

# KI in der Bildung

## Viel mehr als eine Utopie – Dystopie – Dualismus?

---

*André Renz und Nina Galla*

### 1 Einführung in diesen Beitrag

Künstliche Intelligenz (KI) (in der Bildung) ist ein sehr komplexes Themengebiet. So ist es nicht verwunderlich, dass sich der Diskurs über KI für viele Zielgruppen noch als wenig greifbar und nur bedingt nachvollziehbar gestaltet. Damit einhergehend kommen viele Fragen auf. Einige der zentralen Fragestellungen, die sich im Speziellen im Diskurs KI in der Bildung immer wieder finden, sind dabei: Wie sieht es aktuell tatsächlich um die Anwendungsrelevanz von KI-Technologien für Schulen aus? In welcher Form und mit welchen Anwendungen kommt KI-Technologie in Bildungseinrichtungen? Welche Versprechen gehen mit KI-Technologien für den Lehr-Lern-Betrieb an Schulen einher? Welche Grenzen und Herausforderungen gibt es? Meist pendelt die Debatte zwischen KI-Technologie als Utopie einer vollständigen Individualisierung von Schüler\*innen bei einer lang erhofften Entlastung der Lehrer\*innen und einer Dystopie im Sinne von George Orwells Roman 1984 (siehe hierzu Renz et al. 2020; Dräger und Müller-Eiselt 2017).

Um die Grundhaltung dieses Beitrags gleich zu Beginn deutlich zu machen: Wir glauben nicht daran, dass KI sich als Entweder-oder-Technologie versteht und dass polarisierende Perspektiven förderlich für einen gesunden Diskurs sind. Ziel unseres Beitrags ist es sodann, den aktuellen Diskurs über den Einsatz von KI-basierten Bildungstechnologien (EdTech) in der Bildung in Auszügen zu skizzieren. Um die Diskurskomplexität besser zu verstehen, wollen wir zudem eine definitorische Einordnung des Begriffs KI vornehmen und drei gängige KI-Ansätze vorstellen, die im Bildungsbereich eine hohe Relevanz besitzen. Weiterhin stellen wir einige aktuelle Anwendungsfälle und Versprechen sowie Herausforderungen und Grenzen von KI-Technologien im Schul-

bereich vor. Damit soll der Beitrag Praktiker\*innen vor allem dabei unterstützen, neue Impulse für eine vertiefende Auseinandersetzung mit (konkreten) KI-Technologien zu setzen. Hierzu haben wir am Ende des Beitrags auch einige Fragen abgeleitet, die als Orientierungshilfe bei einer spezifischen oder auch allgemeineren Auseinandersetzungen über den Einsatz oder Nichteinsatz von KI hilfreich sein können.

## 2 Auszüge zu Wahrnehmungen und Darstellungen von KI-Technologien

Obwohl KI-Technologien schon in verschiedenen Bereichen unseres Alltags eine maßgebende Rolle spielen und in unterschiedlichen medialen Diskursen mittlerweile einen festen Platz einnehmen, nimmt ein Großteil der Bevölkerung den Einfluss der Technologien auf den eigenen Alltag noch nicht bewusst wahr (siehe hierzu u.a. die aktuelle Studie von Overdiek und Petersen 2022). Gründe für den Mangel an Transparenz, Verständnis und Bewusstsein liegen dabei auch in der hohen Dynamik technologischer Entwicklungen und in der Tatsache, dass sich das, was KI (scheinbar) beinhaltet, permanent verändert (siehe u.a. Luckin und Holmes 2016). Hinzu kommt die Beobachtung, dass technologische Entwicklungen oft erst dann bewusst wahrgenommen werden, wenn diese einen spürbaren Einfluss auf bis dahin akzeptierte und etablierte oder traditionelle Praktiken ausüben (siehe u.a. Heaven 2023; Lampropoulos et al. 2023). *ChatGPT*, eine Open-Source-Lösung von *Open AI*<sup>1</sup>, ist ein anschauliches Beispiel dafür. Solche Modelle gibt es zwar schon seit einigen Jahren, doch insbesondere mit *ChatGPT* wurde die Technologie als disruptiv wahrgenommen bzw. macht diese Anwendung KI für eine breite Zielgruppe sichtbar und vor allem erfahrbar und nutzbar in unterschiedlichen Bereichen.

Die hohe mediale Aufmerksamkeit, die entsprechende Anwendungen aktuell erhalten, können sodann als Chance für eine konstruktiv und kritisch-reflektierte Diskussion auf unterschiedlichen Ebenen über Herausforderungen und Risiken der Technologien gesehen werden (Schleiss et al. 2023). So hat u.a. der Ausschuss für Bildung und Forschung des Deutschen Bundestags eine Studie über die möglichen Auswirkungen der *ChatGPT* auf den Bildungs- und Forschungsbereich beim Büro für Technikfolgenabschätzung (TAB) in Auftrag

---

1 <https://openai.com>.

gegeben. In ihrem Bericht analysieren die Expert\*innen des TAB u.a. Anwendungsbereiche, Risiken, Grenzen und Auswirkungen der Software auf den Bildungsbereich (Albrecht 2023).

Neben der individuellen und kollektiven Wahrnehmung von KI lohnt es sich durchaus, die Darstellung des massenmedialen und gesellschaftlichen Diskurses anzusehen. Hier zeigt sich ein immer noch sehr stark polarisiertes Bild von KI. So bewegen sich KI-Darstellungen oftmals im Spannungsverhältnis zwischen glorioser Erlösung und Dystopie (siehe u.a. Grunwald 2019). Vielfach wird in einschlägigen Debatten dabei ein KI-Verständnis proklamiert, in dem Technik den Menschen dominiert (Renz 2021). Solche Annahmen oder Mythen über Technik sind jedoch kein junges Phänomen. Fiktionale und vor allem negativ konnotierte Vorstellungen von Maschinen in humanoider oder denkender Form finden sich schon im 18. und 19. Jahrhundert, z.B. mit dem Laplace'schen Dämon (Pierre-Simon Laplace, 1749–1827) oder E.T.A. Hoffmanns (1776–1822) Automaten-Menschen oder Bildern vom künstlichen Menschen, wie der mechanischen Puppe des schachspielenden Türken (Gondlach und Regneri 2021). Als eine Konsequenz daraus münden solche Verwechslungen von Metapher und Prophezeiung beispielsweise in der Dystopie, dass KI-Technologien als zukünftige Herrscher\*innen die Welt übernehmen, die der Utopie gegenüberstehen, KI würde allen Menschen das Leben ausschließlich erleichtern oder verbessern und gesellschaftliche Probleme lösen. Ein solcher Technikdeterminismus oder auch -solutionismus ist dabei nicht nur als hinderlich, sondern durchaus als gefährlich zu bewerten. So wird (un)mittelbar suggeriert, dass Technologie eine optimale oder gar alternativlose Lösung darstellt und Anwender\*innen sich technologischen Entwicklungen zwar anpassen können und müssen, aber auf deren Gestaltung selbst nicht oder nur bedingt einwirken können. Medial überpointierte Technikdebatten verklären den Blick auf die Möglichkeiten und die Notwendigkeiten aktiver Mitgestaltung, unabhängig davon, ob KI als Hoffnungsträger\*in, Terminator oder als irgendetwas zwischen dieser Gut-Böse-Dichotomie verstanden wird (siehe u.a. Dräger und Müller-Eiselt 2017; Grunwald 2019). Fragen, wie der technische Fortschritt durch Digitalisierung und KI besser in den Dienst der Gesellschaft gestellt werden kann, treten dahingegen noch zu oft in den Hintergrund.

Eine weitere Herausforderung in der medialen Darstellung besteht darin, dass KI-Technologien lange Zeit als Zukunftstechnologien beschrieben und wahrgenommen wurden und zum Teil noch immer so wahrgenommen werden, im Sinne, dass diese auch erst zukünftig relevant für Anwender\*innen

sein werden (Terstegen et al. 2021). Daraus resultiert die Gefahr, dass die Dringlichkeit eine kritisch-reflektierte Auseinandersetzung mit entsprechenden Technologien oft verlagert respektive zu spät erkannt wird, obwohl sie bereits Alltagspraktiken prägen. Erschwerend kommt hinzu, dass die Grenzen, wann von Digitalisierung und wann von KI im Bildungsbereich oder von KI-basierter EdTech gesprochen werden kann, für die Anwender\*innen oftmals nicht trennscharf genug herausgestellt oder auch ersichtlich sind (siehe oben). Wie bereits eingangs erwähnt, führt dies dazu, dass der Blick darauf verklärt wird, dass KI-Technologien schon in vielen Standardanwendungen unseres täglichen Lebens stecken, wie beispielsweise in Übersetzungsprogrammen, Suchmaschinen, Wetterprognosen oder Börsennachrichten. Auch in vielen, heute allgemein genutzten digitalen Anwendungen im Bereich Bildung werden (bislang oftmals unbemerkt) KI-gestützte Features eingesetzt. So können beispielsweise mit dem *Plastischen Reader*<sup>2</sup> von Microsoft Word Texte laut vorgelesen oder die Darstellung des Textes angepasst werden. Die automatische Silbentrennung soll bei Worterkennung und Aussprache helfen oder die Einstellung des Zeilenfokus soll dazu beitragen, Ablenkungen für Schüler\*innen mit Konzentrationsschwierigkeiten zu reduzieren (Hau und Reuter 2023).

Schaut man sich den Diskurs über KI im Bereich Bildung genauer an, fällt schnell auf, dass KI-Technologien auch hier oft als Schlüssel zur Bewältigung unterschiedlicher Herausforderungen, beispielsweise der Lehrkräfte-Nachwuchskrise, angeführt werden.

