Künstliche Intelligenz und Schule. Aufgaben für Unterricht und die Organisation (von) Schule

Stefan Aufenanger, Bardo Herzig und Mandy Schiefner-Rohs

1 Künstliche Intelligenz als aktuelles Thema (nicht nur in) der Schule

Auch wenn in fast allen gesellschaftlichen Bereichen das Thema Künstliche Intelligenz angesprochen und diskutiert wird, scheint es doch noch nicht recht in der Schule angekommen zu sein. Damit ist nicht gemeint, dass der Informatikunterricht die verschiedenen Formen von Künstlicher Intelligenz nicht thematisieren würde, sondern dass überraschenderweise alle anderen Fächer und auch die Lehrkräftebildung in all ihren Phasen damit bisher sehr zurückhaltend umgehen. Dabei betrifft das Thema Künstliche Intelligenz die Gesellschaft und den Menschen in allen Lebensbereichen. Schule ist demnach in der Pflicht, dieses Thema sowohl im Unterricht als auch als Teil der Professionalisierung von pädagogischem Personal stärker als bisher aufgreifen. Der Beitrag wird nach einer begrifflichen Annäherung (2) das Verhältnis von künstlicher Intelligenz und Schule unter drei Aspekten betrachten: Welche Rolle spielt künstliche Intelligenz

S. Aufenanger (✉)
Institut für Erziehungswissenschaft, Universität Mainz, AG Weiterbildung und Medien, Mainz, Deutschland
E-Mail: aufenang@uni-mainz.de

B. Herzig
Institut für Erziehungswissenschaft, Universität Paderborn, Paderborn, Deutschland
E-Mail: bardo.herzig@upb.de

M. Schiefner-Rohs
TU Kaiserslautern, Fachbereich Sozialwissenschaften, Fachgebiet Pädagogik, Kaiserslautern, Deutschland
E-Mail: mandy.rohs@sowi.uni-kl.de

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

C. de Witt et al. (Hrsg.), *Künstliche Intelligenz in der Bildung*,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-40079-8_10

im Kontext von Schulpädagogik und Medienbildung (3)? Dazu wird ausführlich auf die Aufgaben von Schule und Unterricht bezüglich einer Medienbildung eingegangen, insbesondere dahingehend, wie das Thema im Informatikunterricht bzw. der informationstechnischen Grundbildung adressiert wird. Eine erste Übersicht macht deutlich, in welchen Bereichen von Schule und Unterricht das Thema relevant ist. Aufgezeigt wird auch, welche Folgen das Thema für die Bildungsforschung hat. Hinzu kommt die Frage, wie sinnvoller Weise im Unterricht die Problematik von künstlicher Intelligenz im Unterricht aufgegriffen werden kann (4). An Beispielen aus dem Bereich von Ethik, Praktische Philosophie/Ethik und Gesellschaftslehre wird aufgezeigt, wie Schüler:innen für das Thema sensibilisiert werden können. Künstliche Intelligenz ist aber nicht nur ein Thema inhaltlicher Auseinandersetzung im Unterricht, sondern hat auch Auswirkungen auf die Gestaltung von Schule und Unterricht. Zu fragen ist daher: Wie beeinflusst das Thema künstliche Intelligenz die schulische Organisation von Schule und das Lernen (5)? Künstliche Intelligenz-Anwendungen lassen sich nämlich dahingehend analysieren, ob sie diskriminierende Faktoren enthalten und damit auch zu sozialer Ungleichheit und Ausgrenzung beitragen (können) – ein Faktor, der vor allem für Bildungskontexte relevant ist. Auch bezüglich Lernapps, die mithilfe künstlicher Intelligenz operieren, wird kritisch gefragt, welche Lerntheorien und Menschenbilder dahinterstehen und was dies für ihren Einsatz in der Schule bedeutet.

2 Künstliche Intelligenz: eine begriffliche Annäherung

Der Begriff der Künstlichen Intelligenz (KI) wird kontextbezogen unterschiedlich verwendet. Vor allem im gesellschaftlichen Diskurs herrscht eine Begriffsvielfalt vor: von der Sprach- und Gestensteuerung über Navigationssysteme bis hin zu Bewertungssystemen wird aktuell fast allem das Etikett »künstliche Intelligenz« oder kurz »KI« zugeschrieben. Als Forschungs- und Entwicklungsgebiet der *Informatik* bezieht sich KI auf die maschinelle Ausführung von »intelligenten« Aufgaben (Fraunhofer-Gesellschaft, 2018, S. 8), in sehr allgemeiner Form werden mit KI solche Ansätze beschrieben, die »dem Computer unser menschliches Verhalten und Erleben näher zu bringen« versuchen (Zehner, 2019, S. 3). Es geht also um solche computerbasierten Systeme, die Aufgaben bewältigen, für die beim Menschen eine – wie auch immer geartete – Form von Denken oder Intelligenz vorausgesetzt wird. Solche Aufgaben oder Anforderungen sind beispielsweise das Ziehen von Schlüssen, das Lernen aus Erfahrung, das Treffen von Entscheidungen und Vorhersagen oder das angemessene Reagieren auf Situationen (Hwang

et al., 2020). Mit dem Begriff der »schwachen KI« wird ausgedrückt, dass die heute verfügbaren Systeme bisher nur einzelne Bereiche menschlicher Fähigkeiten simulieren können. Hiervon ist die sog. starke KI abzugrenzen, mit der die Hoffnung verbunden ist, alle menschlichen Fähigkeiten maschinell abbilden zu können.

In der Simulation kognitiver menschlicher Fähigkeiten durch KI lassen sich zwei grundsätzliche Zugänge unterscheiden: In der sogenannten *symbolischen KI* wird davon ausgegangen, dass menschliches Denken »von einer logisch begrifflichen Ebene rekonstruiert werden kann« (BMBF, 2020, S. 9). Das bedeutet, dass die für eine Aufgabe erforderlichen Denkprozesse als Regelsystem modelliert und in einer Maschine (Computer) implementiert werden können. Symbolische KI wird z. B. in Expertensystemen verwendet, die in ihrer Wissensbasis gespeicherte Fakten und Regeln für Problemlösungen verknüpfen und Schlussfolgerungen ziehen. In solchen Fällen sind die für die Lösung eines Problems erforderlichen Schritte bekannt und werden im Algorithmus entsprechend formuliert. Einen anderen Ansatz verfolgen *Methoden des maschinellen Lernens.* In diesen Fällen folgen die sogenannten Lernalgorithmen ebenfalls Regeln, allerdings enthalten diese noch keine konkrete Problemlösung, sondern legen fest, wie der Algorithmus aus Erfahrung lernen kann, das Problem zu lösen. Die Erfahrungsbasis für diese Prozesse stellen große Mengen von (Trainings-)Daten dar.

