

Schlussbericht

KI@Bildung: Lehren und Lernen in der Schule mit Werkzeugen Künstlicher Intelligenz

im Auftrag von

Deutsche Telekom Stiftung

vorgelegt von

mmb Institut – Gesellschaft für Medien- und Kompetenzforschung mbH

Folkwangstraße 1

45128 Essen

Deutschland

www.mmb-institut.de

unter Mitarbeit von

Dr. Ulrich Schmid (mmb Institut)

Dr. Berit Blanc (mmb Institut)

Michael Toepel

Prof. Dr. Niels Pinkwart (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz)

Prof. Dr. Hendrik Drachsler (DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation)

Inhalt

Management Summary.....	4
1 Einleitung – Fragestellung	7
2 Begriffsbestimmungen: Intelligente Lerntechnologien und KI im schulischen Kontext	9
2.1 KI-Anwendungen im schulischen Bildungsbereich.....	10
2.2 Drei Einsatzebenen von KI im schulischen Bildungsbereich	13
2.3 KI als Problemlöser?	17
3 Marktanalyse	19
3.1 Übergreifende Ergebnisse der Recherche.....	19
3.2 Anwendungsbeispiele: Typisches und Besonderes.....	21
4 Potenziale, Herausforderungen und Risiken.....	29
5 KI zwischen Wahrscheinlichkeit und Wünschbarkeit.....	35
6 Schlussfolgerungen	37
7 Literaturverzeichnis.....	40
8 Anhang.....	42
8.1 Methodenüberblick.....	42
8.2 Recherche: Kategoriensystem für die Erfassung und Analyse	42
8.3 Online-Befragung zu Potenzialen und Trends.....	44
8.3.1 Fragebogen.....	44
8.3.2 Ergebnisse zu Potenzialen und Einflussfaktoren in Diagrammen	54
8.4 Experten-Workshop „KI@Schule – Zwischen Wunsch und Wirklichkeit“	57
8.4.1 Ablauf	57
8.4.2 Teilnehmende Expertinnen und Experten	58

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Häufig genannte KI-Technologien in der schulischen Bildung	10
Abbildung 2: Mögliche Anwendungsfelder von KI im schulischen Bildungsbereich	14
Abbildung 3: Anwendungsfelder von KI@Schule: Mikro-Ebene	14
Abbildung 4: Anwendungsfelder von KI@Schule: Meso-Ebene	15
Abbildung 5: Anwendungsfelder von KI@Schule: Makro-Ebene	16
Abbildung 6: Herkunft der 99 recherchierten KI-Anwendungen.....	20
Abbildung 7: Verteilung der 99 recherchierten auf Mikro-, Meso- und Makro-Ebene.....	21
Abbildung 8: Matrix KI@Schule-Szenarien zwischen Wahrscheinlichkeit und Wünschbarkeit (Farblegende für Punkte: blau – Makro-Ebene, gelb – Meso-Ebene, rot – Mikro-Ebene)	35
Abbildung 9: Aufbau der vorliegenden Trendstudie	42
Abbildung 10: Ergebnis Online-Befragung: Befürwortung KI@Schule	54
Abbildung 11: Ergebnis Online-Befragung: Sinnvolle Ziele von KI@Schule.....	54
Abbildung 12: Ergebnis Online-Befragung: Technische Machbarkeit verschiedener KI@Schule- Szenarien	55
Abbildung 13: Ergebnis Online-Befragung: Wunsch nach verschiedenen KI@Schule-Szenarien	55
Abbildung 14: Ergebnis Online-Befragung: Wahrscheinlichkeit verschiedener KI@Schule-Szenarien	56
Abbildung 15: Ergebnis Online-Befragung: Bedeutung verschiedener Einflussfaktoren bei der Einführung von KI@Schule	56
Abbildung 16: Ergebnis Online-Befragung: Wichtigste Maßnahmen bei der Einführung von KI@Schule	57

Management Summary

KI-gestützte, lernförderliche Technologien, d.h. Lösungen, die auf Technologien wie Machine Learning, Educational Data Mining oder Learning Analytics basieren, bieten erhebliche Potenziale für alle Bereiche der schulischen Bildung: Auf der Makro-Ebene (Schul-Organisation) können mittels Data-Mining und Analytics z.B. Evaluations- und Planungsprozesse optimiert werden. Auf der Meso-Ebene (Unterrichtsgeschehen) werden neue Formen des Assessments, Gradings, Tutorings und Classroom-Managements möglich. Vor allem jedoch eröffnen „intelligente“ Lernanwendungen auf der Mikro-Ebene – also für den Lernprozess selbst – vielfältige neue Möglichkeiten, indem individualisiertere Lernformen und Assistenzsysteme sowie automatisierte Leistungsbewertungen, Lernempfehlungen und Prognosen realisiert werden können.

Davon können die Schülerinnen und Schüler profitieren, insbesondere auch diejenigen mit besonderem Förderbedarf. Aber auch den Schulleitungen und vor allem den Lehrkräften bieten intelligente assistive Systeme vielfältige Unterstützungs- und Entlastungsmöglichkeiten rund um das Schul- und Unterrichtsgeschehen. Zugleich eröffnen sie im Idealfall auch größere pädagogische Freiräume.

Aus Sicht der empirischen Bildungsforschung sowie der Lerntheorie werden jedoch auch immer wieder Zweifel an den Verheißungen KI-gestützter Lerntechnologien vorgebracht. Kritik macht sich u.a. an den zugrundeliegenden didaktischen Konzepten vermeintlich „intelligenter“ Lernanwendungen fest; auch sind die behaupteten lernfördernden Effekte KI-gestützter Anwendungen bislang zu wenig untersucht, und es fehlt generell an Evaluationen der verschiedenen Anwendungspotenziale (z.B. im Bereich des Automated Assessments und Gradings). Nicht zuletzt sind datenschutzrechtliche und ethische Fragestellungen gerade im Bereich der schulischen Bildung von vorrangiger Bedeutung.

Grundsätzlich ist zu konstatieren, dass KI als eine Art „Basistechnologie“ inzwischen in nahezu jeder modernen Bildungstechnologielösung steckt, seien dies Lernplattformen oder BildungscLOUDs, Kollaborationswerkzeuge oder eben Selbstlernsoftware in all ihren Spielarten. KI ist nie eine „Stand-Alone“ Anwendung, sondern immer integriert in eine wachsende Vielzahl von Geräten, Systemen und Anwendungen. Im Blick auf die Angebots- und Markt-Situation konnten folgende Trends identifiziert werden:

- a) Neben der Entwicklung „intelligenter“ Features und Funktionen für nahezu alle zeitgemäßen Bildungslösungen können sich immer mehr explizit KI-gestützte Produkte im schulischen Bildungsmarkt etablieren, z.B. sprachbasierte Tutoring- und Assistenz-Systeme, adaptive Lernsoftware oder auch Anwendungen für das automatisierte Assessment, Grading und Scoring.
- b) Vor allem in den USA und in China aber auch in Israel¹ zeigen sich recht dynamische Aktivitäten in Forschung und Produktentwicklung. Europa fällt dagegen zurück und in Deutschland lassen sich bisher nur vereinzelt relevante Forschungsaktivitäten und im Markt etablierte Anwendungen finden.

¹ Wenngleich in dieser Studie nicht näher untersucht, sollen die in den vergangenen Jahren deutlich forcierten Aktivitäten der israelischen Regierung für KI und Bildung hier nicht unerwähnt bleiben: Ein guter Überblick findet sich hier: <https://www.mop.education/wp-content/uploads/AI-in-education-lab-a-summary-0920.pdf>

- c) Schätzungsweise ein Drittel der im Rahmen dieser Studie recherchierten KI-basierten Bildungs-Anwendungen befinden sich noch im Entwicklungsstadium.
- d) Die meisten etablierten Produkte adressieren bislang den „Nachmittagsmarkt“, also den großen Bereich der Nachhilfe und des Selbstlernens. Dabei handelt es sich um Anwendungen, die ein personalisiert-adaptives Lernerlebnis mit entsprechenden Übungen und Analysefunktionen verbinden und dadurch ein effizienteres Lernen – insbesondere in Bereichen des sogenannten „regelbasierten Lernens“ wie den MINT-Fächern und beim Spracherwerb – versprechen.
- e) Ungenutzte Potenziale von KI-Lösungen werden derzeit insbesondere im Bereich der Unterrichts- und Schulorganisation gesehen. Perspektivisch sind Anwendungsentwicklungen auch in konzept-basierten Lernbereichen sowie in Segmenten jenseits kognitiver Kompetenzen zu erwarten (d.h. meta-kognitive, soziale und kommunikative sowie emotionale Kompetenzen).
- f) Forschungsbedarf besteht vor allem im Blick auf didaktische Aspekte und Fragen der Lernwirksamkeit sowie hinsichtlich der nicht unerheblichen ethisch-rechtlichen Herausforderungen, die mit der umfassenden Datennutzung und -auswertung in Lernprozessen einhergehen.
- g) Neben offenen Fragen im Blick auf Datenschutz und Datensicherheit muss im Bereich des Lernens dringend die Problematik der Biased Data bzw. der Biased Algorithms – also unzureichender Datenressourcen und entsprechend fehlerhafter KI-Algorithmen – geklärt werden.

Bei der Bewertung der verschiedenen KI-Szenarien im Bildungsbereich äußern sich die in dieser Studie befragten Expertinnen und Experten eher zurückhaltend, zumal die Diskrepanz zwischen Versprechungen und Realität nicht zu übersehen ist. Das gilt besonders im Blick auf die eher ambitionierteren KI-Szenarien im Schulbereich. Einige der zentralen KI-Visionen für die schulische Bildung, wie z.B. das individualisierte Lernen und virtuelle Assistenten, stoßen zwar auf generelle Zustimmung der Befragten, allerdings immer ergänzt um Zweifel an der technischen Realisierbarkeit und Evidenz. Andere visionäre KI-Konzepte, v.a. wenn es um automatische Einstufungen und Prognosen geht (also „Predictive Analytics“), werden weder als technologisch realisierbar noch als pädagogisch wünschenswert betrachtet.

Perspektivisch schließt diese Studie mit vier strategischen Empfehlungen:

- 1. Didaktischer Innovationsprozess mit Raum zum Experimentieren:** Angesichts des starken Wettbewerbs mit chinesischen und amerikanischen Lerntechnologieanbietern sollte hierzulande nicht nur stärker in Forschung und (Produkt-) Entwicklung investiert werden, sondern vor allem auch in die praktische Erprobung und „Erdung“ dieser Technologien im deutschen Schulalltag. Daher lautet die erste Empfehlung dieser Untersuchung, didaktisch orientierte Innovationsprozesse anzuregen und neue Räume und Möglichkeiten für das Experimentieren mit intelligenten Anwendungen zu schaffen. Denkbar wäre hierfür beispielsweise auch die Einrichtung besonderer „KI-Innovationsschulen“.
- 2. „Co-Teaching“ und „Assisted Learning“ als Leitbilder etablieren:** Ein zentrales Argument für die Akzeptanz KI-basierter Anwendungen im schulischen Bereich ist deren vorwiegend „assistive“ Funktion. Überall dort, wo KI-gestützte Technologien die Lehrkräfte künftig bei ihren wachsenden Aufgaben wirksam, zuverlässig und datenschutzkonform entlasten – und zugleich aufwandsarm eingesetzt werden können – werden diese absehbar auch positiv auf- und

angenommen. Der zunehmende Lehrkräftemangel wird dies noch verstärken. Aus didaktischer Sicht besteht zudem ein breiter wissenschaftlicher Konsens, dass KI-gestützte Systeme nicht ersetzend, sondern vielmehr ergänzend-begleitend zu Präsenz-Lernsettings einzusetzen sind („Co-Teaching“ und „Assited Learning“ in hybriden Lernarrangements und Flipped Classroom-Settings etc.).

- 3. Die weitere Entwicklung KI-basierter Anwendungen durch Bereitstellung sicherer Datenressourcen („Data-Lakes“) fördern:** Die Frage der Datennutzung für Entwicklung und Anwendung intelligenter Lösungen spielt die vielleicht wichtigste Rolle. Denn einerseits hängen auch in Zukunft selbstlernende KI-Verfahren im Wesentlichen davon ab, ob ausreichende Datenressourcen für das Machine Learning bereitgestellt werden können. Andererseits werden solche Anwendungen gerade im Schulbereich nur akzeptiert, wenn es dafür verlässliche, sichere und ethisch begründete Verfahren und Regeln gibt. Ein möglicher Weg dorthin könnten sogenannte „Data Lakes“ sein, d.h. die Einrichtung relevanter – jedoch anonymisierter und pseudonymisierter – Test-Datenbestände für die Entwicklung künftiger KI-Algorithmen im EdTech-Bereich.
- 4. Qualifizierung des Lehrpersonals ausbauen und KI als Bildungsthema im Unterricht etablieren:** Als künftige Basistechnologie sollte KI einerseits dringend in die schulischen Bildungspläne und den Fachunterricht aufgenommen werden, andererseits sollten die Lehrkräfte in ihrer Aus- und Fortbildung dazu befähigt werden, KI-gestützte Lerntechnologien fachdidaktisch sinnvoll anzuwenden und (kritisch) zu reflektieren. Es geht um den Aufbau pädagogischer Handlungsfähigkeit im Zeichen einer zunehmenden algorithmischen Durchdringung von Lern- und Bildungsprozessen. Die pädagogischen Kompetenzanforderungen werden vor diesem Hintergrund nicht ab-, sondern vielmehr zunehmen.

Fügt man die in dieser Studie präsentierte Markt- und Trendanalyse mit dem aktuellen wissenschaftlichen Diskurs zu den Herausforderungen der KI-Nutzung im schulischen Umfeld zusammen, so ist zu erwarten, dass in den kommenden Jahren eine deutlich zunehmende Integration von KI-Komponenten in Medien, Werkzeuge und Plattformen für digital unterstütztes Lernen und Lehren in der Schule stattfinden wird. Neben Einzelapplikationen mit je begrenztem Einsatzbereich (z.B. für den Spracherwerb oder das Schulmanagement) könnten sich zwei technologische Schwerpunkte herausbilden: a) die intelligente Lerncloud als hochverfügbare Infrastruktur, mit entsprechenden Derivaten auf Landes-, Schulkreis- oder gar Schulebene, und b) der „Learning Companion“ als permanent zugänglicher persönlicher Lern-Assistent.

1 Einleitung – Fragestellung

Fußballzuschauer kennen es schon lange aus den TV-Übertragungen und Fußball-Apps: ausführliche statistische Auswertungen zu Ballbesitz und Laufstrecken, Passquoten oder Torschüssen. Doch die heutigen Mess- und Beobachtungsinstrumente ermöglichen noch viel weitergehende Analysen, z.B. zu Antrittsgeschwindigkeit und Passgenauigkeit, zu Schusswinkel, Atemfrequenz und Fitness: all dies wird permanent getrackt und erfasst. Kein noch so aufmerksames Trainerteam könnte derartig viele Informationen permanent wahrnehmen und auswerten. Mittels Videoüberwachung, Wearables (körpernahen Sensoren) und automatischer Gesichtserkennung wird jedoch genau dies möglich: Intelligente Systeme „erkennen“ die Verhaltens-Muster und Leistungsprofile Einzelner ebenso wie ganzer Teams. Möglich werden dadurch nicht nur differenzierte Aussagen zur Qualität von Zweikampfverhalten oder Positionsspiel, sondern auch datenbasierte Entscheidungshilfen und Prognosen im Blick auf Spielentscheidungen und Trainingspläne. Und mehr noch: sogar strategische Entscheidungen wie z.B. Spieler-Transfers finden heute „KI-unterstützt“ statt, sprich auf Basis umfassender, algorithmisch generierter Leistungsanalysen.

Was Startups wie „SkillCorner“ oder „AiCOACH“ für Fußball und andere Sportarten erfolgreich realisieren, findet selbstverständlich auch Eingang in den Bildungs- und Schulbereich, denn wieso sollte, was im Sport-Coaching funktioniert, nicht auch schulische Lernprozesse befördern? Insbesondere chinesische Schulen experimentieren bekanntlich schon lange mit dem Einsatz von Face- und Voice-Recognition Systemen aber auch mit Wearables zur Messung von „Experiential Data“, wie z.B. Körpertemperatur und Gehirnströmen, Puls und Herzfrequenz, Augen- und Körperbewegungen etc., um daraus Rückschlüsse auf Aufmerksamkeit, Verständnisprobleme und Konzentrationsstörungen zu ziehen oder auch um künftige Leistungen oder Prüfungserfolge zu prognostizieren (vgl. u.a. <https://www.youtube.com/watch?v=JMLsHI8aV0g>).

Und auch in Deutschland gibt es derartige Experimente: z.B. in dem Projekt „Hypermind“ des Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) und der Technischen Universität (TU) Kaiserslautern. Hier wurde ein intelligentes Schulbuch entwickelt, das mittels Eyetracking die Blickbewegungen von Schülerinnen und Schülern analysierte, wodurch Lernschwierigkeiten aufgezeigt und individuelle Lernwege („adaptive learning“) ermöglicht werden sollten. In eine ähnlich Richtung geht auch das Nachhilfe-Unternehmen „GoStudent“, das mithilfe eines KI-Tools („iMotions“) die Lernerfahrungen der Schülerinnen und Schüler anhand einer KI-basierten Mimik-Analyse verbessern möchte.

Voraussetzung für derartige Analysen sind freilich umfassende (Vergleichs-)Daten der Lernenden bzw. deren Verhalten, Interaktion, Kommunikation, Mimik etc. Solche Daten fallen heute in großem Umfang bei der Nutzung digitaler und mobiler Lerntechnologien an: Sehr einfach „getrackt“ werden z.B. Klicks und Navigationsmuster, Verweildauer, Anzahl an Wiederholungen, Schwierigkeitsniveaus, Texteingaben und Suchanfragen; hinzu kommen Ergebnisse aus Online-Prüfungen sowie explizite Evaluationen und Leistungs-Assessments usw.

Ähnlich wie beim Fußballtraining wäre es wohl auch im Schulunterricht keiner noch so aufmerksamen Lehrkraft möglich, auch nur einen Bruchteil dieser Informationsmenge allein durch aufmerksame Beobachtung zu gewinnen - geschweige denn zu analysieren. Denn all diese automatisch generierten Daten fließen ein in komplexe statistische Auswertungen und bilden die

Grundlage für intelligente, selbstlernende Algorithmen („Machine Learning“), die eine Vielzahl von Anwendungen und Services rund um schulische Lernprozesse ermöglichen. Um genau solche Möglichkeiten soll es auf den folgenden Seiten gehen. Dabei sind drei Fragen leitend:

1. Welche **Potenziale** verbinden sich generell mit KI im Bereich der schulischen Bildung?
2. Welche **Anbieter und Anwendungen** haben sich bereits im Markt positioniert oder etabliert?
3. Welche **Herausforderungen** und vielleicht auch Risiken stehen den Potenzialen gegenüber und wie kann man damit strategisch umgehen?

Die folgenden Untersuchungsergebnisse erhalten nicht zuletzt auch durch die Corona-Krise und den damit einhergehenden Digitalisierungsschub an unseren Schulen eine besondere Relevanz. Die Frage ob moderne – und das bedeutet nahezu immer auch KI-gestützte – Bildungstechnologien dazu beitragen können, die aktuellen Herausforderungen in Sachen Bildungsgerechtigkeit, Heterogenität und Förderung benachteiligter Kinder zu bewältigen, stellt sich vor diesem Hintergrund in neuer Dringlichkeit. In diesem Bericht werden Beispiele und Anwendungen beschrieben, die genau dies zum Ziel haben: das schulische Lernen mittels intelligenter, adaptiver Systeme zu verbessern und grundsätzlich Lernprozesse zu ermöglichen, die den individuellen Fähigkeiten und Bedarfen der Kinder besser entsprechen.

Doch die Einsatzmöglichkeiten intelligenter Systeme in der Schule gehen – durchaus in Analogie zum Sportbereich – weit über den individuellen Lernprozess hinaus: Denn auch auf der Ebene der Klasse und Lerngruppe ermöglichen intelligente Anwendungen wie z.B. digitale Assessments und „automated grading“ oder auch Leistungsdatenevaluationen und Empfehlungssysteme neue und manchmal auch direktere Formen des didaktischen Feedbacks – quasi in „Echtzeit“. Und was im Sport der automatisch generierte individuelle Trainingsplan ist, findet sein schulisches Gegenstück im adaptiven Lernpfad: beides basiert auf Datenressourcen, die über den Informations-Horizont des einzelnen Schülers bzw. Sportlers, des Lehrers bzw. Trainers hinausgehen.

Schließlich finden KI-Systeme auch auf der Ebene der „Institution Schule“ neue Einsatzfelder - wenn es etwa darum geht, Evaluationen und Berichte für die Schulaufsicht, oder Diagnosen und Prognosen im Bereich des Schulmanagements (z.B. Personal-, Ressourcen- und Raumplanung) „automatisch“ zu generieren. Gerade in diesem, häufig übersehenen, jedoch sehr wichtigen schulischen Handlungsbereich könnten erhebliche technologische Effizienz- und Verbesserungspotenziale schlummern.