Besorgniserregend ist insbesondere die Beobachtung, dass Chatbots wie *ChatGPT*, *Jasper*<sup>3</sup> oder auch *Google Bard*<sup>4</sup> trotz der erst kurzen Markteintrittszeitpunkte für die breite Bevölkerung schon jetzt als alternative Unterstützungsmöglichkeiten für Schüler\*innen proklamiert werden. In der institutionellen Bildung sollen Schüler\*innen unmittelbar selbst einen individuellen Nutzen aus dem Gebrauch ziehen, was vor allem bis dahin übliche Methoden und Praktiken des Recherchierens und Schreibens von Zusammenfassungen grundlegend verändert. Auf Basis von bereits wenigen Anweisungen an den Chatbot (sogenannten »Prompts«) können Texte generiert werden, die von menschlich geschriebenen kaum unterscheidbar sind.

---

2 <https://support.microsoft.com/de-de/office/verwenden-des-plastischen-readers-in-word-a857949f-c91e-4c97-977c-a4efcaf9b3c1>.

3 <https://www.jasper.ai>.

4 <https://bard.google.com>.

Die Auswirkungen einer solch (unaufgeklärten) Nutzung von Chatbots im Bildungsbereich (ab 2014) zeigen u. a. Eicher et al. 2018, Goel und Joyner 2017 oder Wu et al. 2020 in ihren Untersuchungen. So werden in einigen Fällen Chatbots von vor allem jungen Anwender\*innen als reale Menschen wahrgenommen oder mit einer Suchmaschine gleichgesetzt – inklusive ihrer Verzerrungen und Fehler. Das hat fatale Auswirkungen auf Bildung und Meinungsbildung, wie auch eine kürzlich veröffentlichte Untersuchung von Algorithm-Watch und AI Forensics zeigt.<sup>5</sup> KI ist jedoch weit mehr als die einzelne Anwendung *ChatGPT*, das darf bei aller Fokussierung auf das Sprachmodell nicht untergehen.

Auch auf europäischer Ebene wird sich mit den Auswirkungen von KI auf den Bildungsbereich beschäftigt. So sieht ein Entwurf der Europäischen Kommission (2021: 31) für ein Gesetz über KI vor, bestimmte KI-Anwendungen im Bildungsbereich als hochriskant anzusehen, was strenge Regulierung entsprechender Anwendungen zur Folge haben wird (siehe hierzu auch den Beitrag ›Die KI-Verordnung – Der zukünftige Rechtsrahmen für Edtech an Schulen‹ von Nina Galla in diesem Buch).

Neben dem politischen, massenmedialen und gesellschaftlichen Diskurs wird auch in der wissenschaftlichen Debatte seit gut 60 Jahren KI in der Bildung beforscht. Und obgleich durchaus eine Vielzahl spannender Studien, Ergebnisse und Erkenntnisse im Laufe der Zeit gewonnen werden konnte, bleibt die Frage nach einer verbindenden Definition von KI weiterhin offen, wie der nachfolgende Abschnitt zeigt.

### 3 Definition von KI-Technologien

Der Begriff KI wurde erstmals 1965 auf der Dartmouth Conference<sup>6</sup> geprägt:

›The study [of artificial intelligence] is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it.‹ (McCarthy et al. 2006: 12 f.).

5 <https://algorithmwatch.org/de/bing-chat-wahlen-2023/>.

6 Die Dartmouth Conference gilt als Wiege des Forschungsgebiets über KI und wurde unter dem Namen Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence Sommer 1956 am Dartmouth College in New Hampshire durchgeführt.

Schon allein die Definition von KI bildet immer wieder Grundlage für kontroverse Debatten, ob und wie entsprechende Technologien und Systeme bezeichnet werden sollten. Mit der Formulierung KI wird oft Intelligenz – das Lösen logischer Prozesse – mit Bewusstsein verwechselt. Bewusstsein basiert auf Erleben und Erfahrung, menschlichen Eigenschaften, die keiner Technologie zuzuschreiben sind. Unter dieser Prämisse kann ein entsprechendes technisches System im belastbaren Sinne also nicht als intelligent verstanden werden (siehe hierzu Zukunftsinstitut 2023).

Im Laufe der vergangenen Jahrzehnte haben sich in verschiedenen Disziplinen unterschiedliche Definitionen des Begriffs KI herausgebildet, so beispielsweise in der Linguistik, der Mathematik und auch im Bildungsbereich. Die ersten Forschungsarbeiten zu KI in der Bildung gehen dabei bereits auf die frühen 1970er Jahre zurück (Self 2016). Popenici und Kerr (2017) formulierten eine der heute am weitesten verbreiteten Definitionen von KI in der Bildung:

›Thus, we can define artificial intelligence (AI) as computing systems that are able to engage in human-like processes such as learning, adapting, synthesizing, self-correction, and use of data for complex processing tasks.‹ (Popenici und Kerr 2017: 2)

Dennoch bleibt auch im Bildungsbereich umstritten, was, aufbauend auf dieser grundlegenden Idee, unter KI verstanden werden kann oder soll. Die unterschiedlichen Definitionen, die sich heute finden lassen, setzen verschiedene Aspekte und Anwendungsgebiete von KI in der Bildung in den Fokus des jeweiligen Begriffsverständnisses. Das wird schon in der hier angeführten Definition von Popenici und Kerr (2017) deutlich. So ließen sich auf Basis dieser Definition bereits mehrere Nuancen bezugnehmend auf das Verständnis von KI in der Bildung herausarbeiten:

- **Adaptivität:** Die Möglichkeit, mit KI den Schwierigkeitsgrad von Aufgaben und Inhalten entsprechend dem Lernfortschritt von Schüler\*innen anpassen zu lassen.
- **Data Mining:** Die Möglichkeit, mit KI große Mengen von Bildungsdaten analysieren zu lassen, um Einblicke in den Lernprozess, Leistungen der Schüler\*innen und Lehrmethoden zu gewinnen.
- **Automatisierte Bewertung und Feedback:** Die Möglichkeit, mit KI in ›Echtzeit‹ schriftliche Arbeiten, Tests oder Aufgaben bewerten und für Schüler\*innen automatisiertes Feedback formulieren zu lassen.

In anderen Definitionen wird wiederum der Fokus auf Personalisierung und Individualisierung, Lern- und Lehrunterstützung, Sprach- und Übersetzungshilfen oder kollaboratives Arbeiten gelegt, wobei sich dies teilweise mit den drei genannten Merkmalen überschneidet. Je nach Kontextualisierung und Zielsetzung werden also verschiedene Aspekte und Funktionalitäten, die KI im Bildungsbereich besitzt, betont.

Die Vielseitigkeit der definitorischen Ausprägungen spiegelt sich auch im Forschungsfeld zu KI in der Bildung wider. So wird KI in der Bildung als interdisziplinäres Forschungsfeld verstanden, das unter anderem an die Bereichen Pädagogik, Psychologie, Neurowissenschaften, Linguistik, Soziologie, Wirtschaftswissenschaften und Anthropologie angegliedert ist. Je nach Disziplin werden unterschiedliche Aspekte von KI beforcht, unterschiedlich stark in den Fokus gesetzt oder betrachtet. Diese disziplinabhängige Betrachtung spiegelt sich vor allem dann gut wider, wenn es darum geht, Potenziale und Chancen und kritische Perspektiven über die Technologie zu untersuchen. So befassen sich beispielsweise Wirtschaftswissenschaftler\*innen eher mit den Potenzialen von KI u. a. im Kontext von Marktwachstumsraten oder Investitionsrenditen von EdTech, während Pädagog\*innen eher die Auswirkungen auf den Lernprozess ansprechen (Reich 2020).

Das Fehlen eines einheitlichen Begriffsverständnisses und die noch stark im Suchprozess befindliche Forschung führen schließlich auch immer wieder in der Praxis zu verschiedenen Herausforderungen. So werden Begriffe wie KI, Automatic Decision Making (ADM) oder Machine Learning (ML) teilweise unbewusst synonym oder auch falsch von Anwender\*innen und Anbieter\*innen verwendet (siehe u. a. Renz et al. 2020). Insbesondere der fehlende Hinweis, ob und in welcher Form KI-Technologien Eingang in EdTech-Anwendungen finden, stellt dabei eine nicht unerhebliche Hürde für Anwender\*innen dar, KI zu erkennen und benennen zu können.

Es kann davon ausgegangen werden, dass mit der KI-Verordnung zumindest für den europäischen Raum eine KI-Definition als maßgebende Orientierung für Anwender\*innen, Nutzer\*innen sowie Entwickler\*innen formuliert werden wird. Daher ist es nicht unerheblich, was im Gesetz als KI klassifiziert wird und was nicht. Die dort formulierte Definition wird auch für Anwendungen im Bildungsbereich bindend sein.

Ebenso komplex wie die Definitionsfrage sind die unterschiedlichen Ansätze/Verfahren von KI, auf denen verschiedene Anwendungen basieren. Sowohl in massenmedialen als auch in wissenschaftlichen Diskursen wird oftmals auf eine Differenzierung zwischen schwacher und starker KI abgezielt.

