

Claudia de Witt
Christina Gloerfeld
Silke Elisabeth Wrede *Hrsg.*

Künstliche Intelligenz in der Bildung



Springer VS

Künstliche Intelligenz in der Bildung

Claudia de Witt · Christina Gloerfeld ·
Silke Elisabeth Wrede
(Hrsg.)

Künstliche Intelligenz in der Bildung

 Springer VS

Hrsg.

Claudia de Witt
Institut für Bildungswissenschaft und
Medienforschung
Fern Universität in Hagen
Hagen, Deutschland

Christina Gloerfeld
Universität Bremen
Bremen, Deutschland

Silke Elisabeth Wrede
Institut für Bildungswissenschaft und
Medienforschung
Fern Universität in Hagen
Hagen, Deutschland

ISBN 978-3-658-40078-1

ISBN 978-3-658-40079-8 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-40079-8>

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

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

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geographische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Stefanie Laux

Springer VS ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Einleitung

Technologien verändern schon seit Jahrzehnten Lehren und Lernen, schaffen Möglichkeiten für Bildungsinnovationen und sind Anlass für kritisch-reflexive Auseinandersetzungen mit bisherigen Vorstellungen von Bildung. Mit Künstlicher Intelligenz (KI) zeichnen sich nun weitere Dimensionen, Qualitäten und Erfahrungen in diesen Bereichen ab. Diese Technologie ist durch eigenständig rechnende Algorithmen gekennzeichnet und besitzt enorme Potenziale, birgt aber auch gleichzeitig nie dagewesene Risiken für fast alle Bereiche des menschlichen Lebens, vor allem dann, wenn wir Menschen KI nicht mehr kontrollieren können.

Ursprünglich ist KI seit den 1950er-Jahren ein Forschungsgebiet der Informatik, das sich mit der Automatisierung intelligenten Verhaltens befasst. KI wird heute als Sammelbegriff verwendet,

»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 [...]. Zum »intelligenten« Verhalten von Maschinen gehören dann Möglichkeiten und 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« (de Witt et al., 2020, S. 9).

Diese Computersysteme übernehmen Aufgaben, von denen bisher angenommen wird, dass sie menschliche kognitive Prozesse und Entscheidungsfähigkeit erfordern. Angesprochen ist damit die sog. »schwache KI«, bei der Methoden zur Simulation intelligenten Verhaltens eingesetzt werden, im Gegensatz zur »starken KI«, die sich durch eine Art maschinelles Bewusstsein auszeichnet und dem menschlichen Bewusstsein ebenbürtig oder sogar überlegen zeigt; diese »Superintelligenz« ist allerdings (noch) nicht absehbar. Noch kann KI immer nur spezifische Aufgaben lösen und ist nicht in der Lage, sich bewusst auf neue Situationen und Herausforderungen einzustellen. In diesem vor

bildungswissenschaftlichen Perspektiven geleiteten Sammelband lassen sich mit Gapskis Unterscheidung von funktionalistischer und ontologischer Perspektive auf KI (2021) die Einflüsse von KI auf Lehren und Lernen sowie auf den Bildungsgedanken einleiten. Diese beiden zentralen Bereiche in der bildungswissenschaftlichen Diskussion um KI werden durch eine ethische Perspektive vervollständigt.

Funktionalistische Perspektive – Einsatz von KI für Lehren und Lernen

Besonders durch maschinelles Lernen sind KI-Anwendungen in der Lage, konkrete Aufgabenstellungen selbstständig zu lösen und sich in diesen Bereichen weiterzuentwickeln, Regelmäßigkeiten zu erkennen, die von Menschen nicht wahrgenommen werden, und hinderliche Aufgaben besser zu bewältigen. Die zunehmende Digitalisierung und das damit einhergehende wachsende Datenvolumen bieten einen ergiebigen »Nährboden« für KI, die sich in bestehende digitalisierte Prozesse einbinden lässt und diese in Form von Assistenzsystemen unterstützt. Eine solche *funktionalistische Sichtweise* deutet auf das produktive Zusammenwirken von Mensch und Maschine hin, in dem die menschlichen Fähigkeiten durch die technologischen Potenziale unterstützt und die Begrenztheit der Technologie durch verschiedene menschliche Kompetenzbereiche eingeschätzt und ausgeglichen werden können (ebd.). Solche Interaktionsprozesse sind insbesondere für den Bereich des Lehrens und Lernens interessant. Hier kommt auch zum Tragen, dass KI zunehmend mit *Learning Analytics* zusammentrifft, die von Siemens (2013) als »das Messen, Sammeln, Analysieren und Berichten von Daten über Lernende und ihre Kontexte, um das Lernen und die Umgebungen, in denen es stattfindet, zu verstehen und zu optimieren« bezeichnet werden. Der Educause Horizon Report 2022 nimmt diese Entwicklung auf und unterscheidet *KI für Learning Analytics* und *KI für Lernwerkzeuge* (Pelletier et al., 2022, S. 17–22). Bei KI für Learning Analytics liegt der Fokus auf dem institutionellen Gebrauch/Nutzen von KI, um Daten als Entscheidungshilfe und als Unterstützung von Studienerfolg zu organisieren, zu analysieren und zu verstehen. KI wird hier als Werkzeug verstanden, das die Institution einsetzt, um die riesigen Datenmengen besser und einfacher nutzbar zu machen, die in ihren zahlreichen Systemen und Plattformen gesammelt werden. Mit *KI für Lernwerkzeuge* liegt der Fokus darauf, wie Lernende selbst unmittelbar mit den KI-gestützten Werkzeugen und Technologien in den Lernumgebungen interagieren und Lernerfahrungen machen. KI wird als individuelle Begleitung beim Lernen und beim Durchlaufen des Studiums begriffen. Sie führt die Lernenden individuell durch die Aufgaben, hilft bei der Erweiterung ihres Denkens und Handelns und bietet Automatisierung und Effizienz als Vorteil für die Interaktion der Institution mit ihren Lernenden (ebd.). Ziele wie die Verbesserung der

Studienleistungen durch automatisiertes und responsives Feedback oder umfassendere Lernerfahrungen, beispielsweise durch Mixed Reality, können damit erreicht werden.

Auf der Grundlage einer umfangreichen Sichtung von empirischen Studien über KI in der Bildung in der Zeit von 1993 bis 2020 erfassten Zhang und Begum Aslang (2021) eine Reihe von Anwendungen mit KI-Technologien nach ihren Auswirkungen und Implikationen für KI in Bildungskontexten. Dabei fanden besonders viele Studien im Schulbereich und in der Hochschule statt. Zudem stellten sie fest, dass die meisten Studien in den MINT-Fächern, Fremdsprachen und im Wirtschaftsbe- reich stattgefunden haben, und sie werteten aus, dass KI-Technologien unbegrenzte Möglichkeiten für die Bildung insbesondere durch Bildungstechnologien wie Chatbots, Expertensysteme, intelligente Tutorensysteme oder Agenten, Maschinelles Lernen, personalisierte Lernsysteme oder -umgebungen, Visualisierungen mit VR bringen (ebd., S. 8). Auch wenn es schon Forschung zu diesen Bildungstechnologien gibt, die maßgeschneiderte, zeitnahe und passende Materialien, Anleitungen und Rückmeldungen bieten und sich besonders für metakognitives Scaffolding eignen (ebd.), ist ihr Nutzen im Zusammenhang mit Lernergebnissen bisher doch noch relativ wenig erforscht. Feng und Law (2021) analysierten in ihrer Studie über 1800 Forschungsbeiträge im Zeitraum von 2010 bis 2019 zu *KI in der Bildung* und identifizierten Intelligente tutorielle Systeme und Massive Open Online Courses als die zwei durchgängigen Themenbereiche (ebd., S. 277). Bevorzugte Analysetechniken in diesen Bereichen sind Natural Language Processing (NLP), Educational Data Mining (EDM), Learning Analytics (LA) und maschinelles Lernen (ML). Neben kollaborativem Problemlösen stellten bis 2019 neuronale Netze, Deep Learning, personalisiertes Lernen, Hochschulbildung, Ontologien und Eye Tracking trendige Schlüsselwörter zu KI in der Bildung dar (ebd.).

Eine der zentralen Frage beim Lernen mit KI lautet, wie KI Lernerfahrungen personalisieren kann. Die Idee der Personalisierung beim computerunterstützten Lernen ist nicht neu: Bereits in intelligenten tutoriellen Systemen der 1990er-Jahre bzw. in adaptiven Hypermedia-Systemen (adaptive Hypertexte und Hypermedien, vgl. Brusilovsky, 2003) konnten Rückschlüsse auf Stärken und Schwächen des bzw. der Lernenden gezogen, zusätzliche Übungen vorgeschlagen und Curricula angepasst werden. Chatti et al. (2020) machten besonders zwei Schwächen adaptiver intelligenter Lernsysteme aus: a) die statische, vordefinierte Repräsentation von Wissensinhalten und damit ein Lernen, das als Erwerb und Anhäufung einer endlichen Menge von Fähigkeiten und Fakten angelegt ist, und b) die äußerst schwierige Aufgabe der Modellierung der Lernenden aufgrund der Dynamik ihres Wissens und der Vielfalt der Parameter, die berücksichtigt werden sollten (z. B. Kontext der Lernumgebung, Art der Lernaktivität, Lernziele, Präferenzen, Motivation, kognitive

Fähigkeiten, Behinderungen). Zanker et al. (2019) warnen vor zu präzisen Inhaltsempfehlungen, da diese die Wahrscheinlichkeit verringern könnten, unerwartete und zufällige Elemente zu erleben. Dagegen machen internationale Studien deutlich, dass mit dem Einsatz intelligenter Tutoren- und Empfehlungssysteme (Korkmaz & Correira, 2019) und mit der Personalisierung des Lernens (Motta et al., 2019) die Leistungsfähigkeit digitaler Lernprozesse sowohl für Studierende als auch für Lehrende optimiert und gesteigert werden kann. VanLehn (2011) konnte zeigen, dass eine personalisierte, digitale 1:1-Unterstützung und ein fein gegliedertes Feedback zu Lernerfolgen ähnlich wie bei einer menschlichen Unterstützung führen. Zudem sind heute mit der Ubiquität des Informationszugangs und der Datenerfassung Algorithmen in personalisierten Systemen in der Lage, nicht nur zu entscheiden, welche Funktionalität der Benutzeroberfläche und welche Inhalte präsentiert werden sollen, sondern auch, wann und wie die Nutzenden angesprochen werden. Durch die Argumentation mit den Informationen, die das System über den Lernenden und über das Wissen hat, kann das System den Lernenden personalisierte Erfahrungen bieten, die ihnen helfen können, solches Wissen zu erwerben, von dem das System weiß, dass sie es nicht haben.

Ontologische Perspektive – Veränderung der Wahrnehmung des menschlichen Status durch KI

Neben der funktionalistischen Sichtweise auf KI beschreibt die ontologische Perspektive nach Gapski (2021) »einen grundsätzlichen Wesensunterschied [...] zwischen einer biologischen und leibgebundenen, menschlichen Intelligenz (Geist) und einem maschinellen Informationsprozessor« (S. 5). Diese Perspektive führt zu kritisch-reflexiven Diskursen über das Verhältnis des Menschen zu sich und zur Welt und damit über Bildung. Die Diskurse über das Verhältnis bzw. die Differenz von Mensch und Maschine durch Vertreter des Trans- bzw. Posthumanismus (vgl. Loh, 2018) forcieren die zunehmende Menschenähnlichkeit von Maschinen. Mit ihrer simulierten Fähigkeit von Kognition machen sie bereits die kognitive Einzigartigkeit des Menschen streitig. Nach heutigem Stand der Technik wird KI den Menschen aber nicht ersetzen, da dessen Abstraktionsvermögen deutlich größer ist und ein reflektiertes Wertesystem hat, sich an Ausnahmesituationen durch Neuausrichtung seiner Ziele anpassen kann und sich durch Empathie auszeichnet.

Dennoch verändert KI bereits jetzt das Verhältnis von Individuum und Welt, indem die künstlich intelligenten Systeme bisherige Unbestimmtheiten von Welt berechnen, mit ihren Funktionalitäten der Problemlösung, Entscheidungsfindung, Vorhersagen und Empfehlungsgebung dem Menschen Orientierung, Unterstützung und Rahmungen für sein Handeln vorgeben können und auf der Basis von Mustern Einfluss auf die Deutung von Welt nehmen. Sie werfen damit die Frage und Notwendigkeit nach einer Vorstellung zukünftiger Bildung auf.

