

Zukunft der Arbeit mit intelligenten Maschinen: Implikationen der Künstlichen Intelligenz für die Berufsbildung

Einleitung zum Beiheft

SABINE SEUFERT / JOSEF GUGGEMOS / DIRK IFENTHALER

Future of work with smart machines: Implications of artificial intelligence for vocational education and training

Introduction to the special issue

Kurzfassung: Die Substitution von Arbeit durch Maschinen beherrscht die öffentliche Diskussion verbunden mit der Frage, inwieweit Berufsprofile durch eine Automatisierung betroffen sind. Die Entwicklungen im Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI) sind erstaunlich, im Anwendungsfeld häufig aber (noch) sehr begrenzt und auf ein enges Umfeld ausgerichtet. Experten zufolge sollten demnach vielmehr neue Mensch-Maschinen Interaktionen im Vordergrund stehen, um den Nachteilen bzw. Gefahren der KI entgegenzuwirken. Ziel dieses Sonderhefts ist die kritische Reflektion der Auswirkungen der KI auf die berufliche Bildung. Hierzu gliedern sich die Beiträge in zwei Hauptteile: (A) Implikationen der KI auf ausgewählte Berufsfelder und (B) Forschungsrichtungen zur KI in der Berufsbildung.

Schlagworte: Künstliche Intelligenz (KI), KI-Transformation, Augmentation, Fusion Skills

Abstract: The substitution of work by machines dominates the public discussion combined with the question of the extent to which occupational profiles are affected by automation. The developments in the field of artificial intelligence (AI) are astonishing, but the field of application is often (still) very limited and focused on a narrow scope. According to experts, the focus should rather be on new human-machine interactions in order to counteract the disadvantages or dangers of AI. The aim of this special issue is to critically reflect on the impact of AI on vocational education and training (VET). To this end, the contributions are divided into two main parts: (A) Implications of AI on selected occupational fields and (B) Research directions on AI in VET.

Keywords: Artificial Intelligence (AI), AI Transformation, Augmentation, Fusion Skills

1 Einführung

Die Berufsbildung ist derzeit aufgrund technologischer Entwicklungen einer hohen Dynamik ausgesetzt: Tätigkeiten in bestehenden Berufen können sich mit einer hohen Geschwindigkeit verändern, neue Berufe entstehen und bestehende Berufe sterben aus. Berechtigt scheint der Verweis darauf zu sein, dass technologische Entwicklungen auch schon früher Berufsbilder stark verändert oder zu Rationalisierungen geführt haben (OSTENDORF, 2019). Allerdings liegen auch Hinweise vor, dass die digitale Transformation, insbesondere auch bedingt durch die Künstliche Intelligenz „andere und tiefere Einschnitte in Wirtschaft und Gesellschaft hervorbringen wird als das, was gemeinhin seit über eine Dekade als sog. Megatrends (Globalisierung, Automatisierung etc.) thematisiert wird“ (OSTENDORF, 2019, S. 1).

Die Freisetzung menschlicher Arbeitsleistung durch intelligente Maschinen nahm als erstes die sogenannte Oxford Studie von FREY und OSBORNE (2017) in den Blick. Seither beherrscht die Substitution von Arbeit durch Maschinen die öffentliche Diskussion in Wissenschaft und Praxis und damit die Frage, inwieweit Berufsprofile durch eine Automatisierung betroffen sind. Inzwischen gibt es in diesem Bereich zahlreiche Studien, die zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen kommen, insgesamt aber weniger dramatische Auswirkungen konstatieren (DENGLER & MATTHES, 2015; KING & GRUDIN, 2016, NEDELKOSKA & QUINTINI, 2018). Trotz der Unterschiede in den Ergebnissen, ist der Kern aller Studien, dass ‚intelligente‘ Maschinen heute auch in Bereichen viel leisten können, die bislang eine Domäne von gut ausgebildeten Wissensarbeitern waren (BRYNJOLFSSON & MCAFEE, 2014; NEDELKOSKA & QUINTINI, 2018). Insgesamt bedarf der Begriff der Digitalisierung in seiner fortgeschrittenen Form jedoch einer Schärfung.