Im Rahmen dieses Beitrags folgen wir der Ansicht, dass der Aufbau starker KI auch zukünftig eher unwahrscheinlich ist (siehe hierzu u.a. Zawacki-Richter et al. 2019; de Witt et al. 2020), und stellen im folgenden Abschnitt sodann die drei gängigen KI-Ansätze/Verfahren – schwache KI, Machine Learning und generative KI – vor.<sup>7</sup>

## 4 Ansätze/Verfahren von KI

Schwache bzw. enge KI wurde schon bei den frühen Implementierungsphasen von KI in Lehr- und Lernumgebungen verwendet. Dieser Ansatz wird so bezeichnet, weil die Technologien nicht in der Lage sind, außerhalb von vorprogrammierten Parametern zu funktionieren (Kaplan-Rakowski et al. 2023; Zawacki-Richter et al. 2019; Pham und Sampson 2022). Schwache KI ist auf eher eingegrenzte oder fest definierte Aufgaben spezialisiert, beispielsweise für Online-Werbung. Unternehmen verwenden schwache KI, um personalisierte Anzeigen basierend auf dem Nutzer\*innenverhalten anzuzeigen. Im Bereich der Energieeffizienz verwenden intelligente Thermostate und Energiemanagementsysteme wiederum schwache KI, um den Energieverbrauch zu optimieren. Im Schulbereich wird schwache KI in unterschiedlichen Bereichen eingesetzt: auf administrativer Ebene z.B. bei der automatisierten Erstellung von Unterrichts- oder Vertretungsplänen oder zur Optimierung der Schüler\*innenverwaltung. Auf pädagogischer Ebene werden schwache KI-Anwendungen u.a. zum Lernen, Prüfen oder auch im Bereich der Inklusion eingesetzt. Text-to-Speech-Systeme können Schüler\*innen mit Leseschwierigkeiten helfen, Texte zu verstehen, und Speech-to-Text-Systeme ermöglichen es Schüler\*innen mit Schreibproblemen, mündlich zu antworten. Schwache KI besitzt insgesamt eine hohe Abhängigkeit von Menschen bei der Auswahl, Vorbereitung, Bewertung, Programmierung sowie Verarbeitung von Daten und generiert in der Regel weniger überraschende Ergebnisse.

Nehmen wir beispielsweise einen virtuellen Tutor, der Schüler\*innen beim Lernen von Mathematik unterstützen soll. Zunächst werden Daten benötigt, die z.B. über eine Schüler\*innen-Evaluation zu Beginn des Schuljahres erhoben werden; sagen wir in Form einer Online-Bewertung, um das individuelle Mathematikniveau zu ermitteln. Auf Basis dieser Daten werden mithilfe der

---

7 Die Kategorisierungen von KI-Ansätzen variieren. Im Rahmen dieses Beitrags haben wir uns bewusst für diese vereinfachte Auswahl entschieden.

KI (personalisierte) Lernpläne generiert. Die Unterstützungsleistung des virtuellen Tutors bezieht sich ausschließlich darauf, den Schüler\*innen automatisiertes Feedback zu den Lernfortschritten zu geben oder Fragen zu beantworten. Bestenfalls kann am Ende jeder Lerneinheit ein Bericht zu den Lernfortschritten generiert werden. Die schwache KI agiert hier als Unterstützung in einem fest definierten Bereich, was allerdings auch Risiken mit sich bringen kann. So wiegen vor allem schwache KI-Ausprägungen Nutzer\*innen in vermeintlicher Sicherheit, da suggeriert wird, dass die Kontrolle über die KI-Prozesse leicht gehalten und stets nachvollzogen werden kann (Kaplan-Rakowski et al. 2023). Was dabei jedoch oft nicht ausreichend beachtet wird, sind Fragen danach, auf welcher Grundlage das System eine Empfehlung für einen bestimmten Lernplan ermittelt: Woher stammen die Vergleichsdaten und welche Verzerrungen sind hier gegebenenfalls vorhanden, die unsichtbar fortlaufend übertragen werden?

Mit der Weiterentwicklung der Leistungsfähigkeit der Technologien und der exponentiellen Zunahme an digital verfügbaren und vernetzten Daten entstehen weitere Ansätze wie Machine Learning (ML), die weitaus komplexer und voraussetzungsreicher als der erstbeschriebene KI-Ansatz sind. ML befasst sich mit der Entwicklung von Algorithmen und Modellen, die es Computern ermöglichen, neue Ergebnisse zu errechnen; umgangssprachlich wird gesagt, die Systeme ›lernen‹ – wobei dieser Prozess nicht mit dem sozialen Lernen von Menschen zu vergleichen ist. Anstatt explizite Programmieranweisungen zu verwenden, um eine spezifische Aufgabe auszuführen, ermöglicht maschinelles Lernen vielmehr Computern, Muster und Zusammenhänge in Daten zu ermitteln und auf Basis dieser Daten Vorhersagen zu errechnen oder Aufgaben zu automatisieren, beispielsweise für automatisierte Bewertungen (siehe hierzu u.a. Zawacki-Richter et al. 2019).

Zudem bieten Ansätze wie ML mehr Kapazität, um sehr große Datensätze zu analysieren, um so zuvor nicht erkennbare Beziehungen und Muster zwischen Daten zu erkennen. Damit verbunden ist der Nachteil, dass die durch die komplexere KI generierten Ergebnisse und Empfehlungen immer schwerer bis kaum mehr nachvollziehbar für Nutzer\*innen und Entwickler\*innen gleichfalls werden (Goertzl 2014; Zawacki-Richter et al. 2019; Pham und Samson 2022; Popenici und Kerr 2017). Die ML-Prozesse, in denen Ergebnisse und Empfehlungen generiert werden, werden damit unweigerlich zunehmend zu Blackboxes und in ihrer Gestaltung zunehmend schwieriger. Auch deshalb erscheint es immer weniger machbar, durch Kompetenzentwicklung bei Anwender\*innen für ein Durchschauen oder Nachvollziehen der Systeme

zu sorgen, sondern vielmehr kann es hier nur noch darum gehen, wie mit derartigen Blackboxes umgegangen werden kann.

Ein weiterer wichtiger Ansatz, der den Diskurs prägt, bezieht sich auf sogenannte generative KI. Programme wie *ChatGPT*, *Midjourney*<sup>8</sup>, *Dall-E*<sup>9</sup> oder *Google Bard*, die aktuell hohe mediale Aufmerksamkeit erfahren, fallen unter den Ansatz generativer KI. Eine Besonderheit generativer KI besteht darin, dass nicht mehr nur bestehenden Daten ausgewertet werden, um daraus Ergebnisse abzuleiten. Mit generativer KI können auf Basis von Daten eigene Daten und Inhalte in Form von neuen Texten, Bildern, Musik oder Programmiercodes erstellt werden. Diese neu generierten Inhalte können erneut mit KI genutzt werden, um weitere Daten und Inhalte zu erzeugen. Mit generativen KI-Verfahren können somit sukzessiv vermeintlich neue Realitäten abgeleitet werden (Kaplan-Rakowski et al. 2023). Das berühmte Bild vom Papst im Daunenmantel ist ein Beispiel dafür. An dieser Stelle soll jedoch betont werden, dass auch diese vermeintlich neuen Realitäten immer auf den Trainingsdaten basiert bleiben und es immer nur um eine Reproduktion oder Neukonzeption bestehender Daten gehen kann. Der Einsatz dieser Technologien ist ungeachtet dessen ebenso als riskant zu bewerten, insbesondere dann, wenn die Technologien zur Manipulation von Inhalten wie Bild- oder Videomaterial missbraucht werden. Die so generierten Deep Fakes können dazu dienen, Fehlinformationen zu zirkulieren und Meinungsbilder zu beeinflussen.<sup>10</sup>

Zusammengefasst können wir (vereinfacht) festhalten, dass schwache KI-Systeme auf spezifische Aufgaben beschränkt sind, Machine Learning auf die Weiterentwicklung aus Daten abzielt und generative KI dafür da ist, neue Daten und Inhalte zu generieren. Diese Konzepte sind jedoch nicht voneinander unabhängig und können in verschiedenen Kombinationen und Anwendungen auftreten. Welche Versprechen und Anwendungsbereiche KI im Bildungsbereich bereithält und wo Herausforderungen und Grenzen der Technologie liegen, wird in den folgenden beiden Abschnitten beschrieben.

---

8 <https://docs.midjourney.com>.

9 <https://openai.com/dall-e-2>.

10 <https://www.politische-bildung.nrw.de/digitale-medien/digitale-demokratiekompetenz/kuenstliche-intelligenz>.

## 5 Versprechen und Anwendungsbereiche von KI im Bildungsbereich (Auswahl)

Anwendung finden KI-Technologien im schulischen Bereich auf unterschiedlichen Ebenen und für unterschiedliche Zielgruppen (Schüler\*innen, Lehrer\*innen und/oder die gesamte Bildungsinstitution). Zeitliche Horizonte, Umfang und Einsatzgebiete der Nutzung von KI-basierter EdTech variieren dabei deutlich. So können entsprechende Anwendungen kurzzeitig für einen bestimmten Bereich oder eine spezifische Aufgabe genutzt werden (z.B. bei der Durchführung standardisierter Eignungsprüfungen), innerhalb eines Unterrichtsfachs während eines Schuljahres z.B. zur Angleichung von Sprachniveaus hilfreich sein oder sogar während der ganzen Schullaufzeit fächerübergreifend gleichfalls für und von Schüler\*innen und Lehrer\*innen genutzt werden.

Mit dem Einsatz von KI im Bildungsbereich wird sich dabei u.a. versprochen, tiefere Einblicke in das Lernverhalten und in Lernfortschritte der Schüler\*innen erhalten zu können oder kontinuierlich Feedback in Echtzeit zu generieren. Eines der wohl prominentesten Versprechen von KI-basierten Technologien für Schüler\*innen wird allerdings nach wie vor in der Chance einer Individualisierung des Lernens gesehen (siehe u.a. Holmes et al. 2019; Luckin und Holmes 2016). Zudem soll eine verstärkte Implementierung von KI-Technologien in EdTech-Anwendungen auch dazu führen, Bildungsinstrumente, Aufgaben und Rollen so zu verändern, dass insbesondere Schüler\*innen aktiver, also losgelöst von Anweisungen oder Unterstützung einer Lehrkraft, und selbstbestimmter im Lernprozess agieren können (siehe hierzu u.a. Cojean et al. 2023; Akgun und Greenhow 2022; Bates et al. 2020; Ninaus und Sailer 2022). Die Lehrkraft und/oder die Eltern agieren damit mehr in einer begleitenden Rolle im Rahmen des Lernprozesses.