Insbesondere die Verfahren des maschinellen Lernens erfahren viel Aufmerksamkeit (vgl. z. B. Alpaydin, 2019). Ihre Wirkmächtigkeit beruht darauf, dass sie in der Lage sind, in unstrukturierten Daten (z. B. Bildern) Muster zu erkennen, ohne dass Regeln für diese Muster vorliegen. Eine Methode dieser Mustererkennung stellen künstliche neuronale Netze (KNN) dar, in denen Prozesse im Gehirn mit künstlichen Neuronen und Synapsen simuliert werden. Dabei werden Informationsflüsse durch die verschiedenen Schichten des Netzes durch Gewichte der Neuronen und spezielle Aktivierungsfunktionen geregelt. Das Ergebnis des »Lern«-Prozesses liegt dann in Form einer spezifischen Konfiguration des Netzes vor und wird als »gelerntes Modell« bezeichnet. Da die einzelnen Schichten des Netzes aber nicht einsehbar sind, ist die konkrete Lösung nicht transparent und damit – im Vergleich zur symbolischen KI – für den Menschen nicht nachvollziehbar. Derartige Lernprozesse können auf unterschiedliche Art erfolgen: Beim sogenannten (1) *überwachten Lernen* ist für die Trainingsdaten das Ergebnis bereits bekannt und wird ihnen als Label mitgegeben. Solange z. B. ein KNN nicht das richtige Ergebnis – etwa das Erkennen eines Objektes in einem Bild – berechnet, werden die Gewichte der Neuronen verändert, bis die gewünschte Wahrscheinlichkeit erreicht ist, mit der der Algorithmus die richtige

Lösung produziert. Auf diese Weise könnten z. B. Texte auf ihre grammatikalische Korrektheit oder auf eine kohärente Argumentationsstruktur geprüft oder Gesichtsausdrücke von Lernenden bestimmten Emotionen zugeordnet werden. Wenn allerdings große Datenmengen mit dem Ziel untersucht werden, Zusammenhänge oder Strukturen aufzudecken, die vorher nicht bekannt sind, spricht man von (2) *unüberwachtem Lernen.* Ein KNN könnte z. B. Cluster berechnen, in denen Daten liegen, die einander ähnlich sind. Die Cluster können dann interpretiert werden, z. B. als Gruppen von Personen mit ähnlichen Lernvoraussetzungen oder Leistungsmerkmalen.

3 Künstliche Intelligenz im Kontext von Medienbildung und Schulpädagogik

Die skizzierten Methoden der KI, mit deren Hilfe sich Aufgaben des Einordnens, der Gruppierung, der Vorhersage oder der Beurteilung bearbeiten lassen, finden in vielen Lebensbereichen Anwendung. Wenn sie auch im Bereich der Schule noch nicht »angekommen« scheinen (Rietz & Völmicke, 2020, S. 90 f.), so sind sie doch grundsätzlich für verschiedene Bereiche von Relevanz und eröffnen potenziell eine Vielzahl von Möglichkeiten.

3.1 Künstliche Intelligenz im Kontext von Medienbildung

Unter einer Medienbildungsperspektive lassen sich grundsätzlich die Nutzung von KI im (1) didaktischen Kontext sowie die Auseinandersetzung mit KI als (2) Gegenstand von Unterricht unterscheiden.

(1) Für die didaktische Gestaltung von Lehr- und Lernprozessen finden sich Anwendungen beispielsweise folgender Art (vgl. z. B. Budiharto et al., 2017; Köhler et al., 2018, S. 265 ff.; Lufeng, 2018, S. 609 ff.; Zehner, 2019, S. 21 ff.):

- Assistenzsysteme für Schüler:innen mit Einschränkungen, z. B. zur Übersetzung von Schrift in gesprochene Sprache oder zur Erkennung von Handschriften oder zur Visualisierung von grammatikalischen Strukturen,
- interaktive Schulbücher mit Diagnosetools zur Erhebung von kognitiven oder emotionalen Lernvoraussetzungen und adaptiver Gestaltung des Lernangebots,
- Chatbots als (selbstlernende oder regelbasierte) text- oder sprachbasierte Dialogsysteme zur Ermittlung von Lernvoraussetzungen mit adaptiven Rückmeldungen bzw. Empfehlungen, z. B. beim Sprachenlernen,

- intelligente Auswertungstools, die z. B. Schülerantworten, Tests oder schriftliche Texte von Schüler:innen automatisiert aus- und bewerten,
- intelligente tutorielle Systeme als adaptive Lernumgebung, in denen Schüler:innen mithilfe eines natürliche Sprache verstehenden Tutors ein Inhaltsgebiet (Wissensmodell) erarbeiten können, wobei die Lernvoraussetzungen über ein diagnostisches Tool (Lernermodell) erfasst und das Vorgehen bzw. der Lernpfad (Lehrmodell) entsprechend angepasst werden oder auch
- humanoide Lehrroboter, die z. B. auf der Basis von Sprachverstehen und Objekterkennung mit Schüler:innen Dialoge führen und dabei Informationen vermitteln, Fragen oder Aufgaben stellen und Antworten auswerten, etwa beim Sprachenlernen oder beim Erwerb von Programmiersprachen.

Viele der genannten Anwendungen sind nur möglich, weil sie ihre spezifischen Fähigkeiten aus der Analyse enorm großer Datenmengen (Big Data) gewinnen konnten. Dies bedeutet, dass z. B. Daten aus Lernverläufen auf Onlineplattformen, sensorische Daten beim Lernen (eye-tracking, Hautleitfähigkeit, Herzfrequenz usw.) oder Daten aus Testergebnissen unter der Frage ausgewertet werden, welche spezifischen Strukturen oder Muster sich darin erkennen lassen. So kann bspw. danach gefragt werden, durch welche Merkmale sich erfolgreiche Schüler:innen auszeichnen, um auf dieser Basis künftig Prognosen über den Lern- und Bildungserfolg zu erstellen. Die Analyse von Lernverläufen etwa bei der Nutzung von Apps kann z. B. auf typische Fehler aufmerksam machen, aus denen Empfehlungen für einzelne Lernschritte abgeleitet werden.

(2) In der unterrichtlichen Auseinandersetzung mit KI geht es darum, grundlegende Prinzipien algorithmisch gesteuerter und lernender Systeme zu verstehen und kriterienbezogen einzuschätzen, sowohl als Lernende:r als auch als Lehrende:r (vgl. Kap. 4). Diese Auseinandersetzung ist dann zwangsläufig Teil einer umfassenden schulischen Medienbildung, die auf ein gesellschaftlich handlungsfähiges Subjekt zielt und Bildung als ein reflexives Verhältnis des Menschen zu sich selbst, seiner dinglichen und sozialen Umwelt versteht, das sich aber auch in einem entsprechenden Handeln bewähren muss. Angesichts der durch Digitalisierung und Mediatisierung geprägten Lebenswelt geht es insbesondere darum,

- Fähigkeiten zur sachgerechten und reflektierten Nutzung digitaler Medien für unterschiedliche Zwecke, z. B. Information und Lernen, Unterhaltung und Spiel oder Dienstleistungen auszubilden,

- angesichts zunehmender Möglichkeiten und Versuche, das Verhalten von Menschen zu beeinflussen und zu steuern, die Fähigkeit zur Selbstbestimmung zu fördern,
- Medienangebote nicht nur rezeptiv wahrzunehmen, sondern auch als Möglichkeit des kreativen Ausdrucks wahrzunehmen,
- den vielfältigen Möglichkeiten und Verführungen, sich in medialen Räumen ohne Bezug zu gesellschaftlichen Normen auszuleben, die Fähigkeit und Bereitschaft zu sozial verantwortlichem Handeln als gesellschaftliches Korrektiv und Regulativ entgegenzustellen (Herzig, 2019).