Für Gapski (2021) bilden beide Perspektiven, die funktionalistische und die ontologische, zusammen ein Reflexionsfeld für die Mensch-Maschine-Interaktion. Beide Perspektiven finden sich im vorliegenden Sammelband *Künstliche Intelligenz in der Bildung*. Der Band enthält bildungswissenschaftliche Reflexionen und bildungstheoretische Standpunkte über die Wechselwirkungen von Mensch und Maschine; daneben sind an den Gestaltungsansätzen künstlicher intelligenter Lehr-/Lernangebote in Schule, der Hochschulbildung, der beruflichen (Weiter-)Bildung und der ästhetischen Kultur auch die Disziplinen der Informatik, Psychologie und Bildungssoziologie beteiligt. Zudem setzt sich der Band mit ethischen Grundsätzen auseinander, ohne die KI in der Bildung nicht mehr zu denken ist. Erforderlich ist die Integration von ethischen Grundsätzen beispielsweise aufgrund der sog. Black-Box- und Bias-Problematiken. Die lernenden Systeme machen es immer unmöglicher nachzuvollziehen, woraus ihre Vorhersagen, Empfehlungen oder Rückmeldungen resultieren. Unverhältnismäßige Verzerrungen von Daten und Gewichtungen und damit einhergehende Diskriminierungen und Befangenheiten können durch das Verhalten von Algorithmen erzeugt werden, weil die von ihnen erkannten Muster schlicht auf Korrelationen von Trainingsdaten beruhen. Diese Problematiken machen Konzepte für erklärbare und transparente KI notwendig. Allen Beiträgen ist gemeinsam, dass besonders die Wahrnehmungen, Bedarfe und Anforderungen der Menschen bzw. Anwender:innen im Mittelpunkt stehen, weniger die technischen Aspekte und Gelingensbedingungen.

Aufbau des Sammelbands

Der Sammelband möchte mit den Beiträgen zu Bildung und KI, Lehren und Lernen mit KI und zu Anforderungen an erklärbare und ethisch orientierte KI die bisherige Lücke an bildungswissenschaftlichen Perspektiven in der deutschsprachigen KI-Forschung und -Praxis ein Stück weit schließen und die Bearbeitung des Themenfelds zudem um interdisziplinäre Perspektiven bereichern. Der Band ist dementsprechend anhand von fünf Schwerpunkten strukturiert: Er stellt historisch und systematisch bildungstheoretische Perspektiven zu den Eigenlogiken von KI und ihren Einfluss auf Bildung und Lernen (I) vor, zeigt didaktische Positionen und Gestaltungsansätze zum Lehren und Lernen mit KI auf (II) und setzt sich mit den Chancen und Herausforderungen durch KI in Schule, Hochschule und beruflicher Bildung auseinander (III). Weitere Beiträge fokussieren die Kompetenzentwicklung mit KI in Gegenwart und Zukunft (IV) sowie den Umgang mit erklärbarer, ethisch orientierter und souverän beherrschbarer KI in der Bildung (V).

I Bildungstheoretische Positionen: Die Eigenlogiken von KI und ihr Einfluss auf Bildung

Innerhalb des Schwerpunkts **Bildungstheoretische Positionen. Die Eigenlogiken von KI und ihr Einfluss auf Bildung** widmet sich **Heinz-Werner Wollersheim** in seinem Beitrag »*Bildung durch Künstliche Intelligenz ermöglichen. Ein Beitrag aus bildungstheoretischer Perspektive*« den Chancen und Herausforderungen, die mit der Anwendung KI-basierter Lernunterstützungssysteme im Bildungssystem einhergehen. Hierfür wirft der Beitrag einen Blick zurück in die Geschichte und beleuchtet die Faszination der Idee von einer algorithmengesteuerten Optimierung des Lernerfolgs. Dabei arbeitet der Autor die Gefahren einer Lenkung und Rigidität des Lernprozesses heraus, welche mit dem Bildungsbegriff nicht vereinbar sind. Als Kernherausforderungen der Anwendung von KI-Lernunterstützungssystemen beleuchtet er Diversität und Digitalität und formuliert Anforderungen, damit KI zur Stärkung von Bildung beitragen kann. Der Beitrag »*Künstliche Intelligenz. Eine bildungstheoretische Annäherung aus Sicht kritisch-konstruktiver Didaktik*« von **Florian Rapp, Cathrin Vogel und Markus Deimann** setzt sich mit der Automatisierung von Entscheidungsprozessen (Automated Decision Making, ADM) als Kernaspekt von KI aus der Perspektive der kritisch-konstruktiven Didaktik nach Wolfgang Klafki (1985/2018) auseinander. Ziel ist die Schaffung einer begrifflich-konzeptionellen Grundlage für den Vergleich von pädagogischen und technischen Entscheidungsprozessen. **Florian Heßdörfer und Eva Moser** erforschen in ihrem Beitrag »*KI und graue Intelligenz. Bildungstheoretische Perspektiven auf Lerntechnologie und ihre Akteure*« aus bildungstheoretischer Sicht ein spezifisches Spannungsfeld, welches sich aufgrund neuer technologischer Entwicklungen – insbesondere durch den Einsatz von KI – im Bildungskontext auftut. Dieses erstreckt sich zwischen dem Motiv der Selbstbestimmtheit und Autonomie der Bildungsakteur:innen einerseits und dem Fortschrittsauftrag des modernen Bildungsbegriffs andererseits. In ihrem Beitrag »*Zur (Un-)Berechenbarkeit der Künste. Wie algorithmische Strukturen die Bedingungen für Ästhetik und ästhetische Bildung verändern*« setzt **Juliane Ahlborn** die Begriffe der Bildung, der KI und der Ästhetik in Relation zueinander und diskutiert Implikationen, die sich daraus für eine Ästhetische Bildung ergeben. Die Autorin geht dabei auf die Konsequenzen von KI-geprägten Produktionsbedingungen künstlerischer Praxis für eine Ästhetische Bildung ein und beleuchtet Chancen und Herausforderungen, die mit dem Einsatz algorithmisierter Systeme in kreativen, künstlerischen Szenarien einhergehen.

II Didaktische Positionen: Mit KI lehren und lernen

Zu dem Schwerpunkt ***Didaktische Positionen: Mit KI lehren und lernen*** gehört der Beitrag »*Didaktische Impulse zum Lehren und Lernen mit und über Künstliche Intelligenz*« von **Dana-Kristin Mah, Julia Hense und Christian Dufentester**. Sie stellen hier die Notwendigkeit adäquater, modifizierter didaktischer Konzepte für einen sinnvollen Einsatz von KI in der Hochschullehre heraus. Anhand einiger didaktischer Anwendungsbeispiele erörtern die Autor:innen darüber hinaus die Relevanz von Datenkompetenz, KI-Kompetenzrahmen und Datenschutz. In ihrem Beitrag »*Lernpfade in adaptiven und künstlich-intelligenten Lernprogrammen. Eine kritische Analyse aus mediendidaktischer Sicht*« vergleichen **Michael Kerres, Katja Buntins, Josef Buchner, Hendrik Drachler und Olaf Zawacki-Richter** digitale Lernprogramme hinsichtlich der Anlage ihrer Lernpfade. Diese ordnen die Autor:innen einer der drei Kategorien *Interaktivität, Adaptivität* oder *adaptive Systeme mit KI* zu und überprüfen sie hinsichtlich ihrer spezifischen Logik, Potenziale und Begrenzungen anhand dreier Beispiele. **Silke E. Wrede, Christina Gloerfeld und Claudia de Witt** fragen in ihrem Beitrag »*Zur Qualität von Feedback durch Recommendersysteme*« zunächst danach, welche Anforderungen Lernprozesse an Feedback stellen und welche Qualitätsmerkmale sich daraus ableiten lassen. Davon ausgehend schließen sich eine Analyse technologischer Feedbackgebung und im Speziellen eine Qualitätsanalyse von Recommendersysteme bzw. deren Empfehlungsgebung an. **Natalia Reich-Stiebert** beleuchtet in ihrem Beitrag »*Roboter in kollaborativen Lehr-Lernkontexten. Theoretische Reflexionen interaktiver Lehr-Lernformen mit sozialen Robotern*« den Einsatz sozialer Roboter aus einer lerntheoretischen Perspektive. Dabei steht die Erforschung effektiver Integrationsmöglichkeiten dieser neuen Technologie in interaktive Lehr-Lernkontexte sowie potenzieller Konsequenzen einer solchen Anwendung im Mittelpunkt des Beitrages. In ihrem Beitrag »*Computational Thinking vermitteln. Wie Problemlösekompetenz als Bestandteil digitaler Souveränität erworben werden kann*« erörtern **Raphael Fehrmann und Horst Zeinz** die Relevanz des Vorhandenseins von Problemlösekompetenzen als wesentlichen Aspekt digitaler Kompetenz für die partizipative und reflektierte Nutzung von KI. Die Autoren fokussieren dabei die Kompetenz des Computational Thinkings und bedienen sich zur Illustration des Einsatzes von Lernrobotern.

III Veränderungen in Bildungsinstitutionen: Chancen und Herausforderungen von KI für Schule, Hochschule und berufliche Bildung

Der Schwerpunkt ***Veränderungen in Bildungsinstitutionen: Chancen und Herausforderungen von KI für Schule, Hochschule und berufliche Bildung*** wird

durch den Beitrag von **Stefan Aufenanger, Bardo Herzig und Mandy Schiefner-Rohs** mit dem Titel »*Künstliche Intelligenz und Schule. Aufgaben für Unterricht und die Organisation (von) Schule*« eingeleitet. Er beleuchtet eine Reihe von Aspekten, die mit dem Einsatz von KI im Kontext Schule verbunden sind: Diese umfassen sowohl die Frage nach KI-zentrierter Wissensvermittlung als Teil der Ausbildung von pädagogischem Personal als auch die Vermittlung KI-bezogener Fertigkeiten im Rahmen der Medienbildung und die Thematisierung von KI als Gegenstand unterrichtlicher Auseinandersetzung. Zudem thematisieren die Autor:innen die Bedeutung von KI für die Schule als Organisation. Der Beitrag »*Künstliche Intelligenz in der Hochschulbildung. Bildungssoziologische Perspektiven und Herausforderungen*« von **Cathleen M. Stützer und Miloš Kravčik** wirft einen bildungssoziologischen Blick auf die Potenziale und Herausforderungen von KI im Kontext akademischer Bildung. Auf der Basis soziotechnischer Ansätze und Modelle diskutieren Stützer und Kravčik reziproke und interaktionale – insbesondere soziale – Mechanismen im Hochschulbereich und arbeiten so die Diversität der bedarfsspezifischen Anforderungen an die Implementierung von KI-Technologien heraus. Durch den Rückgriff auf ein theoretisch fundiertes Mehrebenenmodell werden Einsatzszenarien für eine integrative und faire KI-Anwendung in der Hochschulbildung entworfen und zudem die Frage nach dem Bedarf an einer digitalen Bildungssoziologie diskutiert. In ihrem Beitrag »*Education 4.0. Smarte (IoT- und KI-gestützte) Hochschulbildung*« befassen sich **Monica Ioniță Ciolacu und Heribert Popp** mit dem Internet of Things (IoT)-Framework in der Education 4.0-Architektur, welches Echtzeitdaten über das Lernverhalten von Studierenden und die Lernumgebung sammelt. Um die Lehrqualität, das Lernerlebnis und die Erfüllung individueller Lernerwartungen zu untersuchen, wurden mehrere Education 4.0-Workshops mit Studierenden und Doktoranden:innen an der TH Deggendorf durchgeführt. Aus den Ergebnissen der IoT leiten Ciolacu und Popp mögliche Implikationen für die Gestaltung eines Education 4.0 Learning Labs ab. Der Beitrag »*Akzeptanzforschung zum Einsatz Künstlicher Intelligenz in der Hochschulbildung. Eine kritische Bestandsaufnahme*« von **Alice Watanabe, Tobias Schmohl und Kathrin Schelling** beschäftigt sich mit der Akzeptanzforschung zum Einsatz von KI-gestützten Innovationen in akademischen Lehr-Lernkontexten. Dabei erfolgt eine Fokussierung auf die Erforschung der Studierendenperspektive gegenüber KI-Anwendungen. Die künftige Relevanz von Akzeptanzforschung in der Hochschulbildung diskutieren die Autor:innen auf der Basis theoretischer Auseinandersetzungen mit dem Gegenstand der Akzeptanz und relevanter Modelle. Anhand eines aktuellen Fallbeispiels erarbeiten sie Empfehlungen zur Umsetzung von KI-Akzeptanzanalysen im Hochschulkontext. **Timo van Treock** diskutiert in seinem Beitrag »*Aktanten*