KI-Technologien versprechen ebenso Entlastungspotenziale, z.B. mit Blick auf die Vermeidung von zu großen Klassen durch alternative Aufteilungsberechnung und damit einhergehend eine Steuerung der Heterogenität der Schüler\*innen. So zeigen Beispiele aus der Schweiz und Belgien, wie Algorithmen und KI-Systeme dazu beitragen können, soziale Durchmischungen an Schulen auf Grundlage von Open Data zu verbessern (siehe u.a. Baker et al. 2019; Wüstholtz 2020; Chiusi et al. 2020; Dietrich 2011).

Angesichts des bundesweiten Lehrkräftemangels werden KI-Technologien zunehmend auch als möglicher Lösungsansatz zur Minimierung des Personaldefizits genannt. So sollen KI-basierte Technologien Entlastungen für Leh-

rer\*innen bei verschiedenen (repetitiven) Tätigkeiten schaffen, insbesondere im operativen Alltagsgeschäft oder bei der Erstellung von Kursinhalten sowie bei der Bewertung der Schüler\*innen (Bates et al. 2020; Bryant et al. 2020; Chassignol et al. 2018). Vincent-Lancrin und van der Vlies (2020) sehen weitere Einsatzgebiete von KI im Bildungsbereich in der Kompetenzbeurteilung und in prädiktiven Analysen zur Verringerung von Schulabbrüchen sowie in der Verbesserung der Metakognition und des effektiven kollaborativen Lernens. KI-Technologien sollen das kollaborative Lernen durch adaptive Gruppenbildung, professionelle Gesprächsbegleitung, virtuelle Tutor\*innen und intelligente Moderation unterstützen, um so die für eine bestimmte kollaborative Aufgabe am besten geeignete Gruppe zusammenzustellen (Luckin und Holmes 2016). Die folgende Grafik fasst entsprechend nochmals einige der typischen KI-basierten Lösungsversprechen für den Bildungsbereich zusammen:

Abb. 1: Ausschnitt Versprechen von KI-Anwendungen im Bildungsbereich (Eigene Darstellung)

<p style="text-align: center;"><b>Adaptive Lernplattformen</b></p> <p>KI soll verwendet werden, um das Lernverhalten, insb. Stärken und Schwächen, von Schüler*innen zu analysieren und Empfehlung für Übungen und Materialien basierend auf individuellen Fortschritten bereitzustellen. Lernpräferenzen, -geschwindigkeiten und -bedürfnisse der Schüler*innen sollen individuell berücksichtigt werden können.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Automatische Bewertung und Feedback</b></p> <p>KI soll dazu eingesetzt werden, um Aufgaben, Test oder Prüfungen automatisch zu bewerten. Dies soll Zeit und Arbeitsaufwand für Lehrer*innen sparen und Feedback in Echtzeit für Schüler*innen bereitstellen.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Chatbots und virtuelle Assistenten</b></p> <p>KI-basierte Chatbots und virtuellen Assistenten sollen Schüler*innen u.a. individuelle Rückmeldungen, Erklärungen und Hilfestellungen bieten oder bei der Suche nach Informationen helfen.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Adaptive Tests</b></p> <p>KI soll verwendet werden, um adaptive Tests zu erstellen, die sich an das individuelle Wissen und die Fähigkeiten der Schüler*innen anpassen. Die Tests sollen das Wissen der Schüler*innen schnell und effektiv bewerten und dabei helfen, Lernziele zu erreichen.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Automatische Spracherkennung</b></p> <p>KI soll verwendet werden, um die Spracherkennung und -verarbeitung in Lernanwendungen zu verbessern und Schüler*innen beim Sprachlernunterricht unterstützen.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Datenanalyse</b></p> <p>KI soll große Mengen von Lerndaten sammeln, analysieren und visualisieren. So sollen u.a. Lehrer*innen bessere Einblicke in das Lernverhalten und -fortschritte erhalten, um fundiertere Entscheidungen zur Anpassung von Lernprogrammen treffen zu können.</p>

In anderen Ländern werden sogar Emotionserkennung und Verhaltensanalysen innerhalb und außerhalb des Klassenzimmers und die Analyse biometrischer Daten von Schüler\*innen erprobt.<sup>11</sup> Auch in Deutschland forscht

11 <https://www.classdojo.com/de-de/>, <https://www.deutschlandfunk.de/alles-unter-ko-ntrolle-chinas-intelligenter-schule-entgeht-102.html>.

das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) bereits an Möglichkeiten, anhand von biometrischen Daten Rückschlüsse auf Lernprozesse zu ziehen.<sup>12</sup> Wie mit diesen Anwendungen in der kommenden KI-Verordnung umgegangen werden wird, ist derzeit offen (siehe hierzu auch den Beitrag ›Die KI-Verordnung – Der zukünftige Rechtsrahmen für EdTech an Schulen‹ von Nina Galla in diesem Buch).

## 6 Herausforderungen, Risiken und Grenzen von KI-Technologien

Unberührt von den oben genannten Versprechen und (potenziellen) Einsatzmöglichkeiten, die KI-Technologien im Bildungssektor heute schon leisten können bzw. zukünftig leisten sollen, werden aber auch immer wieder Herausforderungen, Risiken und Grenzen diskutiert, die an dieser Stelle exemplarisch erläutert werden (siehe nachstehende Übersicht).

Abb. 2: Zusammenfassung Herausforderungen, Risiken und Grenzen von KI-Technologien (Eigene Darstellung)

<p><b>Herausforderungen</b></p> <p>KI-Technologien bergen eine Reihe von Herausforderungen, die vor der Beschaffung und dem Einsatz entsprechender Technologien in die Überlegungen einzubeziehen sind, u.a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fehlende Evidenz</li> <li>▪ Operationalisierbarkeit</li> <li>▪ AI Literacy und Medienkompetenz</li> <li>▪ Beschaffung und Administration</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<p><b>Risiken</b></p> <p>Mit dem Einsatz von KI-Technologien gehen verschiedene Risiken einher, die individuell zu prüfen sind, u.a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gefahr isolierter Informationsvermittlung</li> <li>▪ Algorithmische Verzerrungen</li> <li>▪ Fehlende Kausalität</li> <li>▪ Datenschutz, Privatsphäre und Datensicherheit</li> <li>▪ Ethische Fragen, pädagogische Ideale und Abhängigkeiten</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<p><b>Grenzen</b></p> <p>Obgleich KI-Technologien schon einige Funktionalitäten bieten, gibt es auch Grenzen, die beachtet werden sollen, u.a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Klassifizierung und Standardisierung</li> <li>▪ Entlastung</li> <li>▪ Ersetzen von Lehrkräften</li> <li>▪ ...</li> </ul>
---	--	---

### Herausforderungen von KI im Bildungsbereich

- **Fehlende Evidenz:** Eine zentrale Herausforderung bei der Bewertung von KI-Technologien im Bildungsbereich liegt in der geringen Evidenz über die tatsächliche (positive) Wirkung der Technologien auf das Lernergebnis. Eine Vielzahl aktuell wissenschaftlicher Studien über den Einsatz und die Wirkung von KI im Bildungsbereich basiert primär auf theoretischen

12 <https://www.dfki.de/web/anwendungen-industrie/living-labs/immersive-quantified-learning-lab>.

Überlegungen, und die angeführten Argumentationen und Ergebnisse in den Studien werden häufig von (vagen) Konjunktivformulierungen getragen (Renz et al. 2020; Ifenthaler und Yau 2019; Sclater et al. 2016). Zuletzt bestätigte eine Anhörung im Bildungsausschuss des Deutschen Bundestags die fehlende wissenschaftliche Evidenz.<sup>13</sup>

- Hartong (2019) folgend ist EdTech – unberührt davon, ob KI-basiert oder nicht – zudem immer wertbehaftet und unterliegt einer Wahrnehmungs- und Realitätsmodellierung. Evidenz kann in diesem Sinne auch immer nur in einem sehr begrenzten System gemessen werden und ist immer im Rahmen dieses vormodellierten Realitätsdesigns zu verstehen. Am Beispiel von Leistungssteigerungen kann das beschriebene Phänomen veranschaulicht werden. Leistungssteigerungen oder -zuwächse bei Schüler\*innen werden gerne und oft als (Marketing-)Versprechen unterschiedlicher EdTech-Anbieter\*innen für die Wirksamkeit ihrer KI-gestützten Lösungen angeführt. Das verklärt jedoch oftmals den Blick darauf, dass die Messung der Wirksamkeit tatsächlich nur diejenige Form der Leistungsmessung berücksichtigt, welche bereits einprogrammiert wurde (z.B. standardisierte Aufgaben oder Tests, die entsprechend trainiert/programmiert werden).
- **Operationalisierbarkeit:** Mit Verweis auf die drei beschriebenen Ansätze von KI werden Daten zum Trainieren der Systeme benötigt. Hierzu müssen Lernprozesse und -ergebnisse operationalisiert, also in Daten übersetzt werden. Oftmals ist jedoch noch zu wenig klar, welche Daten über Schüler\*innen und deren Verhalten tatsächlich erfasst werden müssten, damit solche Operationalisierungen aussagekräftig sind. Dies führt zu der Herausforderung, dass Aspekte, die nicht in entsprechenden Datensätzen erfasst werden, auch nicht von dem programmierten System erkannt und gegebenenfalls als falsch gewertet werden (z.B. Dialekte, alternative Lösungswege, innovative oder unkonventionelle Denkansätze etc.).
- **AI Literacy und Medienkompetenz:** KI-Technologien können Unterstützung bei Entscheidungs- und Bewertungsprozessen liefern, aber Lehrkräfte müssen auch in der Lage sein, diese nachzuvollziehen und Fehler zu erkennen. Da (datenbasierte) Technologie und KI-Technologien im Speziellen anspruchsvolle Werkzeuge technischer Natur sind und mit zunehmender Komplexität dieser Systeme immer mehr zu Blackboxes