Unabhängig von der Einschätzung, ob menschliches Erleben, Bewusstsein und Verhalten (zukünftig) berechenbar und damit algorithmisierbar ist und der Frage danach, was dies für Erziehung und Bildung bedeutet, weisen schon Prozesse der KI selbst pädagogisch bedeutsame Aspekte auf:

- Durch maschinelles Lernen aufgedeckte Zusammenhänge sind korrelativer Art, d. h. sie erlauben *keine* Aussagen über Ursache und Wirkung.
- Maschinell gelernte Muster und Strukturen und die darauf beruhenden maschinellen Entscheidungen oder Prognosen beruhen auf Wahrscheinlichkeitsaussagen, die insbesondere von der Qualität und Menge der (Trainings-)Daten abhängen.
- Muster und Strukturen, die beim unüberwachten Lernen gefunden werden, sind statistisch begründete Zusammenhänge, die erst durch die Interpretation des Menschen sinnvoll werden und Bedeutung erhalten.
- Viele Ergebnisse des maschinellen Lernens sind Black Box-Ereignisse, d. h. sie sind in ihrem Zustandekommen nicht transparent und nicht erklärbar.

Wo immer Methoden der Künstlichen Intelligenz zum Einsatz kommen oder unterrichtlich reflektiert werden, sind diese Besonderheiten im Hinblick auf die Chancen und Problemlagen entsprechender Anwendungen zu berücksichtigen. Im Kontext der Digitalisierung als gesellschaftlichem Transformationsprozess sind mit der KI bzw. ihren Anwendungen nicht nur Veränderungen auf der Mikroebene von Unterricht – in der didaktischen Gestaltung und in der bildenden Auseinandersetzung – verbunden. KI betrifft auch die Makro- und Mesoebene der gesellschaftlichen Funktionen von Schule und der Entwicklung der Einzelschule. Nicht zuletzt sind damit auch die originären Aufgaben von Lehrkräften betroffen (vgl. Abb. 1; s. a. Kap. 5, S. 9 ff.).

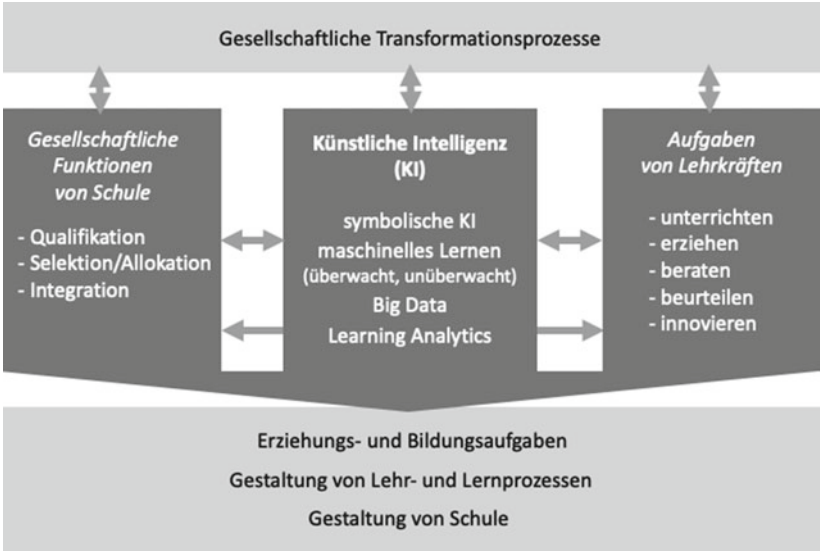


Abb. 1 Künstliche Intelligenz im Kontext von Schule. (© Eigene Darstellung)

3.2 Künstliche Intelligenz im Kontext von Schulpädagogik: Funktionen von Schule und Aufgaben von Lehrkräften

Angesichts der enormen Dynamik und Reichweite in alle Lebensbereiche hinein, die Digitalisierung und KI als gesellschaftliche Transformationsprozesse aufweisen, kann Schule die ursprüngliche ›Trennung vom Leben‹ nicht mehr aufrechterhalten und sieht sich mit neuen Anforderungen und Aufgaben konfrontiert, die sich sowohl auf ihre gesellschaftlichen Funktionen als auch auf die Tätigkeiten der Lehrkräfte beziehen (Hamisch & Kruschel, 2019; Herzig, 2021). Orientierend für eine entsprechende Analyse können die im strukturfunktionalistischen Ansatz von Fend formulierten gesellschaftlichen Funktionen und die von der KMK beschriebenen Aufgaben von Lehrkräften sein (Fend, 2008; KMK, 2019).

Schule hat die Aufgabe, junge Menschen so zu *qualifizieren*, dass sie die Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten erwerben, die zur Teilnahme am gesellschaftlichen Leben, insbesondere auch zur weiteren beruflichen Qualifizierung erforderlich sind. Im Kontext von Mediatisierung und Digitalisierung, speziell auch der breiten Möglichkeiten künstlicher Intelligenz, stellt sich die Frage,

welche allgemeinbildenden Kompetenzen Schule noch vermitteln muss und welche durch Rückgriff auf intelligente Technologien ›kompensiert‹ werden können. Forderungen nach stärkerer Berücksichtigung von Fähigkeiten wie Kreativität, kritisches Denken, Kommunikation oder Kollaboration sind Ausdruck entsprechender Veränderungen in der Zielperspektive. In Bezug auf die Gestaltung von Unterricht sind Lehrkräfte gefordert zu entscheiden, wo und in welchem Maß KI-Technologien zur Anregung, Unterstützung und Durchführung von Lehr- und Lernaktivitäten didaktisch sinnvoll, zielführend und vertretbar sind. Gleichzeitig werden KI-Technologien selbst zum Gegenstand von Unterricht werden (müssen), um Schüler:innen im Sinne von Medienkompetenz und Medienbildung (KMK, 2016; Tulodziecki et al., 2021) in die Lage zu versetzen, einerseits diese Technologien reflektiert für die eigene Qualifizierung zu nutzen, andererseits notwendige kategoriale Einsichten in technologische Entwicklungen und ihre gesellschaftlichen Auswirkungen zu gewinnen (vgl. auch Abschn. 4.1, S. 7 f.). Dies bedeutet auch, dass Unterrichtsfächer ihr Selbstverständnis im Hinblick auf die Bedeutung von KI-Technologien reflektieren und entsprechende curriculare Beiträge leisten (Martin & Herzig, 2021).