In dem Bemühen, eine nüchterne und Evidenz-basierte Einschätzung der KI-basierten Lerntechnologien zu leisten, beschreibt dieser Bericht nicht nur Anwendungspotenziale, Technologie- und Markttrends, sondern nimmt selbstverständlich auch die Risiken und die strategischen Entwicklungsperspektiven in den Blick.

2 Begriffsbestimmungen: Intelligente Lerntechnologien und KI im schulischen Kontext

Das Ziel der Künstlichen Intelligenz ist, wie der ehemalige Direktor des DFKI Wolfgang Wahlster formulierte: „intelligentes Verhalten auf Computern abzubilden, um damit den Menschen physische oder kognitive Assistenzfunktionen anbieten zu können“. Wobei, wie er betont, KI heute in nahezu alle modernen IT-Systemen unserer vernetzten Arbeits- und Lebenswelten integriert ist, seien dies industrielle Steuerungssysteme oder Navigationsapps, Suchmaschinen oder soziale Netzwerke, „smarte“ Zahnbürsten oder Kühlschränke. KI ist demnach eine Basistechnologie, es gibt, so Wahlster, „kein System, das einzig aus KI-Komponenten besteht.“ (Scheer, 2018: 7)

Dies gilt, wie wir sehen werden, in besonderer Weise auch für digitale Bildungstechnologien. Denn viele der heutigen Schulverwaltungs-, Planungs- und Lernsysteme verfügen in der Regel auch bereits über „smarte“ Features: z.B. Lernplattformen, die automatisch verschiedene „Sichten“ auf die Profil- und Leistungsdaten der Schülerinnen und Schüler ebenso wie der Lehrkräfte generieren, oder Schulmanagementsysteme, die Daten zu Raum- und Ressourcennutzung, Ausfallzeiten und Vertretungsplänen aggregieren und daraus Planungsvorschläge ableiten. Oder eben Lernanwendungen, die aus den jeweiligen Bearbeitungszeiten oder Testergebnissen individuelle Lernempfehlungen generieren.

Wenngleich es sich dabei zweifellos um „kognitive Assistenzfunktionen“ handelt, würden aus Sicht der aktuellen KI-Forschung manche vielleicht zögern, diese Anwendungen bereits als „intelligent“ zu bezeichnen. Denn nach dem aktuellen Selbstverständnis der Artificial Intelligence Forschung, geht es bei KI nicht allein um „assistive“ Funktionen, sondern vielmehr darum, „das menschliche Denk-, Entscheidungs- und Problemlösungsverhalten ... durch computergestützte Verfahren ab- und nachbilden zu können“ (Bendel, 2020: 59). Mit anderen Worten: Intelligente Geräte oder Anwendungen sollen ähnlich lernfähig werden wie Menschen - und auf dieser Grundlage auch eigenständige Diagnosen erstellen und Entscheidungen treffen. KI-Systeme in der schulischen Bildung könnten dann z.B. das Kompetenzniveau einer Schülerin bzw. eines Schülers, einer Lerngruppe oder auch einer ganzen Schule vergleichend analysieren und den Handelnden – seien es Lernende, Lehrende oder andere Entscheidungsträger – gezielte Empfehlungen geben.

Was ist Künstliche Intelligenz?

Ab Mitte der 1950er Jahre bezeichnete der Begriff „Künstliche Intelligenz“ ein Forschungsgebiet der damals noch jungen Informatik. Der Begriff wurde in der Hoffnung gewählt, Computern (wörtlich: „Rechnern“) Fähigkeiten zu übertragen, die sie als „intelligent“ erscheinen lassen, wie z. B. das Führen eines Dialogs oder das Übersetzen eines Textes in eine andere Sprache. Da schon der Begriff der menschlichen (biologischen) Intelligenz sehr vage ist und keine allgemein akzeptierte Definition besteht, ist es bisher nie zufriedenstellend gelungen, eine allgemein akzeptierte Definition von KI zu geben, die alle relevanten Aspekte enthält. Hinzu kommt, dass KI heute als Sammelbegriff verwendet wird, der neben dem inzwischen großen Forschungsgebiet sowohl Technologien (von Expertensystemen bis hin zum maschinellen Lernen) als auch Systeme und Anwendungen (z. B. autonome Fahrzeuge, smarte Assistenten oder Empfehlungssysteme) bezeichnet. Auch in diesen beiden Feldern gibt es definitorische Debatten. Umstritten ist beispielsweise, ob unter KI – wie heute vielfach üblich – nur lernende Systeme gezählt werden sollten. Auch bei den Anwendungen, die in der Regel aus

sehr vielen Komponenten bestehen, ist es schon heute kaum möglich, zu sagen, wo genau „einfache“ Digitalisierung aufhört und wo KI beginnt.

Zum „intelligenten“ Verhalten von Maschinen gehören jedenfalls die Fähigkeiten zur (visuellen) Wahrnehmung, zur Mustererkennung, zur Simulation selbstständigen Lernens, zum Treffen von Entscheidungen und von Vorhersagen, zum eigenständigen Finden von Problemlösungen, zur Sprach- und Gesichtserkennung oder zum (logischen) Schlussfolgern (vgl. de Witt, Pinkwart, Rampelt 2020).

2.1 KI-Anwendungen im schulischen Bildungsbereich

Aufgrund der Vieldeutigkeit des KI-Begriffes ist es vielleicht hilfreich, anstatt der abstrakten Begriffsdefinition den Blick etwas stärker auf die konkrete KI-Anwendungswelt zu richten. Diesem Zweck dient die folgende Abbildung, in der einige der speziell im schulischen Bildungskontext immer wieder genannten KI-Technologien aufgereiht sind.²



Abbildung 1: Häufig genannte KI-Technologien in der schulischen Bildung

Betrachten wir die genannten Technologien kurz im Einzelnen:

² Dabei ist anzumerken, dass die hier genannten Begriffe und Technologien nicht demselben Ordnungssystem angehören: grundlegende KI-Verfahren wie z.B. „Machine Learning“ oder „Data Mining“ stehen hier neben praktischen Anwendungen wie z.B. „Chatbots“ oder „Automated Grading“ u.ä. Diese Art der Zusammenstellung soll jedoch v.a. dazu dienen, die mit KI-assoziierten Technologien im Blick auf die schulische Bildung übersichtlich darzustellen.

1. ITS = Intelligent Tutoring Systems

Intelligente, lernunterstützende Assistenz-Systeme (ITS = Intelligent Tutoring Systems) kombinieren menschliche Kommunikations- und Interaktionsformate (z.B. natürliche Sprache, Chatbots etc.) mit Verfahren des Machine Learnings und der Learning Analytics bzw. des Educational Data Minings. Denn das Erkennen von Lern-Mustern und sämtliche darauf basierenden Entscheidungs-, Prognose und Empfehlungsprozesse, wie sie auch aus anderen „intelligenten“ Services bekannt sind (z.B. Shopping- und Datingplattformen oder Navigationssysteme), setzen vor allem große und qualifizierte Datenressourcen voraus. Nur Systeme, die neben individuellen Lernerdaten auch die Kompetenzprofile von möglichst vielen anderen Lernern mit ähnlichen Qualifikationen, im selben Alter oder Geschlecht mit vergleichbaren Leistungsprofilen und Lernzielen etc. kennen und auswerten, werden dazu in der Lage sein, nützliche Aussagen zu den individuellen Qualifikationsbedarfen oder sogar verlässliche didaktische Beurteilungen und Hilfestellungen zu generieren. Reichweitenstarke Angebote mit vielen (hundert-) tausenden Nutzern (wie z.B. MOOCs) sind dabei klar im Vorteil.

2. Machine Learning und Deep Learning

Treiber für die aktuellen technologischen Entwicklungen sind derzeit Maschinelles Lernen und Deep Learning als Teilgebiet des Maschinellen Lernens. Ein künstliches System lernt aus Beispielen und kann diese nach Beendigung der Lernphase verallgemeinern. Dazu bauen Algorithmen beim maschinellen Lernen ein statistisches Modell auf, das auf Trainingsdaten beruht. Das heißt, es werden nicht einfach die Beispiele auswendig gelernt, sondern Muster und Gesetzmäßigkeiten in den Lerndaten erkannt. So kann das System auch unbekannte Daten beurteilen (Lerntransfer) oder aber am Lernen unbekannter Daten scheitern. Methoden des Maschinellen Lernens werden häufig für Klassifikations- und Vorhersageaufgaben verwendet und entweder zur Entscheidungsunterstützung oder zur automatischen Steuerung eingesetzt.

Maschinelles Lernen lässt sich in drei Typen von Lernalgorithmen einteilen: Supervised, Unsupervised und Reinforcement Learning³. Beim Überwachten Lernen sind die Ausgangsdaten, mit denen sich das System trainiert, bereits gekennzeichnet (alle Katzenbilder sind mit dem Metadatum „Katze“ gekennzeichnet). Der Algorithmus verwendet dann diese Daten, um ähnliche Dinge taxonomisch zutreffend einzuordnen. Beim Nicht-Überwachten Machine Learning sind die in das System eingespeisten Informationen nicht mit Metadaten gekennzeichnet, und die KI hat die Aufgabe, typische Muster in Merkmalen eigenständig zu identifizieren und die Daten entsprechend zu kategorisieren. Letzteres kam beispielsweise bei den Schach- und Go-Programmen der Google-Tochter DeepMind zum Einsatz.

Bei den für maschinelles Lernen im Bildungsbereich erforderlichen Daten handelt es sich in der Regel in hohem Maße um persönliche Daten (wie z.B. individuelle Leistungsdaten, Noten, Testergebnisse etc.), womit sich besonders hohe Anforderungen an Datensicherheit und Datenschutz verbinden.

3. NLP (Natural Language Processing/Understanding) und ASR (Automatic Speech Recognition)

ASR und NLP/U Anwendungen ermöglichen textliche oder sprachbasierte Dialog- und Interaktionsformen, die an die Qualität standardisierter menschlicher Informationsgespräche heranreichen – und diese an manchen Stellen sogar übertreffen, indem Dialoge und Informationen protokolliert, analysiert und z.B. auch per eMail übermittelt werden können. NLP/U bedeutet, dass ein Computersystem KI verwendet, um natürliche, gesprochene Sprache oder Texte zu verarbeiten, einzelne Wörter zu identifizieren und die Bedeutung von ganzen Sätzen und Phrasen einschließlich Ton und Kontext zu bestimmen. Beispiele hierfür sind Online-Kundenservice-Chatbots (für textliche Eingaben) oder Sprachassistenten wie Siri und Alexa. Diese verwenden NLP/U, um gesprochene

³ Reinforcement Learning meint verstärkendes Lernen, weil die KI aus den positiven oder negativen Reaktionen auf ihre Anwendung durch entsprechende Anpassung reagiert.

Sprache zu „verstehen“, und entweder eine geeignete Antwort aus einer Datenbank auszuwählen oder spezifische Antworten in einer Weise generieren, die menschliche Konversation imitiert. Übersetzungs-Tools wie Google Translate oder DeepL verwenden NLP/U auch zur Analyse riesiger Mengen von Online-Sprachtexten und Übersetzungen sowie von Korrekturen, die von Personen eingereicht werden, um die automatisch generierten Übersetzungen ständig zu optimieren. Intelligente Chatbots oder Sprachassistenten stellen gerade im Bildungsbereich ein überaus attraktives, niedrighschwelliges Interface zum Lernenden dar, das sowohl für situative Wissensanfragen aller Art als auch im Bereich des Spracherwerbs vielfältig genutzt werden kann.

4. Automated Assessment/Grading

Das sogenannte Automated Assessment bzw. Grading (Benotung) fällt unter „Supervised Learning“. Dabei geht es darum, dass ein Lernalgorithmus die richtige Lösung einer Aufgabe auf Grund markierter Trainingsdaten verlässlich identifizieren kann, und dem Lernenden eine entsprechende Rückmeldung bzw. Bewertung geben kann.

5. Chatbots und intelligente multimodale Mensch-Maschine-Interaktion

Chatbots sind Kommunikationsmittel, die ein Beispiel für die Mensch-Maschine-Interaktion darstellen. Die zentralen Eigenschaften für eine effiziente Kommunikation sind das Bedienkonzept (Softwaretechnik und Ergonomie) und die Schnittstellentechnologie, also die Kommunikationsschnittstelle zwischen Software und Mensch. Die vielfältigen Möglichkeiten der Kommunikation reichen dabei von der Texteingabe bis hin zur Spracherkennung (vgl. Denk, Khabyuk 2019).

Intelligente multimodale Mensch-Maschine-Interaktion meint die „Analyse und [das] ‚Verstehen‘ von Sprache (in Verbindung mit Linguistik), Bildern, Gestik und anderen Formen menschlicher Interaktion“ (Die Bundesregierung 2018, Zusatz v. Christian Dufentester; vgl. auch Mah & Büching, 2019).

6. Learning (Predictive) Analytics und Educational Data Mining (EDM)

Unter Learning Analytics versteht man die kontinuierliche Messung und Sammlung, Analyse und Berichterstattung von Daten über Lernende und ihre Aktivitäten zum besseren Verständnis und zur Optimierung des Lernens in den jeweiligen digitalen Lernumgebungen. Immer wenn Lernmanagementsysteme (LMS), MOOC-Plattformen, Social Media oder andere digitale Tools genutzt werden, können Klicks, Navigationsmuster, Suchanfragen, Bearbeitungszeiten für Aufgaben und Tests sowie die Quantität und Qualität von Interaktionen und kommunikativen Aktivitäten dokumentiert und im Blick auf Kompetenz- und Leistungsniveaus ausgewertet werden. Neben Informationen, die im Rahmen der Nutzung von Lernanwendungen entstehen, können auch weitere, durch Sensoren oder Videokameras generierte Daten, wie z.B. Augen- und Kopfbewegungen, Körperdaten (Puls, Blutdruck), Gesichtsausdrücke (Expression Analytics), Gehirnströme etc. ausgewertet werden.

Auf dieser Grundlage können dann einerseits didaktische Interventionsmaßnahmen und Anreize, andererseits aber auch maßgeschneiderte, personalisierte Lernwege, Hilfestellungen und Lernziele generiert werden. Das übergreifende Ziel von Learning Analytics besteht mithin darin, individualisiertes Lernen zu ermöglichen und verlässliche Prognosen zu künftigem Lernerfolg (Predictive Analytics) bereitzustellen.

Mittels EDM (Educational Data Mining) – inkl. Verfahren des maschinellen Lernens und der Statistik – werden beispielsweise Lernprozesse und -aktivitäten, Lernzeiten und Lerndauer sowie Testleistungen gemessen und analysiert, um daraus Erkenntnisse darüber abzuleiten, wie Lernende in bestimmten didaktischen Formaten oder mit bestimmten Lernangeboten und Systemen lernen. Damit leistet EDM auch einen Beitrag zur Entwicklung von Lerntheorien in der Bildungspsychologie und Pädagogik. Während sich EDM vor allem mit der Analyse von Lerner-Daten im Blick auf die Optimierung von

Lernsettings und Systemen, Organisationen, Lernangebote und Tools befasst, richtet sich der Fokus der damit eng verwandten *Learning Analytics* stärker auf die Person des Lernenden.

7. Adaptive Learning und Recommendation Systeme

Unter adaptivem Lernen versteht man intelligente Lehrmethoden, die es ermöglichen, Lernaufgaben und Ressourcen so maßgeschneidert bereitzustellen, dass diese den individuellen Bedürfnissen (Fähigkeiten, Kompetenzen, Erwartungen etc.) möglichst optimal entsprechen.

Basierend auf bestimmten Indikatoren (z.B. Lernstatus, Kompetenzniveau, Testergebnisse, Lernleistungen, Lernzielen etc.) werden in adaptiven Lernsettings automatisch Lektionen (Aufgaben, Tests etc.) angeboten, die den Bedürfnissen des jeweiligen Schülers angemessen sind - und zwar im richtigen Schwierigkeitsgrad und in der richtigen Reihenfolge. Dadurch soll in erster Linie Über- oder Unterforderung vermieden werden. Idealerweise erhält der Lernende immer genau die für ihn/sie passenden Lernangebote und bleibt dadurch möglichst motiviert.

Um adaptives Lernen zu realisieren, ist es erforderlich, das individuelle Leistungs- und Lernprofil ähnlich gut zu verstehen wie es gute Lehrer tun. Da es jedoch kaum möglich und sinnvoll ist, ein solches Verständnis allein durch wiederholte Leistungs-Assessments und Tests zu erlangen, ist es notwendig, den Lernerfolg permanent und anhand verschiedenster Messwerte (z.B. Lerndauer, Schwierigkeitsgrad, Aktivitätsniveau etc.) in Bezug auf kleinste Wissenseinheiten zu analysieren (Performance Assessments), um das Lernverhalten im Detail zu verstehen. Learning Analytics umfasst Methoden aus verschiedenen Disziplinen, wie Informatik/KI (Graphentheorie), Psychometrie, Statistik (Inferenzstatistik), Pädagogik, Psychologie und Hirnforschung.

Recommendation/Recommender oder zu Deutsch Empfehlungssysteme werden in digitalen Bildungssettings verwendet, um Lernenden möglichst genau die individuell passenden Angebote oder weiterführende Lernaktivitäten vorzuschlagen. Dies erfolgt in der Regel einerseits auf der Grundlage früherer Präferenzen oder Bewertungen und beruht andererseits auf der Analyse ähnlicher Lerner- oder Lernsituationen. Beispiele aus anderen Bereichen sind Playlist-Vorschläge auf Plattformen wie YouTube, Spotify oder Netflix oder Einkaufsvorschläge auf Online-Marktplätzen. Die Treffer-Genauigkeit von Empfehlungssystemen verbessert sich mit den zunehmenden Informationen über das individuelle Lernverhalten ebenso wie durch die vergleichende statistische Auswertung großer Datenressourcen ähnlicher Nutzer. Hierbei kommen insb. auch Verfahren des *maschinellen Lernens* zum Einsatz, welche inzwischen von den meisten KI-Systemen genutzt werden. Durch maschinelles Lernen können Muster aus sehr großen Datenmengen extrahiert und der Erfolg vergangener Vorschläge sowie die Treffer-Genauigkeit permanent analysiert werden. Zum Beispiel lernen KI-gestützte Empfehlungssysteme, wenn eine Empfehlung erfolgreich bzw. erfolglos ist, und können dadurch sowohl künftige Empfehlungen als auch das Gewicht, das bestimmten Informationen beigemessen wird, entsprechend anpassen.

2.2 Drei Einsatzebenen von KI im schulischen Bildungsbereich

Die beschriebenen Technologien haben heute – in verschiedenen Kombinationen und Varianten – das Potenzial, sämtliche schulischen Handlungsfelder zu durchdringen und zu verändern. Keineswegs geht es dabei ausschließlich um den Vorgang des Lernens und Lehrens, wenngleich die öffentliche Diskussion oft genau darauf fokussiert. Schulen sind jedoch komplexe Institutionen, in denen Prozesse der Wissensvermittlung umfassend gestaltet und geplant, organisiert und administriert, kommuniziert und evaluiert werden. Sämtliche Tätigkeitsfelder sind heute stark technologisch geprägt – und damit auch offen für KI-Innovationen. Wir unterscheiden im Rahmen dieser Studie drei Anwendungsfelder bzw. Einsatzebenen:

1. Die Mikro-Ebene des individuellen Lernens und Übens.
2. Die Meso-Ebene des Lehrens, Unterrichtens und Prüfens in Lerngruppen und Klassen.
3. Die Makro-Ebene der Steuerung, Evaluation und Planung von Schulen als Organisation und System.



Abbildung 2: Mögliche Anwendungsfelder von KI im schulischen Bildungsbereich

In all diesen Bereichen zeichnet sich heute der Einsatz „intelligenter“ Technologien ab, die komplexe, voll- oder teil-autonome Steuerungs-, Entscheidungs- und Prognoseprozesse ermöglichen und dadurch sowohl didaktische als auch organisatorische Potenziale erschließen.

Betrachten wir zunächst etwas näher die **Mikro-Ebene**. Hier geht es um alle Aktivitäten und Ausprägungen der individuellen Wissensaneignung und des Lernens.