---

13 <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2023/kw17-pa-bildung-chat-gpt-941802> (Minute 2:16:25).

für Nutzer\*innen, aber auch die Entwickler\*innen selbst werden, braucht es neben der Herausbildung einer generellen *AI Literacy* ergänzende Ansätze, die die Frage, wie mit den Blackboxes umzugehen ist, in den Fokus einer kritischen Reflexion setzen. Obgleich sich bereits viele frei zugängliche Ansätze für den Umgang mit KI, z.B. in Form von Leitfäden oder Checklisten finden lassen, sind die meisten doch eher funktional orientiert und helfen nur bedingt dabei, einen kritischen Blick zu kultivieren. Andererseits muss auch die KI-Technologie selbst die Möglichkeit menschlicher Regulation erlauben (siehe u.a. Human-Centered-AI-Ansatz im Bereich Bildung nach Renz und Vladova 2021). Eine langfristige Sozialisation, nicht nachvollziehbaren automatisierten Prozessen blind zu folgen, birgt auch das Risiko, Ziele der Ausbildung von Medienkompetenz der Schüler\*innen zu untergraben, die auch das Ziel hat, Technologie zu hinterfragen, überprüfen und verändern zu können.

- **Beschaffung und Administration:** KI-Systeme stellen unweit komplexere Anforderungen an Beschaffungs- und Wartungsprozesse als andere Ed-Tech.<sup>14</sup> Denn anhand der Entwicklungskette von KI-Systemen<sup>15</sup> zeigt sich, dass KI-Systeme nicht gleichzusetzen sind mit herkömmlicher Hard- und Software, die entwickelt, getestet, beschafft und eingesetzt werden. Ein ganz wesentlicher Unterschied ist, dass die Güte des KI-Systems von mehreren Faktoren (wie u.a. Datenqualität und -quantität, Wertesystem und pädagogischen Idealen der Entwickler\*innen, Trainingsverfahren) abhängt, die von verschiedenen Akteur\*innen kreiert und beeinflusst werden, die weder Beschaffende noch anwendende Schulen und Lehrkräfte einsehen oder beeinflussen können. Außerdem entwickelt sich insbesondere das System des maschinellen Lernens in der praktischen Nutzung stetig weiter und verändert möglicherweise die Wege zur Ergebnisfindung, was für Lehrkräfte aufgrund der Blackbox-Problematik nicht oder schwer oder spät erkennbar ist.

---

14 Nicht unerwähnt bleiben sollen an dieser Stelle der enorme energetische Ressourcenbedarf bei Entwicklung und Nutzung von KI sowie die ausbeuterischen Bedingungen beim Training von KI-Systemen.

15 <https://aalab.informatik.uni-kl.de/resources/img/LangeKetteDerVerantwortlichkeiten.jpg>.

## Risiken von KI im Bildungsbereich

- **Gefahr isolierter Informationsvermittlung:** Zudem sehen einige Wissenschaftler\*innen (siehe u. a. Chin 2020) eine Gefahr darin, dass die eingesetzte KI-Technologie Schüler\*innen dahin beeinflusst, ausschließlich auf Aufgaben zu fokussieren, die ein KI-System für das Bestehen eines Tests/ Kurses etc. verlangt. Lernprozesse könnten so im Sinne einer (isolierten) Informationsvermittlung verstanden und kultiviert werden. Das bedeutet, dass Lernen zu einem Prozess wird, der nur noch solche Arbeitsergebnisse produziert, die ausschließlich dem gewünschten Ergebnis im KI-System entsprechen. Das Ziel ist dabei, ein Ergebnis zu produzieren, mit dem das KI-System eine Aufgabe als richtig oder gelöst klassifiziert – ohne dass ein Lern- und Erkenntnisprozess stattgefunden haben muss. Bei ausreichend Systemkenntnis besteht dann die Gefahr, dass das System von Lernenden so manipuliert werden kann, dass Erfolge gemessen werden, ohne dass ein tatsächlicher Lerneffekt erzielt wurde. Zum Beispiel erkennt ein System eine Aufgabe als gelöst an, wenn nur genügend richtige Stichwörter in einem Text genannt werden, ohne dass der Text ein Lernergebnis darstellt oder gar Sinn ergibt (Chin 2020).
- **Algorithmische Verzerrungen:** Ein weiteres Risiko zeigt sich in algorithmischen Verzerrungen. Es ist unsicher, inwieweit das jeweilig eingesetzte KI-System beispielsweise Faktoren wie Sprache oder Dialekte, Geschlecht oder Ethnie bei der Bewertung von Ergebnissen oder der Ableitung von Handlungsempfehlungen aufgrund verzerrter Datengrundlagen einfließen lässt, dadurch Benachteiligungen von einzelnen Schüler\*innen erzeugt und so unbemerkt Bildungsungleichheiten verstärkt, anstatt diese aufzulösen (siehe u. a. Dalton und Thatcher 2014; Kitchin und Lauriault 2014; Lachney et al. 2016; Hartong 2020). So wurden beispielsweise die von dem Anbieter *Open AI* vorgesehenen Grenzen des Sprachmodells *ChatGPT* durch geschickte Formulierungen der Auftragsstellung an das System (den sogenannten »Prompts«) mit sogenannten »Prompt Injections« umgangen – damit soll das System verleitet werden, Ergebnisse zu produzieren, die vom Entwickler nicht vorgesehen oder nicht erwünscht sind. Tatsächlich hat *ChatGPT* dann plötzlich entgegen den Vorstellungen des Anbieters rassistische oder anders gefährliche Ergebnisse produziert (Heikkilä 2023). In einem anderen Beispiel aus Großbritannien hat der Einsatz einer KI-Technologie zu massiven Protesten geführt, da Noten durch ein KI-System ermittelt wurden, das auf Grundlage historischer Daten er-

rechnet hat und dadurch Ungerechtigkeiten gefördert hat (Holland 2020). Regelmäßig sind der Presse auch Fälle aus dem Nicht-Bildungsbereich (wie z.B. bei der Polizei oder in Sozialbehörden) zu entnehmen, in denen KI in sozialen Kontexten diskriminierend gewirkt hat.<sup>16</sup>

- **Fehlende Kausalität:** Eine weiteres Grundproblem von KI-Anwendungen besteht darin, dass die Systeme zwar Muster, aber keine Zusammenhänge erkennen können. Von einer datenbasierten Korrelation auf eine Kausalität zu schließen, ist im sozialen und insbesondere im pädagogischen Kontext sehr oft irreführend, zumal der maschinelle Erkennungsprozess oftmals nicht nachvollziehbar ist oder das System Merkmale auswertet, die dafür gar nicht vorgesehen sind, weil es darin ein Muster erkennt. So mag ein KI-System z.B. ›Lernrückstände‹ von Schüler\*innen erkennen, aber nicht so einordnen können wie eine Lehrkraft, die die individuellen Umstände der Schüler\*innen vollumfänglicher als ein datenbasiertes System im Entscheidungs- und Bewertungsprozess berücksichtigen kann (Lapuschkina et al. 2019).
- **Datenschutz, Privatsphäre und Datensicherheit:** Neben komplexen rechtlichen Fragestellungen, z.B. unter welchen Voraussetzungen (Lern-)Daten von Schüler\*innen für KI-Systeme überhaupt genutzt werden dürfen, geht es hierbei auch um Fragen, welche Maßnahmen ergriffen werden müssen, um den Schutz entsprechender Daten innerhalb der Bildungsinstitution und bei den Anbieter\*innen gewährleisten zu können. Diese Fragen tangieren Bildungsinstitutionen heute jedoch nicht exklusiv beim Einsatz von KI-Technologien. So gelten Schulen per se als datenreiche Institutionen. Dies zeigt sich u.a. in dem gewachsenen Stellenwert von Tools wie *Content-Management-Systemen* (CMS) für die Schüler\*innen- und Lehrangebotsverwaltung oder *Learning-Management-Systemen* (LMS) für Lernplattformen. Insbesondere der Einsatz von neuen, datenbasierten KI-Systemen birgt jedoch das Risiko, dass große Mengen an Daten über Schüler\*innen gesammelt und durch Dritte (Anbieter, obere Steuerungsebenen) analysiert werden. Der Schutz dieser Daten ist in der Datenschutz-Grundverordnung festgeschrieben und von entscheidender Bedeutung, da Lernanwendungen sensible Lerndaten oder persönliche Daten von teilweise Minderjährigen erfassen könnten. Auch Fragen der Halbwertszeit von Schüler\*innendaten sind entsprechend zu berücksichtigen, also wie lange entsprechende Daten gespeichert werden und inwieweit Schüler\*innen selbst Einfluss auf

---

16 <https://algorithmwatch.org/de/>.

die Auswahl ihrer freizugebenden Daten haben (siehe hierzu auch Steinacker 2020; Zerforschung 2021 oder Human Rights Watch 2022).