Die *Allokationsfunktion* von Schule zielt darauf, an Schüler:innen Berechtigungen für weitere Bildungsmöglichkeiten und damit für die Einnahme gesellschaftlicher Positionen zu vergeben. Zentrales Kriterium ist dabei die individuelle Leistungsfähigkeit. War die Beurteilung bisher der diagnostischen Expertise von Lehrkräften vorbehalten, können nun KI-Systeme solche Aufgaben mindestens teilweise übernehmen, aber auch auf der Basis von erhobenen Leistungs- und Persönlichkeitsmerkmalen der Lernenden Prognosen über zukünftige Leistungsentwicklungen stellen. Neben dem Problem, aus großen Datenmengen auf individuelle Entwicklungsverläufe zu schließen und durch die Nutzung von Daten aus der Vergangenheit z. B. Diskriminierungen oder soziale Ungleichheiten zu konsolidieren, stellt sich auch die Frage nach der Vorhersehbarkeit zukünftiger Anforderungsprofile und der Definition von Leistung im Wechselspiel von Mensch und (intelligenter) Technik (vgl. Kap. 5).

Mit dem Ziel der Verinnerlichung von Normen und Werten dient die Schule deren *Legitimation und damit der Reproduktion und Stabilisierung der Gesellschaftsverhältnisse.* Angesichts der mit der Digitalisierung generell und den KI-Entwicklungen im Besonderen verbundenen Änderungen von Kommunikationsverhältnissen, Lebens-Räumen und der sich in einer Kultur der Digitalität (Stalder, 2016) etablierenden neuen sozialen Praktiken stellt sich nicht nur die Aufgabe, diese in bestehende Normen und Werte zu integrieren, sondern insbesondere auch, sich mit deren Wandlung produktiv auseinanderzusetzen.

Im Folgenden werden die unterrichtliche Auseinandersetzung mit KI und ihre Bedeutung für die Schule als Organisation konkretisiert.

4 Vertiefung I: Künstliche Intelligenz als Thema im Unterricht

Zwei Themenbereiche sind besonders geeignet, im Unterricht künstliche Intelligenz anzusprechen: (a) welche digitalen Kompetenzen zum Umgang mit dieser Thematik notwendig sind und wie sie in Schule und Unterricht gefördert werden können, (b) die Analyse und Reflexion, in welche Lebensbereiche Aspekte künstlicher Intelligenz eindringen und welche Bedeutung das für unsere Gesellschaft sowie für uns Menschen hat.

4.1 Aufgabe: Förderung digitaler Kompetenzen

Die Förderung digitaler Kompetenzen wird bildungspolitisch im Kontext einer digitalen Bildung diskutiert. Die Kultusministerkonferenz der Länder versteht darunter »Bildung in der digitalen Welt« und sieht diese als

> »eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung, die ein abgestimmtes und koordiniertes Handeln aller Akteure im Themenfeld Bildung erfordert. Das Lernen im Kontext der zunehmenden Digitalisierung von Gesellschaft und Arbeitswelt sowie das kritische Reflektieren darüber sind integrale Bestandteile des Bildungsauftrages« (KMK, 2016, S. 51).

Die OECD drückt die Bedeutung von Bildung im Kontext der Digitalisierung eher arbeitsmarkorientiert aus:

> »Für die Bildung bedeutet dies, dass Schüler und Studierende die fortgeschrittenen Kompetenzen und Qualifikationen erwerben müssen, die sie zur vollen Teilhabe an wissensintensiveren und sich rascher verändernden Arbeitsmärkten befähigen. Hierzu zählen auch soziale und emotionale Kompetenzen« (OECD, 2019, S. 26).

Der Kompetenzbegriff spielt in diesem Kontext eine große Rolle und wurde anfangs mit ›Medienkompetenz‹ auf alle Medien bezogen, in letzter Zeit wird dagegen der Begriff ›digitale Kompetenzen‹ bevorzugt, da digitale Medien stärker ins Zentrum gerückt sind. In dem schon erwähnten Strategiepapier »Bildung in der digitalen Welt« der KMK wird versucht, zentrale Komponenten digitaler

Kompetenzen zu beschreiben. Dazu werden die folgenden sechs Kompetenzbereiche[1] aufgezählt (KMK, 2016, S. 15 ff.): (a) Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren, (b) Kommunizieren und Kooperieren, (c) Produzieren und Präsentieren, (d) Schützen und sicher agieren, (e) Problemlösen und Handeln sowie (f) Analysieren und Reflektieren. Mit diesem Konzept wird zum einen an vorliegende Vorschläge im Bereich der Modelle von Medienkompetenz und Medienbildung sowie der informatischen Kompetenzen angeknüpft, zum anderen aber eine modifizierte Zusammensetzung der Komponenten von digitaler Kompetenz vorgenommen, auch wenn Letztere explizit nicht so bezeichnet wird. Die Forderung der KMK ist es, dass es zum einem kein spezielles Fach geben soll, in dem diese Kompetenzbereiche vermittelt werden, sondern jedes Unterrichtsfach aufgerufen ist, sich mit ausgewählten Kompetenzbereichen zu beschäftigen. Zum anderen müssen Schulen sicherstellen, dass jede Schülerin und jeder Schüler im Laufe ihrer bzw. seiner schulischen Karriere diese Kompetenzen in den genannten Bereichen erwerben kann. Explizit wird das Thema Künstliche Intelligenz zwar nicht aufgegriffen, aber Algorithmen angesprochen. Im Kompetenzbereich 5 heißt es (KMK, 2016, S. 18):

> »5.5. Algorithmen erkennen und formulieren
>
> 5.5.1. Funktionsweisen und grundlegende Prinzipien der digitalen Welt kennen und verstehen.
>
> 5.5.2. Algorithmische Strukturen in genutzten digitalen Tools erkennen und formulieren
>
> 5.5.3. Eine strukturierte, algorithmische Sequenz zur Lösung eines Problems planen und verwenden«

Damit ist ein wichtiges Fundament gelegt, um sich mit der Diskussion um künstliche Intelligenz auseinanderzusetzen. Die Förderung dieser Kompetenzbereiche kann entweder theoretisch oder – noch besser – praktisch erfolgen.