Digitalisierung ist kein neues Phänomen, sondern wird seit mehr als 20 Jahren vor allem durch die Internettechnologien maßgeblich getrieben. Vor diesem Hintergrund kann in eine erste und zweite Welle der Digitalisierung unterschieden werden (WAHLSTER, 2017). In der ersten Digitalisierungswelle steht im Vordergrund, dass alle relevanten Daten maschinenlesbar sind und damit auch digital verarbeitet werden können. Bei der zweiten Digitalisierungswelle geht es nicht mehr nur um die digitale Verarbeitung der Daten, sondern neu auch um das Verstehen dieser Daten mithilfe von Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI). Maschinen neuer Generation können digitale Daten nicht nur ‚lesend‘ bzw. ‚schreibend‘ verarbeiten, sondern auch ‚verstehen‘ und auf der Basis dieses Verständnisses Aktionen auslösen. Darüber hinaus sind sie in der Lage, auf verschiedene Weise zu lernen. Soziale Roboter lernen beispielsweise Mimik und Körpersprache des Menschen zu lesen, seine Alltagssprache zu verstehen und auf dieser Grundlage sinnvoll zu reagieren. Die Aufgabenbereiche, für die intelligente Systeme und Maschinen eingesetzt werden können, reichen von der Unterstützung bei der Versorgung von Patienten bis zur Unterstützung bei der Formulierung von Verträgen – und sie erweitern sich kontinuierlich. Die Entwicklungen im Bereich

der KI sind erstaunlich, dennoch aber auch im Anwendungsfeld häufig (noch) sehr begrenzt und auf ein enges Umfeld ausgerichtet. Experten zufolge (s. auch Stanford Panel führender KI-Forscher, STANFORD UNIVERSITY, 2016) sollten vor diesem Hintergrund neue Mensch-Maschinen Interaktionen im Vordergrund stehen, um den Nachteilen bzw. Gefahren der KI entgegenzuwirken. Nicht wenige Experten sehen in den technologischen Entwicklungen den Beginn einer KI-Revolution, welche die in den 1980er Jahren beginnende digitale Revolution zunehmend ablöst (CLARK, 2015, MAKRIDAKIS, 2017, DELLERMANN et al., 2019).

Dieses Sonderheft soll die Auswirkungen der KI in der beruflichen Bildung beleuchten und gliedert sich in zwei Teile: (A) Implikationen der KI für ausgewählte Berufsfelder und (B) Forschungsrichtungen zur KI in der Berufsbildung. Umrahmt sind die Beiträge durch diesen Einleitungsartikel sowie Teil A und B jeweils durch zusammenfassende Kommentare zweier Mitherausgeber der Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, nämlich HUBERT ERTL und JÜRGEN SEIFRIED.

2 Einordnung des Begriffs ‚Künstliche Intelligenz‘

2.1 Ansätze zur Definition Künstlicher Intelligenz

Über den Begriff der KI herrscht regelmäßig kein Konsens. Oftmals findet eine Annäherung über die beiden Elemente des Begriffs statt: ‚Intelligenz‘ und ‚Künstlich‘. Unter Intelligenz werden kognitive Fähigkeiten verstanden, die helfen, den Alltag zu bewältigen und Probleme zu lösen. Definitionen beziehen sich dabei häufig auf GOTTFREDSON (1997): „Intelligence is a very general mental capability that, among other things, involves the ability to reason, plan, solve problems, think abstractly, comprehend complex ideas, learn quickly and learn from experience. It is not merely book learning, a narrow academic skill, or test-taking smarts. Rather, it reflects a broader and deeper capability for comprehending our surroundings – ‚catching on‘, ‚making sense‘ of things, or ‚figuring out‘ what to do.“ (S. 13). Ähnlich definieren GRAF BALLESTREM et al., (2020, S. 5): „Künstliche Intelligenz (KI oder Artificial Intelligence, AI) bezeichnet Systeme, die intelligentes Verhalten zeigen, indem sie ihre Umgebung analysieren und – mit einem gewissen Grad an Autonomie – Maßnahmen ergreifen, um bestimmte Ziele zu erreichen.“

‚Künstliche‘ Intelligenz würde demnach bedeuten, dass Denkprozesse, Problemlösungs- und Entscheidungsprozesse durch technische Systeme übernommen werden. Häufig zitiert wird in diesem Kontext die Definition von BELLMAN, die bereits in den 80er Jahren entstanden ist. KI wird als Subgebiet der Intelligenz definiert, die sich auf Maschinen bezieht: „With this term, we mean systems that perform [...] activities that we associate with human thinking, activities such as decision-making, problem solving, learning [...]“ (BELLMAN 1978, p. 3). Zusammenfassend geht es darum, Ma-

schinen zu entwickeln, die komplexe Ziele erreichen können. Durch Anwendung von Techniken des maschinellen Lernens werden diese Maschinen in die Lage versetzt, die Umgebung zu analysieren und sich an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen (DE MAAT et al., 2020).