- **Ethische Fragen, pädagogische Ideale und Abhängigkeiten:** Der Einsatz von KI in der Schule wirft neben einer Vielzahl rechtlicher auch ethische Fragen auf. Beispielsweise könnte der Einsatz von Überwachungstechnologien zur Verhaltensanalyse von Schüler\*innen die Privatsphäre verletzen oder Verhaltenssteuerung durch den Einsatz von Algorithmen erzeugt werden (siehe u.a. Manolev et al. 2019). Ebenso können über Lernsysteme Wertesysteme der Anbieter\*innen vermittelt werden, die nicht denen der Schule oder des Landes entsprechen. So ist es beispielsweise denkbar, dass gegenderte Sprache als falsch vom eingesetzten KI-System klassifiziert wird oder ein generatives Sprachmodell unausgewogen politisch eingefärbte Antworten gibt (siehe hierzu auch den Beitrag ›Der Design-Justice-Ansatz mit einer Anwendung im Bereich der KI‹ von Felicitas Macgilchrist in diesem Buch). Die Systeme werden derzeit im Gegensatz zu Schulbüchern diesbezüglich (noch) nicht von den Kultusministerien geprüft. Zudem gewinnt mit der Technologie zunehmend die IT-Wirtschaft an Einfluss an Schulen, erwirtschaftet Gewinne mit Schüler\*innendaten und bestimmt mit ihren Nutzungsbedingungen und ökonomischen Prioritäten über die Verfügbarkeit und den Zugang zu Inhalten und personenbezogenen Daten.

## Grenzen von KI im Bildungsbereich

- **Klassifizierungen und Standardisierungen:** Die Reduktion auf Daten resultiert in der Begrenzung, dass KI-Systeme über Klassifizierungen und Standardisierungen funktionieren. Standardisierungen führen jedoch per se zu weiteren Reduktionen, unter anderem im Spektrum möglicher Lösungswege oder Interpretationsmöglichkeiten oder im Erfassen von Zwischenschritten, die Schüler\*innen beim Lösen einer Aufgabe anwenden. Zudem darf nicht vergessen werden, dass nur das gemessen werden kann, was wirklich messbar ist (Ullrich 2021). Im Bildungsbereich stellt dies eine besondere Herausforderung dar, da Lernen und Lehren nicht in isolierten Umgebungen erfolgt und eine Parametrisierung keinen echten Aussagegehalt haben kann.
- **Entlastung:** Auch die für Lehrer\*innen proklamierte Entlastung durch KI-Technologien gilt es insofern zu hinterfragen, ob adäquate Lösungen zur Entlastung von Lehrer\*innen ausschließlich monokausal auf einer

technischen Ebene verortet werden können. Belastungsfaktoren wie ein hohes Arbeitspensum, die (verpflichtende) Übernahme zusätzlicher Aufgaben (z. B. durch Ämter wie Digitalisierungs- oder Medienbeauftragte in Schulen) bei oftmals zu geringer bis keiner Reduzierung des Unterrichtsdeputats oder unzureichende Unterstützungsangebote durch Personal der Schulsozialarbeit sind bei Präventivmaßnahmen gegen Überlastung ebenso mitzuberücksichtigen und können nicht durch die bloße Implementierung von KI-Technologien aufgelöst werden. Darüber hinaus argumentieren Cramer et al. (2018), dass Entlastungsfaktoren für die als Belastung wahrgenommenen Aufgabenbereiche auf struktureller Ebene (wie eine Aufwertung des Lehrkräfteberufs und Verbesserung der Studien- und Arbeitsbedingungen zur Reduzierung des Lehrkräftemangels sowie eine bessere Planung von benötigtem Personal) oft nachhaltiger wirksam sein könnten als Lösungsversuche auf individueller Ebene, die Lehrkräften nahelegen, ein besseres Zeitmanagement könnte strukturell bedingten Stress signifikant reduzieren.

- **Ersetzen von Lehrkräften:** Während stets betont wird, dass KI niemals Lehrkräfte ersetzen kann und auch nicht soll, ist aktuell zu beobachten, dass angesichts des bundesweiten Lehrkräftemangels KI zunehmend als Lösungsansatz mit genannt wird, was wiederum impliziert, dass KI zumindest eine Lücke schließen könne. Der Weg zum Ersatz einer Nachbesetzung von Lehrkräften durch Technologie ist dann nur noch kurz, daher sollte diese Debatte wachsam verfolgt werden.

Obgleich die hier skizzierten Herausforderungen, Grenzen und Risiken von KI-Technologien im Schulbereich nicht abschließend sind, zeigt die getroffene Auswahl die Wichtigkeit, dass Schulen Risiken erkennen, die Technologie reflektiert hinterfragen und angemessene Maßnahmen ergreifen, um den verantwortungsvollen Einsatz von KI-Technologien zu gewährleisten. Transparente Richtlinien, Datenschutzmaßnahmen, die Förderung von KI-Schulungen für Lehrer\*innen, Schüler\*innen sowie Erziehungsberechtigte und eine permanente Überprüfung der Technologie sind einige der Schritte, die unternommen werden müssen, um die negativen Auswirkungen von KI in der Schule zu minimieren. Hinzu kommen dann voraussichtlich in zwei bis drei Jahren zusätzliche Anforderungen durch die KI-Verordnung (siehe hierzu auch den Beitrag ›Die KI-Verordnung. Der zukünftige Rechtsrahmen für EdTech an Schulen‹ von Nina Galla in diesem Buch).

## 7 Welche Fragen sollten, basierend auf der aktuellen Wissenslage, vor/mit dem Einsatz von KI im Schulbereich gestellt werden? Ein Fazit

Der Einsatz von KI im Bildungsbereich ist, wie gezeigt wurde, ein komplexes und vielschichtiges Thema. Die Dynamik technologischer Entwicklungen und die unterschiedlichen Darstellungen von KI führen dazu, dass KI in der Bildung oft noch zu wenig greifbar ist. Gleichzeitig gilt es, die eingangs beschriebene Gut-Böse-Dichotomie, in der sich der KI-Diskurs oft bewegt, aufzulösen und stattdessen weiter auszudifferenzieren, welche Chancen und Risiken jeweils wie begründet und wie genau empirisch belegt werden.

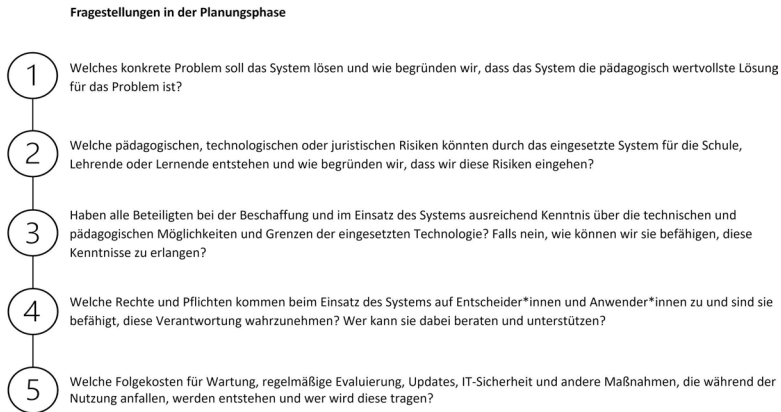
Da KI-Technologien bereits Einzug in verschiedene Bildungsbereiche und in den Alltag von Schüler\*innen, Lehrkräften und Bildungsinstitutionen gehalten haben, ist eine aktive Auseinandersetzung essenziell notwendig und nicht aufschiebbar. Hierbei möchten wir diesen Beitrag mit einer Reihe von kritischen Fragen abschließen. Praktiker\*innen sollen dazu eingeladen werden, sich so dem KI-Thema weiter zu nähern und Entscheidungsprozesse aktiver zu begleiten. Dazu haben wir einige ausgewählte Fragestellungen und Impulse aus dem Leitfaden für *Automatisierte Lernsysteme und KI-Anwendungen* (siehe hierzu Galla et al. 2023) in der nachstehenden Abb. 3 zusammengefasst.<sup>17</sup>

Es ist uns bewusst, dass es mitunter schwer ist, all diese Fragen beantworten zu wollen. Das ist auch gar nicht die Intention. Vielmehr sollen diese Fragen als Orientierung dienen, in der Planungsphase eine eigene Entscheidungsgrundlage zu schaffen, ob und unter welchen Bedingungen KI-Technologien in der eigenen Bildungsinstitution implementiert oder nicht implementiert werden können. Weiterhin sollen die Leitfragen Anregung dazu bieten, welche Fragen an Entwickler\*innen und Anbieter\*innen von KI-Systemen gestellt werden können und sollten und wie der Einsatz von KI-Systemen im Praxis-Alltag begleitet werden kann. Zugleich zeigen die Fragen auch deutlich, dass es nicht ausschließlich die Lehrkräfte bzw. die Anwender\*innen sind, die entsprechende Informationen für eine kritisch-reflektierte Auseinandersetzung mit der Technologie erfragen müssen. EdTech-Entwickler\*innen sind ebenso in der Pflicht, entsprechende Informationen (auf Anfrage) bereitzustellen.

---

17 Den gesamten Leitfaden und alle einzelnen Fragen können Sie unter <https://www.gew.de/aktuelles/detailseite/automatisierte-lernsysteme-und-ki-anwendungen-an-schulen-abrufen>.