4.2 Künstliche Intelligenz als Thema im Unterricht

Das Thema künstliche Intelligenz in Schule und Unterricht kann auf recht unterschiedliche Art und Weise stärker als bisher thematisiert werden. Wichtig erscheint allerdings, es nicht nur als Thema des Informatikunterrichts zu

[1] In dem KMK-Papier wird nicht von ›digitaler Kompetenz‹ gesprochen, sondern von Kompetenzbereichen, die für Bildungsprozesse in einer ›digital geprägten Welt‹ notwendig sind.

sehen, sondern auch in anderen, vor allem in den sozial- und gesellschaftswissenschaftlichen Fächern Künstliche Intelligenz mit den notwendigen sozialen und ethischen Implikationen zum Thema zu machen. Anwendungen mit Künstlicher Intelligenz können nämlich entscheidend auf gesellschaftliche Entwicklungen Einfluss nehmen. Dies betrifft zum einen Möglichkeiten des Auf- und Ausbaus eines Überwachungsstaats, in dem etwa durch Künstliche Intelligenz gesteuerte Gesichtserkennung Menschen bezüglich ihrer sozialen und geografischen Orte verfolgt werden können oder ihnen Vorteile erwachsen. Zum anderen werden verstärkt Informationen durch KI-Systeme gefiltert, wodurch demokratische Meinungsbildung und Vertrauen in Medien gefährdet sind. Nicht zuletzt werden auch ethische Dimensionen relevant, nehmen doch Programme der Künstlichen Intelligenz Menschen immer mehr Entscheidungen ab, was zum einen zu einer Entmündigung, zum anderen aber auch zum Auf- und Ausbau von Ungleichheiten führen kann, wenn beispielsweise der Algorithmus aufgrund der Trainingsdaten latent Vorurteile mitgelernt hat. So weiß man, dass bei algorithmischen Bewerbungsverfahren Frauen und Migrant*innen aufgrund der genutzten Datensätze beim Lernen der KI nicht die gleichen Chancen der Auswahl haben. Darüber hinaus gibt es sicher noch andere Beispiele sowie zukünftige technologische Entwicklungen, die im Unterricht thematisiert werden sollten. Aus diesen Überlegungen heraus lassen sich vielfältige Themenfelder im Unterricht aufgreifen. An einigen Beispielen soll nun konkret(er) gezeigt werden, wie dies geschehen könnte.

Besonders gut geeignet sind fächerübergreifende Projekte, wie dies etwa drei Autoren einer Berliner Schule beschreiben (Haasler et al., 2021). Aus der Perspektive der Mathematik, der Informatik sowie der Sozialwissenschaften findet zunächst eine Auseinandersetzung mit dem Begriff der Intelligenz unter der Fragestellung statt, was wir bei Menschen darunter verstehen. Darauf aufbauend geht es dann über zur künstlichen Intelligenz, die zuerst wissenschaftshistorisch betrachtet wird. Am Beispiel des Films ›2001 – Odyssee im Weltraum‹ von Stanley Kubrick (1968) lässt sich diskutieren, ob Computer intelligent sein können. Auch Computerspiele sind sehr gut geeignet, um die Intelligenz von Computern zu hinterfragen. Aktiv können sich die Schüler:innen mit dem Thema beschäftigen, indem sie einen Algorithmus für das ›Kohlkopf-Ziege-Wolf-Problem‹ entwickeln. Bei dieser bekannten Aufgabe geht es darum, dass ein Mensch mit einem Boot alle drei – Kohlkopf, Ziege und Wolf – über einen Fluss bringen muss, aber immer nur einen Platz hat. Bleibt jedoch die Ziege mit dem Kohlkopf, frisst sie diesen auf, bleibt der Wolf mit der Ziege, droht ihr das gleiche. Man muss also eine Lösung suchen, in der Ziege und Kohlkopf sowie Ziege und

Wolf nicht alleine bleiben. Mit dieser Aufgabe bekommen Schüler:innen einen Einblick, wie Programme ablaufen und was ein Algorithmus ist.

Aus der Perspektive der Unterrichtsfächer Philosophie und Ethik lässt sich sehr gut das Trolley-Problem[2] aufgreifen. Es beschreibt eine Situation, in der eine Straßenbahn oder ein Zug unkontrolliert auf eine Weiche zurollt, die von einem Menschen bedient werden kann. Auf dem einem Gleis würden durch den Wagen fünf Menschen umkommen, auf dem anderen nur ein Mensch. Das ethische Problem ist, ob man einen Menschen zugunsten von fünf Menschen opfern darf. Sehr gut lassen sich an diesem Beispiel die verschiedenen ethischen Ansätze diskutieren, etwa Utilitarismus versus Verantwortungsethik. Ausgehend von diesem Beispiel kann in diesen Fächern auch die Frage diskutiert werden, wer bei selbstfahrenden Autos Verantwortung trägt: Hersteller oder Halter:in bzw. Fahrer:in.

In den gesellschaftswissenschaftlichen Fächern können ebenfalls Zukunftsthemen angesprochen werden. KI-Anwendungen lassen sich dahingehend im Unterricht analysieren, ob sie diskriminierende Faktoren enthalten und damit auch zu sozialer Ungleichheit und Ausgrenzung beitragen können. Auch die Gesichtserkennung mithilfe von KI-Systemen wird immer relevanter. Das betrifft etwa Konzepte des police bzw. racial profiling[3] oder auch des social scoring.[4]

Nicht zuletzt können und sollten auch anthropologische Fragen mit dem Thema künstliche Intelligenz verbunden werden. Dabei geht es um die Weiterentwicklung in der Robotik und der Integration von KI-Systemen in den menschlichen Körper oder die Frage danach, welche Menschenbilder in KI-Software (vor allem in der Schule) adressiert werden. Die Diskussion im Unterricht wird sich entlang der Frage entspinnen, wo das Menschsein aufhört und wo der Mensch seine Autonomie verliert.

5 Vertiefung II: Künstliche Intelligenz als Herausforderung für die gesamte Schule

Doch nicht nur der Unterricht ist Einsatzbereich von Künstlicher Intelligenz, sondern auch die Schule als Organisation ist auf unterschiedlichen Ebenen davon

[2] https://de.wikipedia.org/wiki/Trolley-Problem.

[3] https://www.bpb.de/gesellschaft/migration/kurzdossiers/308350/racial-profiling-institutioneller-rassismus-und-interventionsmoeglichkeiten.

[4] https://www.heise.de/ct/artikel/Social-Scoring-in-China-4713878.html sowie http://www.informatik.uni-oldenburg.de/~iug18/soc/Definition-SC.html.

betroffen. So kann sich durch den Einsatz von KI-basierten Lernprogrammen der Unterricht in Richtung zunehmend individualisiertem Lernen verändern oder durch KI-basierte Programme neue Formen von Unterricht entwickelt werden (Stichwort Unterrichtsentwicklung). Zudem stellt der Einsatz Künstlicher Intelligenz im Unterricht auch neue Anforderungen an Lehrer:innen, sich mit diesem Themenfeld auseinander zu setzen. Darin zeigen sich Aufgaben von Personalentwicklung, in der das Thema viel stärker als bisher, z. B. durch Fort- und Weiterbildung von Lehrpersonen und pädagogischem Personal, adressiert werden muss. Nicht zuletzt bieten Verfahren Künstlicher Intelligenz auch Herausforderungen für die Organisationsentwicklung, wenn mittels digitaler Daten und deren automatischer Auswertung beispielsweise »gute« von »schlechten« Schulen unterschieden werden können.