Ob KI mit menschlicher Intelligenz gleichgesetzt werden kann, ist kritisch zu hinterfragen. Eher handelt es sich um eine Nachahmung oder Simulation menschlicher Intelligenz (DFKI & BITKOM, 2020). Letztlich sind jedoch damit philosophische Fragen verknüpft, da sie sich auf unser Menschenbild in der Entwicklung sozio-technischer Systeme beziehen. Die Entwicklungen im Bereich der KI sind zwar erstaunlich, dennoch aber auch im Anwendungsfeld derzeit häufig sehr begrenzt und – zumindest gegenwärtig – auf ein enges Umfeld ausgerichtet (MASSMANN & HOFSTETTER, 2020).

Während der Begriff der KI oft in öffentlichen Debatten verwendet wird, verzichten viele Experten gänzlich auf dessen Verwendung und reduzieren KI auf maschinelles Lernen (ML) (vgl. hierzu SBFI, 2019). Im Gegensatz zu früheren, regelbasierten KI-Ansätzen versuchen die heutigen, statistischen Verfahren nicht mehr menschliche Regeln abzubilden, sondern ML-Entscheidungen werden durch Optimierung getroffen. ML-Algorithmen stellen zentrale Komponenten für gegenwärtige KI-Systeme in einem größeren Kontext dar (vgl. Abb. 1). Neben Daten und ML-Algorithmen ist auch domänenspezifisches Wissen notwendig, „um die Struktur zu definieren, welche ein komplexes Problem in bearbeitbare Aufgaben unterteilt und welche das Zusammenspiel der einzelnen ML-Komponenten untereinander regelt“ (SBFI, 2019, S. 21).

Im Gegensatz zu den ML-Algorithmen (zunehmend universelle Technologie), wird dieses Wissen, das erforderlich ist, um ML-Komponenten in KI-Systemen zu einer Komplettlösung zu kombinieren, eher nicht automatisiert und erfordert i. d. R. noch einen erheblichen menschlichen Input. Zudem braucht es auch domänenspezifisches Wissen, da für praktische Probleme normalerweise nur sehr wenige Daten zum Erlernen des richtigen Modells vorhanden sind und die Fehlerraten zu hoch wären (SBFI, 2019).

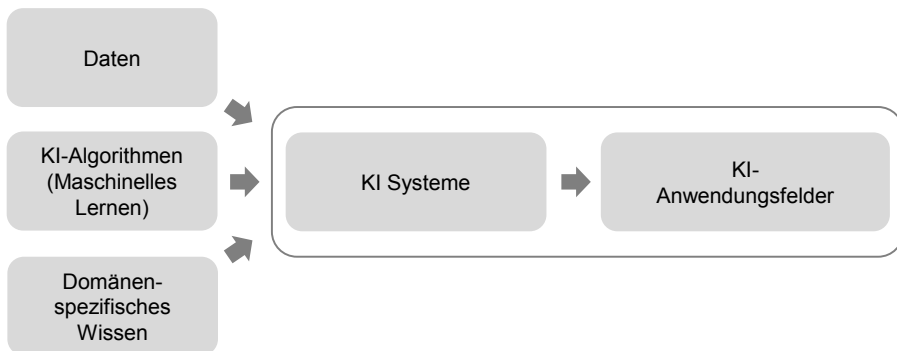


Abb. 1 Komponenten für komplexe KI-Systeme (SBFI, 2019, S. 22)

2.2 KI-Bausteine: Lernen, Wahrnehmen und Handeln

In vielen Bereichen des alltäglichen Lebens wird KI bereits eingesetzt. Beispiele sind: Mustererkennung, Bilderkennung, Spracherkennung, Autovervollständigung und Korrekturvorschläge bei Suchvorgängen. Da KI schwer zu definieren und häufig zu abstrakt bleibt, ist es für Unternehmen und Institutionen oft noch schwer, Themen rund um KI richtig einzuordnen und eine KI-Strategie festzulegen. Daher ist ein praktikabler Weg gefragt, um KI für den Einsatz in Unternehmen und Institutionen gangbar zu machen. HAMMOND (zitiert in BITKOM, 2020) entwickelte einen Leitfaden, der helfen soll, die einzelnen Bausteine von KI besser zu verstehen. Die KI kann danach grob in die drei Gruppen unterteilt werden: 1) Wahrnehmen (Assess), 2) Lernen (Infer) und 3) Handeln (Respond). In diesen Gebieten können wiederum weitere Teildisziplinen aufgefächert werden (vgl. Abb. 2, nach BERNECKER, 2019):