als Grundlage und Analysegegenstand für KI in der Hochschulbildung« den Einsatz von KI in der Hochschulbildung auf der Basis der Analyse von Aktanten entlang der Akteur-Netzwerk-Theorie (ANT). Der Autor stellt dabei insbesondere das Spannungsfeld zwischen dem Anforderungsparadigma nach Kompetenzorientierung an Hochschulen einerseits, der Implementierung von KI in die akademische Lehre andererseits heraus. Eine kritische Betrachtung des Einsatzes von KI in der Hochschulbildung aus Perspektive der Disability Studies liefert **Björn Fisseler** in seinem Beitrag »*Künstliche Intelligenz, Behinderung und Technoableism*«. Der Autor erläutert dabei die Gefahr einer Benachteiligung von Studierenden mit gesundheitlicher Beeinträchtigung und der Fortschreibung von Diskriminierungserfahrungen bei der Benutzung KI-basierter Systeme. Zudem stellt Fisseler Perspektiven für eine diversitätssensible und inklusionsfördernde KI im Hochschulkontext vor. **Sabine Seufert und Christoph Meier** erörtern in ihrem Beitrag »*Fortgeschrittene Digitalisierung und Strategien für die berufliche (Weiter-)Bildung. Augmentation, Fusion Skills und Augmentationsstrategien*« die Relevanz adäquater berufsbezogener Bildungsarbeit vor dem Hintergrund der tiefgreifenden und fortgeschrittenen Digitalisierung und digitalen Transformation. Die Autor:innen diskutieren Kompetenzerfordernisse sowohl aufseiten von Bildungsverantwortlichen als auch aufseiten der sich bildenden Personen. Dabei betonen Seufert und Meier die Wichtigkeit, die Konzepte der Augmentation, »Fusion Skills«, sowie Augmentationsstrategien bei der Gestaltung von Bildungsarbeit zu berücksichtigen und fordern eine fokussierte Förderung der Fähigkeit zu einer produktiven Zusammenarbeit mit »Smart Machines«.

IV Bildungspraxis im Wandel: Kompetenzentwicklung mit KI

Den Schwerpunkt *Bildungspraxis im Wandel: Kompetenzentwicklung mit KI* leiten **Sylvio Rüdian, Moritz Dittmeyer und Niels Pinkwart** ein. Sie diskutieren in ihrem Beitrag »*Sprachenlernen per KI. Möglichkeiten und Grenzen in der Praxis*« den potenziellen Nutzen von KI-Technologien für das Sprachenlernen. Dieser liegt unter anderem in der Möglichkeit zur automatischen und individuellen Adaption von Onlinesprachkursen an die Lernenden und der Unterstützung von Lehrenden bei der Prüfungskorrektur und -bewertung. Zudem erläutern die Autoren das Potenzial der Nutzung bereits existierender Daten für eine KI-basierte Optimierung von Onlinesprachkursen. **Andreas Breiter, Philipp Krieter, Andreas Lehmann-Wermser, Michael Viertel und Benjamin Weyel** erörtern in ihrem Beitrag »*KI-Unterstützung in der Kulturellen Bildung. Potenziale von Learning Analytics für Musikkernen am Beispiel automatisierter Auswertungen von Bildschirmaufzeichnungen*« Chancen und Grenzen von KI-Methoden zur Lernförderung in non-formalen Lehr-Lern-Kontexten. Die Autoren entwickeln

ihre Argumentation exemplarisch anhand LA-basierter Screen Recordings zur automatisierten Rekonstruktion und Auswertung von Lernprozessen in der Musikbildung. Dabei finden neben musiktheoretischen und technischen insbesondere forschungsethische Gesichtspunkte eine besondere Berücksichtigung. In ihrem Beitrag »*Unter dem Zeichen Künstlicher Intelligenz. Berufe, Kompetenzen und Kompetenzvermittlung der Zukunft*« stellen **Gergana Vladova und Clementine Bertheau** die doppelte Rolle von KI im Arbeitskontext dar: Einerseits ist der Einsatz KI-basierter Technologien Treiber eines grundlegenden Transformationsprozesses in der Arbeitswelt und geht mit spezifischen Kompetenzanforderungen an Arbeitnehmer:innen und Führungskräfte sowie einer Veränderung der beruflichen Rollen und der Entstehung neuer Tätigkeitsprofile einher. Andererseits stellen Vladova und Bertheau auch die Chancen von KI als Instrument für die (Um-)Gestaltung von Lernprozessen und den Kompetenzerwerb im Beruf heraus.

V Umgang mit KI in der Bildung: Erklärbar, ethisch orientiert und souverän beherrschbar

Der Schwerpunkt ***Umgang mit KI in der Bildung: erklärbar, ethisch orientiert und souverän beherrschbar*** beginnt mit einem Beitrag von **Katharina Weitz**. Sie stellt in »*Erklärbare Künstliche Intelligenz im Kontext von Bildung und Lernen*« die Wichtigkeit heraus, in Anbetracht der zunehmenden Inkludierung von KI-Technologien in den schulischen Bildungskontext den Aspekt der Erklärbaren KI zu berücksichtigen. Die Autorin liefert einen Überblick über die Grundlagen der Erklärbaren KI und diskutiert Möglichkeiten ihrer Wahrnehmung und Gestaltung. Zudem formuliert Weitz Vorschläge zum Einsatz Erklärbarer KI im Bildungskontext sowohl als Gegenstand als auch als Instrument des Lernens. Der Beitrag »*Eine ethische Perspektive auf KI in der Bildung*« von **Manuela Schönmann und Matthias Uhl** stellt eine umfassende ethische Reflexion des Einsatzes KI-basierter Technologien im Bildungskontext dar. Schönmann und Uhl diskutieren zunächst jene Arten von KI, welche im Bildungskontext am relevantesten sind, und skizzieren Überlegungen zu einer Ethik von KI in der Bildung aus unterschiedlichen ethischen Perspektiven. Zudem zeigen die Autor:innen noch vorhandene Forschungslücken auf.

Zur Einordnung der Beiträge: Sie wurden vor der Einführung von ChatGPT, also vor November 2022, verfasst.

Claudia de Witt
Silke Elisabeth Wrede
Christina Gloerfeld

Literatur

- Brusilovsky, P. (2003). Developing adaptive educational hypermedia systems: From design models to authoring tools. In T. Murray, S. B. Blessing, & S. Ainsworth (Hrsg.), *Authoring tools for advanced technology learning environments* (S. 377–409). https://doi.org/10.1007/978-94-017-0819-7_13.
- Chatti, M., Muslim, A., Guliani, M., & Guesmi, M. (2020). The LAVA model: Learning analytics meets visual analytics. In D. Ifenthaler & D. Gibson (Hrsg.), *Adoption of data analytics in higher education learning and teaching* (S. 71–93). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47392-1_5.
- Feng, S. & Law, N. (2021). Mapping artificial intelligence in education research: A network-based keyword analysis. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 31, 277–303.
- Gapski, H. (2021). *Künstliche Intelligenz (KI) und kritische Medienbildung Reflexionen aus kommunikationswissenschaftlicher Perspektive*. <https://digid.jff.de/kuenstliche-intelligenz-und-kritische-medienbildung-harald-gapski/>. Zugegriffen: 15. Febr. 2022.
- Korkmaz, C., & Correira, A.-P. (2019). A review of research on machine learning in educational technology. *Educational Media International*, 56(6), 1–18. <https://doi.org/10.1080/09523987.2019.1669875>.
- Loh, J. (2018). *Trans- und Posthumanismus (Zur Einführung)*. Junius.
- Motta, V. M., Guillen, R. M., & Rodriguez, C. R. (2019). Artificial Neural Networks to optimize learning and teaching in engineering careers. In *Proceedings of the 2019 international symposium on engineering accreditation and education* (1–8). Piscataway: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICACIT46824.2019.9130296>.
- Pelletier, K., McCormack, M., Reeves, J., u. v. a. (2022). 2022 *Educause horizon report, teaching and learning edition*. EDU. <https://library.educause.edu/-/media/files/library/2022/4/2022hrteachinglearning.pdf?la=en&hash=6F6B51DFF485A06DF6BDA8F88A0894EF9938D50B>. Zugegriffen: 26. Apr. 2022.
- Siemens, G. (2013). Learning analytics: The emergence of a discipline. *American Behavioral Scientist*, 57(10), Sage, 1380–1400. <https://doi.org/10.1177/0002764213498851>.
- VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197–221. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.611369>.
- de Witt, C., Rampelt, F., & Pinkwart, N. (Hrsg.). (2020). *Künstliche Intelligenz in der Hochschulbildung*. Whitepaper. Berlin: KI-Campus. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4063722>.
- Zhang, K., & Begum Aslan, A. (2021). AI technologies for education: Recent research & future directions. *Computers and Education Artificial Intelligence*, 2(2021), 100025, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100025>.

Inhaltsverzeichnis

Bildungstheoretische Positionen: Die Eigenlogiken von KI und ihr Einfluss auf Bildung	
Bildung durch Künstliche Intelligenz ermöglichen. Ein Beitrag aus bildungstheoretischer Perspektive	3
Heinz-Werner Wollersheim	
Künstliche Intelligenz. Eine bildungstheoretische Annäherung aus Sicht kritisch-konstruktiver Didaktik	31
Florian Rapp, Cathrin Vogel und Markus Deimann	
KI und graue Intelligenz. Bildungstheoretische Perspektiven auf Lerntechnologie und ihre Akteure	47
Florian Heßdörfer und Eva Moser	
Zur (Un-)Berechenbarkeit der Künste. Wie algorithmische Strukturen die Bedingungen für Ästhetik und ästhetische Bildung verändern	69
Juliane Ahlborn	
Didaktische Positionen: Mit KI lehren und lernen	
Didaktische Impulse zum Lehren und Lernen mit und über Künstliche Intelligenz	91
Dana-Kristin Mah, Julia Hense und Christian Dufentester	

Lernpfade in adaptiven und künstlich-intelligenten Lernprogrammen. Eine kritische Analyse aus mediendidaktischer Sicht	109
Michael Kerres, Katja Buntins, Josef Buchner, Hendrik Drachsler und Olaf Zawacki-Richter	
KI und Didaktik – Zur Qualität von Feedback durch Recommendersysteme	133
Silke Elisabeth Wrede, Christina Gloerfeld und Claudia de Witt	
Roboter in kollaborativen Lehr-Lernkontexten. Theoretische Reflexionen interaktiver Lehr-Lernformen mit sozialen Robotern	155
Natalia Reich-Stiebert	
Computational Thinking vermitteln. Wie Problemlösekompetenz als Bestandteil digitaler Souveränität erworben werden kann	175
Raphael Fehrmann und Horst Zeinz	
Veränderungen in Bildungsinstitutionen: Chancen und Herausforderungen von KI für Schule, Hochschule und berufliche Bildung	
Künstliche Intelligenz und Schule. Aufgaben für Unterricht und die Organisation (von) Schule	199
Stefan Aufenanger, Bardo Herzig und Mandy Schiefner-Rohs	
Künstliche Intelligenz in der Hochschulbildung. Bildungssoziologische Perspektiven und Herausforderungen	219
Cathleen M. Stützer und Miloš Kravčik	
Education 4.0. Smarte (IoT- und KI-gestützte) Hochschulbildung	241
Monica Ioniță Ciolacu und Heribert Popp	
Akzeptanzforschung zum Einsatz Künstlicher Intelligenz in der Hochschulbildung. Eine kritische Bestandsaufnahme	263
Alice Watanabe, Tobias Schmohl und Kathrin Schelling	
Aktanten als Grundlage und Analysegegenstand für KI in der Hochschulbildung	291
Timo van Treeck	
Künstliche Intelligenz, Behinderung und Technoableism	313
Björn Fisseler	

Fortgeschrittene Digitalisierung und Strategien für die berufliche (Weiter-)Bildung. Augmentation, Fusion Skills und Augmentationsstrategien	331
Sabine Seufert und Christoph Meier	
Bildungspraxis im Wandel: Kompetenzentwicklung mit KI	
Sprachenlernen per KI. Möglichkeiten und Grenzen in der Praxis	357
Sylvio Rüdian, Moritz Dittmeyer und Niels Pinkwart	
KI-Unterstützung in der Kulturellen Bildung. Potenziale von Learning Analytics für Musikhören am Beispiel automatisierter Auswertungen von Bildschirmaufzeichnungen	377
Andreas Breiter, Philipp Krieter, Andreas Lehmann-Wermser, Michael Viertel und Benjamin Weyel	
Unter dem Zeichen Künstlicher Intelligenz. Berufe, Kompetenzen und Kompetenzvermittlung der Zukunft	393
Gergana Vladova und Clementine Bertheau	
Umgang mit KI in der Bildung: erklärbar, ethisch orientiert und souverän beherrschbar	
Erklärbare Künstliche Intelligenz im Kontext von Bildung und Lernen	413
Katharina Weitz	
Eine ethische Perspektive auf KI in der Bildung	433
Manuela Schönmann und Matthias Uhl	



Fortgeschrittene Digitalisierung und Strategien für die berufliche (Weiter-) Bildung. Augmentation, Fusion Skills und Augmentationsstrategien

Sabine Seufert und Christoph Meier

1 Fortgeschrittene Digitalisierung und berufliche (Weiter-)Bildung

Im Zuge der Covid-19-Pandemie ist nicht nur deutlich geworden, was es bedeutet, in einer VUCA-Welt (volatile, uncertain, complex, ambiguous) zu leben. Wir haben auch erfahren, wo wir im Hinblick auf Digitalisierung und Flexibilisierung tatsächlich stehen, und diese Standortbestimmung ist sehr unterschiedlich ausgefallen. Auf der einen Seite fanden sich Bildungsorganisationen, deren Leistungsprozesse zunächst einmal stillstanden und dann mühselig an die neuen Rahmenbedingungen angepasst werden mussten. Auf der anderen Seite fanden sich Bildungsorganisationen, deren weitgehend digitale Leistungsprozesse mehr oder weniger unverändert weiterlaufen konnten. Und dazwischen gab es viele Schattierungen von Grau ...