*Abb. 3: Auszüge Leitfadenfragen für automatisierte Lernsysteme und KI-Anwendungen an Schulen in der Planungsphase (Eigene Darstellung in Anlehnung an Galla et al. 2023)*



Nicht unbeachtet bleiben sollten die Aspekte, die Lehrkräfte als Beschäftigte betreffen. Lehrkräfte sollten in die Lage versetzt werden, KI-Systeme rechtskonform zu nutzen, und dürfen nicht überwacht werden oder sich überwacht fühlen. Zu den Prüfsteinen für ›pädagogisch wertvolle‹ technologiebasierte Lernprogramme und -settings an Schulen gehören nach Vorstellungen der Gewerkschaft Erziehung und Wissenschaft (siehe hierzu Galla et al. 2023):

- Orientierung an der Lebenswelt und den Interessen der Lernenden,
- Freiheit pädagogischer Entscheidungen der Lehrenden,
- Förderung der Handlungs- und Gestaltungskompetenz von Lehrkräften und Schüler\*innen sowie
- Ermöglichung kritischer Reflexion sowie kreativ-produktiver Lernprozesse.

Unbestritten ist insgesamt, dass KI als Lerninhalt in die Lehrpläne gehört: Sowohl für Lehrkräfte als auch Schüler\*innen gestaltet es sich als unverzichtbar, bei allem Blackbox-Charakter Grundkenntnisse über Aufbau, Chancen und Risiken sowie soziale Auswirkungen von KI-Systemen zu erwerben, um sich so mit KI in allen Bereichen des Alltags auseinandersetzen zu können. Bei all den Versprechen und Potenzialen sollten Risiken und Herausforderun-

gen der Technologien stets im Blick behalten und ein konstruktiv-kritischer Umgang mit der Technologie kultiviert werden. Die Auswirkungen von KI im Bildungsbereich werden noch weiter erforscht werden müssen. Es muss zwingend kontinuierlich geprüft, evaluiert und hinterfragt werden, dass die eingesetzten KI-Systeme und Daten im Bildungsbereich nützlich und nicht schädlich für alle Beteiligten sein werden. Im Sinne des Deutschen Ethikrates muss der Einsatz von KI ›menschliche Entfaltung erweitern und darf sie nicht vermindern. KI darf den Menschen nicht ersetzen. Das sind grundlegende Regeln für die ethische Bewertung‹ (Ethikrat 2023). Insbesondere in Bereichen wie Bewertung und Zulassung sollte genau geprüft werden, ob KI-Systeme tatsächlich menschlicher Einschätzung vorgezogen werden.

*Abb. 4: Auszüge Leitfadensfragen für automatisierte Lernsysteme und KI-Anwendungen an Schulen während des Einsatzes (Eigene Darstellung in Anlehnung an Galla et al. 2023)*

#### Fragestellungen während des Einsatzes

- 1 Wofür wurde das System ursprünglich entwickelt? Warum wurde sich für genau dieses System entschieden? Hilft das System den Lernenden und/oder den Lehrenden?
- 2 Welche Dateneingaben sind erforderlich und sind diese wirklich nötig für die Erfüllung der Aufgabe? Wer hat Zugriff auf die Daten? Welche Chancen und Risiken ergeben sich aus den Datenerhebungen?
- 3 Wirkt das System für alle gleich? Erfüllt es das erwartete Nutzungsversprechen? Sind die Prozessschritte des Systems erkennbar und nachvollziehbar?
- 4 Wie geht es den Kolleg\*innen mit dem System? Können Sie die Qualität des Systems beurteilen? Fühlen sich alle wohl mit dem System?
- 5 Welche Berichterstattung oder neuen Forschungsergebnisse zum System oder zu KI allgemein und zu KI im Bildungssektor gibt es?
- 6 Benötigen Sie Fort- und Weiterbildungen?

#### Zentrale Take-Aways:

- KI-Technologien sollte nicht als Entweder-oder-Technologie verstanden werden. Zudem sind polarisierende Perspektiven nicht günstig für einen gesunden Diskurs über KI im Bildungsbereich.

- Die definitorische Einordnung von KI im Bildungsbereich gestaltet sich immer noch als dynamisch, sodass derzeit keine abschließend verbindliche Definition angenommen werden kann.
- Obgleich durchaus KI-Anwendungen einige Möglichkeiten für den Bildungsbereich bieten, sollten auch immer die Grenzen und Risiken sowie Herausforderungen der jeweiligen Ansätze kritisch-reflektiert betrachtet werden.
- Schulen sollten den Einsatz von KI-Systemen anhand gezielter und strukturierter Fragestellungen prüfen und begleiten, um Fehlentwicklungen zu vermeiden.
- Eine fortlaufende Beobachtung der weiteren Forschung und Entwicklungen im Bereich KI bleibt unerlässlich.

## Autor\*inneninformation

**Dr. André Renz** ist assoziierter Wissenschaftler an der Helmut-Schmidt-Universität (HSU) Hamburg, Fakultät für Geistes- und Sozialwissenschaften.

**Nina Galla** ist Büroleiterin und Wissenschaftliche Mitarbeiterin für KI bei der Bundestagsabgeordneten Dr. Petra Sitte, DIE LINKE im Bundestag.

## Literatur

Akgun, Selin; Greenhow, Christine (2022): »Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings«, in: *AI and Ethics*, 2(3), S. 431–440.

Albrecht, Steffen (2023): »ChatGPT und andere Computermodelle zur Sprachverarbeitung – Grundlagen, Anwendungspotentiale und mögliche Auswirkungen«, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://doi.org/10.5445/IR/1000158070>.

Baker, Toby; Smith, Laurie; Anissa, Nandra (2019): In nesta (Hg.) *Educ-AI-tion- Rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and col-*

- leges. [https://media.nesta.org.uk/documents/Future\\_of\\_AI\\_and\\_education\\_v5\\_WEB.pdf](https://media.nesta.org.uk/documents/Future_of_AI_and_education_v5_WEB.pdf).
- Bates, Tony; Cobo, Cristóbal; Mariño, Olga; Wheeler, Steve (2020): »Can artificial intelligence transform higher education?«, in: *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1), S. 1–12. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00218-x>.
- Bryant, Jake; Heitz, Christine; Sanghvi, Saurabh; Wagle, Dilip (2020): How artificial intelligence will impact K-12 teachers. McKinsey & Company, Public Sector Practice&Social Sector Practice.
- Chassignol, Maud; Khoroshavin, Aleksandr; Klimova, Alexandra; Bilyatdinova, Anna (2018): »Artificial Intelligence trends in education: A narrative overview«, in: *Procedia Computer Science*, 136, S. 16–24.
- Chin, Monica (2020): These students figured out their tests were graded by AI – and the easy way to cheat. <https://www.theverge.com/2020/9/2/21419012/edgenuity-online-class-ai-grading-keyword-mashing-students-school-cheating-algorithm-glitch>.
- Chiusi, Fabio; Fischer, Sarah; Kayser-Bril, Nicolas; Spielkamp, Matthias (2020): In AlgorithmWatch gGmbH und Bertelsmann Stiftung (Hg.) *Automating Society Report 2020*.
- Cojean, Salomé; Brun, Laurent; Amadieu, Franck; Dessus, Philippe (2023): »Teachers' attitudes towards AI: what is the difference with non-AI technologies?«, in: *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society* 45.
- Cramer, Colin; Friedrich, Alena; Merk, Samuel (2018): »Belastung und Beanspruchung im Lehrerinnen- und Lehrerberuf: Übersicht zu Theorien, Variablen und Ergebnissen in einem integrativen Rahmenmodell«, in: *Bildungsforschung* 1, S. 1–23.
- Dalton, Craig M.; Thatcher, Jim (2014): »Inflated Granularity: Spatial Big Data and geodemographics«, in: *Big Data and Society* 2(2).
- de Witt, Claudia; Rampelt, Florian; Pinkwart, Niels (Hg.) (2020): *Künstliche Intelligenz in der Hochschulbildung*. Berlin. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4063722>.
- Dietrich, Daniel (2011): Was sind offene Daten? <https://www.bpb.de/gesellschaft/digitales/opendata/64055/was-sind-offene-daten>.
- Dräger, Jörg; Müller-Eiselt, Ralph (2017): *Die digitale Bildungsrevolution: Der radikale Wandel des Lernens und wie wir ihn gestalten können*, München: DVA Verlag.

- Eicher, Bobbie; Polepeddi, Lalith; Goel, Ashok (2018): Jill Watson doesn't care if you're pregnant: Grounding AI ethics in empirical studies. Proceedings of the 2018 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society. [https://aaies-conference.com/2018/contents/papers/main/AIES\\_2018\\_paper\\_104.pdf](https://aaies-conference.com/2018/contents/papers/main/AIES_2018_paper_104.pdf)
- Deutscher Ethikrat (2023): »Künstliche Intelligenz darf menschliche Entfaltung nicht vermindern. Pressemitteilung 02/2023«. <https://www.ethikrat.org/mitteilungen/mitteilungen/2023/ethikrat-kuenstliche-intelligenz-darf-menschliche-entfaltung-nicht-vermindern/?cookieLevel=not-set>.
- Europäische Kommission (2021): Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rat zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für Künstliche Intelligenz (Gesetz über Künstliche Intelligenz) und zur Änderung bestimmter Rechtsakte der Union. Brüssel, 21.4.2021.
- Galla, Nina; Hartong, Sigrid; Dusse, Birgita (2023): Automatisierte Lernsysteme und KI-Anwendungen an Schulen. <https://zenodo.org/records/8321006>.
- Goel, Ashok. K.; Joyner, David A. (2017): »Using AI to teach AI: Lessons from an on-line AI class«, in: AI Magazine, 38(2), S. 48–58.
- Goertzl, Ben (2014): »Artificial general intelligence: Concept, state of the art, and future prospects«, in: Journal of Artificial General Intelligence, 5(1), S. 1–48.
- Gondlach, Kai Arne; Regneri, Michaela (2021): »Das Gespenst der German Angst: Sind wir zu skeptisch für KI-Entwicklungen?«, in: Inka Knappertsbusch, Kai Gondlach (Hg.), Arbeitswelt und KI 2030, Wiesbaden: Springer Gabler, S. 3–10.
- Grunwald, Armin (2019): »Gretchenfrage 4.0«, in Süddeutsche Zeitung vom 26.12.2019. <https://www.sueddeutsche.de/kultur/kuenstliche-intelligenz-gretchenfrage-4-0-1.4736017>.
- Hartong, Sigrid (2019): Learning Analytics und Big Data in der Bildung: Zur notwendigen Entwicklung eines datenpolitischen Alternativprogramms. <https://www.gew.de/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=91791&token=702ec8d5f9770206a4aa8a1079750ec9021b90bf&sdownload=&n=Learning-analytics-2019-web-IVZ.pdf>.
- Hartong, Sigrid (2020): »The power of relation-making: insights into the production and operation of digital school performance platforms in the US«, in: Critical Studies in Education, S. 1–16.
- Hau, Daniela; Reuter, Robert (2023): »Auswirkungen von Künstlicher Intelligenz auf den Bildungsbereich«. <https://www.science.lu/de/ki-der-bildung/auswirkungen-von-kuenstlicher-intelligenz-auf-den-bildungsbereich>.

