lehramtsstudierenden fördern! Wie kann Computational Thinking durch den Einsatz von Bildungsrobotik in der Hochschullehre vermittelt werden?* Wissenschaftliche Schriften der Universität Münster VI, Band 26. tredition.<https://doi.org/10.17879/37908713757>.

Möglichkeiten und Limitationen der Nutzung von KI für den naturwissenschaftlichen Unterricht – ein Weiterbildungskonzept

Rasante Fortschritte und Innovationen im Bereich der Künstlichen Intelligenz eröffnen neue Möglichkeiten in vielen Lebens- und Arbeitsbereichen – auch im naturwissenschaftlichen Unterricht. Zur Nutzung dieser Potenziale durch Lehrpersonen werden jedoch fachspezifische digitale und didaktische Kompetenzen benötigt. Ziel dieses Weiterbildungsangebots ist es daher, naturwissenschaftlichen Lehrpersonen nicht nur theoretisches Wissen über Grenzen und Potenziale von KI zu vermitteln, sondern auch praktische Kompetenzen für die Gestaltung von digital-adaptivem Unterricht mittels KI zu fördern.

Verortung im Studium und Zielgruppe

- ◆ Entwickelt an der Universität Konstanz im Rahmen des Verbundprojekts MINT-ProNeD.
- ◆ Adressierte Fächer: Fokus auf Inhalte des Chemie- und Biologieunterrichts, ebenfalls geeignet für den Physikunterricht.
- ◆ Institutionelle Einbindung: keine – wird als Workshop für Lehrpersonen angeboten.
- ◆ Zielgruppe: dritte Phase der Lehrerbildung (Fort- bzw. Weiterbildung aktiver Lehrpersonen).
- ◆ Teilnehmerzahl pro Durchgang: 20-25 Personen.

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ Generative KI-Tools mit Fokus auf textgenerierende, frei verfügbare Systeme (z. B. ChatGPT)
- ◆ Fachwissenschaftliche KI-Anwendungen

Vorwissen der Teilnehmenden

Es ist kein Vorwissen zum Thema KI notwendig. Grundlegende Fähigkeiten im Umgang mit iPads und kollaborativen Digital-Tools sind von Vorteil bzw. werden vorausgesetzt.

Praktische Tipps zur Durchführung

Die Teilnehmerzahl kann je nach Anzahl der verfügbaren Geräte und Zugangsmöglichkeiten zu generativen KI-Tools variiert werden. Eine stabile Internetverbindung ist für alle teilnehmenden Lehrpersonen nötig. Der parallele Einsatz verschiedener ChatBots ermöglicht interessante Vergleiche hinsichtlich der Nutzbarkeit für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Einordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen			○ ○ ○ ○ ○
Allgemeinere Kompetenzen			
Assessment, Feedback, Adaptivität	● ● ● ● ○	KI.AFA.U, KI.AFA.M.N3/4, KI.AFA.M.N 6, KI.AFA.M.B1–3, KI.AFA.F.N1/2, KI.AFA.T.N1/2, KI.AFA.T.B2/3	
Dokumentation	● ○ ○ ○ ○	KI.DO.F.N2	
Präsentation	● ○ ○ ○ ○	KI.P.F.N1	
Kommunikation/Kollaboration	● ● ● ○ ○	KI.KK.M.N1, KI.KK.M.B1, KI.KK.F.N2, KI.KK.T.N2, KI.KK.T.B2, KI.KK.T.A3	○
Recherche und Bewertung	● ● ● ○ ○	KI.RB.U.N1, KI.RB.U.B1, KI.RB.M.N1, KI.RB.M.B1, KI.RB.F.N2/3, KI.RB.F.B1, KI.RB.F.A1, KI.RB.T.N1/2, KI.RB.T.B2, KI.RB.T.A1	
Fachspezifischere Kompetenzen			
Messwert- und Datenerfassung	● ● ○ ○ ○	KI.MD.F.N1, KI.MD.F.B1, KI.MD.T.N1	
Datenverarbeitung	● ● ○ ○ ○	KI.DV.F.N2, KI.DV.F.B1, KI.DV.T.N3, KI.DV.T.N7	
Simulation und Modellierung	● ● ○ ○ ○	KI.SM.F.N3/4, KI.SM.T.N1	

▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzen

Beschreibung des Lehrvorhabens

Im Folgenden werden der Aufbau, das Format und die Inhalte des Weiterbildungsangebots sowie die formulierten Lernziele erläutert.

Ziele

Im Rahmen des Weiterbildungsangebots erhalten Lehrpersonen aller naturwissenschaftlichen Fächer die Möglichkeit:

- ◆ die verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten generativer KI im naturwissenschaftlichen Kontext sowie deren Vor- und Nachteile in der Unterrichtsgestaltung kennenzulernen,
- ◆ grundlegende Kompetenzen hinsichtlich der effektiven Nutzung chatbasierter generativer KI zu erwerben und
- ◆ Einsicht in die Nutzung von KI in den naturwissenschaftlichen Fachdisziplinen zu erhalten sowie dies als möglichen Unterrichtsgegenstand des jeweiligen naturwissenschaftlichen Fachs zu erkennen.