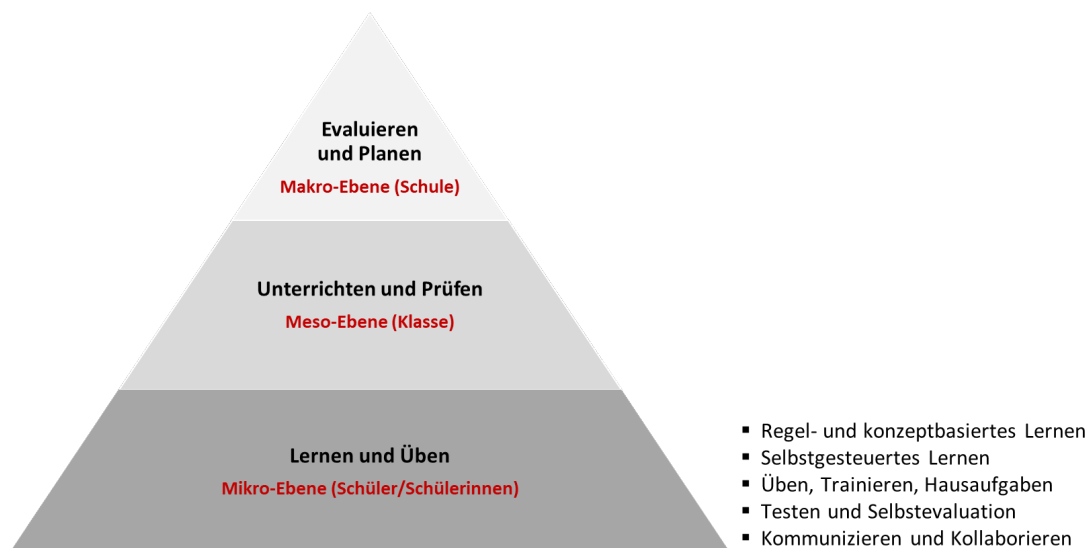


Abbildung 3: Anwendungsfelder von KI@Schule: Mikro-Ebene

In diesem Segment können beispielsweise in digitalen Lernumgebungen (Lernplattformen) oder auch in Kollaborations-Netzwerken durch intelligente Datenanalysen das lernbezogene Verhalten der Schülerinnen und Schüler umfassend beobachtet, dokumentiert und statistisch analysiert (Learning

Analytics) sowie im Vergleich zu anderen ausgewertet werden (Performance Assessment). Solchermaßen identifizierte Lernmuster, Stärken und Schwächen ermöglichen nicht nur die Erstellung differenzierter Kompetenz- und Leistungsprofile, sondern auch die Bereitstellung personalisierter Lern- und Übungsaufgaben (Adaptive Learning, Recommendation Systeme). Überdies werden Prognosen zum erwartbaren Schulerfolg sowie zu geeigneten fachlichen Schwerpunktsetzungen möglich (Predictive Analytics). Interaktive und multisensorische Lern- und Übungsprogramme (z.B. Augmented und Virtual Reality) sowie tutorielle Assistenzsysteme ermöglichen ferner in vielen Fächern heute ganz neue Formen der Wissensvermittlung und der „automatisierten“ Lernbegleitung. Die damit vor allem verbundene Perspektive ist die der individuellen Förderung.

Auf der **mittleren Ebene (Meso-Ebene)** des Unterrichtens in Klassen- oder Lerngruppen stehen alle Arten der Wissensvermittlung und Prüfung sowie generell der Organisation und Betreuung von Lernprozessen im Mittelpunkt.

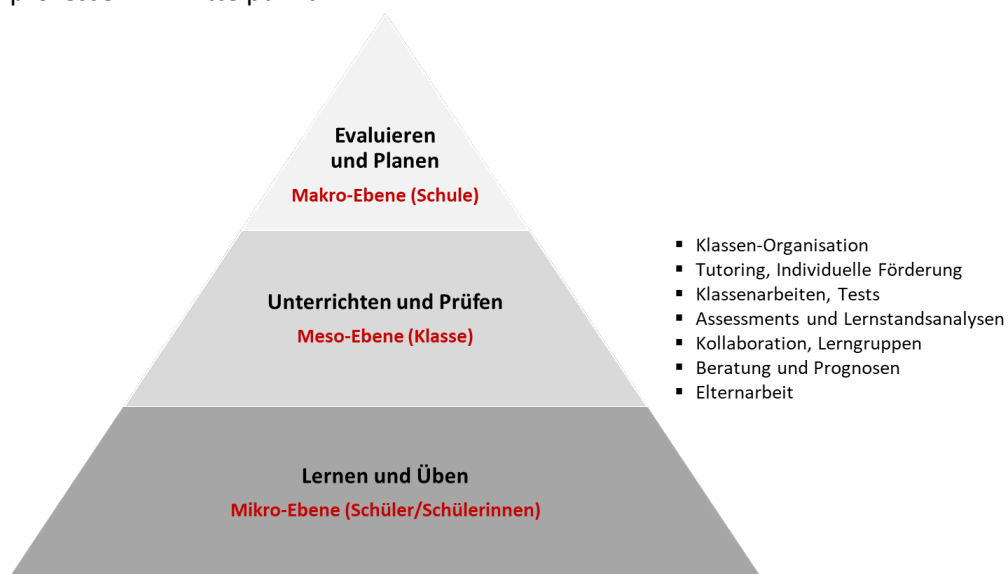


Abbildung 4: Anwendungsfelder von KI@Schule: Meso-Ebene

In diesem Bereich ermöglichen beispielsweise sprachverstehende Assistenz-Systeme wie z.B. Alexa oder Siri in Verbindung mit moderner Sensorik menschenähnliche Kommunikation und Interaktion mit Maschinen oder Medien (Smartphones, humanoide Roboter, Chatbots etc.). Dies macht die Verständigung in natürlicher Sprache (NLP, Natural Language Processing) ebenso möglich, wie eine sinnvolle Interpretation von Gesten oder sogar Mimik. Assistenz-Systeme dieser Art agieren vermehrt als virtuelle Hilfslehrer und Tutoren (ITS, Intelligent Tutoring Systems) und können z.B. situative Wissensfragen auf unterschiedlichen Lern- und Wissensniveaus beantworten bzw. entsprechend reagieren (visuell, mimisch, textlich, sprachlich-auditiv). Sie können dabei des Weiteren aus einem immer weiterwachsenden Fundus von digitalen Lernangeboten dem jeweiligen Lernstand angepasste Materialien für das Lernen finden und bereitstellen.

Darüber hinaus können intelligente Assistenten die Lehrkräfte im Bereich des Prüfens und Testens entlasten, indem Lern- und Wissensleistungen in unterschiedlichen Prüfungsformaten (z.B. standardisierte Tests, Essays oder Präsentationen etc.) automatisch analysiert und bewertet (Automated Assessment, Automated Grading) sowie künftige Leistungen prognostiziert (Predictive Analytics) und Interventions-Empfehlungen für Lehrkräfte generiert werden können.

In diesem Zusammenhang bieten sich auch Ansatzpunkte, mit Hilfe von KI die Umsetzung existierender Bildungspläne zu unterstützen. So werden in der Regel in Rahmenlehrplänen die zu fördernden Kompetenzen in Form von Leistungsanforderungen je Fach und Klassenstufe beschrieben und auf verbindliche Inhalte bezogen. Bei Vorliegen von Tracking-Daten aus individuellen Lernprozessen der Schülerinnen und Schülern könnten diese mit den Bildungsplänen verknüpft werden: Die KI „erkennt“ Ereignisse im individuellen Lernprozess, klassifiziert diese – bezogen auf die Leistungsanforderungen in den Bildungsplänen – als positiv oder negativ, um dann entsprechende Interventionen anzubieten.⁴

Schließlich geht es auf der **Makro-Ebene** der Schule und Schulorganisation vor allem um Planungs- und Steuerungsprozesse.



Abbildung 5: Anwendungsfelder von KI@Schule: Makro-Ebene

Jenseits des im engeren Sinne „Pädagogischen“ bieten KI-Systeme auch für die Schulorganisation – das Management und die Planung – von Schulen neue Potenziale, indem sie eine umfassende und vergleichende Evaluation des Geschehens in Klassen, Schulen und Schulsystemen insgesamt ermöglichen (Educational Data Mining). Solchermaßen KI-basierte Managementsysteme erlauben eine deutlich effizientere Schuldaten-Diagnostik und -Prognostik im Blick auf verschiedenste Messwerte und Indikatoren, wie z.B. Fehl-, Ausfall- und Vertretungszeiten, Personal und Ressourcen, Kompetenz- und Leistungsniveaus etc. Neben der dadurch entstehenden organisatorischen Transparenz können auf dieser Grundlage Empfehlungen für Schulleitungen, Schüler und Lehrkräfte generiert werden, es können Zielvereinbarungsgespräche, Schulinspektionen, Schulentwicklungsberatung usw. datenbasiert unterstützt werden.⁵ Darüber hinaus können durch den Einsatz von Sensoren und Videoaufzeichnungen auch individuelle und kollektive Verhaltensmuster von Schülerinnen und Schülern (z.B. im Blick auf Aktivität und Konzentration,

⁴ Da in Deutschland nicht durchgängig mit Rechneinsatz gelernt wird und vorläufig solche Daten auch nicht erfasst werden (dürfen), ist diese Verknüpfung noch Zukunftsmusik. Aber es gibt erste Ansatzpunkte: Etwa die Längsschnittuntersuchungen aus KESS und anderen Lernstandserhebungen bieten relevante Daten (Stichwort „Data-Lakes“), mit denen man KI-basiert Modelle entwickeln kann, die Lernerfolge (bezogen auf o.g. Anforderungen) positiv oder negativ prognostizieren können.

⁵ Vgl. hierzu auch: <https://datafied.de/ueber-das-projekt/teilprojekt-1-schulaufsicht-und-schule/>.

Bewegung und Kommunikation etc.) im Lern- und Lehrprozess evaluiert und pädagogisch-organisatorische Hinweise (z. B. zur Zusammensetzung von Lerngruppen, Elternberatung) daraus abgeleitet werden.

2.3 KI als Problemlöser?

KI-unterstützte Anwendungen im Schulbereich werden also nicht nur individuelle Lernprozesse fördernd begleiten, sondern sie haben auch das Potenzial, die Arbeit der Lehrenden und der Schulleitungen zu erleichtern – kurzum: ein derzeit unter enormem Anforderungsdruck stehendes Schulsystem in nahezu allen Aufgabenbereichen umfassend zu unterstützen. Fassen wir die Potenziale von KI in der schulischen Bildung nochmals im Blick auf die zentralen Herausforderungen dieser Tage zusammen.

Herausforderungen in der schulischen Bildung	Unterstützungspotenziale von KI-basierten Lösungen
Wachsende Heterogenität der Schülerschaft (z.B. im Blick auf Leistungsniveaus, Sprachniveaus, Förderbedarf, sozio-kulturelle Unterschiede etc.) sowie spezieller Förder- und Nachholbedarf durch die Corona-Krise.	Durch Learning Analytics und Educational Data Mining können individuelle Lernstands- und Konzentrationsniveaus ebenso wie kognitive und motivationale Probleme schneller erkannt und prognostiziert werden. Möglich werden automatisch kuratierte, individualisierte Lernangebote und Empfehlungen. Persönliche virtuelle Tutoren und intelligente Assistenten (Chatbots, Learning Companions), mit denen auch in natürlicher Sprache bzw. in unterschiedlichen Sprachen interagiert werden kann, sind jederzeit und ortsunabhängig verfügbar. Adaptive Selbst-Lernangebote (Lernsoftware, Prüfungstrainer, Apps, Lernspiele, Video-Tutorials etc.), insb. für die MINT-Fächer und den Spracherwerb können unterrichtsbegleitend zur individuellen Förderung eingesetzt werden.
Zunehmende Belastung des Lehrpersonals bei gleichzeitig wachsender Personalknappheit (insb. in Mint-Fächern).	(Teil-)Automatisierte Assessments (Automated Grading) und intelligente Prüfungssysteme reduzieren den Aufwand für Bewertung und Benotung. Assistive Tutoring Systeme unterstützen gemeinschaftliche Lern- und Lehrprozesse in Lerngruppen bzw. Klasse. Unterrichtsbegleitende Lernanwendungen ermöglichen Flipped Classroom Settings und dadurch eine stärkere Fokussierung der Lehrkräfte auf Beratung und Coaching im Unterricht. KI-basierte Teaching-Assistants können Lehrende bei allen administrativen Aufgaben der Klassenorganisation und Berichtslegung unterstützen.

	Intelligente Lern- und Kollaborationsplattformen unterstützen die Organisation gemeinschaftlichen Lernens, Virtual Teaching und Home-Schooling.
Neue Fächer und Kompetenzanforderungen	Fachspezifische Lernsoftware und Learning Companions ermöglichen unterrichtsergänzende Selbstlernphasen. Intelligente Kollaborationsplattformen unterstützen die klassen- und schulübergreifende Zusammenarbeit und den Austausch von Lernmaterialien.
Wachsender Aufwand in der Schulorganisation (Evaluationen, Digitalisierung, Schulaufsicht, Kommunikation, Elternarbeit, Planung etc.)	Moderne Schulmanagement- und Informationssysteme analysieren und diagnostizieren umfassende schulische Datenbestände (Educational Data Mining), generieren automatische Prognosen (Predictive Analytics) und assistieren bei allen administrativ-planerischen Aufgaben im Schulmanagement. Assistive Informations- und Kommunikationssysteme (z.B. Chatbots, virtuelle Assistenten) unterstützen Schulleitungen bei der Interaktion mit Schülern und Eltern.

3 Marktanalyse

Ziel der Marktanalyse war es, einen ersten systematischen Überblick über die im engeren Sinn „intelligenten“, d.h. KI-unterstützten, Angebote zu geben, die überdies bereits als Produkte im Markt vorfindbar sind. Worauf zielen sie ab, in welchen Bereichen und auf welchen Handlungsebenen (Mikro, Meso, Makro) können besonders intensive Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten festgestellt werden? Unter diesen Fragestellungen wurden eine Web- und Literaturrecherche durchgeführt und die dort gefundenen Anwendungen in einer Excel-Übersicht (sog. „Longlist“) erfasst. Datengrundlage waren Deutsch- und Englisch-sprachige Webseiten und Texte. Die Erhebung bietet damit freilich weder ein vollständiges noch ein repräsentatives Bild aller auf weltweiten Märkten verfügbaren KI-Technologien für den Schulbereich. Vielmehr ist die vorliegende Marktanalyse als ein erster, strukturierender Ein- und Überblick über das sehr dynamische Feld zu verstehen.

Basis für die Erfassung der Anwendungen war ein Kategoriensystem mit Beschreibungs-, Akteurs-, Aktivitäts- und weiteren Kategorien. So wurden z.B. neben dem Anbieter, dem Namen sowie einer Kurzbeschreibung der Anwendung auch angegebene oder aufgrund der Funktionsbeschreibung vermutete KI-Komponenten (z.B. Emotionserkennung, Sprach-Ein- und Ausgabe) und das Herkunftsland in der Longlist-Excel-Tabelle erfasst (siehe ausführlichere Darstellung des Kategoriensystems im Anhang). Zentrale Aufgabe in der Recherche war es zudem, die Anwendung dem hauptsächlichlichen Einsatzfeld – Lern-, Lehr- oder Organisationsebene – zuzuordnen.

3.1 Übergreifende Ergebnisse der Recherche

Von den insgesamt 99 recherchierten und erfassten Anwendungen stammen über die Hälfte aus den USA und China (vgl. Abbildung 6). Der deutlich sichtbare US-amerikanische und chinesische Entwicklungs- und Produktvorsprung lässt sich u.a. mit den technologischen Stärken der jeweiligen nationalen IT-Industrien erklären (z.B. das Silicon Valley als der langjährige weltweite Digitaltechnologie-Treiber). Aber auch (bildungs-)kulturelle Unterschiede spielen eine Rolle. So haben zum einen in China Individualität und Privatheit, der Schutz von Persönlichkeitsrechten, keinen so hohen Stellenwert wie in Deutschland, wo hohe datenschutzrechtliche Anforderungen bzw. Bedenken die Entwicklung und den Einsatz bremsen. Darüber hinaus beginnt digitale, informatische Bildung in China bereits im Kindergartenalter. In Deutschland werden eine frühe Medienbildung und der Einsatz digitaler Medien in Kita und Grundschule hingegen kontrovers diskutiert (vgl. Niding/Blanc/Goertz 2020).

Deutschland steht immerhin an dritter Stelle als Herkunftsland von 13 Angeboten, also mit gut jeder zehnten recherchierten Anwendung. Durch die gezielte Webrecherche in Deutschland und das ausschließlich auf deutsch- und englischsprachige Webseiten und Publikationen bezogene Scanning entsteht hier jedoch ein verzerrter Eindruck: Anwendungen aus den in Sachen Digitalisierung in Schulen weit fortgeschrittenen skandinavischen Ländern tauchen hier aufgrund der Sprachbarriere nicht auf. Es ist daher nicht plausibel, ausgerechnet in Bezug auf KI-gestützte Angebote für Schulen Deutschland unter den Top 3 zu verorten.

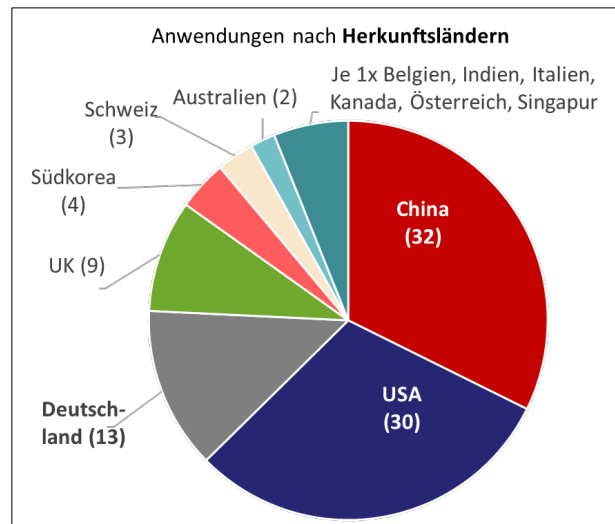


Abbildung 6: Herkunft der 99 recherchierten KI-Anwendungen

Chinesische Angebote wiederum werden besonders häufig in der englischsprachigen Literatur erwähnt. KI in der Bildung ist sehr verbreitet in chinesischen Unternehmen und zunehmend auch in Schulen. Vier Trends – so bestätigten uns Expertinnen und Experten – lassen sich laut der im Rahmen der Studie interviewten Gastwissenschaftlerin Min Zhang in China beobachten:

- (1) Der Markt in China ist zum einen geprägt von vielen sehr ähnlichen Anwendungen sowie
- (2) von Plattformangeboten für die Schule als Ganzes (z.B. iFlytek, Baidu u.a.).
- (3) Die größte Verbreitung haben dabei Angebote auf dem Nachmittags- und Nachhilfemarkt (z.B. Squirrel). Hier gibt es insbesondere lern- und lehrunterstützende KI für den Englisch- sowie den Informatik- bzw. KI-Unterricht (Englisch: Liulishuo, VIPKID; Programmier- und Robotik-ausbildung: Codemao, UBTECH, rainier).
- (4) Durch staatliche Förderung verbreitet sich mehr und mehr auch KI direkt in den Schulen. Hier sind es zumeist KI-gestützte Anwendungen auf der Makroebene, insbesondere zum Schulmanagement, oder auf der Mesoebene, z.B. zur Beobachtung und cloud-basierten Bewertung des Lernverhaltens (z.B. HIKVISION: Class Behavior Management System: Gesichts- und Emotionserkennung in Unterrichtsaufzeichnungen).

Länderübergreifend zeichnet sich hingegen ein etwas anderes Bild ab (vgl. Abbildung 7), das sich wie folgt zusammenfassen lässt:

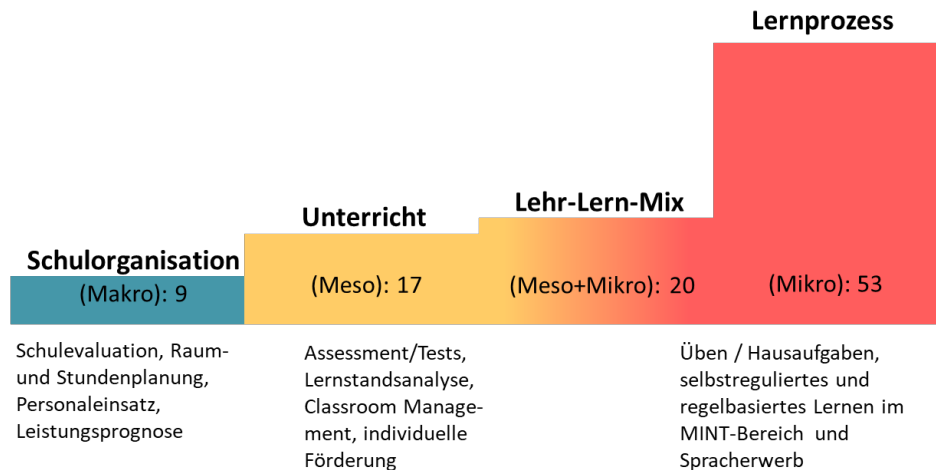


Abbildung 7: Verteilung der 99 recherchierten auf Mikro-, Meso- und Makro-Ebene

- KI-basierte Anwendungen speziell für die Makroebene, also z.B. für die Schul-Evaluation und -Steuerung sind bislang eher selten. Es ist gerade in diesem Bereich allerdings davon auszugehen, dass intelligente Features und Funktionen im Rahmen von Updates und Upgrades zunehmend in die bereits etablierten Systemlösungen integriert werden.
- Rund die Hälfte aller 99 recherchierten Anwendungen fokussieren den Bereich des Selbstlernens (Mikro-Ebene) und richten sich hauptsächlich auf den Nachmittagsmarkt.
- Es dominieren Anwendungen für Fächer, die durch eher „regelbasiertes Lernen“ geprägt sind (d.h. zeigen, erklären, üben; Aufgabentyp: richtig oder falsch), d.h.: Mathematik, MINT-Fächer, Fremdspracherwerb.
- Anwendungen für das „konzeptbasierte Lernen“ stecken noch im Entwicklungsstadium (d.h. gedankliches Durchdringen, Suchen nach Zusammenhängen, Konstruktion von eigener Erkenntnis, komplexe und ergebnisoffene Aufgabentypen).
- Etwa ein Drittel der recherchierten Anwendungen befindet sich noch im frühen Entwicklungs- und Produktstadium.