Diese Erfahrungen beziehen sich vor allem auf die Digitalisierung im Sinne der Nutzung von digitalen Daten und digitalen (Lern-)Anwendungen (vergleiche hierzu die als »digitization« bezeichnete Stufe der Entwicklung bei Verhoef et al., 2021): Sind wir als Bildungsorganisation in der Lage, unsere Leistungsprozesse mehr oder weniger digital und ohne übermäßige Medienbrüche abzuwickeln – auf

S. Seufert

Institut für Bildungsmanagement und Bildungstechnologien, Universität St.Gallen, St. Gallen, Schweiz

E-Mail: sabine.seufert@unisg.ch

C. Meier (✉)

Institut für Bildungsmanagement und Bildungstechnologien / swiss competence centre for innovations in learning (scil), Universität St.Gallen, St. Gallen, Schweiz

E-Mail: christoph.meier@unisg.ch

der Grundlage von digitalen Werkzeugen und Arbeitsmitteln wie etwa Notebooks und Tablets, Plattformen für synchrones Teleteaching (z. B. im virtual classroom) und Plattformen für das Management zentraler Leistungsprozesse (z. B. Lern-Management-Systeme).

Allerdings verdeckt die aktuelle Krisensituation, dass wir auch mit einer tiefergreifenden fortgeschrittenen Digitalisierung sowie einer digitalen Transformation konfrontiert sind. Fortgeschrittene Digitalisierung bezieht sich auf fortgeschrittene Technologien wie Cloud Based Computing, den Einsatz von zahlreichen Sensoren, die systematische Verarbeitung bzw. Nutzung der daraus resultierenden »Big Data« (Analytics) sowie auf künstliche Intelligenz (vgl. Wahlster, 2017). Digitale Transformation bezieht sich auf tiefgreifende und in der Regel koordinierte Veränderungen vielfältiger Prozesse und ganzer Geschäftsmodelle und lässt sich damit von der bloßen Nutzung digitaler Daten und dem Einsatz digitaler Applikationen abgrenzen. Verhoef et al. (2021) unterscheiden dementsprechend »digitization« (Fokus Daten) von »digitalization« (Fokus Prozesse) und »digital transformation« (Fokus Geschäftsmodelle). Übertragen auf den Bereich der Aus- und Weiterbildung entspricht »Digitization« zum Beispiel dem Einsatz von digitalen Lernmedien und Lernapplikationen (bei mehr oder weniger gleichen Prozessen), »Digitalization« zum Beispiel dem Aufbau einer auf Micro-Learning und Selbstbedienung basierenden Online-Akademie mit deutlich anderen Prozessen der Kunden-Interaktion, und »Digital Transformation« zum Beispiel dem Aufbau eines branchenspezifischen und durch KI-basierte Empfehlungsmechanismen gekennzeichneten Marktplatzes für Lernressourcen mit einem völlig neuen Geschäftsmodell.

Die Entwicklungen im Forschungsfeld der künstlichen Intelligenz (KI) und insbesondere im Bereich des maschinellen Lernens (ML) haben zu erstaunlich leistungsfähigen »intelligenten« Maschinen geführt. Smart Machines sind nicht nur bei regelbasierten Spielen wie Schach, Go oder Poker sehr leistungsfähig geworden. Sie werden mittlerweile auch in der medizinischen Diagnose, in der Gebäudeüberwachung, in der Präzisionslandwirtschaft, in der Produktentwicklung, im Journalismus, in der Vermögensberatung und in vielen weiteren Bereichen eingesetzt. Darüber hinaus werden diese Smart Machines zunehmend besser: einerseits weil immer mehr und besser aufbereitete Daten zur Verfügung stehen, mit denen ihre Algorithmen trainiert werden, andererseits weil leistungsfähige Mechanismen wie etwa Feedback-Lernen eingesetzt werden (vgl. hierzu Brynjolfson & McAfee, 2017 sowie Jones, 2017).

Vor diesem Hintergrund wird die Fähigkeit, mit solchen Maschinen produktiv zusammenzuarbeiten, zu einem wichtigen Treiber für die Leistungsfähigkeit – von Einzelpersonen, von Teams sowie von gesamten Organisationen, und damit

auch zu einem wichtigen Bildungsziel. Denn wenn Bildung zu dem Ziel führen soll, mündig und bewusst am Leben der eigenen Zeit teilzuhaben (Hentig, 1999, S. 14), dann erfordert dies im Zeitalter einer fortgeschrittenen Digitalisierung auch Kompetenzen im Umgang mit fortgeschrittenen Arbeits- und Kommunikationsmitteln. Das heißt auch: mit Maschinen, die Aufgaben erledigen können, die vor kurzem nur Menschen zugetraut wurden und die aufgrund von mehr verfügbaren Daten und verbesserten Algorithmen immer besser werden – eben mit »Smart Machines«.

In diesem Beitrag erläutern wir zunächst grundlegende Konzepte wie Augmentation, »Fusion Skills« und Augmentationsstrategien. Darauf aufbauend zeigen wir Nutzenpotenziale von KI für die berufliche Bildung auf (3.). Im Mittelpunkt stehen dabei die Aspekte Lernortkooperation, teilautomatisierte Bildungsprozesse und Verbundenheit von Beteiligten in Lehr-Lernumgebungen (Konnektivität). Anschließend thematisieren wir die damit verbundenen Kompetenzerfordernisse aufseiten von Bildungsverantwortlichen und Ergebnisse empirischer Studien zum diesbezüglichen Stand (4.). Im abschließenden Ausblick (5.) argumentieren wir, dass erstens, berufliche Bildung Offenheit und Flexibilität im gestaltenden Umgang mit Smart Machines vermitteln muss und zweitens, dass Bildungsverantwortliche die Potenziale von KI-unterstützten Smart Machines für Arbeits- und Berufsfelder sowie die daraus resultierenden Anforderungen an Bildungsprozesse verstehen müssen.

2 KI und berufliche Arbeit: Augmentation als neues Paradigma

2.1 Augmentation und »augmented work«

Gesellschaft, Wirtschaft und Arbeitsmarkt stehen an der Schwelle einer großen Übergangsphase. Weit verbreitete Bezeichnungen für diese Phase sind: die vierte industrielle Revolution (Schwab, 2016), das zweite Maschinenzeitalter (Brynjolfsson & McAfee, 2014), die zweite Welle der Digitalisierung (Wahlster, 2017), die KI-Revolution (Makridakis, 2017) oder »Globotics« (ein Kunstwort aus Globalisierung und Robotik, Baldwin, 2019). Lange Zeit stand dabei die Substitution (d. h., der Ersatz) von Arbeitsplätzen durch Automatisierung im Vordergrund der Diskussion (Frey & Osborne, 2013). Mittlerweile zeigt sich immer deutlicher, dass eine der entscheidenden Herausforderungen in der anstehenden Übergangsphase die Steigerung der menschlichen Fähigkeiten durch komplementäre Synergien zwischen Mensch und Maschine ist. So haben schon vor fünf

Jahren Davenport und Kirby (2016) die Aufmerksamkeit auf die Ergänzung und Zusammenarbeit von Mensch und Maschine gelenkt, die sie als Augmentation bezeichnen: Mensch und Maschine (unterstützen) sich gegenseitig bei der Erfüllung von Aufgaben. Nach Jarrahi (2018) kann Augmentation als eine ›Mensch-KI-Symbiose‹ verstanden werden: »augmentation can be understood as a ›human-AI symbiosis‹, meaning that interactions between humans and AI can make both parties smarter over time« (S. 583).

Bisher wurde für das Zuweisen von Aufgaben an Maschinen und Menschen das oft kritisierte Restprinzip (»Leftover-Principle«) angewandt (Wesche & Sonderegger, 2019). Gemäß diesem Prinzip wird alles, was automatisiert werden kann, früher oder später auch tatsächlich automatisiert. Daher sollten Menschen nur die Funktionen ausführen, die nicht automatisiert bzw. durch Maschinen übernommen werden können oder wo eine Automatisierung unwirtschaftlich ist (Hancock, 2014).

Gegenwärtig ist ein Paradigmenwechsel hin zum kompensatorischen Prinzip in der Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine festzustellen (Wesche & Sonderegger, 2019; Davenport & Kirby, 2016; Meier et al., 2021). Dieses Prinzip besagt, dass Aufgaben auf der Grundlage zuvor gekläarter Stärken und Schwächen entweder Menschen oder Smart Machines zugewiesen werden sollten (Wesche & Sonderegger, 2019). Die Entwicklungen im Bereich KI treiben diesen transformativen Prozess mit hoher Geschwindigkeit voran. Das McKinsey Global Institute schätzt, dass bis 2030 etwa 70 % der Unternehmen mindestens eine Art von KI-Technologie eingeführt haben werden. Beispielsweise in Form von Applikationen, basierend auf computergestützter Bildanalyse, Verarbeitung natürlicher (gesprochener oder geschriebener) Sprache, virtuellen Assistenten, robotergestützte Prozessautomatisierung und fortgeschrittenes maschinellem Lernen (Bughin et al., 2018).

Augmentation bedeutet Stärkung oder Vermehrung. Dabei werden drei Aspekte unterschieden (Raisamo et al., 2019):

1. Augmentation der Sinneswahrnehmung
2. Augmentation der körperlichen Fähigkeiten
3. Augmentation der Informationsverarbeitung

Diese drei Aspekte werden im Folgenden kurz erläutert.

1. Sinneswahrnehmung

Hier geht es um Methoden und Technologien, mit denen Menschen durch Smart Machines gestärkt werden können. Vor allem, indem Beeinträchtigungen kompensiert oder biologisch gegebene Grenzen überschritten werden.

Beispiele sind etwa Augmented Reality Brillen, mit denen Servicetechnikern bei Reparaturarbeiten Hinweise und Hilfestellungen eingeblendet werden.

2. Körperliches Handeln

In diese Kategorie gehören beispielsweise digital gesteuerte Exoskelette, die es verletzten/gelähmten Personen erlauben, wieder zu gehen, oder auch Operationsroboter, die Chirurgen eine höhere Präzision bei operativen Eingriffen ermöglichen.

3. Informationsverarbeitung

Hier geht es u. a. um die Entlastung unseres Kurzzeit- oder Langzeitgedächtnisses sowie auch um die Entlastung bei der produktiven Arbeit mit Informationen. Zum Beispiel bei der Arbeit mit Business Intelligence-Lösungen, die bei der Auswertung von Daten und bei der Visualisierung der Ergebnisse unterstützen.

Aber nicht nur Maschinen verstärken die Leistungen, die Menschen erbringen können. Auch umgekehrt stärken Menschen smarte Maschinen, denn sie entwickeln nicht nur die grundlegenden Betriebs- und Steuerungssysteme für Smart Machines, sondern auch leistungsfähige Algorithmen, mit denen diese Maschinen gezielt trainiert werden. Darüber hinaus befähigen Menschen smarte Maschinen, indem sie diese justieren und einrichten, mit Strom- und Datennetzen verbinden, Gelenke und Sensoren gängig und sauber halten, Hindernisse in der Umgebung beseitigen oder Arbeitsmaterialien und Daten bereitstellen.