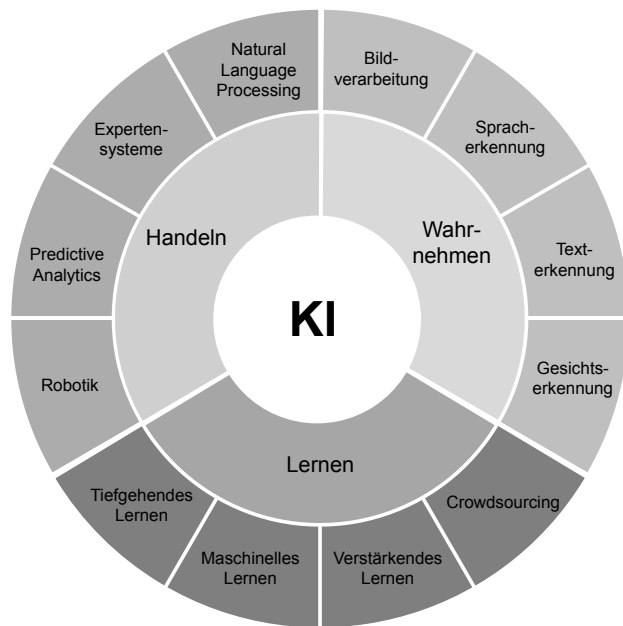


Abb. 2 KI-Elemente in drei Gruppen (Bernecker, 2019)

Will man nun KI in der Organisation etablieren, tauchen diverse Fragen auf, zum Beispiel für welche Anwendungsfälle KI genutzt werden soll oder wie sich KI-Angebote vergleichen lassen. Als Strategie im Umgang mit KI schlägt HAMMOND (zitiert in BITKOM, 2018) vor, eine gemeinsame Sprache, eine „Lingua Franca“, zu etablieren, die alle sprechen könnten. In Anlehnung an die Chemie nennt Hammond diesen Leitfaden das „Periodensystem der Künstlichen Intelligenz“ (ebenda). Die einzelnen Bausteine werden – ähnlich wie Legosteine – zusammengesetzt. Insgesamt definiert HAMMOND 28 KI-Elemente (bzw. Funktionen), die untereinander kombiniert werden können

(BITKOM, 2018). Jedes Element fällt dabei in eine der oben genannten drei Gruppen (Assess, Infer, Respond). Mithilfe eines derartigen Leitfadens zur Bestimmung von KI lässt sich das Verständnis von KI verbessern und er unterstützt dabei, Anwendungsfälle für KI zu finden sowie zielführende KI-bezogene Fragen (z. B. KI-Produkte miteinander vergleichen, Wert eines KI-Systems für die Digitalisierungsstrategie feststellen, organisationale Wirkung von KI eruieren etc.) zu formulieren (BITKOM, 2018).

2.3 Problemfelder der Künstlichen Intelligenz

Basierend auf der Fähigkeit, große und unstrukturierte Daten zu verarbeiten, daraus zu lernen und Vorhersagen zu treffen, entsteht die Fähigkeit, die Umwelt ‚wahrzunehmen‘ und mit ihr zu interagieren. Werden die verschiedenen KI-Elemente miteinander kombiniert, so können komplexere KI-Systeme von der Wahrnehmung über die Informationsverarbeitung bis hin zum Handeln und der automatisierten Interaktion mit der Umwelt (Mensch oder Maschine) eingesetzt werden. Allerdings sind dabei Problemfelder von KI-Systemen zu beachten, wie in Abb. 3 aufgezeigt.

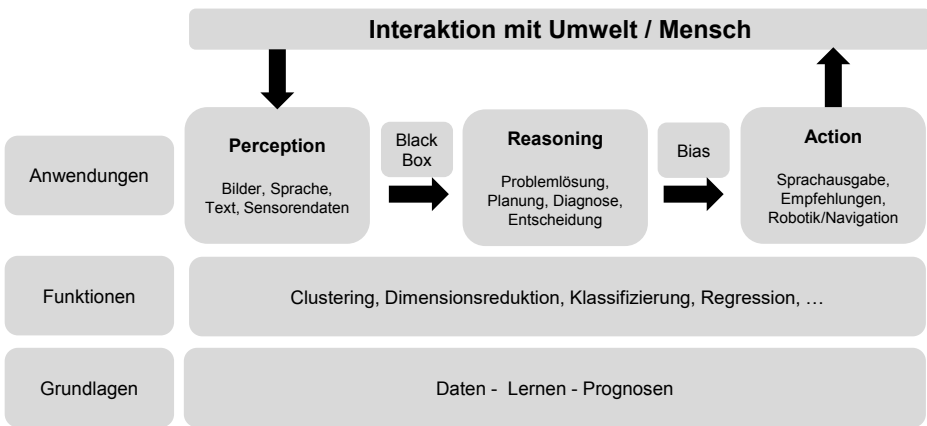


Abb. 3 Fähigkeiten von KI-Systemen zur Interaktion mit der Umwelt (in Anlehnung an SBFi, 2019, S. 30)

Black Box Problematik

„Black Box“ bedeutet, dass es in KI-Systemen nicht mehr erklärbar und nachvollziehbar ist, wie eine bestimmte Vorhersage oder ein bestimmtes Ergebnis zustande kommt oder wie ein KI-System bei einer konkreten Fragestellung zu einer spezifischen Antwort gekommen ist. In diesem Zusammenhang plädieren renommierte KI-Forscher

für eine ‚Explainable Artificial Intelligence‘, die auch als erklärbare oder transparente KI bezeichnet wird (DELLERMANN et al., 2019). Damit wird ein System beschrieben, in dem die KI-Aktivitäten für den Menschen nachvollziehbar sind.