Die Auswertung bezüglich der angeblich oder vermutlich verwendeten KI-Komponenten – hier werden sehr häufig keine expliziten bzw. verlässlichen Angaben gemacht – zeigt schließlich: KI-Technologien (wie z.B. Machine Learning, Learning Analytics, Educational Data Mining, natürliche Spracherkennung etc.) werden heute in nahezu alle modernen Lern- und Bildungslösungen funktional integriert. Explizite „Stand-Alone“ KI-Lösungen oder Produkte finden sich im Markt eigentlich so gut wie überhaupt nicht.

3.2 Anwendungsbeispiele: Typisches und Besonderes

Zur Illustration der oben ausgeführten Unterteilung möglicher Einsatzgebiete von KI in der Schule in Mikro-, Meso- und Makroebene und zur Abschätzung der möglichen Marktentwicklung werden im Folgenden fünf typische Beispiele für Einsatzfelder steckbriefartig vorgestellt. Auswahlleitend waren hierbei neben der Übertragbarkeit und Anwendbarkeit im deutschen Schul- und Bildungssystem auch der Innovationsgrad. **Eine differenzierte Produktanalyse ist nicht intendiert.**

Für die **Mikroebene** stehen zwei Applikationen; beide unterstützen hauptsächlich das Lernen in Mathematik, expandieren aber zunehmend auch in weitere Fächer: **Squirrel AI Learning von Squirrel** steht für personalisiertes After School Tutoring und ist auf dem chinesischen Nachhilfemarkt sehr erfolgreich. **Bettermarks** gilt als die in Deutschland am weitesten verbreitete Anwendung, die dem Einsatz von KI-Komponenten bisher eher zurückhaltend gegenübersteht.

Für die (vorherrschende) **Mesoebene** werden exemplarisch die **Knowledge Analysis Technology (KAT) von Pearson**, eine Essay-Scoring-Technologie, sowie mit **iFLYTEK** eine Plattform für den Sprachenunterricht vorgestellt.

Schließlich wurde für die **Makroebene** stellvertretend der **Watson Education Classroom von IBM**, als Entwurf für ein multifunktionales kognitives System für Schulen ausgewählt.

BEISPIEL I MIKROEBENE: Squirrel AI Learning – Personalisiertes After School Tutoring: Nachhilfemarkt

Personalisiertes Lernen und Nachhilfe mit KI-basiertem Echtzeit-Feedback und dem Angebot von persönlicher Nachhilfe für Schüler*innen in verschiedenen Fächern

Beschreibung

Die KI-Komponenten Learning Analytics und Adaptive Learning werden von Squirrel AI extensiv eingesetzt und weiterentwickelt, wesentlich gefördert durch den beachtlichen Markterfolg und die damit immer umfangreicher verfügbaren Lernerdaten (Granularität und Skalierbarkeit). Für jeden Kurs, der angeboten wird, arbeiten die Entwicklerteams mit einer Gruppe von Lehrern zusammen, um das Thema in die kleinstmöglichen konzeptuellen Teile (Lernnuggets) zu unterteilen. Die Mittelschulmathematik zum Beispiel ist in 30.000 atomare Elemente oder „Wissenspunkte“ wie rationale Zahlen, die Eigenschaften eines Dreiecks und den Satz von Pythagoras unterteilt. Ziel ist es, die Verständnislücken eines Schülers so genau wie möglich zu diagnostizieren.

Relevanz

Squirrel AI ist eines der erfolgreichsten, durch den Einsatz des adaptiven Lernens und durch sehr erfolgreiches Marketing (es gibt mehr als 2000 Zentren im ganzen Land) gut etablierten Produkte. Das inhaltliche Angebot stellt Lernmaterialien und Tests aus fast allen Lernbereichen in Primar- und Sekundarschulen zur Verfügung. Gegenwärtig ist das Unternehmen bestrebt, über die Nachhilfe hinaus in die Schulen zu expandieren.

Ähnliche Beispiele in der Recherche

In Deutschland begrenzt vergleichbar: Bettermarks (Nr. 15) SofaTutor, Serlo, Scoyo, diverse Videokanäle u. a. m. sind erfolgreich im Nachmittagsmarkt, nutzen aber soweit bisher bekannt noch nicht KI-Komponenten.

Quellen

Squirrel: Nr. 45 in der Rechercheliste
Webseite des Unternehmens: <http://squirrelai.com>
Berichte über Software und Unternehmen:
<https://www.freitag.de/autoren/the-guardian/schoenes-neues-lernen>
<http://secinfinity.net/china-begann-mit-kunstlicher-intelligenz-statt-mit-lehrern-zu-unterrachten/>
<https://www.heise.de/hintergrund/4-4616136.html>

Der CEO von Squirrel hat auf einer internationalen Startup- und Investorenkonferenz sein Produkt wie folgt beworben: „Angetrieben durch KI-Technologie wird die Lernmaschine eingesetzt, um viele Probleme in Chinas traditioneller Bildungsindustrie zu lösen, wie die ungleiche Verteilung von

Bildungsressourcen und die geringe Lerneffizienz der Schüler. Die KI-Bildung wird sich schließlich zu einer personalisierten Bildung entwickeln und jedem Schüler eine eigene Lernlösung und einen KI-Experten als Lehrer zur Verfügung stellen."⁶

An diesem Beispiel lässt sich exemplarisch die Bedeutung des sog. Nachmittagsmarktes als treibende Kraft für die Entwicklung von zukunftsweisenden Applikationen im Schulmarkt aufzeigen. Je stärker Standardtests Curriculum und Unterricht bestimmen und je selektiver der Wettbewerb um Hochschulzugänge ist, desto relevanter ist der Markt für Nachhilfe und um so größer der Anreiz für Unternehmen, KI-basierte Produkte zu entwickeln und anzubieten.

Der chinesische Markt ist hier inzwischen nach Südkorea, Singapur und Japan der eindeutige Vorreiter. In Europa und insbesondere Deutschland sind vergleichbare dynamische Entwicklungen bisher nicht zu sehen. Schulbuchverlage (siehe z. B. Duden Lernattack) und andere Anbieter im Nachmittagsmarkt (z. B. SofaTutor) könnten in absehbarer Zeit in diesen Markt eintreten.

Interessant erscheint auch, dass viele der identifizierten Anbieter anstreben, ihre Angebote auch für den Schulunterricht zu platzieren (Bettermarks – siehe nachstehend, ist auch dafür ein Beispiel).

BEISPIEL II MIKROEBENE: Bettermarks – KI-gestütztes Mathelernen

Personalisiertes Lernen für den Nachhilfebereich, zunehmend auch im Regelunterricht, im Fach Mathematik, Klasse 4 bis 11, 100% Abdeckung des Lehrplans, Inhalte für alle Kompetenzbereiche, Aufgaben für jedes Lernziel und jeden Lernstand, Automatische Auswertung

Beschreibung

Bettermarks ist wie ein Mathebuch mit integriertem Tutor. Das heißt, dass Schülerinnen und Schüler nicht nur sofort sehen, ob sie eine Aufgabe richtig oder falsch gelöst haben, sondern sie bekommen auch Tipps, Hilfestellungen, Erklärungen und zur Not den Lösungsweg mit den Werten der Aufgabe. Das hat den Vorteil, dass direkt beim Üben Aha-Effekte entstehen.

Die Übungen selbst enthalten adaptive Lernhilfen, Lösungsbeispiele mit Erklärungen, verschiedene Eingabe- und Visualisierungswerkzeuge sowie eine intelligente Fehlerdiagnose, die auf die jeweiligen Lösungsfehler zugeschnittene Rückmeldungen gibt. Das System erkennt äquivalente Lösungen, akzeptiert alternative Lösungswege und bietet somit einen hohen Freiheitsgrad. Für die Lehrkräfte wirkt Bettermarks wie ein virtueller Assistent: Alle Aufgaben werden automatisch korrigiert, der Lernstand der Klasse wird angezeigt.

Relevanz

Bettermarks ist hierzulande das im Bereich Mathematik erfolgreichste Nachhilfeangebot, das adaptives Lernen anbietet. Die Entwicklungsgeschichte des inzwischen etablierten Startups erscheint exemplarisch für die spezifische Situation in Deutschland. Nicht zuletzt im Zusammenhang mit der Pandemie-Situation versucht das Unternehmen verstärkt seine Applikation als Standard-Angebot auch in den Regelunterricht zu integrieren.

Ähnliche Beispiele in der Recherche

In Deutschland begrenzt vergleichbar, weil auch auf Mathematik und den Nachmittagsmarkt ausgerichtet (jedoch noch ohne KI-Komponenten): SofaTutor, Serlo, Scoyo, diverse Videokanäle. Es gibt eine Reihe etablierter internationaler Angebote mit KI wie z. B. ALEKS (Nr. 34)

Quellen

Bettermarks: Nr. 15 in der Rechercheliste
Webseite des Unternehmens:
<https://de.bettermarks.com>
Berichte über Software und Unternehmen:
<https://www.deutsche-startups.de/2018/10/18/bettermarks-zahlencheck-2016/>
<https://www.youtube.com/watch?v=jemGGCqzIzc>

⁶ Vgl. <https://www.finanzen.at/nachrichten/aktien/squirrel-ai-learning-appears-at-2019-slush-helsinki-as-the-only-invited-chinese-education-company-with-derek-haoyang-li-sharing-the-concept-of-ai-powered-education-1028785267>

Die Entwicklung von Bettermarks zeigt verschiedene Aspekte auf:

Erstens ist hier die für Deutschland noch eher seltene Geschichte eines skalierenden EdTech-Startups zu nennen. Sie zeigt freilich auch, dass es ein beschwerlicher und langer Weg ist, bis eine solche Lösung im Alltag der Schulen angekommen ist.

Zweitens scheint bei Bettermarks die zuvor schon angesprochene Entwicklungsperspektive von der Nachhilfe zur individuellen Förderung im Regelunterricht immerhin auf einem guten Weg. Neben einer zunehmenden Anzahl von Schullizenzen, hat die Kultusadministration in Berlin – wohl nicht zuletzt bedingt durch die Corona-Krise – eine Landeslizenz erworben.

Auf der technologischen Ebene mag Bettermarks drittens auch für die Perspektive der zunehmenden Integration von KI in eine zunächst nicht auf KI, sondern auf Algorithmen für die Fehleranalyse gegründete Applikation stehen. In dem Maße, in dem die Nutzungszahlen expandieren und damit immer umfangreicher (anonymisierte) Nutzerdaten zur Verfügung stehen, eröffnen sich für die Modellbildung und damit für die Integration von KI-Komponenten erweiterte Möglichkeiten.

Abschließend sei aus pädagogischer Sicht noch auf das Beispiel der KI-unterstützten Anwendung von New Classroom im Mathe-Unterricht der School of One in New York hingewiesen: Hier wird der je nach Lernstand differenzierte individuelle Lehrplan für die nächsten Unterrichtsstunden verbunden mit einem Spektrum an methodischen Varianten, die Lernenden den inhaltlichen Zugang erleichtern sollen.⁷

Für die Verbindung von Mikro- und Mesoebene steht das Beispiel iFLYTEK aus China. Die Applikation bzw. Plattform, die hauptsächlich für den Sprachenunterricht entwickelt wurde, bietet nach eigener Auskunft die Möglichkeit, mit Hilfe der umfangreich erfassten Daten aus Lernprozessen und mit ihrer KI-basierten Analyse, leistungsgerechte spezifische Lehrpfade für jeden Lernenden zu erstellen. KI-Komponenten sollen so helfen, das Lernen zu personalisieren und zugleich die Unterrichtsvorbereitung zu optimieren.

⁷ Vgl. <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/mediathek/medien/mid/passend-fuer-jeden-wie-massgeschneidertes-lernen-moeglich-ist>

BEISPIEL MIKRO/MESOEbene: English listening and speaking teaching platform von iFLYTEK: Classroom Management

Unterstützung von Lehrerinnen und Lehrern sowie Schülerinnen und Schülern beim Englischlernen (Hör- und Sprechübungen, Materialauswahl, Testerstellung und -analyse)

Beschreibung

Die English listening and speaking teaching test platform aus China ist eine umfassende Lehr- und Prüfungslösung auf Distriktebene, die das Hören, Sprechen, Lehren, Lernen, Prüfen und Bewerten von Englisch umfasst und auf der intelligenten Spracherkennung und KI-Anwendungen von iFLYTEK basiert. Die Plattform bietet viele Lehr- und Testressourcen und unterstützt die Organisation von gemeinsamen Prüfungen auf Distriktebene, Prüfungen auf Schulebene und täglichen Klassentests. Es hilft Lehrern beim Planen und Durchführen des Englischunterrichts und Schülern beim personalisierten Selbstlernen. Das System bietet automatische Prüfungs- und Lernaufzeichnungen und -auswertungen.

Relevanz

iFLYTEK ist eines der größten und renommiertesten KI- und Sprachtechnologie Unternehmen in China, welches eine Reihe von Produkten zur KI-basierten Unterstützung von Lehren, Lernen, Management und Bewertung entwickelt hat:

- Die Anwendungen zur Beurteilung von Englisch-Sprech- und Hörverständnisfähigkeiten kommen bei den beiden wichtigsten Prüfungen in China - der Aufnahmeprüfung für die High School und der für das College – zum Einsatz.
- Die iFLYTEK Smart Campus-Lösung wurde an vielen Orten an fast tausend Schulen verifiziert und kann Anwendungen wie Themenauswahl, Unterrichtsplanung und Anwesenheitslisten implementieren.
- VR classroom von iFLYTEK ist eine schulübergreifende AVR-Lösung mit mehreren Terminals, bestehend aus VR-Smart-Hardware, VR-Inhalt und SaaS-Plattform FLY VR Cloud Classroom für K12 Bildung, Berufsbildung, Hochschulbildung, Sicherheitserziehung und andere Bereiche.

Ähnliche Beispiele in der Recherche

Baidu (Nr. 57), Tecom (Nr. 98), Sensetime (Nr. 99), Liulishuo (Nr. 53)

Quellen

iFLYTEK: Nr. 94 in Rechercheliste
<https://www.iflytek.com/edu>, Min Zhang (chinesische Gastwissenschaftlerin an der HU Berlin)

BEISPIEL MESOEbene: Knowledge Analysis Technology (KAT) von Pearson Education – Essay Scoring

**Entlastung der Lehrerinnen und Lehrer bei der Korrektur von Text-basierten Aufgabenbearbeitungen
Perspektivisch auch als Unterstützung der Schülerinnen und Schüler beim Anfertigen von Essays geeignet**

Beschreibung

Die internetbasierte Applikation „KAT“-Engine kombiniert insbesondere zwei Funktionsbereiche:
LSA = automatische Spracherkennung und Computerlinguistik sowie IEA = Textanalyse für das Scoring mit mehreren Beurteilungsmaßstäben des Schreibens: Ideen, Textorganisation, Konventionen, Satzfluss, Wortwahl usw. Andere bemerkenswerte Funktionen, die in der Engine für Knowledge Analysis Technologies von Pearson zu finden sind: RMM (Reading Maturity Metric) - Automatische Auswertung des Lesepegels des Aufsatzes und Versant-Technologie, die Sprache analysieren kann, um zwischen Muttersprachlern und Nicht-Muttersprachlern zu unterscheiden

Relevanz

- Entlastung der Lehrkräfte durch Assistenz bei der Korrektur
- Unterstützung für Lernende durch inhaltliche wie formale Hinweise als Schreibassistent
- Zur kritischen Diskussion: Letztentscheidung über Benotung/Bewertung bei der Lehrkraft sicherstellen
- Der Anbieter Pearson Education ist weltweit größter Schulbuchverlag und verfolgt diesen Einsatzbereich mit hohem Nachdruck. Man kann erwarten, dass diese Software über immer bessere Funktionalitäten verfügen wird

Ähnliche Beispiele in der Recherche

ETS E-Rater Scoring Engine (Nr. 96), Project Essay Grade (Nr. 97)

Quellen

KAT: Nr. 95 in Rechercheliste

Link zum Angebot: <https://windows10updater.com/3-automated-essay-grading-software-every-teacher-needs-use>

Pearson Test of English Academic: Automated Scoring (2015)

https://pearsonpte.com/wp-content/uploads/2015/05/7.-PTEA_Automated_Scoring.pdf

http://assets.pearsonglobalschools.com/asset_mgr/legacy/200727/IEA_FAQ_261_1.pdf

<https://images.pearsonassessments.com/images/assets/kt/download/IEA-FactSheet-20100401.pdf>

Pearson hat sich als großer internationaler Schulbuchverlag schon sehr früh auf die digitale Unterstützung des Prüfungs- und Zertifikatsgeschäfts orientiert. Die Entwicklung und das Angebot von KI-unterstützten Applikationen für die Lernerfolgskontrolle, also für die Korrektur und Bewertung von Schülerlösungen erscheint da nur konsequent. Neben den relativ einfach algorithmisch auszuwertenden (auf „richtig“ oder „falsch“ gründenden) Bewertungen zum Lernstand verspricht der KI-Einsatz insbesondere bei nicht oder wenig strukturierten Daten wie in Aufsätzen erhebliche Fortschritte.

Exemplarisch und in der Marktperspektive attraktiv ist diese Anwendungsform für KI vor allem unter zwei Aspekten: Zum einen dürfte die Erwartung einer Entlastung der Lehrkräfte von der oft ungeliebten und zeitaufwendigen Korrekturarbeit als ein attraktives Angebot wahrgenommen werden. Zum anderen sind auf KI-basierte automatisierte Assessments auch im Blick auf das Adaptive Learning wesentlich, also für die formative Unterstützung im Lernprozess mit dem Ziel der individuellen Förderung.

Ein aktuelles Projekt des Weizenbauminstituts zum „Sprachen lernen mit künstlicher Intelligenz“ weist auf eine Verbindung der beiden hier dargestellten Beispiele auf der Meso-Ebene hin, indem u. a. gezeigt wird, dass heute mit etwa 70% Übereinstimmung im Vergleich zwischen den Korrekturen von Fachlehrkräften und KI Werte erreicht werden, die auch im Vergleich zwischen den Korrekturen von verschiedenen Lehrkräften selten übertroffen werden.⁸ Das Entwicklungs- und Marktpotenzial für das KI-basierte Assessment kann insoweit als beachtlich eingeschätzt werden.

BEISPIEL MAKROEBENE: Watson Education Classroom (IBM) – Multifunktionales kognitives System für Schulen

Unterstützung bei der Steuerung der Organisation (Schule, Schulträger etc.) und der Unterrichtsplanung sowie Ermöglichung von personalisiertem, adaptivem Lernen

Beschreibung

Watson Education Classroom aus den USA ist eine Cloud-Service-Lösung, die Lehren dabei hilft, adaptiven Unterricht anzubieten, um die Lernergebnisse zu verbessern. Lehrer können über eine intuitive, lehrerzentrierte Benutzeroberfläche nach Lerninhalten, einschließlich Unterrichtsplänen, Tests und Arbeitsblättern, suchen und diese gemeinsam nutzen. Watson Education Klassenzimmer-Komponenten:

- *IBM Watson Element for Educators:* Sammlung und Zusammenführung von verschiedenen akademischen, sozialen und verhaltensbezogenen Datenquellen. Die nicht mehr papierbasierte Leistungsverfolgung schafft für Pädagogen mehr Zeit für persönliche Gespräche mit den Schülerinnen und Schülern. Sie erhalten zudem sofortiges Feedback, um Unterrichtsentscheidungen zu treffen.
- *IBM Watson Enlight for Educators:* Browserbasiertes Planungstool zur Lehrerunterstützung mit kuratierten Lerninhalten und Zugang zu analysierten akademischen Stärken und Schwächen der Schüler. Datenbasis: Apple iPads im Klassenzimmer und in Aufzeichnungssystemen im gesamten Schulbezirk

Relevanz

Kognitive Systeme können – wenn sie entsprechend eingerichtet und trainiert sind – Lehr- und Lernprozesse prinzipiell in vielen Bereichen unterstützen. Eine interessante pädagogische Perspektive wäre etwa das „Wissensnetz unserer Schule“.

Noch scheint jedoch der Aufwand für die Implementation erheblich: IBM hat für das Watson-Marktsegment „Education Industry“ zwar zwischen 2016 und 2018 vieles angekündigt, seitdem wird aber kaum über Ergebnisse berichtet.

Ähnliche Beispiele in der Recherche

Tendenziell: Google Classroom (Nr. 32 in Recherche-Excel-Datei).