Format, Struktur und Inhalte

Das Weiterbildungsangebot wird in Form eines 90-minütigen Workshops durchgeführt, in welchem die benannten Ziele in drei Phasen – theoretischem Input, praktischem Arbeiten und einer abschließenden Diskussion – erarbeitet werden (s. Abb. 2). Neben internetfähigen digitalen Endgeräten mit Kamera werden keine weiteren physischen Materialien benötigt, wodurch der Workshop besonders niederschwellig auch direkt an Schulen durchgeführt werden kann.

Phase 1: Theoretische Grundlagen

In dieser Phase erfolgt eine Einführung in die Grundlagen des Themas KI; Teilnehmende erhalten einen groben Überblick über das Vorkommen KI-basierter Software im Alltag und lernen generative KI als einen Teilbereich der Künstlichen Intelligenz kennen. Des Weiteren wird den Fragen nachgegangen:



▲ **Abb. 2** Struktur des Weiterbildungskonzepts

1. Warum KI in der Schule eine Rolle spielen sollte?
2. Welche Zwecke KI in den verschiedenen Ebenen der Schule erfüllen kann?
3. Was Stärken und Schwächen des Einsatzes von (generativer) KI im naturwissenschaftlichen Unterricht sind?
4. Inwiefern KI zur Unterrichtsvor- und Nachbereitung sowie als Unterrichtsgegenstand genutzt werden kann bzw. sollte?
5. Weshalb die Verwendung von KI in den Fachwissenschaften im naturwissenschaftlichen Unterricht thematisiert werden sollte?

Phase 2: Hands-On-Aktivitäten

Zum Erwerb praktischer Fähigkeiten und der vertiefenden Adressierung von Punkt drei und vier der ersten Phase erhalten die Teilnehmenden die Möglichkeit Unterrichtsmaterialerstellung mithilfe von generativer KI zu üben. Dafür lernen Sie in einem ersten Schritt vier Prompting-Strategien anhand entsprechender Formulierungsbeispiele kennen und sollen somit in die Lage versetzt werden, von ChatGPT Arbeitsmaterialien erstellen und differenzieren zu lassen. Hierbei werden die Teilnehmenden im Umgang mit einem Sprachmodell bzw. hinsichtlich möglicher „Tricks“, Schwierigkeiten und Grenzen angeleitet. Im Fokus steht hierbei besonders die Verwendungsmöglichkeit

eines solchen Chatbots zur effizienten Gestaltung adaptiven Unterrichts durch bspw. die Erstellung leistungsdifferenzierten Materials.

Im zweiten Teil der Hands-On-Aktivität dürfen sich die Teilnehmenden mit repräsentativen, aufgearbeiteten Beispielen fachwissenschaftlicher KI-Nutzung auseinandersetzen. Konkret erarbeiten sie in Gruppen die (vereinfachten) Funktionsweisen und Einsatzszenarien von KI-Systemen zur Bilderkennung und -verarbeitung, zur Vorhersage von Proteinstrukturen, zur Automatisierung von Arbeitsabläufen im Labor sowie zur Identifikation von Synthesepfaden. Mit dieser Aktivität soll den Teilnehmenden die wichtige Rolle von KI in ihren jeweiligen Fachdisziplinen aufgezeigt, als auch ein niederschwelliger Zugang zu solchen Informationen gegeben werden, um Ihnen die Thematisierung im Unterricht zu erleichtern.

Phase 3: Besprechung, Diskussion & Fazit

Eine Besprechung bzw. Diskussion der erfahrenen Möglichkeiten und Grenzen generativer KI sowie der Umsetzung einer unterrichtlichen Thematisierung des fachwissenschaftlichen KI-Einsatzes folgt auf die zweite Phase. Abgeschlossen wird der Workshop mit einer Rekapitulation der wichtigsten Punkte und einer Fazitbildung entsprechend der Rückmeldungen der Teilnehmenden.

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Erste Durchführungen dieses Weiterbildungsangebots zeigen auf, dass sich naturwissenschaftliche Lehrpersonen hinsichtlich ihres Vorwissens zu und Erfahrung mit KI teils sehr unterschiedlich einschätzen. Der Workshop ermöglichte den Lehrkräften eine gründliche Untersuchung der Hintergründe und Anwendungsbereiche von KI, wodurch sie sensibilisiert wurden, KI in verschiedenen Anwendungen zu erkennen. Insbesondere mit der Betrachtung von KI als Unterrichtsgegenstand – die Thematisierung der Rolle von KI in der fachwissenschaftlichen Forschung – konnten auch KI-versiertere Lehrkräfte neue Perspektiven und Potenziale des Themenbereichs KI in den Blick nehmen. Eine unserer durchgeführten Studien gibt Hinweis darauf, dass allgemeine AI-Literacy (Long & Magerko, 2020) keinen signifikanten