Augmentation bedeutet, dass sich das zugrunde liegende Paradigma für die Mensch-Computer-Interaktion radikal verändert. Das Paradigma »Computer as a Tool« (Computer als Werkzeug) wandelt bzw. ergänzt sich hin zu einem Paradigma »Computer as a Partner« (»Computer als Partner«) (Wesche & Sonderegger, 2019, S. 197, vgl. Abb. 1).

In diesem Zusammenhang ist es hilfreich, zunächst die Stärken von Menschen und intelligenten Maschinen herauszuarbeiten. Zahlreiche Tätigkeiten, für die Wissensarbeiter heute viel Zeit aufwenden (z. B. Suchen nach Informationen, Verdichten von Informationen), können künftig von KI-unterstützten Systemen übernommen werden. In der Zusammenarbeit von Menschen und Smart Machines werden dadurch substantielle Qualitätssteigerungen möglich. So kann vorhandenes Wissen besser genutzt und so können Entscheidungen besser durch Daten abgestützt werden.

Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass auch Smarte Maschinen nur bruchstückhafte oder irrelevante Ergebnisse liefern, wenn nicht Menschen relevante Fragestellungen vorgeben (vgl. Brynjolfson & McAfee, 2017, S. 34). Auf allen Management-Ebenen ist daher anzustreben, dass Entscheidungen sowohl

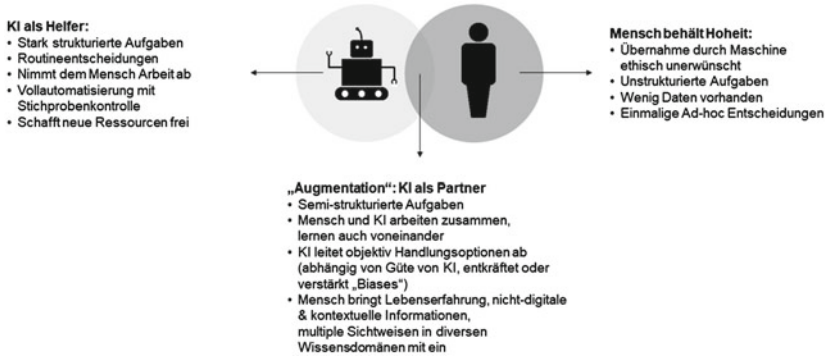


Abb. 1 KI als Helfer, KI als Partner: Augmentation statt Substitution. (© Seufert et al., 2021, S. 18)

unter Berücksichtigung von computergestützten Datenanalysen als auch von intuitiven Einschätzungen zu treffen sind. Dabei ist abzuwägen, in welchen Entscheidungssituationen der Rückbezug auf Algorithmen-basierte Auswertungen oder aber der Rückgriff auf Intuition in Form von kondensierter Erfahrung stärker zu gewichten ist. In jedem Fall müssen dabei die digitalen Hilfsmittel gut verstanden (mit ihren Stärken, aber auch mit ihren Einschränkungen) und gezielt bzw. reflektiert eingesetzt werden (Kellogg et al., 2020).

So kann ein KI-basierter kognitiver Assistent auf Basis einer Auswertung großer Datenmengen statistisch begründete Optionen aufzeigen. Aber diese Resultate unterliegen Einschränkungen. Die aufgezeigten Optionen sind abgestützt nur für den spezifischen Bereich bzw. nur für die Fragestellungen, für die das System trainiert wurde. Der Mensch dagegen ist in der Lage, eine holistische Einschätzung von Handlungs- und Entscheidungssituationen vorzunehmen. Damit Entscheidungsprozesse gut gestaltet werden können, ist daher Wissen zu den Fähigkeiten und Begrenzungen von Smart Machines einerseits und Menschen andererseits erforderlich. Darüber hinaus ist eine fachbezogene und gleichzeitig breite Grundbildung notwendig, um – auf der Basis von möglichst ohne Bias analysierten Informationen – eine Sache angemessenen zu entscheiden. Dazu ist ein Verständnis für die der KI zugrunde liegenden informatischen Zusammenhänge sowie der von der KI bearbeiteten fachbezogenen Informationen erforderlich (Daugherty & Wilson, 2018).

Augmentation und neue (komplementäre) Mensch-Maschine Interaktionen führen zu veränderten Kompetenzanforderungen auf der Seite der Menschen,

insbesondere im Hinblick auf die Kommunikation. Bei der Nutzung eines Computers ist die Anpassung an dessen Funktionsweise nötig. KI ermöglicht hier einen bedeutsamen Wandel. Die Interaktion mit dem System wird für den Menschen natürlicher, weil sie über Sprache und Gesten möglich ist. Nichtsdestotrotz gibt es entscheidende Unterschiede in der Kommunikation zwischen Menschen und Maschinen im Vergleich zur Kommunikation unter Menschen. Der Dialog mit Smart Machines ist in der Regel rein sachbezogen und spezifisch in die Tiefe gehend. Der Dialog mit einem anderen Menschen geht dagegen in der Regel mehr in die Breite und beinhaltet mehr Kontext, Assoziationen und Metaphern. Für Menschen, die mit Smart Machines interagieren, ist daher wichtig, zwischen der durch Sprachverarbeitung ermöglichten Barrierefreiheit einerseits und den Einschränkungen hinsichtlich der Kommunikationsebenen andererseits unterscheiden zu können (D’Mello & Graesser, 2013).

Aufgabe von Entscheidungsträgern und Führungskräften ist daher, eine Vision für eine gelingende Partnerschaft von Menschen und Maschinen zu entwickeln, die auf Augmentation bzw. Synergie durch komplementäre Kompetenzen zielt (Seufert et al., 2020a). Gleichzeitig sind Rahmenbedingungen zu schaffen, um den mit KI verbundenen Gefahren, die insbesondere im Bereich des Daten- und Persönlichkeitsschutzes begründet liegen, entgegenzuwirken (Stanford University, 2016).

2.2 ›Fusion Skills‹ für die Zusammenarbeit mit intelligenten Maschinen

Aus der Perspektive der Berufsbildung und der Personalentwicklung sollte daher mit Blick auf Arbeitstätigkeiten die Augmentation menschlicher Arbeitskraft, nicht deren Substitution im Vordergrund stehen. Dafür braucht es Konzepte, wie eine gelingende Partnerschaft zwischen Mensch und Maschine entwickelt werden kann, in der beide ihre jeweiligen Stärken einbringen können (Abbatiello et al., 2017). Vor diesem Hintergrund werden die Implikationen für die vom Menschen geforderten Kompetenzen in der Zusammenarbeit mit intelligenten Maschinen intensiv diskutiert. Daugherty und Wilson (2018) argumentieren, dass für eine komplementäre Zusammenarbeit zwischen Menschen und intelligenten Maschinen (›Augmented Work‹) so genannte Fusion Skills (Integrationskompetenzen) erforderlich sind. Diese visualisiert Abb. 2.

Diese ›Fusion Skills‹ sind Fähigkeiten, durch die das produktive Potenzial der Zusammenarbeit zwischen Menschen und intelligenten Maschinen nutzbar gemacht werden kann. Beispiele hierfür sind das Training von KI-basierten

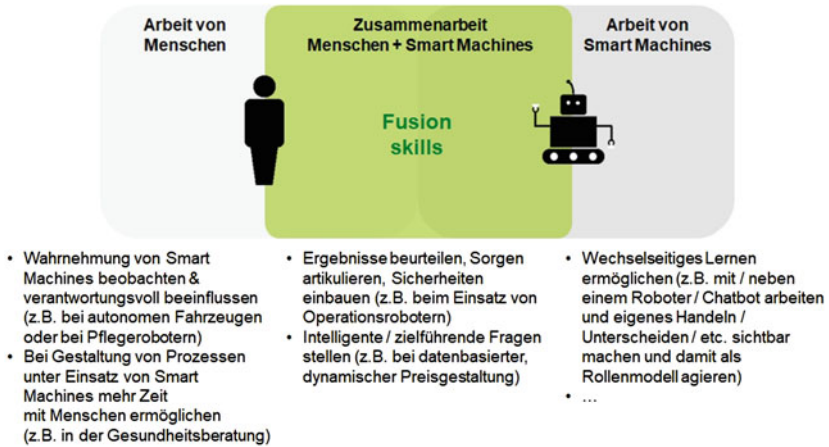


Abb. 2 »Fusion Skills« für die Zusammenarbeit von Menschen mit intelligenten Maschinen. (© Eigene Darstellung (in Anlehnung an Daugherty & Wilson, 2018))

Maschinen im Hinblick auf ihre Leistung; die Anpassung ihres Handelns in einer Weise, dass dieses für andere Menschen akzeptabel ist; algorithmisches Testen, Editieren und Interpretieren des von den Maschinen erzeugten Outputs und schließlich Management des Betriebs und der Leistung von Smart Machines (Daugherty & Wilson, 2018). Eine weitere wichtige »Fusion Skill« ist die Fähigkeit, wechselseitiges Lernen zu ermöglichen. Sie beinhaltet einerseits das transparente Ausführen von Aufgaben neben intelligenten Systemen, damit diese neue Fertigkeiten erlernen können (Menschen agieren als Vorbilder, z. B. für einen Chatbot). Andererseits beinhaltet dies auch das Erlernen eines guten Umgangs mit diesen Maschinen, etwa durch das Entwickeln hilfreicher mentaler Modelle zu ihrer Funktionsweise und Leistung.

Am Beispiel der medizinischen Pflege können der Einsatz von Smart Machines und damit verbundene Integrationskompetenzen anschaulich aufgezeigt werden. Pflege- und Begleitroboter werden sowohl in Krankenhäusern als auch in Altenheimen erprobt und eingesetzt (Bendel et al., 2020). Dies bringt eine Reihe neuer Aufgaben für professionelle Pflegekräfte mit sich. Beispiele sind etwa die folgenden:

- das Erläutern von Betreuungsrobotern für Pflegebedürftige und Angehörige sowie ein Hinwirken auf realistische Erwartungen dazu, was sie leisten können

und was nicht (z. B. kann ich mich auf einen Roboter stützen, wenn ich Hilfe beim Aufstehen benötige oder kippen wir dann beide um?);

- Anpassen der Anordnung von Möbeln und Gegenständen um ein Bett oder einen Sitzbereich herum, sodass Patienten und Pflegeroboter einander erreichen können;
- das Einschätzen von üblichen Geräuschkulissen und Geräuschpegeln und das entsprechende Platzieren von Pflege- und Begleitrobotern in Bereichen, in denen eine Interaktion über natürliche Sprachverarbeitung stabil funktioniert;
- Beobachtung und Entscheidung, ob die individuelle Personenerkennung ausreichend stabil ist, um Pflegerobotern Getränke, Mahlzeiten oder sogar Medikamente für spezifische Personen anzuvertrauen;
- das Sicherstellen, dass definierte Tabus (z. B. kein Berühren von Augen oder Nacken der Patienten) und Konventionen (z. B. das Schließen von Türen zu Privaträumen) von Pflegerobotern zuverlässig eingehalten werden.

Integrationskompetenzen für die produktive Zusammenarbeit mit Smart Machines können nicht vorausgesetzt werden. Vielmehr braucht es Standortbestimmungen und gegebenenfalls Entwicklungsangebote. Damit stellt sich die Frage, wie diese Integrationskompetenzen entwickelt werden können und was relevante Entwicklungsstrategien für die Beschäftigten sind. Hier kommt das von Davenport und Kirby (2016) eingeführte Konzept der Augmentationsstrategien ins Spiel.

2.3 Augmentationsstrategien

Augmentation und Augmentationsstrategien sind relativ neue Denkansätze. Derzeit scheinen sie (noch) nicht sehr stark verbreitet und eher wenig bekannt zu sein. Sie stellen interessante Alternativen bzw. Ergänzungen dar, um von einem eher statischen Kompetenzverständnis zu einer dynamischen Entwicklungsperspektive für das Zusammenspiel von Menschen und Smart Machines zu gelangen. Davenport und Kirby (2016) unterscheiden die in Tab. 1 dargestellten Augmentations- bzw. Entwicklungsstrategien für eine um Smart Machines angereicherte Arbeitswelt.