Bias Problematik

Ein weiteres Kernproblem beim Einsatz von KI hängt mit Datenverzerrungen (Bias) zusammen. Es werden Muster erkannt, die lediglich auf Korrelationen in den Trainingsdaten beruhen. Das kann zu Einseitigkeiten oder Befangenheiten führen, die dann das Verhalten des Algorithmus prägen. Diese Aspekte werden oft im Hinblick auf Fairness und Diskriminierung von KI-Anwendungen diskutiert (z. B. bei der Verwendung eines algorithmischen Kandidatenauswahlsystems wurde festgestellt, dass das System auf der Grundlage verzerrter Lerndaten männliche Kandidaten bevorzugte, SBFI, 2019).

Stark umstritten ist folglich die Künstliche Allgemeine Intelligenz (Artificial General Intelligence [AGI]), die darauf abzielt, Maschinen mit menschlichen Intelligenzniveaus über ein breites Fähigkeitsspektrum zu schaffen. Die AGI und die Risiken, die sie mit sich bringt, indem sie in der Lage ist, sich schrittweise zu einer ‚Superintelligenz‘ zu entwickeln, sind in den letzten Jahren in den Vordergrund gerückt. Zahlreiche Wissenschaftler sind der Ansicht, dass AGI möglich ist. Meinungsverschiedenheiten bestehen darüber, wie und wann mit einer AGI zu rechnen ist (MAKRIDAKI, 2017). Das Weltwirtschaftsforum (WEF, 2017) konstatierte in seiner globalen Risikobewertung im Jahr 2017 die von AGI ausgehenden Bedrohungen und adressierte Implikationen für Regierungen, insbesondere um KI Technologien durch ‚OpenAI‘ und effektive Regulierungen kontrollieren zu können (MARKOFF, 2016). Die Anwendungsfelder, für die intelligente Maschinen eingesetzt werden können, erweitern sich kontinuierlich. Als sozio-technisches System unterliegen sie dabei allerdings der Evaluation der Gesellschaft (DECANIO, 2016).

3 KI-Transformation: Augmentation als neues Paradigma der Beschäftigung

3.1 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, 2017), das zweite Maschinenzeitalter (BRYNJOLFSSON & MCAFEE, 2014), die zweite Welle der Digitalisierung (WAHLSTER, 2017), die KI-Revolution (MAKRIDAKIS, 2017) oder ‚Globotics‘ (als Kunstwort aus Globalisierung und

Robotik, BALDWIN, 2020). Tab. 1 bietet eine kurze historische Perspektive, um die weitreichenden Veränderungen zu veranschaulichen. Sie dient als Orientierungskarte, um die enormen Auswirkungen der durch technologische Durchbrüche vorangetriebenen digitalen Transformation besser zu verstehen.

Tab. 1 Bedeutende Transformationen durch technologische Durchbrüche
(in Anlehnung an MAKRIDAKIS, 2017; BALDWIN, 2020)

Faktoren	1. Revolution	2. Revolution	3. Revolution	4. Revolution
Industrielle Revolution	Mechanisierung Mechanischer Webstuhl	Massenproduktion, Fließband	Computer und Automatisierung der Produktion	Smart Factory: Cloud und Cyber-Physische-Systeme (CPS)
Automatisierung	Ende 18. Jahrhundert	Ende 19. Jahrhundert	Ende 70iger Jahre	Heute seit ca. 2016
Globalisierung	Etwas 100 Jahre später	Etwas 50 Jahre später	Etwas 15–20 Jahre später	Gleiche Zeit?
Technologischer Durchbruch	Mechanische Kraft: Dampf- und Wasserkraft	Elektrizität	Computer; Plattformökonomie 1. Welle der Digitalisierung	KI und ML; 2. Welle der Digitalisierung
Maschinenzeitalter	Erstes Maschinenzeitalter: Physische Kraft		Zweites Maschinenzeitalter: Mentale Kraft	
Auswirkungen der Digitalisierung auf Arbeitswelt	-	-	Flexible Arbeit; hierarchische Strukturen; temporäre Arbeitskräfte	Remote, hybride Taskforce; Telemigration, Sharing economy
Verständnis von Räumen, Arbeitsumgebungen	Physische Räume/ Objekte	Physische Fabrik, nach standardisierten Prozessen	Analoge und digitale Realität, reale Objekte und virtuelle Prozesse	Mixed Realities: verbundene virtuelle und reale Objekte und Prozesse
Verschiebung der Beschäftigung	<i>Handwerkliches Geschick:</i> Handwerker mit einem breiten Aufgabenspektrum	<i>Arbeitsteilung:</i> spezialisierte Handwerker; automatisierte Arbeit von ungelernter körperlicher Arbeit	<i>Substitution:</i> Computerarbeit: Angestellte; Automatisierte Arbeit mit Roboter	<i>Augmentation:</i> Handwerker mit neuen Fähigkeiten; ‚white-collar and blue-collar robots‘
Funktion des Computers / Funktionale Allokation	-	-	Computer als Tool, „leftover“ Prinzip	Computer auch als Partner, kompensatorisches Prinzip