Einfluss auf die Nutzung von KI im naturwissenschaftlichen Unterricht hat (Maurer et al., submitted). Daher verfolgen wir das Ziel, eine naturwissenschaftsspezifische AI-Literacy zu fördern. Diese umfasst sowohl den Erwerb allgemeiner Kompetenzen im Umgang mit KI, wie die effiziente Nutzung von KI mittels Prompting-Techniken, als auch das Wissen über den naturwissenschaftsspezifischen Einsatz von KI. Dieses Weiterbildungsangebot bietet eine geeignete Ansatzstelle für die Initiierung verschiedener Kooperationsmodelle zwischen Lehrkräften und Fortbildnern (bspw. PLGs; Huber & Hader-Popp, 2006), um gemeinsam Unterrichtseinheiten zur Integration von KI in die naturwissenschaftliche Bildung von Schülerinnen und Schülern zu entwickeln.

Über die Autorin und den Autor

- **Nikolai Maurer** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fachdidaktik der Naturwissenschaften an der Universität Konstanz und der Pädagogischen Hochschule Thurgau. Er forscht zum Umgang von Naturwissenschaftslehrkräften mit Zukunftstechnologien wie Künstlicher Intelligenz und Augmented Reality und wie diese Technologien für die Gestaltung adaptiven Unterrichts genutzt werden können.
- **Mathea Brückner** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Fachdidaktik der Naturwissenschaften an der Universität Konstanz und der Pädagogischen Hochschule Thurgau. Sie forscht zur Förderung von digital-adaptiven Kompetenzen bei Naturwissenschaftslehrkräften unter Einbezug von Zukunftstechnologien wie Künstlicher Intelligenz.

Literatur

- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>
- Huber, S. G. & Hader-Popp, S. (2006). Von Kollegen lernen: Professionelle Lerngemeinschaften. In A. Bartz, J. Fabian, S. G. Huber, C. Kloft, H. Rosenbusch & H. Sassenscheidt (Hrsg.), *PraxisWissen Schulleitung* (81.15). Wolters Kluwer
- Maurer, N., Brückner, B., Thyssen, C., Becker-Genschow, S., Huwer, J. (submitted). *Science Teacher's AI-Literacy and their usage of AI for teaching*.

- ▼ Julia Albicker, Elena Yanakieva, Vanessa Knittel, Vanessa Welker, Thomas Becka, Barbara Pampel, Annette Bieniusa, Johannes Huwer und Christoph Thyssen

Nichtgenerative KI im Biologieunterricht am Beispiel von Bilderkennung zur Blattbestimmung

Im Projekt „GeNIUS (Gelingensbedingungen naturwissenschaftlich-informatischen Unterrichts)“ wurde mit Lehrkräften eine Unterrichtseinheit inkl. flankierender Lehrkräftefortbildung konzipiert, in der Funktionsprinzipien von Künstlicher Intelligenz (KI) beim Einsatz zur Bilderkennung im Kontext einer Blattbestimmung untersucht werden. Mittels spezifischer Trainings- und Testdatensätze können deren Einflüsse auf die Ergebnisse in einem vorstrukturierten Setting demonstriert und untersucht werden. Adressierte Ziele sind – neben biologischen Aspekten – Kompetenzen und Wissen zur Funktionsweise und Anwendung von KI bei der Merkmalsidentifikation von Laubblättern.

Verortung in der Lehrpersonenbildung

- ◆ Entwickelt im Kooperationsprojekt GeNIUS der Universität Konstanz (Fachdidaktik Naturwissenschaften & Informatik) und der RPTU Kaiserslautern-Landau (Fachdidaktik Biologie & Softwaretechnik)
- ◆ Fach: Biologie
- ◆ 4-stündige Unterrichtsreihe und 4-stündige Fortbildung
- ◆ Zielgruppen: Lernende Klasse 7 und Lehrkräfte Sek I
- ◆ Lehramt: Gymnasien, Haupt- und Realschule;
- ◆ Teilnehmendenzahl pro Durchgang: Klassenstärke, bis 20 Lehrkräfte

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ Maschinelles Lernen (ML)
- ◆ Computer Vision
- ◆ Deep Neural Networks

Vorwissen der Teilnehmenden

- ◆ Nur Lehrkräfte: biologisches Wissen zu Blattmerkmalen und zur Artbestimmung
- ◆ Wünschenswert sind technische Fertigkeiten im Umgang mit digitalen Werkzeugen.

Praktische Tipps zur Durchführung

- ◆ Zugänge zur Plattform „Machine Learning for Kids“ sollten frühzeitig beantragt oder selbst angelegt werden.
- ◆ Der Einsatz realer Blätter sollte erst im Nachgang erfolgen, da sonst a) die Ergebnisse eventuell nicht reproduziert werden können und b) Unterschiede in den Blättern als Ursache für Ergebnisvariationen nicht ausgeschlossen werden können.
- ◆ Integration nichttrainierter Objekte in die Testung kann den Diskurs intensivieren und Grenzen der KI noch klarer aufzeigen.

Einordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen ○ ○ ○ ○ ○		
Allgemeinere Kompetenzen		
Assessment, Feedback, Adaptivität	○ ○ ○ ○ ○	
Dokumentation	○ ○ ○ ○ ○	
Präsentation	○ ○ ○ ○ ○	
Kommunikation/Kollaboration	○ ○ ○ ○ ○	
Recherche und Bewertung	○ ○ ○ ○ ○	
Fachspezifischere Kompetenzen		
Messwert- und Datenerfassung	● ● ● ● ●	KI.MD.T.N1, KI.MD.T.B1, MD.T.B2, KI.MD.T.A1, KI.MD.F.N1, KI.MD.U.N1, KI.MD.F.B1, KI.MD.U.A2
Datenverarbeitung	● ● ● ● ●	KI.DV.T.B1, KI.DV.T.N3, KI.DV.T.N4, KI.DV.T.A1, KI.DV.F.N2, KI.DV.F.B1, KI.DV.M.N1, KI.DV.M.N2, KI.DV.U.A2
Simulation und Modellierung	○ ○ ○ ○ ○	

▲ **Abb. 1** Adressierte Kompetenzen

Beschreibung des Lehrvorhabens

Das Projekt GeNIUS fokussiert die gezielte Einbindung informatischer Grundkompetenzen und -konzepte, wie z.B. KI, in den naturwissenschaftlichen Unterricht. Synergetisch soll dies im vorliegenden Konzept Potenziale und Effekte der Integration von KI, Computational Thinking und Data Literacy als Elemente und Mittel des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses erschließen und untersuchen. Erkenntnisgewinnung wird sowohl in der Forschung (van Noorden & Perkel, 2023) als auch im Falle naturwissenschaftlicher Fragestellungen im Bereich von Freizeitinteressen (wie z.B. der Artbestimmung) immer stärker von KI-Systemen unterstützt. So werben Pflanzenbestimmungssapps wie z.B. Flora Incognita (Mäder et al., 2021) ganz gezielt damit, dass die fotobasierte Bestimmung mittels KI (Convolutional Neural Network) erfolgt. In diesem Kontext kommen Endanwender wie Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler im Alltag ganz bewusst und regelmäßig mit KI in Kontakt und es stellt sich die Frage, wie verlässlich die von der App gelieferten Ergebnisse

sind und wie diese zu Stande kommen. Wie in der Forschung auch (Messeri & Crockett, 2024) öffnen sich also authentische Zugänge mit der Möglichkeit einer kritischen Analyse des KI-Einsatzes und seiner Grenzen.

An diesen Einsatz von Bestimmungssapps anknüpfend wird in der Lerneinheit zur Blattbestimmung ausgehend von der traditionellen, analogen Methode die Funktionsweise und der Workflow zum Einsatz von KI für diesen Zweck untersucht. Im Fokus steht dabei nicht die Verwendung von Bestimmungssapps, sondern auch die eigenständige Arbeit mit KI-Modellen und deren Training und Testung durch die Schülerinnen und Schüler. Ein zentrales Lernziel ist das Verständnis der Abhängigkeit der Zuverlässigkeit KI-gestützter Systeme von der Auswahl, Qualität und Quantität der Trainingsdaten.

Aufbau der Unterrichtsreihe



Stunde 1

Einführung
Pflanzenbestimmung
& KI

Motivation & Problem: Grad der Verlässlichkeit von Bestimmungen mit

- Welche Merkmale und Schritte sind für eine Blattbestimmung notwendig?
- Wie bereitet man eine KI zur Blattbestimmung vor?
- Hat die Vorbereitung der KI einen Einfluss auf das Ergebnis?

Stunde 2

Merkmale &
Bestimmung von
Laubblättern

Welche Merkmale und Schritte sind für eine Blattbestimmung notwendig?

- Bestimmungsmerkmale & Ausprägung, Arten & Merkmalskombinationen, Typus-Exemplare
- Ablauf einer Bestimmung, Flussdiagramm, Algorithmus

Stunde 3

Trainieren & Testen
der Bestimmungs-KI

Wie bereitet man eine KI zur Blattbestimmung vor?

- Wie eine KI lernt: Elemente & Ablauf des KI-Trainings, Flussdiagramm
- KI-Training, Blattbestimmung, strukturierte Ergebnissichtung

Stunde 4

Analyse & Diskussion
der Ergebnisse

Hat die Vorbereitung der KI einen Einfluss auf das Ergebnis?