Für den Einsatz und die Zusammenarbeit mit KI-Systemen ist das Zusammenwirken der verschiedenen Strategien und Kompetenzbereiche notwendig. Bitkom und DFKI (2017) prognostizieren in ihrem Positionspapier:

Tab. 1 Augmentationsstrategien. (© Eigene Darstellung in Anlehnung an Davenport und Kirby, 2016)

Strategie	Charakterisierung	Beispiel im Bereich Personalentwicklung
Step-In	Mit KI-basierten Systemen arbeiten (Leistungsfähigkeit und Grenzen kennen), diese trainieren sowie Hinweise für Anpassungen weitergeben	Überwachung von Data Analytics zur Verbesserung des algorithmen-gesteuerten Empfehlungssystems für digitale Inhalte
Step-Up	Governance-Aufgaben übernehmen: Arbeitsergebnisse KI-basierter Systeme bewerten sowie entscheiden, welche Systeme wo und wie eingesetzt werden sollen	Managemententscheidungen über die ethische Nutzung personalisierter Nutzerdaten zur Verbesserung intelligenter Lernsysteme
Step-Forward	An der (Weiter-) Entwicklung digitaler/KI-basierter Systeme (mit-)arbeiten – im Hinblick auf Einzelanwendungen oder technische Ökosysteme	Einbringen von Fachexpertise für die Entwicklung einer neuen intelligenten Maschine, z. B. Chatbots für die Beratung zu Entwicklungsplänen
Step-Aside	Fokussierung auf Aufgaben, die auf Ergebnissen der Maschinen aufbauen und Kreativität, Sozialkompetenzen oder Fähigkeiten zu komplexem Problemlösen erfordern	Coaching für Lernen am Arbeitsplatz unterstützt durch entsprechende digitale Werkzeuge und KI-basierte (Lern-)Systeme
Step-Narrowly	Sich auf Aufgaben und Nischen spezialisieren, die für die Anbieter von KI-basierten Lösungen kommerziell nicht attraktiv sind	Design thinking Moderationen, um Lösungen für eine zukunftsfähige Lern- und Innovationskultur zu skizzieren

»Die intelligente Automatisierung und die stärker um sich greifende Teamarbeit zwischen Menschen und intelligenten Maschinen werden zu tiefgreifenden Veränderungen in den Unternehmen und staatlichen Institutionen führen. Bisher stark verbreitete hierarchische Strukturen werden zunehmend in Widerspruch geraten zu den Möglichkeiten der durch KI gestützten Projekt- und Teamarbeit über Struktur- und Organisationsgrenzen sowie über Zeitzonen hinweg« (S. 14).

3 KI und Nutzenpotenziale für die berufliche Bildung

3.1 Überblick: Paradigmenwechsel in der Organisationslogik

Bereits in den 1990er-Jahren ist die Notwendigkeit eines Paradigmenwechsels in der Berufsbildung intensiv diskutiert worden (vgl. hierzu Arnold, 2015 sowie Erpenbeck et al., 2017). Brater (1992) konstatierte, dass die Berufsausbildung einen Paradigmenwechsel benötige:

»Während sie sich nämlich bisher vor allem an dem orientieren konnte, was ›Bedarf‹ des Beschäftigungssystems war, und ihre Aufgabe hauptsächlich darin bestand, Wege zu finden, wie der einzelne an diesen Bedarf anzupassen war, so muss sich nun ihr Blick primär auf die Person des Lernenden und ihre je spezifischen individuellen Entwicklungsmöglichkeiten richten.« (S. 85)

Berufliche Bildung muss nicht nur Kenntnisse und Fähigkeiten vermitteln, sondern auch Haltungen fördern – beispielsweise Offenheit, Flexibilität und Wirkungsorientierung im gestaltenden Umgang mit neuen Situationen. Neben der fachlichen Kompetenzentwicklung braucht es auch die Stärkung der ›Persönlichkeiten‹ der Auszubildenden. Im Kontext der Digitalisierung werden zudem komplementäre Kompetenzen zu (intelligenten) Maschinen und digitalen Systemen wie etwa Kreativität, kritisches Denken, Erfindergeist oder Empathie an Bedeutung gewinnen (Seufert, 2018).

Das Verfolgen dieser strategischen Leitlinien für die Berufsbildung erfordert einen Paradigmenwechsel in der Organisationslogik von einer Input-/ Fremdsteuerung hin zu einer stärkeren Outputorientierung in Formen der begleiteten Selbstorganisation. Dieser Wechsel betrifft die Planung, Durchführung, Evaluation und Steuerung von Bildungsprozessen. In diesem Kapitel wird daher aufgezeigt, wie die Entwicklungen im Bereich KI für diesen Paradigmenwechsel genutzt werden können.

Im Kontext der Lernortkooperation erscheinen drei Entwicklungslinien aussichtsreich zu sein, um die Potenziale der KI für die Gestaltung von Bildungsprozessen zu nutzen. Sie sollen daher im Vordergrund stehen: (1) Learning Analytics zur wirksamen Gestaltung der lernortintegrierenden Kompetenzentwicklung, (2) Educational Data Mining zur Gestaltung von (teil-)automatisierten Bildungsprozessen sowie (3) neue Formen zur Förderung der Konnektivität zwischen Lernorten durch KI-basierte Arbeits- und Lernumgebungen sowie KI-basierte Mediatoren.

3.2 Learning Analytics zur Unterstützung der Lernortkooperation

Learning Analytics bezeichnet die Sammlung, Analyse und Interpretation verschiedenartiger Daten, die von Lernenden produziert oder für sie erhoben werden, um Lernfortschritte zu messen, zukünftige Leistungen zu prognostizieren und potenzielle Problembereiche aufzudecken (Ferguson et al., 2014; Ifenthaler, 2017; Seufert et al., 2019). Im Vordergrund steht dabei, die Logik von Data Science auf die Organisation von Bildungsprozessen zu übertragen (Dillenbourg, 2017). Mithilfe von Datenanalysen sollen die Lernenden wirksamer und besser in ihren Lernprozessen unterstützt und dadurch der Erfolg der (Berufs-)Bildungsprozesse insgesamt gesteigert werden (Ifenthaler, 2017; Buckingham et al., 2012).

Mit Blick auf die Lernortkooperation als Erfolgsfaktor in der beruflichen Bildung ergeben sich durch individuelle, zeitnahe, präzise sowie auch kompakte Feedbacks für alle am Bildungsprozess Beteiligten Möglichkeiten für Qualitätsverbesserungen (Seufert, 2018). So können beispielsweise transferorientierte Lernaufträge, digitale Lernressourcen und Lernenden-Betreuung besser gestaltet werden. Prozessdaten können beispielsweise aufzeigen, an welchen Stellen viele Lernende die Betrachtung von Lernvideos abbrechen und damit Ansatzpunkte für die Überarbeitung solcher Lernressourcen bieten – vgl. Seufert et al., 2021). Dabei ist zu betonen, dass das Interpretieren solcher Analyseergebnisse anspruchsvoll ist und hierzu auch auf die Erfahrungen von Lehrenden (Lehrpersonen, Berufsbildner:innen) zurückgegriffen werden sollte.

Greller und Drachsler (2012) zeigen die Informationsflüsse bei Learning Analytics auf verschiedenen Systemebenen auf. Damit verbunden sind Handlungsoptionen von Akteuren auf verschiedenen Ebenen. Auf der Mikro-Ebene sind das in erster Linie die Lernenden, die Lehrpersonen sowie die Berufsbildner:innen. Diese können auf der Grundlage von Prozessdaten und Auswertungen dazu ihr lehr-/lernbezogenes Handeln überprüfen, reflektieren und gegebenenfalls anpassen (Dillenbourg, 2017). Darüber hinaus ergeben sich durch Learning Analytics auf der Meso-Ebene (Bildungsorganisation) und der Makro-Ebene (Berufsbildungssystem) neue Möglichkeiten für die empirische Bildungsforschung. Eine offene Frage ist beispielsweise, welche Auswertungen besonders nutzbringend für die Unterstützung von Lernortkooperation sind.

3.3 Educational Data Mining zur Gestaltung von (teil-)automatisierten Bildungsprozessen

Mit *Educational Data Mining* können auf der Basis von Machine Learning-Algorithmen Lernsysteme entwickelt werden, die künftig immer mehr automatisierte Aufgaben in Bildungsprozessen übernehmen können (Aldowah et al., 2019). Damit kann einerseits eine Entlastung aufseiten der Lehrpersonen erreicht werden (z. B. Unterstützung bei Korrekturarbeiten). Gleichzeitig können dadurch auch Qualitätsverbesserungen in Lehr-Lernprozessen erreicht werden (z. B. automatisiertes Feedback bei Aufgaben auch auf höheren Lernziel-Taxonomiestufen; vgl. Seufert et al., 2020a).

Um derartige KI-basierte Lernsysteme zu entwickeln, sind große Datenmengen für eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Systeme notwendig (Ifenthaler, 2017; Renz & Hilbig, 2020). Für die Berufsbildung können hier beispielsweise KI-basierte Feedbacksysteme, adaptive Lernsysteme oder KI-basierte Empfehlungen zu Lerninhalten und Lernwegen interessante Einsatzmöglichkeiten bieten. Wie die Metastudie von Zawacki-Richter et al. (2019) allerdings aufzeigt, steht die Forschung zu KI im Bildungsbereich erst am Anfang und es liegen bisher erst sehr wenige Forschungsbefunde vor.

3.4 Neue Formen der Konnektivität durch KI-Systeme

Mit der zunehmenden Verbreitung von Augment Reality (AR) und Virtual Reality (VR) werden flexibel einsetzbare immersive Trainings- und Lernumgebungen ermöglicht (Seufert, 2018). An berufsbildenden Schulen sind bereits Projekte in der Umsetzung, welche die Potenziale dieser Lernumgebungen für konkrete didaktische Szenarien explorieren und damit auch neue Formen der Lernortkooperation erproben. Sofern AR- und VR-Technologien auf KI basierende Funktionalitäten integrieren, sind auch personalisierte Rückmeldungen und Empfehlungen im Rahmen einer Simulationsumgebung möglich und können durch individualisiertes Coaching einen didaktischen Mehrwert bieten. Ein Beispiel hierfür ist etwa die kommerzielle Trainingsumgebung TheExperienceAccelerator (<https://www.theexperienceaccelerator.com>).

Im Kontext von Industrie 4.0 werden zunehmend Cyber-Physische Systeme (CPS) entwickelt, welche auch eine Grundlage für Kooperationen zwischen den Lernorten bieten können. Als integrierte und vernetzte Systeme können sie über entsprechende Benutzerschnittstellen auch mit Menschen interagieren, sodass

selbstorganisierte, effiziente und flexible Produktionsprozesse intelligent umgesetzt werden können (Scheid, 2018). Damit können Lernfabriken 4.0 gleichzeitig als modellhafte Industrie-4.0-Produktionsanlagen und didaktisches CPS fungieren. Einerseits kann dadurch die Kooperation zwischen gewerblichen Schulen und Betrieben, andererseits aber auch zwischen gewerblichen und kaufmännischen Schulen gestärkt werden, um berufsfeldübergreifende Kompetenzen zu fördern (ebd.).

Chatbots sind in vielen Bereichen wie der Finanzbranche und auch im Bildungswesen eine zunehmend eingesetzte Technologie, mit der viele Organisationen den Einstieg in KI-Entwicklungen wagen (Sonderegger & Seufert, 2022). Sie repräsentieren neue Formen der Mensch-Maschine Interaktion mit Potenzial zur Stärkung der Konnektivität zwischen den Lernorten. So können virtuelle Assistenten, intelligente Chatbots oder soziale Roboter als KI-basierte Mediatoren zwischen Arbeits- und Lernwelten fungieren (Guggemos et al., 2020). Lernende können Chatbots beispielsweise als unermüdliche Trainingspartner direkt am Arbeitsplatz zu verfügbaren Lerninhalten »befragen«. Dabei wird die Konversation mit menschlichen Nutzer:innen, insbesondere über das Internet, in Form von auditiven oder textuellen Gesprächen simuliert (Winkler & Söllner, 2018). KI-basierte Mediatoren bieten daher neues Potenzial für eine gemeinsame Entwicklung und Zusammenarbeit über die Lernorte hinweg und somit auch für eine lernortintegrierende Kompetenzentwicklung (Renz et al., 2020).