- Heaven, Will Douglas (2023): »The original startup behind Stable Diffusion has launched a generative AI for video«, MIT Technology Review. <https://www.technologyreview.com/2023/02/06/1067897/runway-stable-diffusion-gen-1-generative-ai-for-video/>.
- Heikkilä, Melissa (2023): »Drei Gründe, warum KI-Chatbots eine Sicherheitskatastrophe sind«. [https://www.heise.de/hintergrund/Drei-Gruende-warum-KI-Chatbots-eine-Sicherheitskatastrophe-sind-8933941.html?wt\\_mc=nl.red.ho.ho-nl-newsticker.2023-04-14.link.link](https://www.heise.de/hintergrund/Drei-Gruende-warum-KI-Chatbots-eine-Sicherheitskatastrophe-sind-8933941.html?wt_mc=nl.red.ho.ho-nl-newsticker.2023-04-14.link.link).
- Holland, Martin (2020): »»Fuck the algorithm«: Proteste in London gegen Corona-bedingte Abi-Notenvergabe«. <https://www.heise.de/news/Fuck-the-algorithm-Proteste-in-London-gegen-Corona-bedingte-Abi-Notenvergabe-4872096.html>
- Holmes, Wayne; Bialik, Maya; Fadel, Charles (2019): Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Independently published.
- Human Right Watch (2022). Governments Harm Children's Rights in Online Learning. <https://www.hrw.org/news/2022/05/25/governments-harm-childrens-rights-online-learning>.
- Ifenthaler, Dirk; Yau, Jane Yin-Kim (2019): »Higher education stakeholders' views on learning analytics policy recommendations for supporting study success«, in: International Journal of Learning Analytics and Artificial Intelligence for Education (IJAL) 1(1), S. 28–42.
- Kaplan-Rakowski, Regina; Grotewold, Kimberly; Hartwick, Peggy; Papin, Kevin (2023): »Generative AI and teachers' perspectives on its implementation in education«, in: Journal of Interactive Learning Research, 34(2), S. 313- 338.
- Kitchin, Rob; Lauriault, Tracey (2014): Towards Critical Data Studies: Charting and Unpacking Data Assemblages and Their Work, The Programmable City Working Paper 2, <https://ssrn.com/abstract=2474112>.
- Lachney, Michael; Babbitt, William; Eglash, Ron (2016): Software Design in the »Construction Genre« of Learning Technology: Content Aware versus Content Agnostic, Computational Culture. <http://computationalculture.net/2016/01/11/software-design-in-the-construction-genre-of-learning-technology-content-aware-versus-content-agnostic/>.
- Lampropoulos, Georgios; Ferdig, Richard E.; Kaplan-Rakowski, Regina (2023): A social media data analysis of general and educational use of ChatGPT: Understanding emotional educators. SSRN. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4468181>.

- Lapuschkin, Sebastian; Wäldchen, Stephan; Binder, Alexander; Montavon, Grégoire; Samek, Wojciech; Müller, Klaus-Robert (2019): »Unmasking Clever Hans predictors and assessing what machines really learn«, in: *Nature Communications* Volume 10, Artikel: 1096.
- Luckin, Rose; Holmes, Wayne (2016): *Intelligence Unleashed. An Argument for AI in Education*, London: Pearson.
- Manolev, Jamie; Sullivan, Anna; Slee, Roger (2019): »The datafication of discipline: Class-Dojo, surveillance, and a performative classroom culture«, in: *Learning, Media and Technology* 44(1), S. 36–51.
- McCarthy, John; Minsky, Marvin L.; Rochester, Nathaniel; Shannon, Claude E. (2006): »A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence«, in: *AI Magazine*, 27 (4), S. 12–14.
- Ninaus, Manuel; Sailer, Michael (2022): »Closing the loop – The human role in artificial intelligence for education«, in: *Frontiers Psychology* 13, Artikel 956798.
- Overdiek, Markus; Petersen, Thomas (2022): Was Deutschland über Algorithmen und Künstliche Intelligenz weiß und denkt – Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage: Update 2022. <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/was-deutschland-ueber-algorithmen-und-kuenstliche-intelligenz-weiss-und-denkt-all>.
- Pham, Son; Sampson, Pauline (2022): »The development of artificial intelligence in education: A review in context«, in: *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(5), S. 1408–1421.
- Popenici, Stefan A. D.; Kerr, Sharon (2017): »Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education«, in: *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(22), S. 1–13.
- Reich, Justin (2020): *Failure to disrupt: Why technology alone can't transform education*, Cambridge: Harvard University Press.
- Renz, André (2021): KI in der Bildung: Educational Technology und KI, in: Inka Knappertsbusch, Kai Gondlach (Hg.): *Arbeitswelt und KI 2030*, Wiesbaden: Springer Gabler, S. 381–388.
- Renz, André; Krishnaraja, Swathi; Gronau, Elisa (2020): »Demystification of artificial intelligence in education – How much AI is really in the educational technology?«, in: *International Journal of Learning Analytics and Artificial Intelligence for Education*, 2(1), S. 14–31.
- Renz, André; Vladova, Gergana (2021): »Reinvigorating the Discourse on Human-Centered Artificial Intelligence in Educational Technologies«, in: *Technology Innovation Management Review*, 11(5), S. 5–16.

- Schleiss, Johannes et al. (2023): *Künstliche Intelligenz in der Bildung. Drei Zukunftsszenarien und fünf Handlungsfelder*, Berlin: KI- Campus. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7702620>.
- Slater, Niall; Peasgood, Alice; Mullan, Joel (2016). *Learning analytics in higher education: A review of UK and international practice*. JISC, Bristol.
- Self, John (2016): »The Birth of IJAIED«, in: *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 26 (4), S. 4–12.
- Steinacker, Karl (2020): *Individuelle Datenkonten – Oder was mein Staubsauger mit digitaler Souveränität zu tun hat*. Arbeitspapier der Gesellschaft für Informatik: Schlüsselaspekte digitaler Souveränität. <https://gi.de/themen/beitrag/individuelle-datenkonten-oder-was-mein-staubsauger-mit-digitaler-souveraenitaet-zu-tun-hat>.
- Terstegen, Sebastian; Schmalen, Bruno; Hinz, Andreas; Pricelius, Maike (2021): »KI-Zusatzqualifizierung. Produktive und menschengerechte Arbeitsgestaltung mit KI in kleinen und mittleren Unternehmen«, in: Inka Knappertsbusch, Kai Gondlach (Hg.): *Arbeitswelt und KI 2030*, Wiesbaden: Springer Gabler, S. 371–380.
- Ullrich, Stefan (2019): »Datafizierung, Disziplinierung, Demystifizierung«, in: Frank Schmiedchen et al. (Hg.): *Wie wir leben wollen – Kompendium zu Technikfolgen von Digitalisierung, Vernetzung und Künstlicher Intelligenz*, S. 23–33.
- Vincent-Lancrin, Stéphan; van der Vlies, Reyer (2020): »Trustworthy artificial intelligence (AI) in education: Promises and challenges«, in: *OECD Education Working Papers* 218, S. 1–17.
- Wu, Eric H.-K.; Lin, Chun-Han; Ou, Yu-Yen; Liu, Chen-Zhong; Wang, Wei-Kai; Chao, Chi-Yun (2020): »Advantages and constraints of a hybrid model K–12 e-learning assistant chatbot«, in: *IEEE Access* 8, S. 77788–77801. [10.1109/ACCESS.2020.2988252](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988252).
- Wüstholtz, Florian (2020): »Algorithmen für faire Bildungschancen«, in: *WOZ – Die Wochenzeitung* vom 23. Januar 2020. <https://www.woz.ch/2004/digitalisierung/algorithmien-fuer-faire-bildungschancen>.
- Zawacki-Richter, Olaf; Marín, Victoria I.; Bond, Melissa; Gouverneur, Franziska (2019): »A systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education: where are the educators?«, in: *International Journal of Education Technology in Higher Education* 16 (1), Artikelnummer: 39.
- Zerforschung (2021). *Zu Besuch bei Deutschlands bestem EdTech-Datenleck – virtuell natürlich*. <https://zerforschung.org/posts/studysmarter/>.

Zukunftsinstitut (2023): 6 Thesen zur Künstlichen Intelligenz. <https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/digitalisierung/6-thesen-zur-kuenstlichen-intelligenz/>.