- Einfluss von Trainingsdaten & -kategorien
- Konsequenzen (z.B. auch Selbsttest mit Gesicht & Einstufung als Blatt)

▲ **Abb. 2** Aufbau und didaktisch-inhaltliche Gliederung der Unterrichtseinheit

KI-bezogene Kompetenzen zur Zuverlässigkeit von KI mittels didaktisch strukturierter KI-Trainings fördern

Die Unterrichtseinheit umfasst 4 Schulstunden (je 45 Minuten). Ausgehend von explorativen Fragen zur Zuverlässigkeit der App (vgl. Abb. 2) hinsichtlich einer korrekten Bestimmung werden damit verknüpfte Fragestellungen in Bezug auf Prinzipien einer biologischen Artbestimmung (auch mittels KI, KI.MD.F.N₁, KI.MD.F.B₁) anhand von Blattmerkmalen, der Vorbereitung einer KI für solche Bestimmungen und Hypothesen, inwiefern die Vorbereitung die Ergebnisse beeinflusst, in Stunde 1 herausgearbeitet (vgl. Abb. 2).

Dafür werden im Anschluss an Stunde 2, die einen biologischen Schwerpunkt aufweist, in Stunde 3 zuerst mit Flussdiagrammen die notwendigen Schritte und der Ablauf zur Vorbereitung eines

einsetzbaren KI-Modells zur Blattbestimmung erlernt. Mit Lehrkräften werden deshalb in der Lehrkräftefortbildung dafür geeignete Systeme sowie deren Funktionsweisen, -prinzipien und Grenzen (Krauss, 2023) thematisiert (KI.MD.T.N₁, KI.MD.T.B₁, MD.T.B₂) und getestet (KI.MD.T.A₁).

Für die fachdidaktische und unterrichtliche Perspektive der Unterrichtsreihe werden Parallelen und Unterschiede der analogen und KI-basierten Bestimmung thematisiert und mittels schultauglicher Systeme (KI.MD.U.N₁) in der Praxis verglichen. Hierbei können weiterhin Aspekte wie notwendige Internetverbindung, Accountverwaltung und ein ggf. möglicher Export der KI-Modelle betrachtet werden. Entsprechend der dargelegten Prinzipien der Unterrichtseinbindung werden Lehrkräfte in die Lage versetzt, die vorgestellte Unterrichtsreihe anzupassen und vergleichbare Unterrichtsreihen zu planen (KI.MD.U.A₁).

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Lehrkräfte waren nach den Fortbildungsmaßnahmen in der Lage, die Unterrichtsreihe durchzuführen. Obgleich als Hardware nur Tablets benötigt werden, zeigt sich die Wichtigkeit einer robusten Software-Lösung, die beispielsweise resilient bzgl. temporärer Netzwerkprobleme ist. Sowohl Lehrkräfte als auch Schülerinnen und Schüler waren anhand der ersten Evaluierungen in der Lage, den Einsatz von KI kritisch zu reflektieren. Eine Voraussetzung dafür, dass aus den in den Tests erhaltenen Ergebnissen Schlussfolgerungen bzgl. der Einflüsse von Trainingsdaten auf die Zuverlässigkeit und Korrektheit des Outputs einer KI gezogen werden können, ist ein dafür speziell strukturiertes System verschiedener Trainingsdatensätze mit Fotos von Laubblättern in Kombination mit einem für alle Arbeiten identischen Set aus Fotos für die

anschließenden Tests. Wenn identische Fotos abhängig von den genutzten Trainingsdatensätzen in der Testung unterschiedliche Ergebnisse liefern, kann man den Einfluss spezifischer Kriterien der Bilder (im übertragenen Sinne Blattmerkmale) eingrenzen und diskutieren. Wenn z. B. herbstlich gefärbte Blätter einer Art nicht mehr korrekt von der KI bestimmt werden können, lässt sich daraus ableiten, dass die Blattfarbe (d. h. ein diesbezüglich entweder stimmiger oder ausreichend variabler Trainingsdatensatz) von Bedeutung sind. Wenn die KI gleichzeitig dennoch vergleichsweise hohe Konfidenz-Werte angibt, d. h. auch für Falschbestimmungen eine vergleichsweise hohe Sicherheit rückmeldet, werden daraus resultierende Probleme und generelle Probleme hinsichtlich der Transparenz von Ergebnissen erkennbar.

Über die Autorinnen und die Autoren

- **Julia Albicker** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Uni Konstanz und der PH Thurgau.
- **Elena Yanakieva** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der RPTU Kaiserslautern-Landau.
- **Vanessa Knittel** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Konstanz.
- **Vanessa Welker** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der RPTU Kaiserslautern-Landau.
- **Dr. Thomas Becka** unterstützt das Kooperationsprojekt GeNIUS als abgeordnete Lehrkraft.
- **Dr. Barbara Pampel** ist ist Tenure-Track-Professorin mit Schwerpunkt Lehre für Grundlagen und Didaktik der Informatik an der Uni Konstanz.
- **Prof. Dr. Annette Bieniusa** ist Professorin für Softwaretechnik im Fachbereich Informatik an der RPTU Kaiserslautern-Landau.
- **Prof. Dr. Johannes Huwer** ist Brückenprofessor für Fachdidaktik der Naturwissenschaften an der Universität Konstanz und der Pädagogischen Hochschule Thurgau.
- **Prof. Dr. Christoph Thyssen** ist Professor für Fachdidaktik Biologie an der RPTU Kaiserslautern-Landau.