Während bisher die Substitution (der Ersatz von Arbeitsplätzen durch Automatisierung) im Vordergrund der Digitalisierung stand (FREY & OSBORNE, 2017), ist die Steigerung der menschlichen Fähigkeiten (komplementäre Synergien zwischen Mensch und Maschine) eine der entscheidenden Herausforderungen in der gegenwärtigen Übergangsphase der digitalen Transformation geprägt durch die Entwicklungen der KI. DAVENPORT und KIRBY (2016) lenken die Aufmerksamkeit auf die Ergänzung und Zusammenarbeit von Mensch und Maschine, die sie als Augmentation bezeichnen: Mensch und Maschine unterstützen sich gegenseitig bei der Erfüllung von Aufgaben (S. 2). 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 die Funktionszuweisung des Computers oder der Maschine das (oft kritisierte) Restprinzip ‚Leftover-Principle‘ angewandt (WESCHE & SONDEREGGER, 2019). Dieses Prinzip legt zugrunde, dass alles, was automatisiert werden kann, auch automatisiert werden soll und dass der Mensch nur die Funktionen ausführen soll, die nicht automatisiert 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 Funktionen auf der Grundlage der Stärken und Schwächen von Mensch und Computer zugewiesen werden sollten (WESCHE & SONDEREGGER, 2019). KI könnte diesen transformativen Prozess mit extrem hoher Geschwindigkeit vorantreiben. Das McKinsey Global Institute schätzt, dass bis 2030 etwa 70 Prozent der Unternehmen mindestens eine Art von KI-Technologie eingeführt haben: Computer Vision, Verarbeitung natürlicher Sprache, virtuelle Assistenten, robotergestützte Prozessautomatisierung und fortgeschrittenes maschinelles Lernen (BUGHIN et al., 2018).

Augmentation bedeutet, dass sich das zugrundeliegende Paradigma für die Mensch-Computer-Interaktion radikal verändert: Das Paradigma ‚Computer as Tool‘ (Computer als Werkzeug) wandelt sich zunehmend und ergänzt sich hin zu ‚Computer als Partner‘ (WESCHE & SONDEREGGER, 2019, S. 197, vgl. Abb. 4).

Hilfreich scheint, die Stärken von Menschen und intelligenten Maschinen herauszuarbeiten. Zahlreiche Tätigkeiten, die Wissensarbeitern heute viel Zeit rauben, z. B. eine aufwendige Recherche, können künftig von KI-Systemen übernommen werden. In der Zusammenarbeit mit der Maschine werden dadurch substantielle Qualitätssteigerungen möglich – gesammeltes Wissen wird neu, besser und deutlich ökonomischer nutzbar. Das erlaubt, Entscheidungen breiter abzustützen. Ohne den Menschen, der die Richtung vorgibt, liefern Maschinen aber weiterhin bruchstückhafte oder irrelevante Ergebnisse.