3.5 Synopsis: Bezugsrahmen einer KI-basierten Lernumgebung für eine lernortintegrierende Kompetenzentwicklung

International wird die Unterstützung personalisierten Lernens als einer der bedeutendsten Vorteile des Einsatzes von KI im Bildungsbereich gesehen (Stanford University, 2016). Für die Berufsbildung ist aufgrund der systemischen Einbettung in den Arbeitsmarkt ein zunehmender Druck zu beobachten, sich intensiv mit den Entwicklungen und Implikationen der digitalen Transformation zu beschäftigen. Rohs (2020) macht in diesem Zusammenhang auf das Spannungsfeld zwischen Personal- und Persönlichkeitsentwicklung aufmerksam:

»Die Herausforderung besteht dabei darin, nicht nur die notwendigen Kompetenzen zur Ausführung einer gerade notwendigen Tätigkeit im Blick zu haben, sondern Überblickwissen zu generieren, Zusammenhänge herzustellen, die Verbindung zu den

theoretischen Grundlagen deutlich zu machen und Reflexionsprozesse in Gang zu setzen. Darüber hinaus geht es weiterhin darum, Freiheiten für die individuelle Entwicklung zu schaffen, d. h. nicht nur an den Anforderungen im Arbeitsprozess anzusetzen, sondern sich auch gezielt davon zu entfernen.« (S. 9)

Aus didaktischer Sicht zieht Rohs darüber hinaus den Schluss, dass es einer »selbstgesteuerten Konfiguration der Lernorte« (ebd. S. 9) bedarf. Dies erfordert allerdings auch Veränderungen in den Prozessen, Strukturen und Kulturen. Auf der Grundlage dieser Veränderungen ermöglichen KI-unterstützte Lernumgebungen eine stärkere Personalisierung der Berufsbildungsprozesse.

Entlang der didaktischen Wertschöpfungskette von der Ausbildungsplanung über Maßnahmen zum Erwerb von Handlungskompetenzen bis hin zum abschließenden Qualifikationsverfahren können Bildungsprozesse im Hinblick auf Ziele, Inhalte, Methoden, digitale Medien und Lernressourcen sowie Lernbegleitung personalisiert werden. Handlungsleitend sind dabei die curricularen Vorgaben für die Entwicklung eines Kompetenzprofils, das in einem Baukastensystem nach Basis- und Wahlqualifikationen zur Vertiefung sowie nach berufs(feld-) und berufsspezifischen Handlungskompetenzen unterscheiden kann. Eine derartige Lernumgebung würde alle relevanten Inhalte und Informationen von den verschiedenen Lernorten über eine entsprechende Schnittstelle erhalten. Lernorte können, je nach Verständnis, als institutionelle oder räumliche Orte aufgefasst werden. Für eine gelingende Berufsbildung ist eine erfolgreiche Kooperation der Lernorte – Betriebe, Berufsschulen und überbetriebliche Ausbildungszentren – nötig. Die Verbesserung der Lernortkooperation ist somit ein bildungspolitischer Dauerbrenner. Das Konzept einer KI-basierten Lernumgebung würde dabei das Potenzial bieten, eine lernortintegrierende Kompetenzentwicklung in der Berufsbildung zu unterstützen.

Personalisiertes Lernen orientiert sich dann konsequent an den Bedürfnissen der Lernenden in Abstimmung mit den Berufsbildner:innen im Ausbildungsbetrieb sowie den Lehrpersonen. Die Berufslernenden definieren selbstorganisiert ihre Lernziele aufgrund aktueller Herausforderungen, planen ihre Lernprozesse eigenverantwortlich und optimieren sie laufend auf Basis von Ergebnissen und Rückmeldungen im Arbeitsprozess sowie zunehmend auch auf der Basis KI-basierter Empfehlungen (z. B. personalisierte Lernwege in adaptiven Lernsystemen, Vernetzungsvorschläge mit Peers, Prognosen bzgl. Lernzeit und Lerntempo, Angaben zum Kompetenzfortschritt etc.). Die Lehrkräfte werden dabei nicht überflüssig. Aber ihre Rolle ändert sich. Sie begleiten die individuellen Lernprozesse, beraten im Hinblick auf Lernstrategien sowie Lerntechniken und unterstützen bei Bedarf unter Rückgriff auf KI-basierte Instrumente. KI-basierte Arbeits-

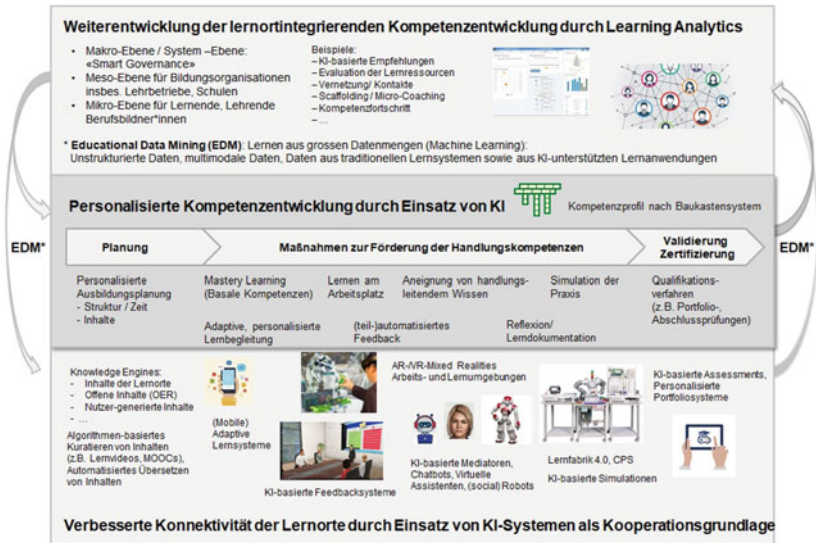


Abb. 3 Konzept einer KI-basierten Lernumgebung für eine lernortintegrierende Kompetenzentwicklung in der Berufsbildung. (© Eigene Darstellung)

und Lernumgebungen sowie Mediatoren bieten das Potenzial, eine Kooperationsgrundlage für eine lernortintegrierende Kompetenzentwicklung zur Verfügung zu stellen. Auch die selbstgesteuerte Konfiguration der Lernorte wird durch den Bezugsrahmen einer KI-basierten Lernumgebung unterstützt. In Abb. 3 sind diese Zusammenhänge visualisiert.

4 KI und Herausforderungen für Bildungsverantwortliche

4.1 Kompetenzanforderungen an Bildungsverantwortliche

Die in diesem Beitrag skizzierten Entwicklungen im Hinblick auf Industrie 4.0, Cyber-Physische Systeme und die zunehmende Verbreitung von KI-basierten Smart Machines stellen eine große Herausforderung für Bildungsorganisationen und Bildungsverantwortliche dar. Damit stellt sich die Frage: Sind Bildungsverantwortliche selbst auf die fortgeschrittene Digitalisierung vorbereitet?

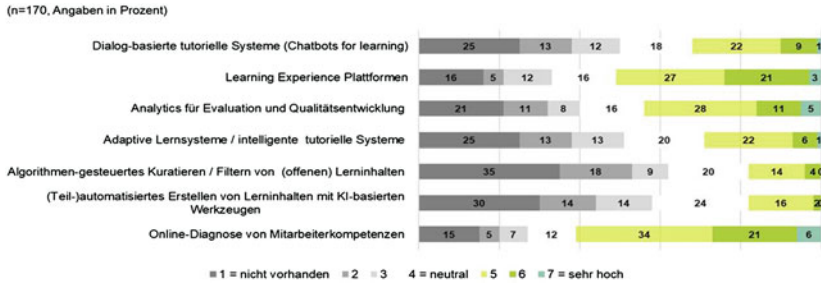


Abb. 4 Selbsteinschätzung des Wissens zu Aspekten der fortgeschrittenen Digitalisierung in der Personalentwicklung. (© Seufert et al., 2020b)

4.2 Empirische Studie zu Kompetenzen von Berufsbildungsverantwortlichen

Wir führen hierzu seit drei Jahren Umfragen durch. Dabei befragen wir Bildungsverantwortliche und Personalentwickler:innen zu ihrem Wissen über fortgeschrittene Digitalisierung, zu ihrer Einstellung zur digitalen Transformation und auch zu ihren präferierten Augmentationsstrategien.

Vier Einzelergebnisse dieser Untersuchungen sind für unsere Argumentation hier besonders relevant. *Erstens* betrachten Personalentwickler:innen ihr Wissen zu Aspekten der fortgeschrittenen Digitalisierung in ihrem eigenen Arbeitsfeld zumeist als noch nicht sehr stark entwickelt (Abb. 4).

Zweitens hat eine große Mehrheit der Bildungsverantwortlichen bzw. der Personalentwickler:innen eine positive Einstellung zur digitalen Transformation und fühlt sich von ihr keinesfalls bedroht. *Drittens* sehen sich die befragten Personalentwickler:innen selbst durchaus in der Lage, die Entwicklung digitaler Fähigkeiten und auch den digitalen Wandel in ihren Organisationen zu unterstützen (Abb. 5, obere und untere Zeile).

Viertens geben die befragten Personalentwickler:innen »Step aside« als die für sich selbst präferierte Augmentationsstrategie an, gefolgt von »Step up« auf dem zweiten Platz (Abb. 6).

Vor dem Hintergrund dieser Einzelergebnisse stellen sich durchaus Fragen zur Selbsteinschätzung der Bildungsverantwortlichen bzw. Personalentwickler:innen. Ist das Selbstvertrauen mit Blick auf die Fähigkeit zur Entwicklung von digitalen Kompetenzen und die Fähigkeit zur Unterstützung der digitalen Transformation in der Gesamtorganisation gerechtfertigt? Und ist die hohe Gewichtung von »Step

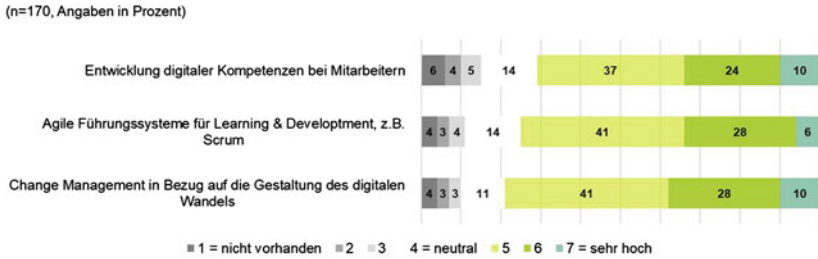


Abb. 5 Selbsteinschätzung zu Fähigkeiten im Bereich der Personal- und Organisationsentwicklung. (© Seufert et al., 2020b)

Entwicklungsstrategie	Step In	Step Up	Step Forward	Step Aside	Step Narrow
Mittelwerte 2018	4.15	4.61	3.96	5.88	4.13
Rang 2018	3	2	5	1	4
Mittelwert 2019	4.49	4.77	4.47	5.74	3.99
Rang 2019	3	2	4	1	5
Mittelwert 2020	4.36 ↘	4.71 ↘	4.16 ↘	5.74 →	4.01 →
Rang 2020	3 →	2 →	4 →	1 →	5 →

Abb. 6 Rangfolge der von Personalentwickler:innen präferierten Augmentationsstrategien. (© Seufert et al., 2020b)

up« als eigener Entwicklungsstrategie angesichts der fortschreitenden Digitalisierung realistisch? Schließlich ist dies eine Strategie, für die der Bedarf innerhalb von Organisationen eher begrenzt sein dürfte – zumindest verglichen mit dem Bedarf an Rollen, die primär auf »Step in« oder »Step aside« ausgerichtet sind.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Ausgehend von Entwicklungen im Forschungsfeld der künstlichen Intelligenz (KI), insbesondere im Bereich des maschinellen Lernens (ML), sind in den letzten Jahren erstaunlich leistungsfähige »Smart Machines« entstanden. Diese kommen in sehr verschiedenen Berufsfeldern zum Einsatz: in der Medizin, in

der Sicherheits- und Logistik-Branche, in der Landwirtschaft, im Journalismus oder auch in der Finanz- und Versicherungsberatung. Und diese Smart Machines werden zunehmend besser.

Damit wird die Fähigkeit, mit solchen Maschinen produktiv zusammenzuarbeiten, zu einem wichtigen Treiber für die Leistungsfähigkeit von Fachkräften und damit auch zu einem wichtigen Bildungsziel. Bildung erfordert nämlich im Zeitalter einer fortgeschrittenen Digitalisierung auch Kompetenzen im Umgang mit fortgeschrittenen Arbeits- und Kommunikationsmitteln – eben mit »Smart Machines«.

Die Entwicklungen im Bereich KI und ML haben aber nicht nur Folgen für die verschiedensten Arbeits- und Berufsfelder. Sie haben auch unmittelbare Folgen für die Gestaltung von Bildungsprozessen und Bildungsorganisationen. Die in diesem Beitrag herausgestellten Potenziale betreffen (1) Learning Analytics zur wirksamen Gestaltung der lernortintegrierenden Kompetenzentwicklung, (2) Educational Data Mining zur Gestaltung von (teil-)automatisierten Bildungsprozessen sowie (3) neue Formen zur Förderung der Konnektivität zwischen Lernorten durch KI-basierte Arbeits- und Lernumgebungen sowie KI-basierte Mediatoren.