Quellen

Watson Education Classroom: Nr. 18 in Rechercheliste
Link zum Angebot:

<https://www.ibm.com/watson/advantage-reports/ai-social-good-education.html>

Berichte über Vorhaben:

<https://www.ibm.com/blogs/think/2020/01/on-the-baroque-art-trail-with-ibm-watson/>

https://www.academia.edu/43743006/IBM_Watson_Industry_Cognitive_Education_Methods

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0747563218301092>

Dieses Beispiel steht für den Anspruch, in einem umfassenden Ansatz alle drei Einsatzebenen zu adressieren. Realisiert ist eine solche ganzheitliche Anwendung für den Schulbereich bisher aber noch nicht.

⁸ Vgl. <https://www.weizenbaum-institut.de/en/news/sprachen-lernen-mit-kuenstlicher-intelligenz/>

Partielle KI-basierte Lösungen für Aufgaben im Makrobereich konnten wir u. a. identifizieren bei Kidaptive (Adaptive Lernplattform mit Leistungsprognosen), Ofsted (Priorisierung von Schulinspektionen nach Schulleistungsanalyse) und iFlytek (s. o., die auch die Leistungsanalyse und die Prüfungsorganisation auf Distriktebene anbieten).

Gleichwohl sind kognitive Systeme wie IBM Watson in besonderem Maße für die Entwicklung von KI-Anwendungen geeignet, die immer mehr Applikationen auf allen drei Ebenen integrieren.

Zu vermuten – und aus diversen Ankündigungen abzuleiten – ist, dass namhafte internationale Anbieter, insbesondere aus China und den USA, ihre Entwicklungen in diese Richtung vorantreiben werden. Der Bildungs- oder gar Schulbereich wird dabei keinesfalls Vorreiter sein. Vielmehr werden Lösungen speziell für den Makro-Bereich etwa aus dem expandierenden Einsatzfeld der Business Intelligence abgeleitet und übertragen.

Für den hiesigen Markt könnten sich KI-basierte Applikationen für Prognose- und Steuerungsaufgaben auf Schul- und Schulträgererebene am ehesten aus einer erweiterten und intensivierten Nutzung von Daten aus den bereits etablierten LMS (exemplarisch itslearning) oder den sich entwickelnden Schulclouds (exemplarisch HPI Schul-Cloud) ergeben.

Interessant ist in diesem Zusammenhang das aktuelle BMBF-geförderte Verbundprojekt „DATAFIED“. In vier Teilprojekten werden hier die Datafizierung, d.h. die auf allen Schulsystem-Ebenen gesammelten Daten, und deren Auswirkungen analysiert: Schulaufsicht und Schule, Schulinformationssysteme und Schulmanagement, Lernsoftware und Unterricht sowie Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler im Unterricht. Ziel ist es, „Handlungsimplicationen für zukünftige Entscheidungen in Bezug auf die Gestaltung von Datafizierung im Bildungssystem“ – und speziell für die „Institution Schule“ – zu formulieren“.⁹

⁹ Vgl. <https://datafied.de/datafizierung-und-schule/>

4 Potenziale, Herausforderungen und Risiken

Welche Technologie-Trends zeichnen sich ab, für welche Anwendungsfelder werden besonders vielversprechende Entwicklungen erwartet und wo genau liegen die Probleme und Herausforderungen? Um diese Fragen zu beantworten, wurden im Rahmen dieser Studie einschlägige wissenschaftliche Studien ausgewertet. Da sich Vieles aber noch im Forschungs- oder frühen Entwicklungsstadium befindet, wurden ergänzend hierzu auch Expertinnen und Experten¹⁰ online befragt, wobei vor allem deren Einschätzung im Blick auf Anwendungspotenziale und Herausforderungen interessierte. Die Antworten auf diese Fragen werden im Folgenden in einigen kurzen Abschnitten dargestellt – jeweils punktuell ergänzt durch die Ergebnisse der Online-Befragung¹¹.

1. Belastbare empirische Studien über ein „besseres“ Lernen mit KI liegen bisher noch nicht ausreichend vor

Es gibt einige wenige KI-basierte Bildungstechnologien, die gut erforscht sind und einen Effektivitätsgewinn in Bezug auf Lernergebnisse zeigen (z.B. Kulik & Fletcher 2016 zum ANDES-System, auch Berichte aus China von Squirrel AI). Diese beziehen sich aber fast ausschließlich auf die kognitive Dimension des Wissenserwerbs. Für zahlreiche andere Systeme liegen zwar Forschungsveröffentlichungen mit vielversprechenden Pilottests mit Prototypen vor, jedoch noch keine Untersuchungen in großem Stil. Insbesondere Data Mining- / Machine Learning-basierte Verfahren müssen ihre Effektivität noch in großen Feldstudien beweisen.

2. KI Systeme sind bisher nur sehr selten aus lerntheoretischer Sicht evaluiert worden.

Es hat nur sehr wenige Versuche gegeben, KI aus der Sicht von Lerntheorien zu analysieren und zu bewerten. Tuomi (2018b) unternahm vereinzelt den Versuch die Lernfähigkeiten von konvolutionären neuronalen Netzen mit Vygotskys Modell der konzeptionellen Entwicklung zu vergleichen. Mit dem Befund, dass KI eher post-behaviorale wissenschaftliche Modelle unterstützt und damit kognitive Einschränkungen aufweist. Gleichzeitig schlägt das vygotskianische Modell der Entwicklung des Denkens neue architektonische Prinzipien für die Entwicklung der KI vor, die das menschliche Lernen unterstützen. Tuomi (2018b) stellt also die Frage: Was würden Maschinen zum Lernen brauchen und was könnten sie aus der Lernforschung lernen?

3. Es besteht Untersuchungsbedarf hinsichtlich der Übertragbarkeit von KI-gestützten Bildungstechnologien zwischen unterschiedlichen Bildungssystemen.

Es ist aus der Forschung einerseits bekannt, dass gewisse EdTec-Verfahren (z.B. kognitive Prozesse des Wissenserwerbs) sehr gut auf eine Vielzahl an Lernern übertragbar sind und daher auf diesen aufbauende Bildungstechnologien das Potenzial haben, global zu skalieren. Der Erfolg bzw. die Akzeptanz anderer Ansätze hingegen ist stark von sozio-kulturellen Merkmalen bzw. Eigenschaften des Bildungssystems abhängig (z.B. Relevanz von Privatheit, Rolle der Lehrkraft, didaktische Grundprinzipien). Es ist noch nicht genügend untersucht, welche Faktoren die Übertragbarkeit bestimmen.

¹⁰ Befragt wurden im Dezember 2020 und Januar 2021 40 Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Forschung und Beratung (55%) oder aus öffentlichen Einrichtungen, Regierungsorganisationen bzw. der Zivilgesellschaft (20%). 63% der Befragten verfügen nach Selbsteinschätzung über große und sehr große KI-Expertise.

¹¹ Im Anhang werden die im Rahmen der Trendstudie eingesetzten Methoden und Instrumente sowie ausgewählte zentrale Ergebnisse in Diagrammen vorgestellt.

Grundsätzlich befürworten drei Viertel (74 %) der insgesamt 49 befragten Expertinnen und Experten den Einsatz von KI an Schulen. Im Workshop thematisierten sie jedoch, dass die beschriebenen Forschungslücken hinsichtlich der Evidenz positiver Effekte des KI-Einsatzes beim Lernen ein engagierteres Voranschreiten bei der Verwendung von KI in der Schule behindern würden. Einig waren sich die Expertinnen und Experten, dass vor einer flächendeckenden Einführung von KI angewandte Forschung dringend notwendig ist.

4. Durch den Einsatz von KI in der Bildung werden in der Zukunft große summative Assessments zunehmend durch kleinere formative Assessments ersetzt oder auch verdrängt.

In vielen Forschungsprojekten wird versucht, den Einsatz der KI für die automatische Testgenerierung und -bewertung zu untersuchen. Ein Großteil dieser Arbeit zielt auf die Automatisierung der summativen Bewertung ab, mit dem Versprechen, die Arbeitsbelastung der Lehrer zu reduzieren. Eine mögliche unbeabsichtigte Folge dieser Arbeit ist, dass Tests mit hohen Anforderungen zunehmend durch häufige formative Beurteilungen mit niedrigen Anforderungen ersetzt werden, da der Aufwand und die Kosten für die Beurteilung abnehmen. Die derzeitigen KI-Systeme sind sehr gut in der Lage, Evidenz aus komplexen und vielfältigen Datenquellen zu kombinieren und sie für die Echtzeit-Mustererkennung zu nutzen. Kumulierte formative Beurteilungen könnten daher Tests mit hohen Anforderungen weitgehend überflüssig machen.

Dass Lehrerinnen und Lehrer durch KI-Systeme entlastet werden könnten, um mehr Möglichkeiten für die persönliche Lernbegleitung der Schülerinnen und Schüler zu haben, hält auch in der durchgeführten Befragung die große Mehrheit (78%) für sinnvoll. Und auch im Workshop wurde die Entlastung und Unterstützung der Lehrkräfte als eines der zentralen Ziele formuliert. Der oben angesprochenen automatischen Testgenerierung und -bewertung begegnen die Befragten allerdings überwiegend mit Skepsis: Zwar halten 78 Prozent automatisierte Assessments für technisch realisierbar, doch nur 57 Prozent halten dies auch für wünschenswert.

Bei KI-Anwendungen zur administrativen Unterstützung (z.B. Unterrichtsplanung) sowie zur Unterstützung bei der individuellen Förderung liegen hingegen die Einschätzungen hinsichtlich der technischen Machbarkeit und Wünschbarkeit mit jeweils 95 Prozent sehr eng zusammen.

Skepsis besteht wiederum, wenn es um die Realisierbarkeit von verlässlichen KI-basierten Leistungs- und Erfolgsprognosen sowie beim Einsatz von Robotern als virtuelle Tutoren geht – beides ist auch deutlich weniger gewünscht.

5. Neben kognitiven Anwendungsfeldern wird KI in der Zukunft auch zur Diagnose von meta-kognitiven Fähigkeiten eingesetzt.

KI-unterstützte Anwendungen werden immer stärker auch zur Diagnose der Aufmerksamkeit und Gesprächsdynamik von Schülern beim computergestützten Lernen eingesetzt. Auch die Fähigkeit zu kollaborativem Lernen und Arbeiten sowie zum Verhalten in Teams wird datenanalytisch diagnostizierbar (vgl. Luckin et al. 2016).

6. Auch Emotion und Affekt spielen bei KI-basierten Lernverfahren zunehmend eine Rolle.

Nicht nur Metakognition, sondern auch Emotion und Affekt werden im Bildungstechnologiebereich, technisch getrieben und ermöglicht durch Fortschritte in der KI-basierten Gesten-,

Mimik-, Sprach- und Sensordatenanalyse, zunehmend eine Rolle spielen. Diese werden möglicherweise auch zur Entwicklung von sogenannten "Learning Companions" führen (Yadegaridehkordi et al. 2019), bedürfen aber einer sorgfältigen Beurteilung hinsichtlich der Datennutzung.

Dass Videoaufzeichnungen aus dem Unterricht KI-gestützt ausgewertet und daraus automatisch pädagogische Hinweise für Lehrerinnen und Lehrer abgeleitet werden – ein in China durchaus gängiges Szenario – erweist sich aus Befragtensicht weder technisch (sinnvoll) umsetzbar noch erscheint dies als besonders wünschenswertes und wahrscheinliches Szenario. Gewünscht werden hingegen KI-basierte Anwendungen, welche die Lehrerinnen und Lehrer bei der Steuerung kollaborativen Lernens und bei der Lernstandmessung unterstützen. Für die Lernunterstützung der Schülerinnen und Schüler sehen die Befragten v.a. Potenzial beim personalisierten und selbstregulierten Lernen und beim individuellen Üben.

7. Einige Unterrichtsfächer wie z.B. Fremdsprachen bekommen durch KI gänzlich neue Möglichkeiten.

Während in einigen Fächern wie z.B. in der Mathematik oder den Naturwissenschaften schon länger mit KI-basierten Bildungstechnologien experimentiert wird und sich hier durchaus auch empirische Erfolgsnachweise finden lassen, beobachten wir zunehmend auch einen Einfluss von KI-Verfahren im Sprachunterricht – etwa durch fortgeschrittene Sprach- und Textanalysen, automatische Übersetzungen guter Qualität oder auch Essay-Scoring-Systeme. Es bedarf didaktisch kluger Ansätze, um die Möglichkeiten dieser Verfahren zu nutzen und damit den Sprachunterricht potenziell deutlich zu verbessern (siehe aber auch 8).

8. KI als Unterstützer von Lernenden mit kognitiven Defiziten wie Dyslexie, Legasthenie, Dyskalkulie.

Für Lernschwächen wie Dyslexie, Legasthenie, Dyskalkulie sieht man große Potentiale durch KI-Verfahren, sowohl Analysen als auch Prognosen sowie Hilfestellungen zu entwickeln. Es wird jedoch auch hier kritisch hinterfragt, ob man Schwächen durch Technik kompensieren und dadurch die Abhängigkeit der Lernenden verstärken sollte, oder es nicht erstrebenswerter sei Selbst-Kompensationsstrategien zu vermitteln. (Drigas/Ioannidou, 2012).

9. KI als Unterstützungstechnologie für Lernende mit sensorischen oder körperlichen Defiziten.

Je mehr Bildungsprozesse durch digitale Systeme mediiert sind, desto wichtiger ist ein inklusiver Ansatz von Bildungstechnologien, um nicht Nutzungsbarrieren aufzubauen. KI kann nicht „nur“ als Unterstützer von Lernenden mit kognitiven Defiziten eingesetzt werden, sondern ist als explizite Assistenzfunktion (z.B. Vorlesen, BCI-Funktionen¹²) auch wichtig für Lernende mit sensorischen oder körperlichen Defiziten. Bildungstechnologien müssen mit diesen (oft persönlichen) Assistenzsystemen kompatibel sein.

Die Befragungsergebnisse bestätigen den Befund aus der wissenschaftlichen Literatur: Zwar halten fast alle befragten Expertinnen und Experten die KI-basierte Unterstützung von Schülerinnen und Schülern mit Behinderung für besonders wünschenswert. Gleichwohl werden die technische Realisierbarkeit und insbesondere die Wahrscheinlichkeit, dass dieses Szenario in

¹² BCI steht für Brain Computer Interface und ist eine Schnittstelle zwischen Gehirn und Computer, welche ohne mechanische Bewegungen über die Messung von Hirnaktivitäten (z.B. EEG) arbeitet.

den nächsten fünf bis zehn Jahren real wird, geringer eingeschätzt. Ethische Fragestellungen müssen hier dringend stärkere Berücksichtigung finden.

10. Hybrider Einsatz von Mensch und KI wird gegenüber rein adaptiven Anwendungen bevorzugt.

Adaptive Systeme werden für immer mehr Anwendungen in der Bildung entworfen und eingesetzt. Ihre Wirkung ist aber pädagogisch umstritten und teilweise auch mit dem Risiko verbunden, den Menschen in seiner Autonomie und Freiheit gewissermaßen ein Stück weit zu „entmündigen“. Neuere Forschung fokussiert sich daher auf hybride Mensch-KI-Ansätze in der Bildung, mithin auf Co-Teaching Szenarien und eine stärkere Integration von lernfördernden Technologien in den Unterricht. Die theoretische und konzeptuelle Ausgestaltung in diesem Forschungsbereich ist noch sehr begrenzt (vgl. Holstein et al. 2020).

11. Hybride KI-Verfahren werden rein maschinelle Lernverfahren ablösen.

Auch in den KI-Verfahren selbst beobachten wir eine Trendwende: Waren „klassische“ KI-gestützte Bildungstechnologien regel- und wissensbasiert konzipiert (idealerweise auf Basis psychologischer Theorien wie etwa ACT-R¹³ als Fundament für tutorielle Systeme), haben wir in den vergangenen Jahren einen Fokus auf statistischen maschinellen Lernverfahren (Aufstieg Educational Data Mining) beobachtet. Da letztere Verfahren zwar gut in der Mustererkennung sind, sich aber nur schwer erklären lassen, setzt sich zunehmend der Ansatz von hybriden kognitiven KI-Verfahren durch, welche datengetriebene Erkenntnisse mit wissensbasierten Erklärungen verknüpfen (vgl. Wahlster 2020).

12. KI in der Schulberatung und Unterrichtsentwicklung hat enormes ungenutztes Potenzial.

Es fällt auf, dass mit KI in der Schule bislang vorwiegend auf der Lehr-Lern-Ebene experimentiert wird bzw. hier Praxiseinsätze erfolgen. Während KI in vielen öffentlichen und privaten Bereichen auch auf der Makroebene verwendet wird (in produzierenden Unternehmen z.B. zur intelligenten Produktionsplanung), sind entsprechende Ansätze in Bildungssystemen eher rar. Auf universitärer Ebene sind Learning Analytics-Ansätze deutlich weiter verbreitet als in Schulen. Auch für Lehrkräfte bietet KI (z.B. über Recommender-Ansätze im Rahmen von digitaler Unterrichtsplanung) Potenzial, welches gegenwärtig nicht genutzt wird (vgl. Strickroth 2016).

Neben diesen Befunden zu den Anwendungspotenzialen wird in der Forschung, ebenso wie in unserer Befragung und von den Expertinnen und Experten im Workshop auf insbesondere die folgenden Risiken und Herausforderungen hingewiesen:

13. Datenschutz und Datensicherheit.

Die Basis aller KI-basierten Anwendungen sind Daten, die heute auf sämtlichen Ebenen des schulischen Handelns in großer Menge entstehen: Auf der Mikro-Ebene des Lernens mit intelligenter Lernsoftware ebenso wie auf der Meso-Ebene der Klassen und des Unterrichts (in Lernplattformen, Bildungs-Clouds etc.) und natürlich auch auf der Makro-Ebene des Schul-Managements. In all diesen Segmenten stellt sich immer dieselbe Frage: Welche Daten werden überhaupt gesammelt und wie werden diese algorithmisch verarbeitet, analysiert, ausgewertet, transferiert und interpretiert? Die auch öffentlich sehr intensive Diskussion über datenethische

¹³ ACT-R steht für Adaptive Control of Thought-Rational und ist eine kognitive Architektur, also ein computergestütztes Modell kognitiver Prozesse.

Fragen im Kontext von KI-Entwicklung (Stichworte sind hier z.B. „Erklärbare KI“, KI als „Black-Box“ oder „Biased Algorithms“) verweist neben den ethischen auch auf rechtliche, technologische und politische Aspekte, die noch offen bzw. weiterhin umstritten sind.¹⁴

Fest steht, dass diese Aspekte aus Sicht der hier befragten Expertinnen und Experten gerade im Blick auf das digitale Schulsystem von enormer Wichtigkeit sind und daher – wenn es um mögliche Risiken geht – immer an die erste Stelle gesetzt wurden. Denn neben dem Gesundheitsbereich gibt es wohl kaum einen ähnlich sensiblen Bereich für den Einsatz „intelligenter“ Systeme wie den der schulischen Bildung. Algorithmisch generierte Empfehlungen oder Prognosen können hier gravierende, auch persönliche weitreichende Folgen haben – positiv wie negativ. Dabei sind oft gerade dort, wo die Unterstützungs-Potenziale am höchsten sind auch die Risiken am größten; man denke beispielsweise an automatisierte Bewertungs- und Benotungssysteme von Klassenarbeiten oder Kompetenzanalysen und die damit verbundene Gefahr von Biased Data oder Biased Algorithms.

Doch neben unzulänglichen oder intransparenten Algorithmen spielen im Bereich der schulischen Bildung auch klassische Datensicherheitsaspekte eine große Rolle. Wie lässt sich beispielsweise gewährleisten, dass die in einem System erhobenen Daten nicht auch in andere – eng vernetzte – Anwendungen einbezogen werden? Welche Anforderungen an Daten-Anonymisierung und Pseudonymisierung sind im Blick auf die Entwicklung und den Einsatz schulischer KI-Anwendungen unbedingt notwendig und wie können diese Sicherheitseinstellungen dann auch technologisch zuverlässig umgesetzt werden?

14. Benachteiligung von Minderheiten

Anknüpfend an die Data-Bias Problematik ist aus wissenschaftlicher Perspektive (Blanchard, 2012) speziell darauf hinzuweisen, dass datengetriebene KI-Verfahren insbesondere dann Risiken bergen, wenn es um Minderheiten geht. Da die Qualität der auf Datenanalysen basierenden Unterstützungsfunktionen von den zur Verfügung stehenden Datenressourcen abhängt, besteht die Gefahr, dass z.B. Lernende mit Beeinträchtigungen nicht ausreichend in Datensätzen repräsentiert werden, sie gelten somit in den KI-Algorithmen als „Outlier“. Folglich werden die entsprechenden Schülerinnen und Schüler dann vermutlich auch nicht oder nur unzureichend von den adaptiven oder assistiven Funktionen profitieren können.