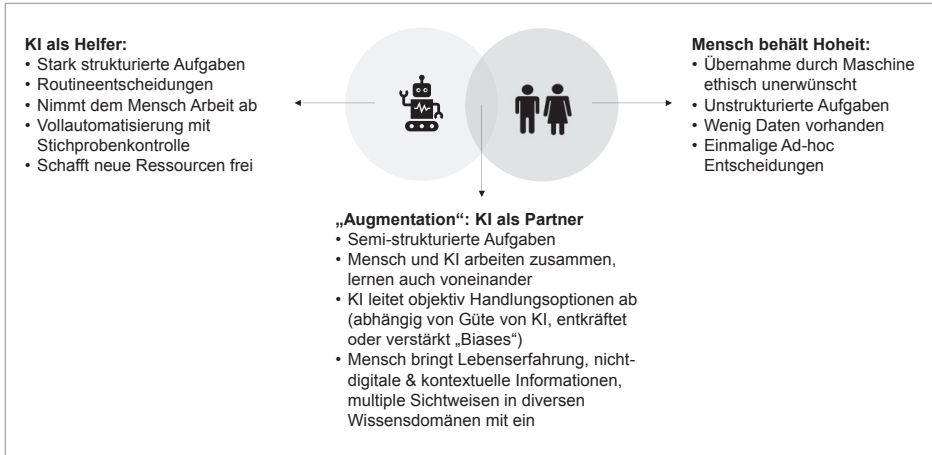


Abb. 4 KI als Helfer, KI als Partner: Augmentation statt Substitution

Entscheidungen sind auf allen Management-Ebenen zunehmend sowohl unter Berücksichtigung von computergestützten Datenanalysen als auch intuitiv zu treffen. Abzuwägen wäre somit, in welchen Fällen Algorithmen oder der Rückgriff auf Intuition in Form von kondensierter Erfahrung geboten scheint. Dabei geht es darum, Entscheidungsprozesse flexibel gestalten zu können, die Rolle von digitalen Hilfsmitteln zu verstehen und diese versiert anzuwenden. Ein KI-basierter kognitiver Assistent kann auf der Basis riesiger Datenmengen statistisch fundierte Vorschläge unterbreiten. Nichtsdestotrotz sind diese Resultate eingeschränkt. Die Vorschläge beziehen sich nur auf einen spezifischen Bereich, der der Maschine vorgegeben wird und auf Fragestellungen, für die das System trainiert wurde. Der Mensch dagegen ist in der Lage, eine holistische Einschätzung der Situation vorzunehmen. Wissen ist daher nötig zu den Kompetenzen und Begrenzungen von Maschinen einerseits und Menschen andererseits, um Entscheidungsprozesse adäquat gestalten zu können. Ferner scheint eine fachbezogene breite Grundbildung notwendig, um sachangemessenen und möglichst auf der Basis von unverzerrten Informationen zu entscheiden. Dazu wäre ein Verständnis für die der KI zugrundeliegenden informatischen Zusammenhänge und der von ihr bearbeiteten Fachinhalte bedeutsam.

Neue Mensch-Maschine Interaktionen führen zu veränderten Kompetenzanforderungen beim Menschen im Hinblick auf die Kommunikation (DECANIO, 2016). Bei der Nutzung eines Computers ist die Anpassung an dessen Funktionsweise nötig. KI ermöglicht hier einen radikalen Wandel. Die Interaktion mit dem System wird für den Menschen natürlicher. Eine Kommunikation ist über Sprache und Gesten möglich. Nichtsdestotrotz gibt es entscheidende Unterschiede in der Kommunikation zwischen Menschen und Maschinen im Vergleich zur Kommunikation unter Menschen. Der Dialog ist rein sachbezogen und spezifisch in die Tiefe gehend. Ein Mensch würde

einen reichhaltigeren in die Breite gehenden Austausch initiieren – etwa mehr Kontext, Assoziationen und Metaphern einbringen. Für Menschen ist es wichtig, zwischen der Barrierefreiheit durch den sprachlichen Ausdruck und diesen Einschränkungen hinsichtlich der Kommunikationsebenen unterscheiden zu können. Es eröffnen sich zudem weitere Interaktionsmöglichkeiten mit der digitalen Welt, deren Chancen und Gefahren es zu ergründen gilt.

Aufgabe von Entscheidungsträgern und Führungskräften wäre es, eine Vision für die gelungene Partnerschaft von Menschen und Maschinen zu entwickeln, die auf Synergie durch komplementäre Kompetenzen abzielt (SEUFERT et al., 2020). Gleichzeitig sind Rahmenbedingungen zu schaffen, um den Gefahren der KI, die insbesondere im Bereich des Daten- und Persönlichkeitsschutzes begründet liegen, entgegenzuwirken (STANFORD UNIVERSITY, 2016).

3.2 ‚Fusion Skills‘ für die Zusammenarbeit mit intelligenten Maschinen

Aus der Perspektive der Berufsbildung und der Personalentwicklung sollte daher die Augmentation in der Wissensarbeit statt deren Substitution im Vordergrund stehen. Ziel wäre, ein Konzept für eine gelungene Partnerschaft von Mensch und Maschine zu entwickeln, in der beide ihre jeweiligen Stärken einbringen können (DE MAAT et al., 2020). Vor diesem Hintergrund werden die Implikationen für die vom Menschen geforderten Kompetenzen in der Zusammenarbeit mit intelligenten Maschinen intensiv diskutiert. DAUGHERTY und WILLSON (2018) sowie MEIER et al. (2021) argumentieren, dass für eine komplementäre Zusammenarbeit zwischen Menschen und intelligenten Maschinen sogenannte ‚Fusion Skills‘ erforderlich sind (‚Augmented Work‘). Diese visualisiert Abb. 5.