5.1 Herausforderung: (Digitale) Daten und KI im Schulmanagement

Grundlage von KI (nicht nur) in der Schule sind und bleiben (digitale) Daten. Digital erzeugte Daten bekommen als Grundlage Künstlicher Intelligenz, beispielsweise wenn es um Mustererkennung geht, zunehmend Relevanz – auch für pädagogisch-didaktische Entscheidungen. Zwar ist die Erhebung, Auswertung und Nutzung von Daten an Schulen unter der Perspektive von Leistungs- bzw. Lernstandtests von Schüler:innen wie etwa PISA oder im Rahmen von Schulinspektionen nichts per se Neues. Neu ist jedoch, dass es durch die zunehmende Digitalisierung des schulischen Alltags und die Zunahme von KI- und Big Data-Anwendungen in der Schule nun möglich ist, neben den bisher offen abgefragten Daten auch zunehmend ›verdeckte‹ Daten zu nutzen, somit vielfältige Datenspuren auf allen Ebenen von Schule zu erzeugen und auszuwerten. Allein durch die Nutzung von Technologie – nicht nur im Unterricht – werden digitale Daten erzeugt: So können über die Nutzung von Schulverwaltungs- oder auch Klassenmanagement-Apps kondensiert und schnell detaillierte Übersichten über Anwesenheit, aber auch über einzelne Leistungen von Schüler:innen gewonnen werden. Dokumentiert und sichtbar werden Lernfortschritte oder -lücken bzw. -schwierigkeiten, aber auch Leistungen von Lehrpersonen. Gegebenenfalls lassen Daten zum Login und zum Klickverhalten auf schulischen Lernplattformen auch Rückschlüsse darüber zu, ob einzelne Schüler:innen ihre Hausaufgaben gemacht haben oder ob und wie sie einzelne Lektionen des Unterrichts bearbeitet haben. Quasi automatisch werden Notendurchschnitte in Klassenarbeiten oder Fehlzeiten von Lehrer:innen erfasst und in Bezug zu Abschnittsquoten gesetzt. So ist es

praktisch für alle möglich, fast in Echtzeit Daten über Schüler:innen, aber auch über Lehrer:innen und Schulleitungen – quasi alle Akteure des Schulsystems – zu erzeugen und zunehmend auch automatisiert auszuwerten.

5.2 Hoffnung: Entlastung von Lehrer:innen und Schulleitungen

Lernkurven werden automatisch erzeugt, die Software errechnet und bestimmt automatisch die nächsten Lernziele; Anwesenheit, Beteiligung und Arbeitsweisen werden sichtbar. Durch die vermeintlich einfache und vor allem schnelle Aufbereitung von mehr oder weniger großen Datenmengen wird eine Entlastung von Lehrer:innen möglich, so das Versprechen vieler. Ein oft gehörtes Argument ist es, KI solle Lehrer:innen z. B. darin unterstützen, den Unterricht individueller zu gestalten. Lehrer:innen würden dann mehr Zeit gewinnen, sich individueller um einzelne Kinder kümmern zu können. Nimmt man Versprechungen entsprechender Apps und Lernsoftware ernst, können zudem mittels (vermeintlicher)[5] KI Lerninhalte sehr individuell auf einzelne Schüler:innen zugeschnitten werden, je nachdem, wie die Muster in den Lernendendaten generiert werden. Die Hoffnung der Datennutzung durch Künstliche Intelligenz geht sogar so weit, aufgrund bestimmter DNA-Sequenzen entsprechende Angebote gestalten zu können (Harden & Belsky, 2018) – was enorme Implikationen für ethische Fragen z. B. nach der Menschenwürde hat. Damit geht aber auch einher, dass zunehmend nicht mehr Lehrer:innen Unterricht gestalten, sondern er oder sie sich sehr viel stärker auf Entscheidungen von Software verlässt, die dann – so die Hoffnung – viel gerechter und weniger durch subjektive Eindrücke verzerrt Hinweise für Entscheidungen liefert. Damit können dann durch entsprechende Software u. a. Formen der Auswahl von Aufgaben und Rückmeldungen sehr individuell auf einzelne Schüler:innen zugeschnitten werden. Allerdings besteht neben ethischen Fragen hierbei die Gefahr, dass insbesondere der/die einzelne Schüler:in in der Masse verschwindet, wenn eine Künstliche Intelligenz zunehmend Entscheidungen über Lernziele und Lernfortschritt trifft. Zudem muss man sich immer vor Augen führen: Das Verhalten von Schüler:innen wird, wie in Kap. 2 dargelegt, mithilfe von Hochrechnungen und Wahrscheinlichkeiten aus großen Datensätzen

[5] Künstliche Intelligenz wird, wie in Kap. 2 dargelegt, nicht trennscharf verwendet. Und so locken unterschiedliche Anbieter von Lernsoftware mit dem Slogan »Künstliche Intelligenz«, auch wenn es in vielen Fällen dann »nur« Adaptivität ist (Schulmeister 2006).

immer nur ein*geschätzt*. Während dieses Vorgehen auf der einen Seite (vermeintlich) objektivere Rückmeldungen verspricht (vgl. Kap. 2 zur Abhängigkeit der Güte der Algorithmen von den Trainingsdaten), wächst auf der anderen Seite die Gefahr, das pädagogische Fallverstehen aus dem Blick zu verlieren und dem/der individuellen Schüler:in nicht mehr gerecht zu werden, es kommt zu einer »Standardisierung in der Individualisierung« (vgl. Schiefner-Rohs et al., 2021).

5.3 Dilemma: Deterministische Entscheidungen

Somit drängen sich durch Künstliche Intelligenz im Schulalltag auch Vergleiche zu gläsernen Schüler:innen bzw. Lehrer:innen förmlich auf, wenn pädagogische Entscheidungen einer vermeintlich objektiveren Künstlichen Intelligenz überlassen werden. Hinzu kommt, dass diese Daten zum einen nicht nur schnell aufbereitet und meist übersichtlich in Dashboards[6] dargestellt werden, sondern zudem prinzipiell von vielen Seiten einsehbar sind, sei es durch Kolleg:innen im Kollegium, sei es durch die Schulleitungen oder die Eltern. Damit verbunden wachsen Möglichkeiten von Überwachung und Kontrolle von Schüler:innen (vgl. Schiefner-Rohs et al., 2021). Zum anderen gibt es Hinweise aus Untersuchungen, dass Lehrende in hohem Maß auf die Empfehlungen der Software oder Lernplattform reagieren und diese meist – als vermeintlich objektiv und reliabel – übernehmen (vgl. Mai et al., 2021). So »wurden Lernende mit einer positiven Auszeichnung durch die Lernplattform [von Lehrenden, Anmerkung der Autor*innen] als leistungsfähiger beurteilt als andere Lernende« (Köchling, 2021, o. S.), obwohl den Lehrenden in der Untersuchung unklar blieb, worauf diese Entscheidungen eigentlich genau beruhten. Damit besteht die Gefahr, dass Leistung nicht mehr durch Lehrpersonen eingeschätzt wird und pädagogisch reflektierte Entscheidungen oder Einzelfallentscheidungen zunehmend in den Hintergrund treten.