Literatur

- Krauss, P. (2023). Herausforderungen der KI. In P. Krauss (Hrsg.), *Künstliche Intelligenz und Hirnforschung: Neuronale Netze, Deep Learning und die Zukunft der Kognition* (S. 187–196). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-67179-5_18
- Mäder, P., Boho, D., Rzanny, M., Seeland, M., Wittich, H. C., Deggelmann, A. & Wäldchen, J. (2021). The Flora Incognita app – Interactive plant species identification. *Methods in Ecology and Evolution*, 12(7), 1335–1342. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13611>.
- Messeri, L. & Crockett, M. J. (2024). Artificial intelligence and illusions of understanding in scientific research. *Nature*, 627(8002), 49–58. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07146-0>.
- van Noorden, R. & Perkel, J. M. (2023). AI and science: what 1,600 researchers think. *Nature*, 621(7980), 672–675. <https://doi.org/10.1038/d41586-023-02980-0>.

Science-Future-Lab – ein innovatives Lehr-Lern-Laborkonzept zur Integration von Zukunftstechnologien

Das Seminar verfolgt einen dreiphasigen Ansatz zur Förderung digitaler Kompetenzen bei Studierenden der Naturwissenschaften. Im Rahmen des Seminars werden innovative Lehrmethoden in Bezug auf Zukunftstechnologien wie Künstliche Intelligenz und Mixed Reality vorgestellt. Auf Grundlage dieser Methoden entwickeln die Studierenden Schülerlaborstationen, welche anschließend in der Praxis getestet werden

Verortung in der Lehrpersonenbildung

- ◆ Entwickelt an der Universität Konstanz
- ◆ Fächer: Biologie, Chemie, Physik
- ◆ Fachdidaktikseminar 1. bis 4. Semester M. Ed. Chemie, Biologie, Physik
- ◆ Teilnehmendenzahl pro Durchgang: maximal 16

Adressierte KI-Anwendungen

- ◆ Maschinelles Lernen
- ◆ LLM (z.B. Unterrichtsplanung, Bilderstellung, Literatursuche)
- ◆ Lernen über KI-Einsatz in den Fachwissenschaften

Vorwissen der Teilnehmenden

Es werden grundlegende fachliche und fachdidaktische Kenntnisse vorausgesetzt. Die Teilnahme am Seminar setzt keine spezifischen Vorkenntnisse im Bereich digitaler Kompetenzen und künstlicher Intelligenz voraus. Im Verlauf des Seminars werden alle erforderlichen Kenntnisse vermittelt, sodass die Teilnehmerinnen und Teilnehmer diese anschließend anwenden können.

Praktische Tipps zur Durchführung

Die Veranstaltung sollte bis zur Mitte des Semesters einmal wöchentlich als Seminar mit verpflichtetem Tutorium (insgesamt 180 min) angeboten werden. Individuelle Coachingtermine in der Planungsphase sind zielführend für gut umsetzbare Schülerlaborstationen. Als Seminarraum kann ein normaler Raum verwendet werden. Zusätzlich sollte für Experimente ein (Schüler-)Labor für die Probe der Schülerlaborstationen (Microteaching) und praktischen Umsetzung mit Lernenden zur Verfügung stehen.

Einordnung des Lehrvorhabens

Technische Basiskompetenzen			● ● ● ● ●
Allgemeinere Kompetenzen			
Assessment, Feedback, Adaptivität	● ● ○ ○ ○	KI.AFA.T.N1, KI.AFA.T.N2	
Dokumentation	● ○ ○ ○ ○	KI.DO.T.N1, KI.DO.F.B1	
Präsentation	● ● ● ○ ○	KI.PT.N1, KI.PT.B2, KI.PM.N2	
Kommunikation/Kollaboration	● ● ● ● ○	KI.KK.T.N1, KI.KK.T.N2, KI.KK.T.B1, KI.KK.T.A3, KI.KK.F.B1, KI.KK.F.N.2, KI.KK.M.N1	
Recherche und Bewertung	● ● ● ● ●	KI.RB.T.N1–3, KI.RB.T.N5, KI.RB.T.B2, KI.RB.T.A1, KI.RB.F.A1, KI.RB.F.B1, KI.RB.F.N1, KI.RB.M.N1, KI.RB.M.B1	
Fachspezifischere Kompetenzen			
Messwert- und Datenerfassung	● ○ ○ ○ ○	KI.MD.T.N1	
Datenverarbeitung	● ● ○ ○ ○	KI.DV.T.N1, KI.DV.T.N7, KI.DV.T.N8	
Simulation und Modellierung	● ● ○ ○ ○	KI.SM.T.N1, KI.SM.F.N1, KI.SM.F.N2, KI.SM.F.N4	

▲ Abb. 1 Adressierte Kompetenzen

Beschreibung des Lehrvorhabens

Die Lehrveranstaltung „Fachdidaktik 3: Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften mit Schwerpunkt auf KI“ wird jedes Semester durchgeführt und ermöglicht Studierenden den Aufbau von Kompetenzen nach dem Orientierungsrahmen DiKoLAN^{KI} und DIKOLAN PLUS.