Vor diesem Hintergrund spielt nach Meinung der befragten Expertengruppe die Kompetenzentwicklung auf Seiten der Lehrkräfte und Schulleitungen künftig eine immens wichtige Rolle. Data- und KI-Literacy sind unerlässlich, um die – möglicherweise dauerhaft unvermeidlichen – Risiken KI-basierter Systeme in einem so sensiblen Anwendungsbereich wie der schulischen Bildung einschätzen zu können und vorhandene Tools entsprechend sicher zu nutzen. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Problematik hingewiesen, dass bei Lehrerinnen und Lehrern ebenso wie bei Eltern eher KI-kritische Haltungen überwiegen. Insbesondere in der Pädagogik besteht aus Sicht wissenschaftlicher Beobachter demnach ein erhöhter Bedarf an ethischen Referenzsystemen für den Einsatz und die Erforschung von KI (vgl. u.a. Drigas/Ioannidou 2012; Tuomi 2018a).

¹⁴ Vgl. hierzu z.B. <https://datafied.de/datafizierung-und-schule/>.

15. KI befördert überkommene Pädagogik

Schließlich besteht aus Sicht der wissenschaftlichen Experten auch das Risiko, dass durch KI gerade diejenigen (fach-)didaktischen Konzepte gefördert werden könnten, die aus pädagogischer Sicht eher kritisch zu bewerten sind. Zum Beispiel ist es nicht unbedingt vorteilhaft, Wissen mittels schriftlicher Kommunikation an Kinder zu vermitteln, die von klein auf in der Lage sind, Sprache perfekt zu gebrauchen (siehe Riener & Willingham, 2010). Es könnte also sein, dass KI-Systeme, die auf textlicher Kommunikation basieren, wenig effektive Lernmethoden zum Üben komplexer Fähigkeiten verfolgen. Auch viele der gängigen KI-basierten Lern- und Training-Apps basieren auf tradierten Wissensvermittlungsmodellen (teaching to the test) der Vergangenheit, dasselbe gilt für Prüfungsapps.

Trotz dieser Bedenken sehen die Befragten in der vorliegenden Studie immer wieder auch das Potenzial von KI-Lerntechnologien – insbesondere im Blick auf die mögliche Unterstützung von Kindern mit Behinderungen und Beeinträchtigungen. Um eine Abwägung gebeten, welche didaktischen KI-Szenarien eher eine Chance oder eher ein Risiko darstellen, werden die Chancen vor allem beim individualisierten, auf Learning Analytics und Recommendation gestützten Lernen sowie bei smarten adaptiven Selbstlernanwendungen und Apps gesehen. Automatisierte Eignungs- und Leistungsprognosen und Automated Grading polarisieren hingegen und stoßen auf deutlich mehr Skepsis, sofern nicht gewährleistet ist, dass die Letztentscheidung immer bei einer Lehrkraft liegt. Doch pauschal lässt sich anhand der eingesetzten KI-Technologie selten eindeutig zwischen Potenzial und Gefahr entscheiden, es kommt auf die konkrete Anwendung und vor allem auf das verfolgte Ziel an. So kann das Essay Scoring sinnvoll als Entlastung für Lehrkräfte genutzt werden, ist aber ethisch fragwürdig bei der Entscheidung über den Zugang zum Studium.

5 KI zwischen Wahrscheinlichkeit und Wünschbarkeit

Die geschilderten Befragungsergebnisse wurden schließlich im Rahmen eines Workshops¹⁵ unter der Leitfrage diskutiert, welche KI-basierten Bildungstechnologien nach Einschätzung der Expertinnen und Experten einerseits wünschbar wären, andererseits aber auch mit großer Wahrscheinlichkeit realisiert werden können. Verortet man diese Statements in einer Matrix zwischen den Achsen „Wahrscheinlichkeit“ einerseits und „Wünschbarkeit“ andererseits, so ergibt sich folgendes Bild:



Abbildung 8: Matrix KI@Schule-Szenarien zwischen Wahrscheinlichkeit und Wünschbarkeit (Farblegende für Punkte: blau – Makro-Ebene, gelb – Meso-Ebene, rot – Mikro-Ebene)

Die meisten der hier zur Auswahl gestellten Anwendungsszenarien sind demnach quasi „Selbstläufer“, werden diese doch sowohl als wünschenswert wie auch als wahrscheinlich eingestuft (rechter oberer Quadrant). Hier finden sich Szenarien aus allen drei Anwendungsbereichen: Schulorganisation, Unterrichten, Lernen. Demnach begrüßen die befragten Expertinnen und Experten mehrheitlich den Einsatz KI-basierter Bildungstechnologien für die Steuerung, Planung und Diagnose vielfältiger schulischer Prozesse und Aufgaben. Auch der Einsatz KI-basierter Lösungen zur Förderung benachteiligter Schülerinnen und Schüler sowie generell zur Unterstützung der Lehrkräfte bei der individuellen Betreuung, hält man sowohl für wünschenswert als auch für wahrscheinlich.

Auffällig ist die Einschätzung der Expertengruppe, wonach keines der zur Wahl gestellten Szenarien explizit unerwünscht aber dennoch wahrscheinlich ist (rechter unterer Quadrant). Dies hätte

¹⁵ Im Februar 2021 nahmen 20 Expertinnen und Experten für schulisches Lehren und Lernen und/oder KI-gestützte Lehr-/Lerntechnologien an einem zweieinhalb stündigen Workshop zum Thema „KI@Schule zwischen Wunsch und Wirklichkeit“ teil. Der grobe Ablauf sowie eine Liste der mit der Deutschen Telekom Stiftung abgestimmten Teilnehmerinnen und Teilnehmer befinden sich im Anhang.

bedeutet, dass die Befragten auch die Realisierung von aus ihrer Sicht komplett unerwünschten KI-Use-Cases im schulischen Bereich für möglich gehalten hätten.

Interessant wird es bei den vier Szenarien, die zwar als gewünscht aber nicht als wahrscheinlich betrachtet werden (linker oberer Quadrant). Darunter finden sich einige der zentralen KI-Verprechungen, wie z.B. personalisiertes Lernen, sprachbasierte Assistenzsysteme und auch das automatisierte Korrigieren – mithin einige der Use-Cases, die in der aktuellen Debatte oftmals besonders positiv hervorgehoben werden.

Schließlich ist es auch bemerkenswert, dass die Befragtengruppe offenbar KI-basierten Erfolgs- oder Leistungs-Prognosen generell mit Skepsis begegnet – sowohl was die Wünschbarkeit als auch die Wahrscheinlichkeit angeht (linker unterer Quadrant).

Generell könnte diese Wunsch-/Machbarkeitsmatrix also so interpretiert werden, dass die Expertinnen und Experten gerade den ambitionierteren KI-Szenarien im Schulbereich eher mit Zurückhaltung oder sogar mit Ablehnung begegnen. Einige der zentralen KI-Visionen für die schulische Bildung – u.a. das individualisierte Lernen und virtuelle Assistenten – werden zwar auch in diesem Kreis prinzipiell begrüßt, allerdings ergänzt um Zweifel hinsichtlich der zuverlässigen technischen Realisierbarkeit. Andere visionäre KI-Perspektiven, insbesondere wenn es um automatische Einstufungen und Prognosen geht (also „Predictive Analytics“) werden in diesem Expertenkreis weder als technologisch machbar noch als pädagogisch wünschenswert betrachtet. Worin sich diese eher ablehnende Haltung gegenüber visionären KI-Szenarien begründet, mag einerseits mit mangelnder wissenschaftlichen Evidenz und fehlender Nutzungs-Erfahrung zusammenhängen – andererseits möglicherweise aber auch mit dem Wunsch, die künftige Rolle der Lehrenden nicht in Frage zu stellen oder gar abzuwerten; die Diskussion darüber steht jedoch noch aus.

6 Schlussfolgerungen

Resümierend sollen aus dieser Studie nun vier wichtige Empfehlungen abgeleitet werden:

1. Didaktischer Innovationsprozess mit Raum zum Experimentieren.

KI-basierte Bildungstechnologien und die damit verbundenen Erwartungen müssen in vielerlei Hinsicht erst noch ihren Praxistest im deutschen Schulsystem mit all seinen Besonderheiten und Anforderungen bestehen. Es fehlt – gerade, wenn es um pädagogische Kernthemen wie die Leistungsdiagnose und Bewertung, die Lernberatung und Prognostik geht – oftmals sowohl an wissenschaftlicher Evidenz als auch an praktischer Erprobung und Erfahrung. Hinzu kommen die beschriebenen Unzulänglichkeiten und Risiken rein datenbasierter KI-Verfahren für Lernanwendungen.

Daher lautet die erste Empfehlung dieser Untersuchung, didaktisch orientierte Innovationsprozesse anzuregen und neue Räume und Möglichkeiten für das Experimentieren mit intelligenten Anwendungen zu schaffen.

Das heißt, es sollte hierzulande angesichts des starken Wettbewerbs mit chinesischen und amerikanischen Lerntechnologie-Anbietern nicht nur stärker in Forschung und (Produkt-) Entwicklung investiert werden, sondern vor allen Dingen auch die praktische Erprobung und „Erdung“ dieser Technologien im Schulalltag ermöglicht und systematisch evaluiert werden. Denkbar wäre hierfür beispielsweise die Einrichtung besonderer „KI-Innovationsschulen“. So gibt es bereits erste Ansätze in dieser Richtung: Das Institut für Qualitätsentwicklung an Schulen in Schleswig-Holstein (IQSH) in Kiel arbeitet an der Entwicklung einer KI-basierten App für die Unterstützung des Lesenlernens in der Grundschule.¹⁶ Die Universitätsschule Dresden prüft im Zusammenhang mit einer umfassenden Digitalisierungsstrategie in projektbasierten Lehr-Lern-Settings die Möglichkeiten der KI-Unterstützung für die Personalisierung des Lernens (Adaptive Learning).¹⁷

Bei solchen „KI-Innovationsschulen“ sollten einerseits vorhandene und bereits evident „funktionierende“ Lösungen im Bereich des regelbasierten Lernens (MINT-Fächern und Spracherwerb) erprobt werden, andererseits aber auch die derzeit noch eher in der Entwicklungs- und frühen Produktentwicklungsphase befindlichen Anwendungen – insbesondere im Bereich meta-kognitiver Kompetenzen und konzeptbasierter Lernformate.

2. „Co-Teaching“ und „Assisted Learning“ als Leitbilder etablieren.

Ein zentrales Argument für die Akzeptanz KI-basierter Anwendungen im schulischen Bereich ist deren vorwiegend „assistive“ Funktion – sei es im Blick auf eine stärkere individuelle Förderung der Kinder oder auch bei der Bewältigung der organisatorischen und beratenden Aufgaben – sowohl im Klassenraum als auch in der Schule als Organisation.

¹⁶ Vgl. https://www.schleswig-holstein.de/DE/Landesregierung/IQSH/Service/Newsletter/documents/2020/202010Newsletter.pdf;jsessionid=C8721DEEF502215D7FBCE1FF6076E8C7.delivery1-replication?_blob=publicationFile&v=2

¹⁷ Vgl. <https://tu-dresden.de/gsw/forschung/projekte/unischule/konzeption>

Überall dort, wo KI-gestützte Technologien die Lehrkräfte bei ihren wachsenden Aufgaben wirksam, zuverlässig und datenschutzkonform entlasten – und zugleich aufwandsarm und rechtlich unbedenklich eingesetzt werden können – werden diese absehbar auch positiv auf- und angenommen. Der zunehmende Lehrkräftemangel wird dies voraussichtlich noch verstärken.

Aus didaktischer Sicht besteht zudem ein breiter wissenschaftlicher Konsens, dass KI-gestützte Systeme nicht ersetzend, sondern vielmehr ergänzend und begleitend zu Präsenz-Lernsettings einzusetzen sind (Co-Teaching in hybriden Lernarrangements, Flipped Classroom etc.). Das heißt: Die künftige Rolle der Lehrkraft in ihrem immer engeren Zusammenspiel mit digitalen Technologien wird ein Stück weit neu zu definieren sein. Wobei ähnlich wie in anderen Professionen auch Lehrerinnen und Lehrer davon profitieren könnten, dass sie in bestimmten Aufgabenbereichen – z.B. bei der rein kognitiven Wissensvermittlung, beim Üben und Wiederholen, Prüfen, Evaluieren und Administrieren etc. – KI-technologisch künftig entlastet werden könnten. Hingegen dürften höherwertige pädagogisch-beratende Aufgaben, die vor allem auf die individuelle Förderung und Potenzialentfaltung der Lernenden zielen, stärker in den Vordergrund ihrer Tätigkeit rücken. Wichtig ist, sich dabei weniger von KI-technologischen Visionen als vielmehr von den konkreten Bedarfen und Problemen leiten zu lassen: Das Hauptziel im schulischen Unterricht sollte immer die Unterstützung, Entlastung und die Freiraumschaffung von und für Lehrende sein, damit sich diese – virtuell und in Präsenz – ihren Schülern sozial und emotional stärker zuwenden können. Gerade „intelligente“, mobile und nutzerorientierte Lernanwendungen können dies, sofern sie für Schüler und Lehrkräfte leicht verständlich und nutzbar sind, womöglich besser leisten als manches komplexe IT-System der Vergangenheit.

3. Die weitere Entwicklung KI-basierter Anwendungen durch Bereitstellung sicherer Datenressourcen („Data-Lakes“) fördern.

Fügt man die in dieser Studie präsentierte Markt- und Trendanalyse mit dem aktuellen wissenschaftlichen Diskurs zu den Herausforderungen der KI-Nutzung im schulischen Umfeld zusammen, so ist zu erwarten, dass in den kommenden Jahren eine deutlich zunehmende Integration von KI-Komponenten in Medien, Werkzeuge und Plattformen für digital unterstütztes Lernen und Lehren in der Schule stattfinden wird. Neben Einzelapplikationen mit je begrenztem Einsatzbereich (z.B. für den Spracherwerb oder das Schulmanagement) könnten sich zwei – aufeinander bezogene – technologische Schwerpunkte herausbilden:

- a) die intelligente Lerncloud als hochverfügbare Infrastruktur, mit entsprechenden Derivaten auf Landes-, Schulkreis- oder gar Schulebene
- b) der „Learning Companion“ als allzeit zugänglicher, intelligenter Lern-Assistent.

Wie weit diese international absehbare Entwicklung sich auch hierzulande vollziehen wird, dürfte u.a. davon abhängen, ob es gelingt, die Stakeholder – Forschung und Entwicklung, Startups etc. auf der Anbieterseite, pädagogische Innovatoren und insbesondere schulische Praxis auf der Nachfrage- und Anwenderseite – in einem kooperativen und kontinuierlichen Prozess für die Entwicklung von KI-gestützter pädagogischer Software zu fördern.

Dabei spielt die Frage der Datennutzung und, damit einhergehend, des Datenschutzes, eine ganz entscheidende Rolle. Denn einerseits hängen auch in Zukunft selbstlernende KI-Verfahren im

Wesentlichen davon ab, ob ausreichende Datenressourcen für das Machine Learning bereitgestellt werden können. Andererseits werden solche Anwendungen – gerade im Schulbereich – nur akzeptiert, wenn es dafür sichere, rechtlich und ethisch begründete Verfahren und Regeln gibt. Ein möglicher Weg dorthin könnten sogenannte „Data Lakes“ sein, d.h. die Einrichtung und Bereitstellung relevanter – jedoch anonymisierter und pseudonymisierter – Test-Datenbestände für die Entwicklung und empirische Erprobung künftiger KI-Algorithmen im EdTech-Bereich.¹⁸

4. Qualifizierung des Lehrpersonals ausbauen und KI als Bildungsthema im Unterricht etablieren

Aufgrund der Bedeutung von KI als kommender Basistechnologie sollten die Lehrkräfte dazu befähigt werden, die fachdidaktische Relevanz dieser Bildungsinnovationen in ihren Möglichkeiten, Anwendungspotenzialen und Grenzen genauer zu verstehen. Es geht um den Aufbau pädagogischer Handlungsfähigkeit angesichts einer zunehmenden algorithmischen Durchdringung von Lern- und Bildungsprozessen. Die pädagogischen Kompetenzanforderungen werden vor diesem Hintergrund nicht ab- sondern vielmehr zunehmen. Dabei sind die Lehrkräfte besonders auch dadurch gefordert, dass der Nachmittagsbereich häufig schon stark durch die Nutzung „smarter“ Lernanwendungen geprägt ist. Es geht mithin um das „Ineinander“ bildungstechnologischer und didaktischer Prozesse und eine immer stärkere Verschränkung von autonomen, technologiebasierten Lernphasen einerseits und sozialen Lernprozessen im Unterricht andererseits. Zugleich muss aber KI auch als Bildungsthema Einzug in die Curricula und den Schulunterricht halten.¹⁹ Dies kann z.B. im Rahmen des Mathematik- oder Informatikunterrichts geschehen und sollte insbesondere auch den Aufbau statistischer Kompetenzen umfassen.

¹⁸ Das laufende Forschungsprojekt des BMBF „DATAFIED“ fokussiert die datengestützte Vermessung des Schulsystems und lässt Ergebnisse erwarten, auf die auch hinsichtlich der Konzeptentwicklung für KI-Anwendungen aufgebaut werden kann (vgl.: <https://datafied.de>)

¹⁹ Die derzeit im Aufbau befindliche Bildungsplattform [KI Campus](#) bietet entsprechende Kurse speziell für Lehrkräfte und wird dieses Segment künftig noch stärker ausbauen.

7 Literaturverzeichnis

2020 EDUCAUSE Horizon Report Teaching and Learning Edition. <https://www.educause.edu/horizon-report-2020>.

Bäsler, S., Sasaki, Felix, S. (2020). Interaktive Lernmedien: Gestaltung von digitalen Bildungsmedien mit Künstlicher Intelligenz, In *De Gruyter, Information Wissenschaft & Praxis 2020*; 71(1): 39–42.

Bendel, Oliver (2020). Serviceroboter aus Sicht der Ethik. In Lindenau, Mathias & Meier Kressig, Marcel (Hrsg.). *Schöne neue Welt? Zwischen technischen Möglichkeiten und ethischen Herausforderungen*, 57-76. DOI: [10.14361/9783839452516-003](https://doi.org/10.14361/9783839452516-003)

Blanchard, E. G. (2012, June). On the WEIRD nature of ITS/AIED conferences. In *International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (pp. 280-285). Springer, Berlin, Heidelberg.

Bonderud, D. (2019). Artificial Intelligence, Authentic Impact: How Educational AI is Making the Grade. In *EdTech Magazine*, 08/2019. <https://edtechmagazine.com/k12/article/2019/08/artificial-intelligence-authentic-impact-how-educational-ai-making-grade-perfcon>.

Denk, M., Khabyuk, O. (2019). Wie relevant sind Chatbots als Kommunikations- und Marketing-instrument für Hochschulen? Konzeption und Akzeptanz eines Chatbot-Prototyps für den Master-Studiengang „Kommunikations-, Multimedia- und Marktmanagement“ der Hochschule Düsseldorf. In *Forschungsberichte des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften der Hochschule Duesseldorf*, 2019, 54. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:ddf:wpaper:52>.

de Witt, C., Rampelt, F., Pinkwart, N. (2020). Whitepaper| Oktober 2020: Künstliche Intelligenz in der Hochschulbildung. https://ki-campus.org/sites/default/files/2020-10/Whitepaper_KI_in_der_Hochschulbildung.pdf.

Drigas, A., Ioannidou, R. (2012). Artificial Intelligence in Special Education: A Decade Review. In *International Journal of Engineering Education* 28 (6): 1366–72.

EdSurge & Pearson Education (2016). Decoding Adaptive. http://d3e7x39d4i7wbe.cloudfront.net/static_assets/PearsonDecodingAdaptiveWeb.pdf
<https://adaptive.edsurge.com/adaptive-learning/software>.

EdSurge – Education Technology News and Resources, Suchwort: Artificial Intelligence
<https://www.edsurge.com/news/topics/artificial-intelligence>.

Holmes, W., Anastopoulou S., Schaumburg, H. & Mavrikis, M. (2018). Personalisiertes Lernen mit digitalen Medien. Ein roter Faden. Stuttgart: Robert Bosch Stiftung. https://www.bosch-stiftung.de/sites/default/files/publications/pdf/2018-06/Studie_Personalisiertes_Lernen.pdf.

Holstein K., Aleven V., Rummel N. (2020). A Conceptual Framework for Human–AI Hybrid Adaptivity in Education. In: Bittencourt I., Cukurova M., Muldner K., Luckin R., Millán E. (eds.). *Artificial Intelligence in Education. AIED 2020. Lecture Notes in Computer Science*, vol 12163. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52237-7_20

Kulik, J. A., Fletcher, J. D. (2016). Effectiveness of intelligent tutoring systems: a meta-analytic review. *Review of educational research* 86.1 (2016): 42-78.

Kulkarni, A. (2019). AI in Education: Where is It Now and What is the Future? <https://www.lexalytics.com/lexablog/ai-in-education-present-future-ethics>.

Luckin, R., Griffiths, M., Forcier, L.B. (2016). *Intelligence Unleashed. An Argument for AI in Education*. London: Pearson.

Nesta (2019): *Educ-AI-tion Rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges*. <https://www.nesta.org.uk/report/education-rebooted/>.