Aber digital erzeugte und mit KI-Systemen verarbeitete Daten können nicht nur zur Analyse aktueller Entwicklungen von Schüler:innen genutzt werden, sondern zunehmend auch zur Vorhersage von Lernerfolgen oder Abschlusswahrscheinlichkeiten (sog. predictive analytics): je nachdem, wie sich Schüler:innen (und Lehrer:innen) verhalten, welche Muster sie in Lernsoftware zeigen (oder

[6] Auch die Frage, wie diese Dashboards zustande kommen und welche Merkmale/Bereiche durch Informatiker*innen als für die Bildung relevant erachtet werden, ist zu reflektieren (vgl. Waldmann und Walgenbach 2020).

auch in der Verknüpfung mit weiteren Datenquellen wie der Präsenz im Unterricht oder in der Bibliothek), können dann Vorhersagen darüber getroffen werden, wie sich diese Kinder und Jugendlichen aller Wahrscheinlichkeit nach entwickeln werden, ob sie beispielsweise die Lernziele erreichen oder nicht. Vorhergesagt werden kann aber ganz allgemein auch, auf einer anderen Ebene mit anderen Formen von Daten, ob Schulen in ihrer Arbeit erfolgreich sein werden oder nicht. Dies erscheint insbesondere für das Bildungswesen als problematisch, gehen wir doch implizit davon aus, dass zum einen Entwicklungen sich nicht linear gestalten und dementsprechend Vorhersagen schwierig sind und bleiben. Zum anderen zeichnet Bildungsprozesse gerade eine gewisse Form von Unbestimmtheit, also auch Unberechenbarkeit aus, die so verloren zu gehen scheint.

5.4 Künstliche Intelligenz als Indikator von Lernvorstellungen und Menschenbilder

Unbedacht bleibt bei der Nutzung von KI im Schulalltag meist, wie und mit welchem Verständnis von Bildung diese Daten generiert und verarbeitet werden (vgl. Kap. 2). Zu reflektieren ist daher zusammenfassend u. a., *warum* KI und damit auch digitale Daten eine solche Anziehungskraft für pädagogische Prozesse ausüben. Im Diskus um Künstliche Intelligenz werden so Fragen zu Lerntheorien und Menschenbildern virulent.

Das Thema KI und damit verbunden auch eine digitale Datennutzung in der Pädagogik ist Teil von allgemeinen Individualisierungs- und Transparenzbemühungen, die zunehmend auch die Schule treffen. Dahinter liegt oftmals der »Versuch einer technisch optimierten und damit, so die Hoffnung, technisch steuerbaren Lernanregung von (wiederum technisch modellierten) Individuen« (Hartong, 2019, S. 426). Modelliert werden Lernangebote, die zum einen auf einzelne Lernende (vermeintlich besser) eingehen. Zum anderen geben digitale Daten aber vor allem anderen Personen Aufschluss über so genannte Lernfortschritte oder Mediennutzungsmuster. KI und die damit verbundene *Datafizierung des Pädagogischen* verstärken durch ihre Regelhaftigkeit nicht nur Macht-Technologien, mittels deren Steuerung und Kontrolle erleichtert werden, sondern nähren auch die Hoffnung, es werde schon für jedes Problem eine technische Lösung geben. Algorithmen als Teil von Datafizierung und KI können daher als »Rationalitätsmythen« (Keiner, 2020, S. 61) begriffen werden. Damit einher geht auch ein latenter Wandel von Menschenbildern: So orientiert sich

die Pädagogik als Reflexionswissenschaft an einem eher teleologischen Entwicklungsmodell des Menschen mit dem Ziel von Mündigkeit (Schumann, 2015). Marotzki (2004) zufolge ist die

> »Beantwortung der Frage, was unter dem Menschen zu verstehen ist, (…) gleichsam das grundlegende Koordinatensystem, in das wir dann die Behandlung von Fragen des Lernens, der Beratung oder der Bildung einbetten« (ebd., S. 38).

Wenn allerdings Künstliche Intelligenz immer mehr pädagogische Entscheidungen trifft, stellt sich die Frage, welches Menschenbild sich darin zeigt, welchen Koordinaten darin gefolgt wird und wie (und ob) Mündigkeit erreicht werden kann. Schüler:innen (und Lehrer:innen) werden zunehmend als ›Daten-Subjekte‹ adressiert und somit (im Menschenbild der Informatik als Nutzende) auf (ihr) Lernen im medialen Vollzug reduziert. Denn »um soziale Anliegen zu vereinfachen und berechenbar zu machen, behandeln Algorithmen Menschen als Black Boxes, die rein über ihre messbaren Reiz-Reaktions-Beziehungen erfasst werden« (Stalder, 2016, S. 267 ff.). Dabei wird angenommen, dass das Verhalten von Menschen prinzipiell vorhersagbar und steuerbar sei – wenn nur genug Daten vorliegen. Dies wiederum kann auch die Zunahme von Vermessungspraktiken in der Schule klären. Wenn KI-Angebote nun vermeintlich Lehren und Lernen und damit wichtige Teile von Unterricht planen und in der Lehrer:innenbildung zunehmend eingesetzt werden, impliziert dies die Frage danach, welche Rolle pädagogische Ziele wie Mündigkeit und Souveränität in der Gestaltung von schulischen Bildungsangeboten (noch) spielen.

6 Fazit

Die Auseinandersetzung mit der Bedeutung künstlicher Intelligenz im schulischen Kontext hat gezeigt, dass dies für Schule und Unterricht ein wichtiges Thema auf ganz unterschiedlichen Ebenen ist. Die Bedeutung, die Anwendungen mit künstlicher Intelligenz in unserer Gesellschaft jetzt schon haben und in der Zukunft verstärkt haben werden, bedeutet eine Herausforderung für das Bildungssystem. Umso relevanter wird es im Bereich der Unterrichts- *und* Personalentwicklung an Schulen, dass *alle* pädagogischen Akteure durch Künstliche Intelligenz und Big Data erzeugte Daten durchaus auch kritisch bewerten und verantwortungsvoll damit umgehen. Wird nämlich Künstliche Intelligenz in Schule und Unterricht verwendet, stellt sich unweigerlich die Frage nach Verantwortung und Mündigkeit als Teil (medien-)pädagogischer Professionalisierung. Denn nicht zuletzt können

gesellschaftliche Transformationsprozesse von Lehrpersonen nur dann konstruktiv aufgenommen und mitgestaltet werden, wenn sie ihre eigenen Kompetenzen kontinuierlich weiterentwickeln und diese aktiv in die Gestaltung einer zukunftsorientierten Schule einbringen. Im Bereich der künstlichen Intelligenz – und der Mediatisierung und Digitalisierung generell – ist dies eine zentrale Voraussetzung für die gelungene Realisierung einer Medienbildung (vgl. Kap. 3), denn unter dem Aspekt von Medienbildung oder digitaler Bildung muss die jüngere Generation – und nicht nur sie – auf diese Herausforderungen angemessen vorbereitet werden. Dies bedeutet, dass Schüler:innen lernen zu verstehen, wie Anwendungen funktionieren, die mit künstlicher Intelligenz entwickelt wurden, dass sie verstehen, welche Auswirkungen dies auf unsere Gesellschaft und auf sie selbst haben kann und dass sie sich konstruktiv-kritisch in die entsprechenden Diskurse einbringen können. Die aufgeführten Beispiele zeigen, dass zum einen der Einfluss von KI-Anwendungen kritisch verfolgt werden muss, zum anderen in jedem Unterrichtsfach die Thematisierung von künstlicher Intelligenz möglich und notwendig ist. Dementsprechend sind die schulischen Curricula zu erweitern; auch ist in der Lehrer:innenbildung in allen drei Phasen die Professionalisierung für diese Thematik anzusprechen. Nur dann können Schüler:innen auf die Zukunft angemessen vorbereitet werden.