Das Konzept

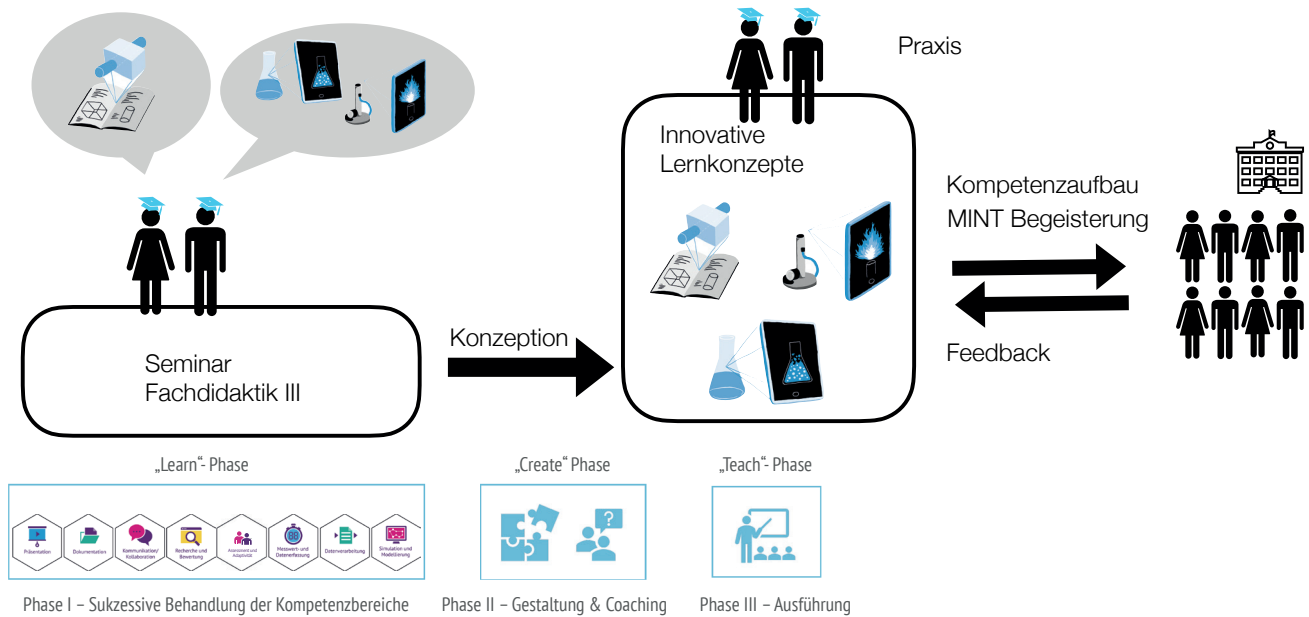
Das Konzept umfasst drei Phasen, um Theorie und Praxis zu verknüpfen. In der ersten Phase erfolgt eine Behandlung der acht Kompetenzbereiche nach DiKoLAN mit Bezug zu KI. Die Studierenden lernen dort erste innovative Lernkonzepte kennen, reflektieren und testen diese angeleitet. In der zweiten Phase, der Gestaltungs- und Coaching-Phase, wird ihnen die Möglichkeit gegeben, eine innovative Schülerlaborstation zu konzipieren. Die angestrebten Ziele der Station umfassen den Kompetenzaufbau in Bezug auf KI bei Schülerinnen und Schülern sowie eine Steigerung der MINT-Begeisterung. In der dritten Phase,

der Ausführungsphase, werden die Studierenden ihre Planungen praktisch im Schülerlabor erst mit den anderen Seminarteilnehmenden und anschließend mit Schülern umsetzen. Die eigenen teilnehmenden Beobachtungen in den Praxisphasen und die Rückmeldung der Schülerinnen und Schüler dient den Studierenden als Feedback.

Ablauf der Lehrveranstaltung

1. Behandlung der Kompetenzbereiche

Das Seminar beginnt mit einer allgemeinen Einführungsvorlesung, in der die Studierenden einerseits eine Einführung zu DiKoLAN erhalten und eine grundlegende Einführung zum Thema Künstliche Intelligenz in der Bildung. In neun weiteren Sitzungen werden dann die einzelnen Kompetenzbereiche nach DIKOLAN PLUS und DiKoLAN^{KI} gelehrt. Die Seminarsitzung ist wie eine zur Mitarbeit anregenden Vorlesung aufgebaut, wobei den Studierenden der theoretische Rahmen vermittelt wird. Im Rahmen des ergänzenden



▲ **Abb. 2** Aufbau und didaktisch-inhaltliche Gliederung der Unterrichtseinheit

Tutoriums erfolgt eine praktische Umsetzung der theoretischen Inhalte.