Bildungsverantwortliche sind dadurch in zweierlei Weise herausgefordert. Im Kontext eines schon länger angemahnten Paradigmenwechsels im Hinblick auf die Berufsausbildung (von fast ausschließlichem Fokus auf den Bedarf des Beschäftigungssystems hin zu einer Stärkung der individuellen Entwicklungsmöglichkeiten) muss berufliche Bildung nicht nur Kenntnisse und Fähigkeiten vermitteln, sondern auch Haltungen fördern – insbesondere eine Offenheit und Flexibilität im gestaltenden Umgang mit neuen Anforderungen. Dies markiert eine erste Herausforderung für Bildungsverantwortliche.

Darüber hinaus müssen Bildungsverantwortliche die Potenziale von KI-unterstützten Smart Machines für Arbeits- und Berufsfelder verstehen. Sie müssen das Konzept der Augmentation, d. h. des komplementären Zusammenwirkens von Menschen und Smart Machines verstehen. Sie müssen das Konzept der Integrationskompetenzen verstehen (die Kompetenzen, die Beschäftigte benötigen, um Smart Machines wirkungsvoll in ihre Arbeitsprozesse zu integrieren) und bei der Entwicklung dieser Kompetenzen unterstützen. Sie müssen verstehen, welche Entwicklungs- bzw. Augmentationsstrategien für welche Beschäftigtengruppen von besonderer Relevanz sind. Und sie müssen in der Lage sein, ausgehend von diesen Augmentationsstrategien Bildungsprozesse zu gestalten, die auf die Herausforderungen einer künftigen Arbeitswelt vorbereiten.

Literatur

- Abbatiello, A., Boehm, T., Schwartz, J., & Chand, S. (2017). *No-collar workforce: Humans and machines in one loop-collaborating in roles and new talent models*. *Tech Trends 2018*. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/tech-trends/2018/no-collar-workforce.html>. Zugegriffen: 23. Okt. 2021.
- Aldowah, H., Al-, H., & Fauzy, W. M. (2019). Educational data mining and learning analytics for 21st century higher education: A review and synthesis. *Telematics and Informatics*, 37, 13–49. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.01.007>.
- Arnold, R. (2015). *Systemische Berufsbildung: Kompetenzentwicklung neu denken. Mit einem Methoden ABC* (Zweite Aufl.). Schneider Verlag Hohengehren.
- Baldwin, R. E. (2019). *The Globotics upheaval: Globalisation, robotics, and the future of work*. Oxford University Press.
- Bendel, O., Gasser, A., & Siebenmann, J. (2020). Co-Robots as Care Robots. Vortrag bei »Applied AI in Healthcare: Safety, Community, and the Environment«. In *AAAI 2020 Spring symposium series*. Stanford University, Palo Alto.
- Bitkom e.V., & DFKI. (2017). *Entscheidungsunterstützung mit Künstlicher Intelligenz: Wirtschaftliche Bedeutung, gesellschaftliche Herausforderungen, menschliche Verantwortung*. <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/FirstSpirit-1496912702488Bitkom-DFKI-Positionspapier-Digital-Gipfel-AI-und-Entscheidungen-13062017-2.pdf>. Zugegriffen: 23. Okt. 2021.
- Brater, M. (1992). Zwischen Anspruch und Wirklichkeit – Die Auswirkungen veränderter Rahmenbedingungen auf soziale Stellung, Funktion und Qualifizierungs-/ Bildungskonzepte für das Ausbildungspersonal in der Industrie. In Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) (Hrsg.), *Berichte zur beruflichen Bildung. Band 151: Neue Technologien und berufliche Bildung: Modellhafte Entwicklungen und theoretische Erkenntnisse* (S. 210–227). Bundesinst. für Berufsbildung.
- Brynjolfson, E., & McAfee, A. (2017). Von Managern und Maschinen. *Harvard Business Manager*, (November), 23–34.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. Norton.
- Buckingham Shum, S., & Deakin Crick, R. (2012). Learning dispositions and transferable competencies: Pedagogy, modelling and learning analytics. In *Proceedings 2nd international conference on learning analytics & knowledge* (S. 324–335). ACM Press.
- Bughin, J., Ziegler, M., Mischke, J., Wenger, F., Reich, A., Läubli, D., Sen, M., & Schmidt, M. (2018). *The future of work: Switzerland's digital opportunity*. mckinsey.com. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/europe/the-future-of-work-switzerland-digital-opportunity>. Zugegriffen: 23. Okt. 2021.
- Daugherty, P. R., & Wilson, H. J. (2018). *Human + machine: Reimagining work in the age of AI*. Harvard Business Review Press.
- Davenport, T. H., & Kirby, J. (2016). *Only humans need apply: Winners and losers in the age of smart machines*. Harper Business.
- Dillenbourg, P. (2017). *Digitale Möglichkeiten in der Berufsbildung*. <https://sgab-srfp.ch/digitale-moeglichkeiten-in-der-berufsbildung/>. Zugegriffen: 23. Okt. 2021.

- D'Mello, S., & Graesser, A. (2013). Design of dialog-based intelligent tutoring systems to simulate human-to-human tutoring. In A. Neustein & J. A. Markowitz (Hrsg.), *Where humans meet machines: Innovative solutions for knotty natural-language problems* (S. 233–269). Springer.
- Erpenbeck, J., Rosenstiel, L. V., Grote, S., & Sauter, W. (Hrsg.) (2017). *Handbuch Kompetenzmessung: Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis* (3. Aufl.). Schäffer-Poeschel.
- Ferguson, R., Macfadyen, L. P., Clow, D., Tynan, B., Alexander, S., & Dawson, S. (2014). Setting learning analytics in context: Overcoming the barriers to large-scale adoption. *Journal of Learning Analytics*, 1(3), 120–144.
- Frey, C. B., & Osborne, M. (2013). *The future of employment*. Oxford. https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf. Zugegriffen: 23. Okt. 2021.
- Greller, W., & Drachler, H. (2012). Translating learning into numbers: A generic framework for learning analytics. *Educational Technology & Society*, 15(3), 42–57.
- Guggemos, J., Seufert, S., & Sonderegger, S. (2020). Pepper: A humanoid robot with personality? In *Vortrag auf der International Conference Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age*, 2020. <https://www.alexandria.unisg.ch/261640/>. Zugegriffen: 23. Okt. 2021.
- Hancock, P. A. (2014). Automation: How much is too much? *Ergonomics*, 57(3), 449–454. <https://doi.org/10.1080/00140139.2013.816375>.
- von Hentig, H. (1999). *Bildung. Ein Versuch*. Beltz.
- Ifenthaler, D. (2017). Designing effective digital learning environments: Toward learning analytics design. *Technology, Knowledge and Learning*, 22(3), 401–404. <https://doi.org/10.1007/s10758-017-9333-0>.
- Jarrahi, M. H. (2018). Artificial intelligence and the future of work: Human–AI symbiosis in organizational decision making. *Business Horizons*, 61(4), 577–586. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.03.007>.
- Jones, M. T. (2017). A beginner's guide to artificial intelligence, machine learning, and cognitive computing: Explore some of the important aspects of AI and its subfields. <https://developer.ibm.com/articles/cc-beginner-guide-machine-learning-ai-cognitive/>. Zugegriffen: 23. Okt. 2021.
- Kellogg, K. C., Valentine, M. A., & Christin, A. (2020). Algorithms at work: The new contested terrain of control. *Academy of Management Annals*, 14(1), 366–410. <https://doi.org/10.5465/annals.2018.0174>.
- Makridakis, S. (2017). The forthcoming artificial intelligence (ai) revolution: Its impact on society and firms. *Futures*, 90, 46–60. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.03.006>.
- Meier, C., Seufert, S., Guggemos, J., & Spirgi, J. (2021). Learning organizations in the age of smart machines: Fusion skills, augmentation strategies and the role of HRD professionals. In D. Ifenthaler, S. Hoffhues, M. Egloffstein, & C. Helbig (Hrsg.), *Digital transformation of learning organizations* (S. 77–94). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55878-9_5.
- Raisamo, R., Rakkolainen, I., Majoranta, P., Salminen, K., Rantala, J., & Farooq, A. (2019). Human augmentation: Past, present and future. *International Journal of Human-Computer Studies*, 131, 131–143. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2019.05.008>.

- Renz, A., & Hilbig, R. (2020). Prerequisites for artificial intelligence in further education: Identification of drivers, barriers, and business models of educational technology companies. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(14), 1–21. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00193-3>.
- Renz, A., Krishnaraja, S., & Gronau, E. (2020). Demystification of Artificial Intelligence in education: How much AI is really in the educational technology? *International Journal of Learning Analytics and Artificial Intelligence for Education (IJAI)*, 2(1), 14–30.
- Rohs, M. (2020). Lernortkooperation findet in den Köpfen der Lernenden statt. In *Berufsbildung in Wissenschaft Und Praxis (Bwp)*. (Sonderheft »Kooperation der Lernorte«), S. 8–19.
- Scheid, R. (2018). Learning factories in vocational schools. Challenges for designing and implementing learning factories at vocational schools. In D. Ifenthaler (Hrsg.), *Digital workplace learning: Bridging formal and informal learning with digital technologies* (S. 271–289). Springer.
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. Crown Business.
- Seufert, S. (2018). *Flexibilisierung der Berufsbildung in der Schweiz im Kontext fortschreitender Digitalisierung. Bericht im Auftrag des Staatssekretariats für Bildung, Forschung und Innovation SBFJ im Rahmen des Projekts »Berufsbildung 2030 – Vision und Strategische Leitlinien*. <https://www.sbfj.admin.ch/sbfj/de/home/bildung/berufsbildungssteuerung-und--politik/projekte-und-initiativen/berufsbildungsstrategie-2030.html>. Zugegriffen: 23. Okt. 2021.
- Seufert, S., Guggemos, J., & Ifenthaler, D. (2021). Zukunft der Arbeit mit intelligenten Maschinen: Implikationen der Künstlichen Intelligenz für die Berufsbildung. In S. Seufert, J. Guggemos, D. Ifenthaler, H. Ertl, & J. Seifried (Hrsg.), *Künstliche Intelligenz in der beruflichen Bildung Zukunft der Arbeit und Bildung mit intelligenten Maschinen?!*. Franz Steiner.
- Seufert, S., Guggemos, J., & Sonderegger, S. (2020a). Digitale Transformation der Hochschullehre: Augmentationsstrategien für den Einsatz von Data Analytics und Künstlicher Intelligenz. *Zeitschrift Für Hochschulentwicklung (ZFHE)*, 15(1), 81–101. <https://doi.org/10.3217/zfhe-15-01/05>.
- Seufert, S., Guggemos, J., Meier, C., & Helfritz, K. H. (2020b). *Trendstudie 2020: Auf dem Weg zur digital lernenden Organisation – Kompetenzen für die Personalentwicklung*. Universität St.Gallen, Institut für Wirtschaftspädagogik.
- Seufert, S., Guggemos, J., & Sonderegger, S. (2019). Learning Analytics in Higher Education using Peer-feedback and Self-assessment: Use Case of an Academic Writing Course. In *Proceedings of the 11th international conference on computer supported education* (S. 315–322). SCITEPRESS – Science and Technology. <https://doi.org/10.5220/0007714603150322>.
- Sonderegger, S., & Seufert, S. (2022). Chatbot-mediated Learning: Conceptual Framework for the Design of Chatbot Use Cases in Education. In *Proceedings of the 14th International Conference on Computer Supported Education – Volume 1: CSEU*, 207–215.
- Stanford University (2016). *Artificial intelligence and life in 2030: One hundred year study on artificial intelligence: Report of the 2015–2016 study panel*. Stanford. https://ai100.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj9861/f/ai_100_report_0831fnl.pdf. Zugegriffen: 23. Okt. 2021.

- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Qi Dong, J., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, *122*, 889–901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>.
- Wahlster, W. (2017). Künstliche Intelligenz als Treiber der zweiten Digitalisierungswelle. In *IM+io Das Magazin Für Innovation, Organisation Und Management*, 2017 (2/Juni), S. 10–13. <https://www.aws-institut.de/im-io/product/super-smart-society/>. Zugegriffen: 23. Okt. 2021.
- Wesche, J. S., & Sonderegger, A. (2019). When computers take the lead: The automation of leadership. *Computers in Human Behavior*, *101*, 197–209. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.07.027>.
- Winkler, R., & Söllner, M. (2018). Unleashing the potential of Chatbots in education: A state-of-the-art analyses. In *78th annual meeting of the Academy of Management Annual Meeting (AOM)*, Chicago. http://pubs.wi-kassel.de/wp-content/uploads/2018/08/JML_699.pdf. Zugegriffen: 23. Okt. 2021.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *16*(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>.