Literatur

Alpaydin, E. (2019). *Maschinelles Lernen* (2. Aufl.). De Gruyter Oldenburg.

BMBF [Bundesministerium für Bildung und Forschung] (Hrsg.). (2020). *Künstliche Intelligenz.* BMBF.

Budiharto, W., Cahyani, A. D., Rumondor, P. C. B., & Suhartono, D. (2017). EduRobot: Intelligent humanoid robot with natural interaction for education an entertainment. *Procedia Computer Science, 116*(2017), 564–570. https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.10.064.

Fend, H. (2008). *Neue Theorie der Schule.* VS.

Gesellschaft, F. (Hrsg.). (2018). *Maschinelles Lernen. Eine Analyse zu Kompetenzen, Forschung und Anwendung.* Fraunhofer Gesellschaft.

Haasler, G., Nordhofen, J., & Wolf, A. (2021): Wie viel Mensch ist drin? Ein Unterrichtsprojekt zu KI und maschinellem Lernen. *On – Lernen in der digitalen Welt, 2*(5), 20/21.

Hamisch, K., & Kruschel, R. (2019). Schlüsseltechnologie ›Künstliche Intelligenz‹ – Überlegungen zur Zukunft schulischer Bildung. In G. S. Huber (Hrsg.), *Jahrbuch Schulleitung 2019. Impulse aus Wissenschaft und Praxis. Schwerpunkt: Digitalisierung – Chancen für Schule und Unterricht* (S. 381–402). Carl Link.

Harden, K. P., & Belsky, D. W. (2018). *Predicting education from DNA?* BOLD – Blog on Learning and Development. https://bold.expert/predicting-education-from-dna/. Zugegriffen: 11. Okt. 2021.

Hartong, S. (2019). Bildung 4.0? Kritische Überlegungen zur Digitalisierung von Bildung als erziehungswissenschaftliches Forschungsfeld. *Zeitschrift für Pädagogik, 66*(3), 424–444.

Herzig, B. (2019). Digitalisierung und Mediatisierung: Herausforderungen für die Schule. *Loccumer Pelikan, Religionspädagogisches Magazin für Schule und Gemeinde des Religionspädagogischen Instituts Loccum, 1*(2019), 4–9.

Herzig, B. (2021). Institutionen der Medienpädagogik: Schule und Medien. In U. Sander, F. von Gross, & K.-U. Hugger (Hrsg.), *Handbuch Medienpädagogik* (S. 1–11). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-25090-4_95-1.

Hwang, G.-J., Xie, H., Wah, B. W., & Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of Artificial Intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 1*(2020), 1–5. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001.

Keiner, A. (2020). Algorithmen als Rationalitäts mythos. In C. Leineweber & C. de Witt (Hrsg.), *Algorithmisierung und Autonomie im Diskurs* (S. 47–67). https://doi.org/10.18445/20200727-094744-0.

KMK [Kultusministerkonferenz]. (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz.* Beschluss vom 08.12.2016.

KMK [Kultusministerkonferenz]. (2019). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Beschluss der Kultusministerkonferenz* vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019.

Köchling, A. (2021). *Lernplattformen in der Hochschullehre: Lassen sich Lehrende von Learning Analytics beeinflussen?* Hochschulforum Digitalisierung. https://hochschulforumdigitalisierung.de/de/blog/learning-analytics-diskriminierung. Zugegriffen: 8. Okt. 2021.

Köhler, T., Igel, C., & Wollersheim, H.-W. (2018). Szenarien des Technologie Enhanced Learning (TEL) und Technology Enhanced Teaching (TET) in der akademischen Bildung. Eine Prognose für das nächste Jahrzehnt. In B. Getto, P. Hintze, & M. Kerres (Hrsg.), *Digitalisierung und Hochschulentwicklung* (S. 264–278). Waxmann.

Lufeng, H. (2018). Analysis of new advances in the application of Artificial Intelligence to education. In M. Pavlova & R. He (Hrsg.), *Proceedings of the 2018 3rd international conference on education, e-learning and management technology (EEMT 2018)* (S. 608–611). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/iceemt-18.2018.118.

Mai, L., Köchling, A., & Wehner, M. (2021). ›This student needs to stay back‹: To what degree would instructors rely on the recommendation of learning analytics? In *Proceedings of the 13th international conference on computer supported education (CSEDU 2021)*, Bd. 1, S. 189–197.

Marotzki, W. (2004). Der Mensch als Maschine? Lehren und Lernen. *Zeitschrift des Landesinstituts für Erziehung und Unterricht, 2*, 38–44.

Martin, A., & Herzig, B. (2021). Pädagogikunterricht und Digitalisierung: Fachliches Lernen digital und digitales Lernen fachlich denken. *Pädagogik Unterricht: Die Fachzeitschrift für die pädagogische Fächergruppe, 41*(1), 4–22.

OECD. (2019). *Bildung auf einen Blick*. OECD.

Rietz, C., & Völmicke, E. (2020). Künstliche Intelligenz und das deutsche Schulsystem. Warum es das Wissen um die Algorithmen braucht. In A. Ternès von Hattburg & M. Schäfer (Hrsg.), *Digitalpakt – was nun? Ideen und Konzepte für zukunftsorientiertes Lernen* (S. 89–96). Wiesbaden: Springer VS.

Schiefner-Rohs, M., Hofhues, H., & Breiter, A. (2021). Daten nutzen lernen. Erste Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt »Aid«. *On – Lernen in der digitalen Welt, 2*(5), 12–13.

Schulmeister, R. (2006). *eLearning: Einsichten und Aussichten*. de Gruyter.

Schumann, K. (2015). *Menschenbilder in Erziehungswissenschaft, Neurowissenschaften und Genetik*. Beltz.

Stalder, F. (2016). *Kultur der Digitalität*. Suhrkamp.

Tulodziecki, G., Herzig, B., & Grafe, S. (2021). *Medienbildung in Schule und Unterricht* (3. Aufl.). Klinkhardt.

Waldmann, M., & Walgenbach, K. (2020). Digitalisierung der Hochschulbildung. Eine kritische Analyse von Learning-Analytics-Architekturen am Beispiel von Dashboards. *Zeitschrift für Pädagogik, 66*(3), 357–372.

Zehner, F. (2019). Künstliche Intelligenz. Ihr Potenzial und der Mythos des Lehrkraft-Bots. *Schulmanagement-Handbuch, 38*(169), 6–30.