Nieding, I., Blanc, B., Goertz, L. (2020). Digitalisierung in der frühen Bildung. Die Perspektive von Kita-Trägern. In: IAQ-Report04/2020. <http://www.iaq.uni-due.de/iaq-report/2020/report2020-04.pdf>.

Riener, C., Willingham, D. (2010). The Myth of Learning Styles. In *Change: The Magazine of Higher Learning*, 42 (5): 32–35. <https://doi.org/10.1080/00091383.2010.503139>.

Scheer, A.-W. (2018). „Wir müssen immer die Interaktion mit dem Menschen im Blick haben“ – Interview mit Wolfgang Wahlster und August-Willhelm Scheer. In: *IM+IO, Heft 3*, September 2018, S. 7 -12.

Schroer, A. (2018). 12 Companies using AI in education to enhance the classroom. In *Builtin*, 12/2018. <https://builtin.com/artificial-intelligence/ai-in-education>.

Strickroth, S. (2016). Unterstützungsmöglichkeiten für die computerbasierte Planung von Unterricht: ein graphischer, zeitbasierter Ansatz mit automatischem Feedback (Doctoral dissertation, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät).

Tuomi, I. (2018a). The Impact of Artificial Intelligence on Learning, Teaching, and Education. In Cabrera, M., Vuorikari, R & Punie (Eds.). *Policies for the future*. EUR 29442 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Tuomi I. (2018b). Vygotsky trifft auf Backpropagation: Künstliche neuronale Modelle und die Entwicklung höherer Denkformen. In *Künstliche Intelligenz in der Bildung*. AIED 2018. Vorlesungsunterlagen in Künstlicher Intelligenz, Band 10947. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93843-1_42.

Wahlster, W. (2020). Deep Learning alleine reicht nicht. FAZ, 10.9.2020

Wambsganss, T., Niklaus, C., Cetto, M., Söllner, M., Handschuh, S. (2020). AL: An Adaptive Learning Support System for Argumentation Skills. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. https://www.researchgate.net/publication/338951985_AL_An_Adaptive_Learning_Support_System_for_Argumentation_Skills.

Yadegaridehkordi, E., Noor, N. F. B. M., Ayub, M. N. B., Affal, H. B., & Hussin, N. B. (2019). Affective computing in education: A systematic review and future research. *Computers & Education*, 142, 103649.

8 Anhang

8.1 Methodenüberblick

Im Rahmen der Trendstudie, deren Aufbau in Abbildung 9 schematisch dargestellt ist, wurden als Methoden die systematische Recherche und qualitative Inhaltsanalyse anhand eines Kategoriensystems, eine standardisierte Online-Befragung sowie eine Focus Group durchgeführt. Die Instrumente und Kernergebnisse werden in den Abschnitten 8.2-8.4 vorgestellt.



Abbildung 9: Aufbau der vorliegenden Trendstudie

8.2 Recherche: Kategoriensystem für die Erfassung und Analyse

Zur Erfassung KI-gestützter Anwendungen im Schulkontext wurden eine Web- und Literaturrecherche durchgeführt und die dort gelisteten Beispiele systematisch erfasst. Der Erfassung und anschließenden qualitativen Inhaltsanalyse lag folgende Kategoriensystem mit Beschreibungs-, Akteurs-, Aktivitäts- und weiteren Kategorien zugrunde:

Unternehmen	Anbieter der Anwendung
Anwendung	Produktname
Kernziel/Nutzenerwartung	Was ist das Ziel?
Kurzbeschreibung	Was macht die Anwendung, woraus besteht sie, welche Ziele verfolgt sie?
Einsatzfeld: Makro-, Meso-, Mikro-Ebene	Welche Ebene fokussiert Angebot am ehesten? Makro - Schule als Organisation Zielgrößen: Effektivität, Effizienz im Gesamtsystem Meso – Schulklasse Zielgrößen: Lernwirksamkeit von Lehr-/Lern-Arrangements oder Lehr-Aktivitäten Mikro - individuelle und kooperative Lernprozesse Zielgrößen: Lernfortschritte (Potenzialentfaltung, Erwerb von Wissenskompetenz)

Makro-Ebene: Kategorien	- Schulevaluation - Leistungsanalyse / Standardtest - Leistungsprognose, Drop-Out-Analyse - Raum- und Stundenplanung - Wirtschaftlichkeitsanalysen - Personaleinsatz - Anderes Ziel auf der Makro-Ebene:
Meso-Ebene: Kategorien	- Classroom-Management - Lernarrangements, Lernprozessdesign - Klassenarbeiten, Tests, Assessment - Lernstandsanalysen - Individuelle Förderung - Erziehung, Beratung, Elternarbeit - Anderes Ziel auf der Meso-Ebene:
Mikro-Ebene: Kategorien	- Lernen: Regel-basiert - Lernen: Konzept-basiert - Üben, Trainieren, Hausaufgaben - Kollaborieren - Selbst-reguliertes Lernen - Selbst-Evaluation - Anderes Ziel auf der Mikro-Ebene:
KI-Komponente	Welche KI-Komponente(n) kommen vorrangig zum Einsatz?
Einsatzgebiet: Schulfach/Fächer	Soweit angegeben
Herkunftsland	Sitz des Anbieters
Reifegrad / Marktstatus	1= etabliertes, verbreitetes Produkt 2= weniger verbreitetes Produkt 3= Prototyp /Entwicklungsstadium
Link zum Angebot/Anbieter	Wo findet man noch weitere Infos direkt vom Anbieter?
Quelle des Hinweises	Aus welcher Studie ist Beispiel entnommen? (nesta....)

8.3 Online-Befragung zu Potenzialen und Trends

8.3.1 Fragebogen



Gesellschaft für Medien- und Kompetenzforschung mbH

Expertenbefragung KI und Schule

Willkommen

Sehr geehrte Expertinnen und Experten,

der Einsatz von KI (Künstliche Intelligenz) ist im Berufs- und Alltagsleben bereits vielfach Realität. Auch im Bereich Lernen und Schule gibt es inzwischen viele Beispiele für die Anwendung von KI. Unter KI verstehen wir grundsätzlich selbstlernende Algorithmen („intelligente Systeme“), die zutreffende Aussagen, plausible Entscheidungen und verlässliche Prognosen generieren. Nach einer Recherche von mmb sind die meisten KI-basierten Anwendungen im Schulbereich in den USA und China zu finden. In China werden KI-Systeme bereits landesweit genutzt, um Schülerinnen und Schüler (SuS) in ihrem Lernverhalten und Schulalltag zu analysieren. In Japan sind Roboter als Lehrassistenten durchaus gängig.

Und wie sieht der Status quo hierzulande aus?

Um die aktuelle Situation besser einschätzen zu können, möchten wir gerne Ihre Sichtweise und Meinung zu diesem Thema kennenlernen. Dabei geht es einerseits um Ihre Bewertung der didaktischen Potenziale und Herausforderungen, andererseits aber auch um die Frage, welche Rolle KI in der Schulorganisation spielen könnte.

Wir würden uns freuen, wenn Sie sich etwa 10 Minuten Zeit nehmen könnten, um die folgenden Fragen zu dieser Thematik zu bewerten.

Zum Hintergrund: KI in der Schule? Was bedeutet das eigentlich?

Sie möchten etwas mehr zum Hintergrund des Themas "Künstliche Intelligenz und Schule" erfahren? Dann empfehlen wir Ihnen diese Beiträge:

[Initiative D 21: DENKIMPULS DIGITALE BILDUNG: Einsatz von Künstlicher Intelligenz im Schulunterricht \(2019\)](#)

[Nesta \(GB\): Educ-AI-tion Rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges](#)

Sie haben noch Fragen?

Bei Rückfragen zögern Sie bitte nicht, sich an uns zu wenden - unsere Kontaktdaten finden Sie weiter unten. Wir stehen Ihnen gerne zur Verfügung. Herzlichen Dank für Ihr Interesse und Ihre Unterstützung!

mmb Institut - Gesellschaft für Medien- und Kompetenzforschung mbH
Folkwangstr. 1
D-45128 Essen

E-Mail: info@mmb-institut.de

[Impressum](#)

[Datenschutzerklärung](#)

Expertenbefragung KI und Schule

I. KI-Lernszenarien und ihre Realisierung in der Schule

Im Folgenden sehen Sie einige Szenarien, wie KI-Anwendungen im Schulbetrieb für das individuelle Lernen eingesetzt werden können. Bitte schätzen Sie mit Blick auf die kommenden fünf bis zehn Jahre ein: Inwieweit Sie die Szenarien für technisch machbar halten, wie wahrscheinlich es ist, dass sie eintreffen und für wie wünschenswert Sie persönlich das Eintreffen des jeweiligen Szenarios halten.

1. Individuelles Lernen

Personalisiertes Lernen mit auf einzelne Schülerinnen und Schüler zugeschnittenen Lernangeboten (= Adaptive Learning).

	1 - sehr	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht	weiß nicht
technisch machbar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eintreten wahrscheinlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
wünschenswert	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Leichter Zugang zu Lerninhalten (z. B. mit sprachbasierten Assistenzsystemen wie „Siri“ oder „Alexa“).

	1 - sehr	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht	weiß nicht
technisch machbar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eintreten wahrscheinlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
wünschenswert	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Unterstützung von eigenverantwortlichem und selbstreguliertem Lernen (z. B. durch Empfehlungssysteme).

	1 - sehr	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht	weiß nicht
technisch machbar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eintreten wahrscheinlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
wünschenswert	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Individuelle Übungsphasen und die Bearbeitung von Hausaufgaben.

	1 - sehr	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht	weiß nicht
technisch machbar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eintreten wahrscheinlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
wünschenswert	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Unterstützung des Lernens und Unterrichtens von SuS mit körperlichen oder geistigen Behinderungen durch Kommunikation über Sprache, Mimik oder Gestik.

	1 - sehr	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht	weiß nicht
technisch machbar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eintreten wahrscheinlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
wünschenswert	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Virtuelle Hilfslehrende (Tutorinnen/Tutoren) in Form von humanoiden (menschenähnlichen) Robotern.

	1 - sehr	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht	weiß nicht
technisch machbar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eintreten wahrscheinlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
wünschenswert	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Sehen Sie noch andere - technisch umsetzbare - Szenarien von KI-Anwendungen für Lernprozesse in der Schule? Wenn ja, wie wünschenswert und wahrscheinlich sind diese Szenarien?

Expertenbefragung KI und Schule

I. KI-Lernszenarien und ihre Realisierung in der Schule

Im Folgenden sehen Sie einige Szenarien, wie KI-Anwendungen im Schulbetrieb zum Unterrichten und Lernen in der Klasse eingesetzt werden können. Bitte schätzen Sie mit Blick auf die kommenden fünf bis zehn Jahre ein: Inwieweit Sie die Szenarien für technisch machbar halten, wie wahrscheinlich es ist, dass sie eintreffen und für wie wünschenswert Sie persönlich das Eintreffen des jeweiligen Szenarios halten.

2. Unterrichten und Lernen in der Klasse

Unterstützung der Lehrkräfte bei der individuellen Förderung von Schülerinnen und Schülern.

	1 - sehr	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht	weiß nicht
technisch machbar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eintreten wahrscheinlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
wünschenswert	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Kollaboratives Lernen im Unterricht (Zusammenbringen von Lernenden mit ähnlichen Schwierigkeiten oder mit ergänzenden Kompetenzen).

	1 - sehr	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht	weiß nicht
technisch machbar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eintreten wahrscheinlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
wünschenswert	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Ermöglichung neuer Lernerfahrungen insbesondere in den MINT-Fächern, z.B. durch 3D-Spiele, Realitäts-Simulation oder VR-Brillen.

	1 - sehr	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht	weiß nicht
technisch machbar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eintreten wahrscheinlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
wünschenswert	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Messung von Lernstand und Lernerfolg („formative Evaluation“) inkl. Feedback.

	1 - sehr	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht	weiß nicht
technisch machbar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eintreten wahrscheinlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
wünschenswert	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Automatisches Testen und Prüfen (u. a. für Essay Scoring) zur Entlastung der Lehrkräfte bei der Korrekturarbeit.

	1 - sehr	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht	weiß nicht
technisch machbar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eintreten wahrscheinlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
wünschenswert	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Videoaufzeichnungen des Verhaltens von Lehrenden sowie SuS und daraus abgeleitete pädagogische Hinweise (z.B. zum Aktivitäts- und Konzentrationslevel einer Klasse/eines Schülers etc.).

	1 - sehr	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht	weiß nicht
technisch machbar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eintreten wahrscheinlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
wünschenswert	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Prognosen zum künftigen Schulerfolg und/oder Leistungsniveau von SuS.

	1 - sehr	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht	weiß nicht
technisch machbar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eintreten wahrscheinlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
wünschenswert	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Sehen Sie noch andere - technisch umsetzbare - Szenarien von KI-Anwendungen für den Unterricht in der Schule? Wenn ja, wie wünschenswert und wahrscheinlich sind diese Szenarien?

Expertenbefragung KI und Schule

I. KI-Lernszenarien und ihre Realisierung in der Schule

Im Folgenden sehen Sie einige Szenarien, wie KI-Anwendungen für die Schulorganisation und -administration eingesetzt werden können. Bitte schätzen Sie mit Blick auf die kommenden fünf bis zehn Jahre ein: Inwieweit Sie die Szenarien für technisch machbar halten, wie wahrscheinlich es ist, dass sie eintreffen und für wie wünschenswert Sie persönlich das Eintreffen des jeweiligen Szenarios halten.

3. Schulorganisation und -administration

Verbesserte Schuldaten-Diagnostik und Evaluation (Kennziffern, Leistungsdaten etc.) für das Schul-Management.

	1 - sehr	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht	weiß nicht
technisch machbar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eintreten wahrscheinlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
wünschenswert	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Prognosen zu Fehl- und Ausfallzeiten, Personal, Ressourcen etc.

	1 - sehr	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht	weiß nicht
technisch machbar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eintreten wahrscheinlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
wünschenswert	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Erleichterung der verschiedenen Planungsaufgaben auf der Schulleitungsebene (Raum-, Ressourcen, Stundenplanung etc.).

	1 - sehr	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht	weiß nicht
technisch machbar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eintreten wahrscheinlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
wünschenswert	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Prognosen zur Eignung von SuS für bestimmte Schultypen oder Fächerschwerpunkte (z.B. im Rahmen von Eingangs- oder Eignungstests) (= Learning Analytics).

	1 - sehr	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht	weiß nicht
technisch machbar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eintreten wahrscheinlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
wünschenswert	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Sehen Sie noch andere - technisch umsetzbare - Szenarien von KI-Anwendungen für die Schulorganisation? Wenn ja, wie wünschenswert und wahrscheinlich sind diese Szenarien?

Expertenbefragung KI und Schule

II. Generelle Einschätzung zu KI in der Schule

Wenn Sie allein entscheiden dürften, würden Sie die Einführung von KI-Technologien an Schulen eher befürworten oder ablehnen?

1 - voll und ganz befürworten	2	3	4	5	6 - völlig ablehnen	weiß nicht
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

III. KI-Szenarien und ihr sinnvoller Einsatz

Die folgenden Aussagen beziehen sich auf Probleme, die KI-Systeme an Schulen lösen könnten. Wie sinnvoll wäre es nach Ihrer Einschätzung, hierfür KI-Systeme einzuführen?

	1 - sehr sinnvoll	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht sinnvoll	weiß nicht
... um die persönliche Beratung von SuS durch Lehrende zu unterstützen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
... um leistungsschwache oder -starke SuS besser zu unterstützen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
... um die Lernprozesse und Leistungen der SuS genauer zu diagnostizieren und Rückschlüsse daraus zu ziehen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
... um Lehrkräfte zu entlasten und ihnen so mehr Möglichkeiten der persönlichen Lernbegleitung zu geben.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Weitere, welche:

Expertenbefragung KI und Schule

IV. Einflussfaktoren auf die Einführung von KI

Im Folgenden nennen wir einige Aspekte, die auf die Einführung von KI-Systemen in der Schule einen mehr oder weniger großen Einfluss haben werden. Welchen Einfluss haben nach Ihrer Einschätzung die folgenden Faktoren:

	1 - sehr großer Einfluss	2	3	4	5	6 - überhaupt kein Einfluss	weiß nicht
Datenschutz	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Digitale Kompetenzen des Lehrpersonals	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bedenken des Lehrpersonals	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bedenken der Eltern	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Länderstrategien/Schulstrategien	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Schuletat/Budget der Kommune, des Landes	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Digitale Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Vorhandenes Angebot an KI-Lösungen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Zeit- und Personalbudget	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ressourcen für Wartung und Pflege der Systeme	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Expertenbefragung KI und Schule

V. Maßnahmen zur Einführung

Wie wichtig und unterstützenswert sind nach Ihrer Ansicht die folgenden Maßnahmen im Zusammenhang mit der Einführung von KI-Technologien an Schulen?

	1 - sehr wichtig / unterstützenswert	2	3	4	5	6 - überhaupt nicht wichtig / unterstützenswert	weiß nicht
Stakeholder (Pädagogen, Entwickler, Pioniere und Startups etc.) in einen kontinuierlichen Prozess der Innovation einbeziehen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Umfangreiche Bedarfsanalyse unter Schulverantwortlichen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Informationsmaterialien und -veranstaltungen für Eltern	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Schulungen für das Lehrpersonal	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bereitstellung von Personal für Wartung und Pflege der IT-/KI-Anwendungen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bereitstellung eines Sonderbudgets zur Anschaffung von KI-Anwendungen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Rahmenregelungen zum Datenschutz	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Einführung eines Educational Technologists - eine Person, die an der Schnittstelle Technik - Inhalt - Fachdidaktik den (Beratungs-) Prozess an der Schule übernimmt	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Expertenbefragung KI und Schule

VI. Eigene Funktion

Welcher Akteursgruppe gehören Sie hauptsächlich an?

- ☐ Dienstleister / Produzent von Lernangeboten
- ☐ Anwender / Nutzer von Lernangeboten
- ☐ Wissenschaft / Forschung / Beratung
- ☐ Medien / Freier Journalist
- ☐ Öffentliche Einrichtung / Regierungsorganisation
- ☐ Andere Akteursgruppe, und zwar:

Wie hoch würden Sie ihre eigene KI-Expertise einschätzen?

1 - sehr hoch

2

3

4

5

6 - keine Expertise

☐☐☐☐☐☐

Expertenbefragung KI und Schule

Herzlichen Dank für Ihre Unterstützung

Vielen Dank, dass Sie unsere Kurzbefragung zum Thema "KI und Lernen" unterstützt haben.

Wenn Sie keine Änderungen mehr vornehmen möchten, beenden Sie nun die Befragung bitte durch einen Klick auf den Button [Fragebogen absenden].

Wenn Sie Interesse an den Ergebnissen dieser Befragung haben, dann geben Sie hier eine E-Mail-Adresse an. Die E-Mail-Adresse wird getrennt von Ihren Antworten gespeichert.

E-Mail-Adresse (optional):

8.3.2 Ergebnisse zu Potenzialen und Einflussfaktoren in Diagrammen

Befragt wurden 40 Expertinnen und Experten, über die Hälfte ist in Wissenschaft, Forschung und Beratung tätig (55%), 20 Prozent kommen aus öffentlichen Einrichtungen, Regierungsorganisationen bzw. der Zivilgesellschaft. 63% der Befragten verfügen nach Selbsteinschätzung über große und sehr große KI-Expertise.