2. Gestaltung und Coaching

In der Phase finden keine Vorlesungen oder Tutorien mehr statt, um den Studierenden ausreichend Zeit zu geben, die Stationen für einen Schülerlaborkurs zu erstellen. Dafür ist ein Zeitfenster von sechs Wochen vorgesehen. Die übergreifende Thematik des zu konzipierenden Schülerlaborkurses sowie die Inhalte der einzelnen Stationen sind vorgegeben. Dabei planen jeweils zwei Studierende zusammen eine Station. Während der gesamten Phase besteht für die Studierenden die Gelegenheit für individuelles Coaching.

3. Praxisphase

In der Phase erhalten die Studierenden erst die Möglichkeit, eine Generalprobe mit anderen Studierenden durchzuführen, bevor sie ihre Station mit Schülern umsetzen. Dieses Microteaching ermöglicht es, ihre Station auszuprobieren und die Umsetzung zu beobachten. Im Anschluss haben sie die Möglichkeit, ihren Unterrichtsentwurf und die Station zu verbessern. Am Prüfungstag kommt eine Klasse vorbei, mit der die Studierenden ihre konzipierten Stationen umsetzen können. Daraufhin haben sie einen Monat Zeit, um ihre schriftliche Ausarbeitung zu schreiben. Die schriftliche Ausarbeitung beinhaltet einen Stationsverlaufsplan sowie eine Analyse der Lernsituation, welche didaktische und methodische Entscheidungen sowie eine Reflexion umfasst.

Lessons Learned – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Das Seminar wurde bereits in den vergangenen Semestern in modifizierter Form durchgeführt. Der DiKoLAN-Kompetenzrahmen bildete dabei bereits die Grundlage. Die Studierenden planten eine 90-minütige Unterrichtseinheit und präsentierten diese anschließend in einer praktischen Prüfung mittels Microteaching. Das Seminarkonzept wurde bereits evaluiert (Henne et al., 2022; Krug et al., 2023). Die Interventionsmaßnahmen zeigten einen signifikanten Anstieg der Selbstwirksamkeitserwartung im Bereich der vermittelten Kompetenzen („Simulation und Modellie-

rung“ sowie „Datenverarbeitung“ nach DiKoLAN) (Krug et al., 2023).

Im Sommersemester 2024 wurden zusätzlich das DiKoLAN^{KL}- und das Dikolan-PLUS-Framework integriert. Zudem wurde die Praxisphase für die Studierenden erweitert. Anstelle des Microteachings wird eine praktische Umsetzung mit den Studierenden im Labor unter Einbindung des Science-Future-Lab durchgeführt. Die Studierenden entwickeln 45-minütige Stationen, die einem übergeordneten Thema zugeordnet sind, und führen diese im Rahmen eines Schülerlaborkurses mit den Schülerinnen und Schülern durch.

Über die Autorinnen und den Autor

- **Sandra Berber** ist Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Didaktik der Naturwissenschaften an der Universität Konstanz. In ihrer Dissertation widmet sie sich der Integration von KI-Anwendungen im Kontext des Lernens über KI in den Naturwissenschaften innerhalb des Lehr-Lernlabors.
- **Dr. Sabrina Syskowski** ist Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Didaktik der Naturwissenschaften an der Universität Konstanz und Laborleitung des Science Future Lab. Forschungsinteressen sind Lehr-Lern-Labore und digitale Medien im MINT-Unterricht, im speziellen Augmented Reality beim Experimentieren in Schule/Schülerlabor.
- **Prof. Dr. Johannes Huwer** ist Brückenprofessor für Fachdidaktik der Naturwissenschaften an der Universität Konstanz und der Pädagogischen Hochschule Thurgau.

Literatur

- Henne, A., Möhrke, P., Thoms, L.-J., & Huwer, J. (2022). Implementing digital competencies in university science education seminars following the DiKoLAN framework. *Education Sciences*, 12(5), 356. <https://doi.org/10.3390/educsci12050356>
- Krug, M., Thoms, L.-J., & Huwer, J. (2023). Augmented Reality in the Science Classroom—Implementing Pre-Service Teacher Training in the Competency Area of Simulation and Modeling According to the DiKoLAN Framework. *Education Sciences*, 13(10), 1016. <https://doi.org/10.3390/educsci13101016>

Impressum

Die Herausgebenden danken der Deutschen Telekom Stiftung für die Unterstützung bei der Publikation sowie dem Publikationsfonds der Universität Konstanz für die Förderung der Open-Access-Publikation.

Mit Unterstützung der



Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

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

Print-ISBN 978-3-8309-4931-2

E-Book-ISBN 978-3-8309-9931-7

DOI <https://doi.org/10.31244/9783830999317>

Waxmann Verlag GmbH, 2024
Steinfurter Straße 555, 48159 Münster

www.waxmann.com
info@waxmann.com

Umschlaggestaltung: Anne Breitenbach, Münster

Satz: MTS. Satz & Layout, Münster

Diese Publikation steht open access unter der Lizenz CC BY-NC-SA 4.0 zur Verfügung (Namensnennung, Nicht kommerziell, Weitergabe unter denselben Bedingungen).



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