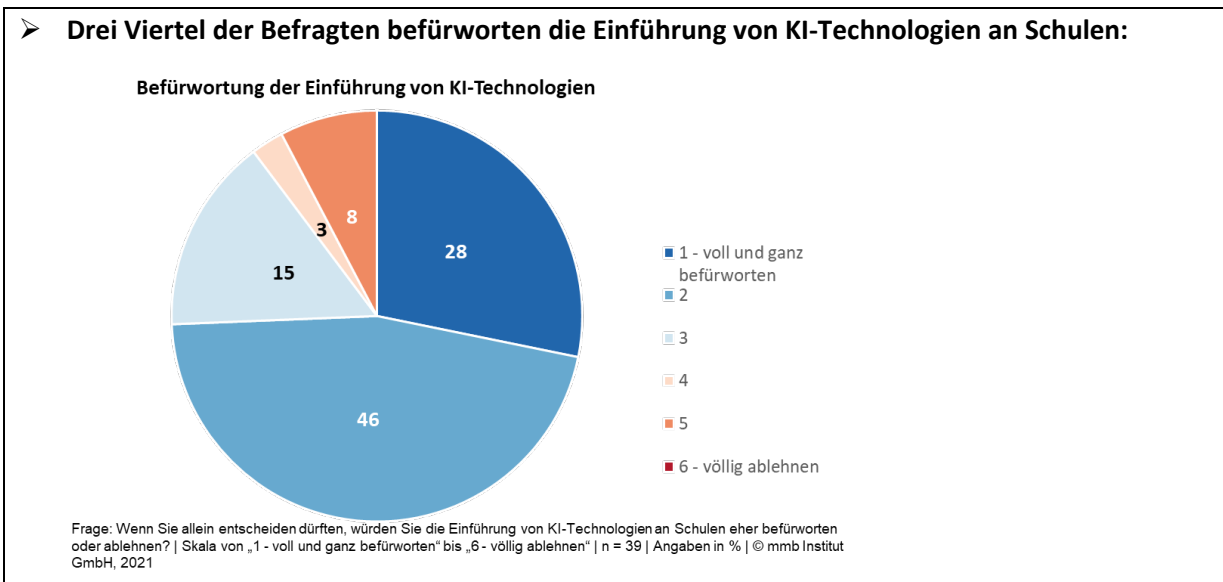


Abbildung 10: Ergebnis Online-Befragung: Befürwortung KI@Schule

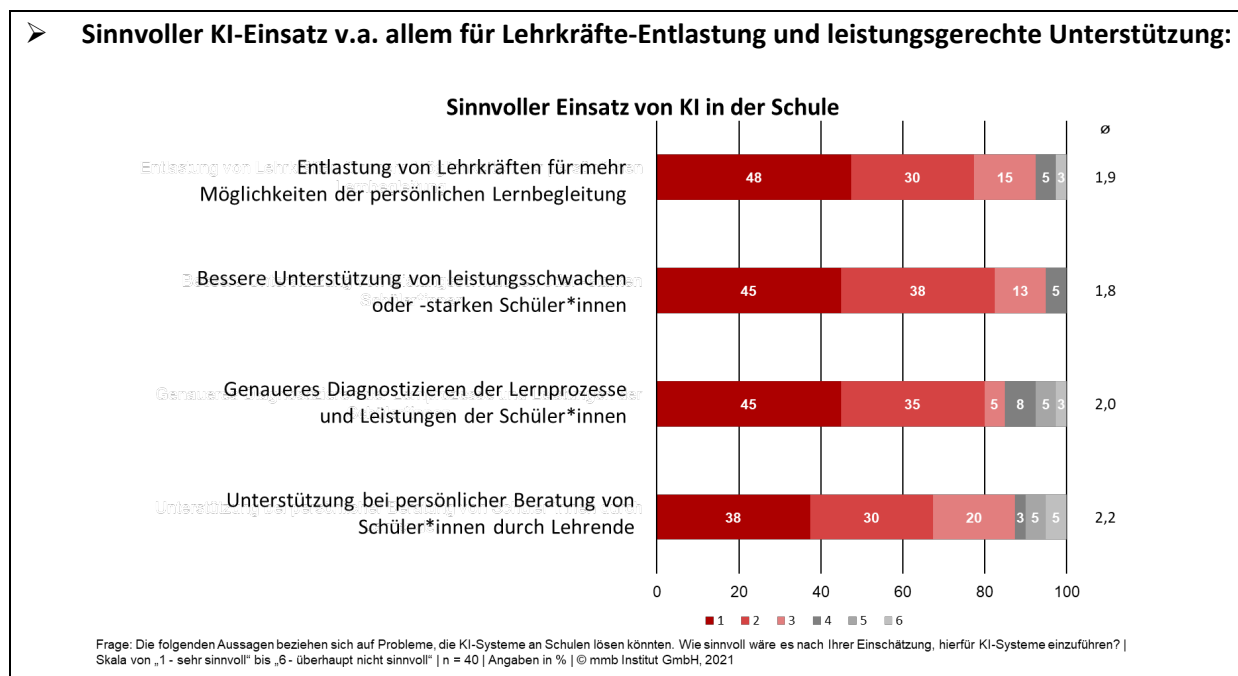


Abbildung 11: Ergebnis Online-Befragung: Sinnvolle Ziele von KI@Schule

➤ **Technisch realisierbar v.a. KI-gestützte Unterstützung von Administration und individuellem, personalisiertem Lernen (Anwendungen auf der Mikro-Ebene):**

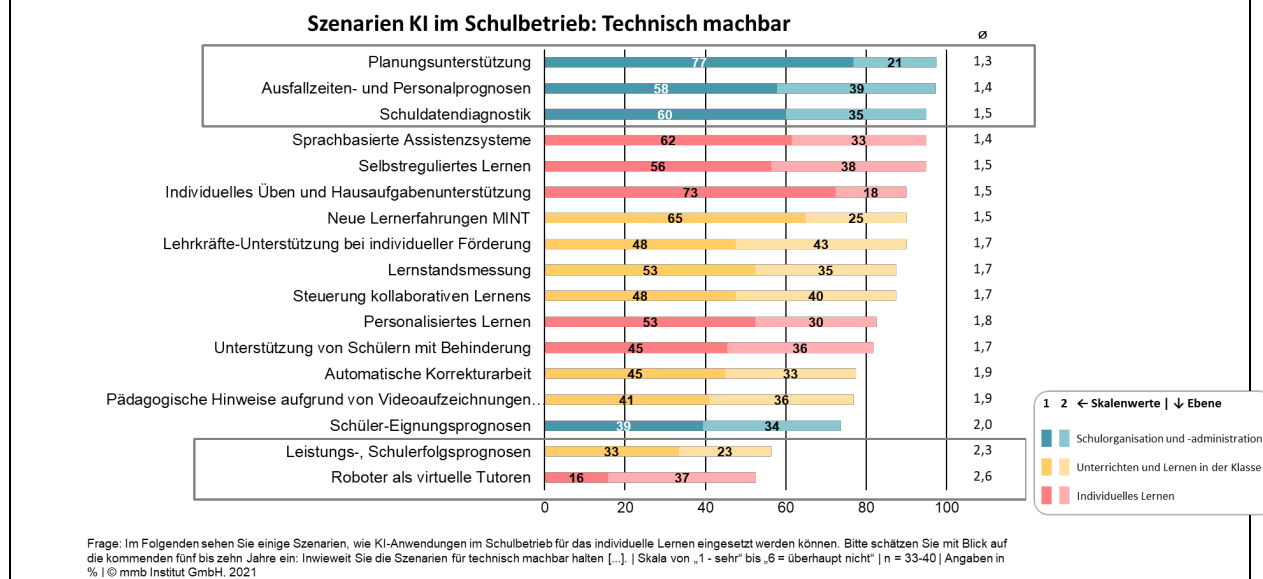


Abbildung 12: Ergebnis Online-Befragung: Technische Machbarkeit verschiedener KI@Schule-Szenarien

➤ **Gewünschte KI-Szenarien betreffen aktuelle Problemlagen:**

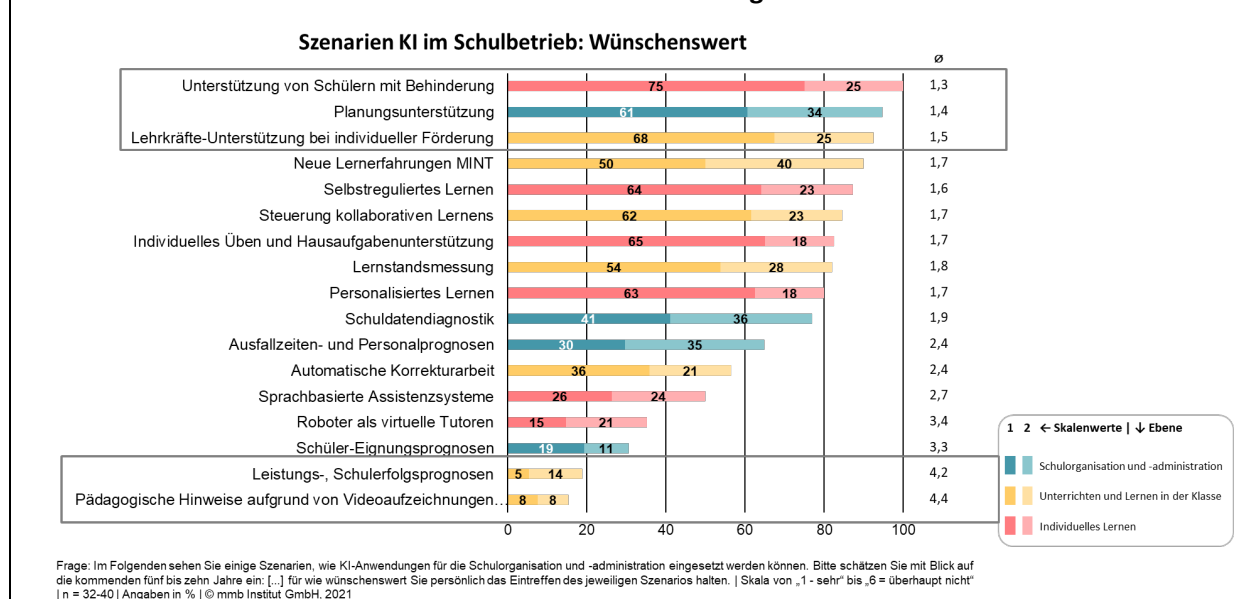


Abbildung 13: Ergebnis Online-Befragung: Wunsch nach verschiedenen KI@Schule-Szenarien

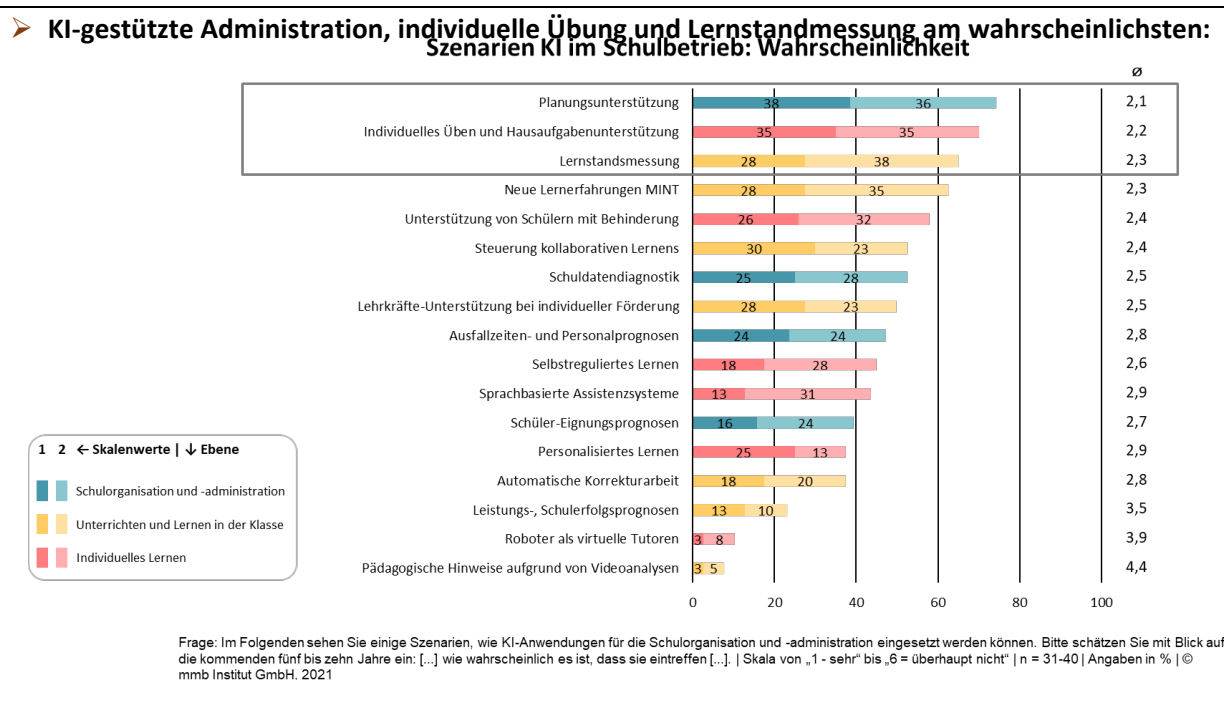


Abbildung 14: Ergebnis Online-Befragung: Wahrscheinlichkeit verschiedener KI@Schule-Szenarien

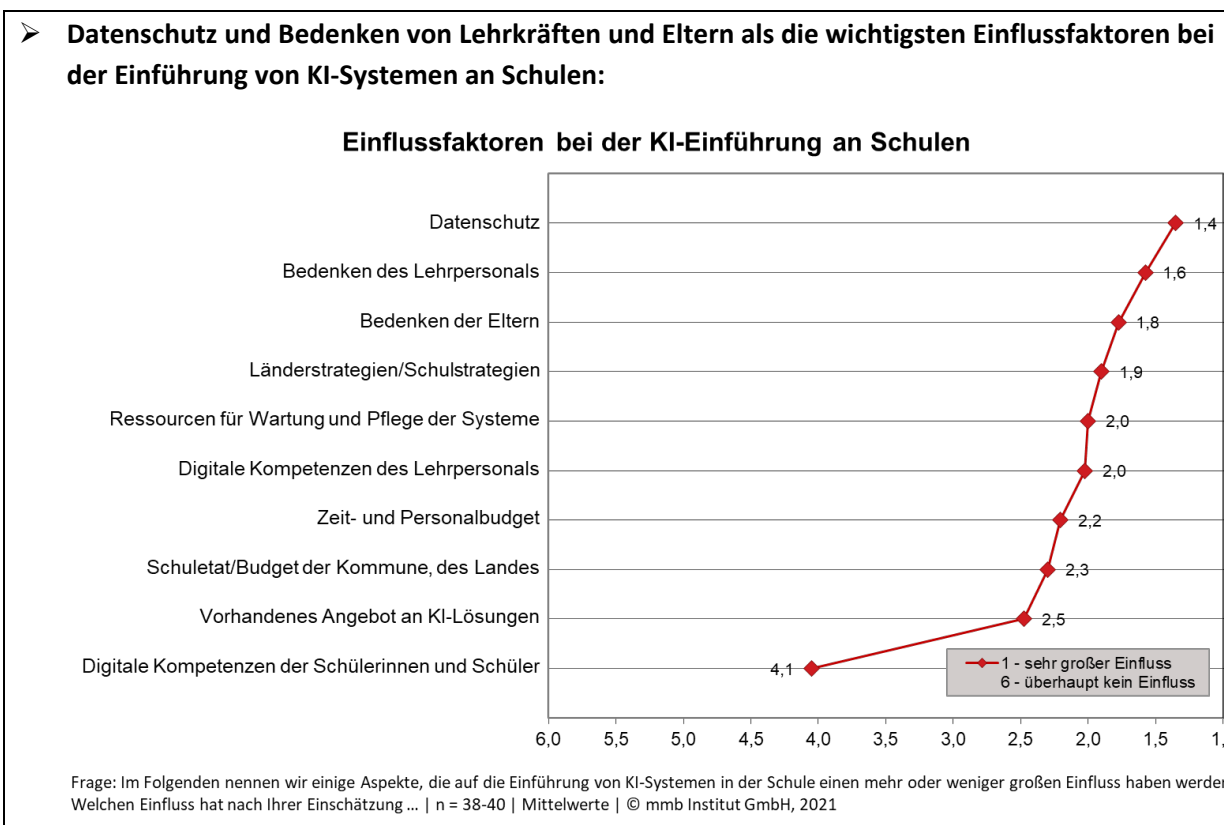


Abbildung 15: Ergebnis Online-Befragung: Bedeutung verschiedener Einflussfaktoren bei der Einführung von KI@Schule

➤ **Der Bedeutung der Einflussfaktoren entsprechend: Partizipation und Datenschutzregeln sind am wichtigsten bei der Einführung von KI-Systemen an Schulen:**

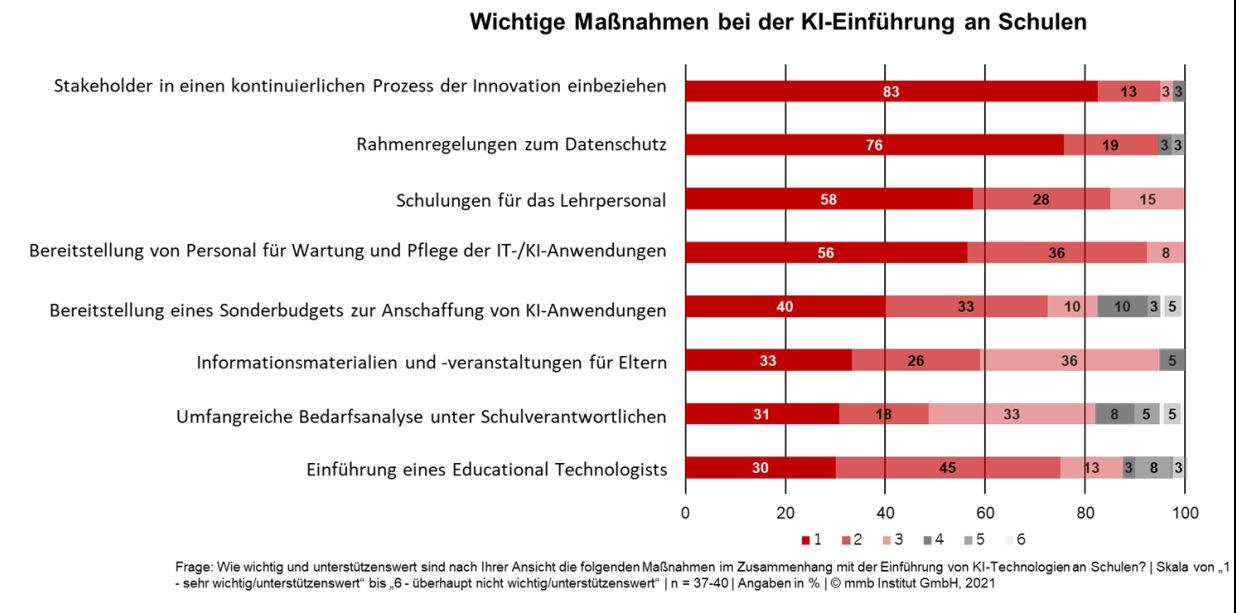


Abbildung 16: Ergebnis Online-Befragung: Wichtigste Maßnahmen bei der Einführung von KI@Schule

8.4 Experten-Workshop „KI@Schule – Zwischen Wunsch und Wirklichkeit“

8.4.1 Ablauf

Teil A: KI@Schule – Stand, Wünsche und Realisierbarkeit

Präsentation: KI-basierte Anwendungen in Schulen

- 1) Rechercheergebnisse
- 2) Befragungsergebnisse KI@Schule:
Technisch mögliche, gewünschte und wahrscheinliche Szenarien

Vorstellungsrunde und Feedback

Leitfrage: Welches sind die KI-Anwendungen mit dem größten Potenzial und der höchsten Realisierbarkeit im deutschen Schulsystem?

Teil B: Diskussion der Herausforderungen und Risiken

Befragungsergebnisse zu wichtigsten Einflussfaktoren auf die KI-Einführung

Leitfrage: Wo liegen mögliche Risiken, Probleme und Gefahren beim Einsatz von KI-gestützten Systemen in der schulischen Bildung?

Pause

Teil C: Gemeinsame Bewertung zentraler Befunde und Herausforderungen

Potenziale versus Risiken

Wichtigkeit versus Dringlichkeit

8.4.2 Teilnehmende Expertinnen und Experten

Kenza Ait Si Abbou Lyadini	Deutsche Telekom IT, Robotics and Artificial Intelligence
Prof. Dr. Maria Bannert	TU München, TUM School of Education, Lehrstuhl für Lehren und Lernen mit digitalen Medien
Hans-Christian Boos	arago GmbH; Digitalrat der Bundesregierung
Noshaba Cheema	Max-Planck-Institut für Informatik, DFKI Agenten und Simulierte Realität
Prof. Dr. Ulrike Cress	Leibniz-Institut für Wissensmedien, Direktorin
Prof. Dr. Hendrik Drachsler	DIPF Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation, Arbeitsbereich Educational Technologies
Jakob Flingelli (i.V. von Axel Menneking)	Deutsche Telekom, Startup Incubation & Venturing, hub:raum; Board Member Support Technology and Innovation
Dr. Gerd Hanekamp	Deutsche Telekom Stiftung, Leiter Programme
Annika Klaus	Deutsche Telekom Stiftung, Referentin Kommunikation
Prof. Dr. Tobias Ley	Universität Tallin, School of Educational Sciences, Professor for Learning Analytics and Educational Innovation
Prof. Dr. Detmar Meurers	Universität Tübingen, Computerlinguistik
Prof. Dr. Niels Pinkwart	DFKI, EdTecLab / HU Berlin, Institut für Informatik
Claudia Pohlink	Telekom Innovation Laboratories, Head of Artificial Intelligence @ T-Labs and Member of the Bitkom Board for AI
Dr. Tanja Reinlein	Schulministerium NRW, Referat 412: Lehren und Lernen in der Digitalen Welt, Medienberatung, Lernmittel
Detlef Reuter	BMBF, Referat 323: Infrastrukturförderung Schule
Thomas Schmitt	Deutsche Telekom Stiftung, Projektleiter
Prof. Dr. Carsten Schulte	Universität Paderborn, Projektleiter „ProDaBi“ (Projekt Data Science und Big Data in der Schule, Deutsche Telekom Stiftung)
Dr. Daniel Thurm	Universität Duisburg Essen, Didaktik der Mathematik
Dr. Ekkehard Winter	Deutsche Telekom Stiftung, Geschäftsführer
Prof. Dr. Katharina Zweig	TU Kaiserslautern, Algorithm Accountability Lab (AALab)