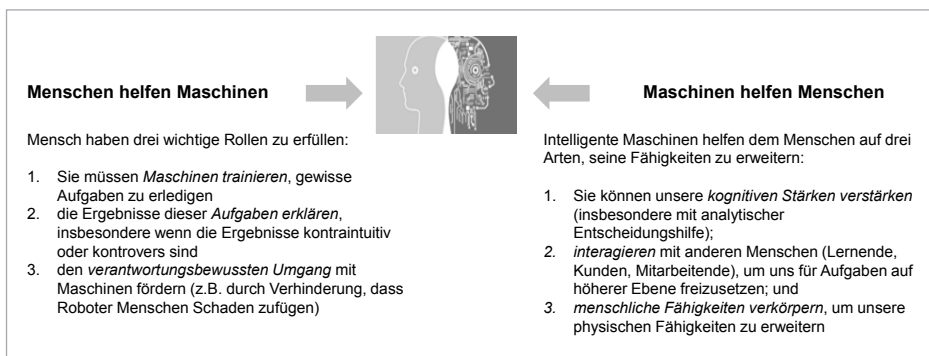


Abb. 5 ‚Fusion Skills‘ für die Zusammenarbeit von Menschen mit intelligenten Maschinen (DAUGHERTY & WILSON, 2018)

Diese sogenannten ‚Fusion Skills‘ sind somit notwendige Fähigkeiten, um das produktive Potenzial der Zusammenarbeit zwischen Menschen und intelligenten Maschinen nutzbar zu machen. Beispiele hierfür sind das Training von KI-basierten Maschinen im Hinblick auf Leistung und Akzeptanz; algorithmisches Testen, Editieren und Interpretation der Ausgabe; Management des Betriebs und der Leistung intelligenter Maschinen (für weitere Beispiele siehe DAUGHERTY & WILSON, 2018, S. 186–203). Wie in Abb. 5 dargestellt, umfassen ‚Fusion Skills‘ die wechselseitige Ausbildung, d. h. einerseits das Ausführen von Aufgaben neben intelligenten Systemen, damit diese neue Fertigkeiten erlernen können (Menschen als Vorbilder, z. B. für einen Chatbot), und andererseits das Erlernen eines guten Umgangs mit diesen Maschinen (z. B. durch die Entwicklung mentaler Modelle ihrer Funktionsweise und Leistung).

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 ‚statischen‘ Kompetenzverständnis wegzukommen und eine dynamischere Entwicklungsperspektive im Zusammenspiel mit intelligenten Maschinen aufzunehmen. DAVENPORT und KIRBY (2016) unterscheiden die in Tab. 2 dargestellten Augmentations- bzw. Entwicklungsstrategien für das Zusammenspiel neuer Mensch-Maschine Interaktionen.

Tab. 2 Augmentationsstrategien (nach DAVENPORT & KIRBY, 2016)

Augmentationsstrategien	Bedeutung der Mensch-Maschine-Interaktion	Beispiel in der Personalentwicklung
Step-In	Überwachung und Verbesserung der automatisierten Entscheidungen der Maschine	Überwachung von data analytics zur Verbesserung des algorithmen-gesteuerten Empfehlungssystems für digitale Inhalte
Step-Up	Sich eine Stufe über den Maschinen bewegen und Entscheidungen auf hoher Ebene über die Augmentation treffen (z. B. ethische Standards)	Managemententscheidungen über die ethische Nutzung personalisierter Nutzerdaten zur Verbesserung intelligenter Lernsysteme
Step-Forward	Beteiligung an der Entwicklung fortgeschrittener Technologien, die intelligente Systeme unterstützen	Einbringen von Fachexpertise für die Entwicklung einer neuen intelligenten Maschine, z. B. Chatbots für die Beratung zu Entwicklungsplänen
Step-Aside	Fokussierung auf Arbeitsaufgaben, die Maschinen unzureichend ausführen, bei denen aber eine Unterstützung durch KI-Systeme möglich ist, wie z. B. Lernbegleitung	Coaching für Lernen am Arbeitsplatz unterstützt durch entsprechende digitale Werkzeuge und KI-basierte (Lern-) Systeme

Augmentationsstrategien	Bedeutung der Mensch-Maschine-Interaktion	Beispiel in der Personalentwicklung
Step-Narrowly	Suche nach einem Fachgebiet (Nische) in einer bestimmten Profession, in der intelligente Maschinen (vorerst) nicht wirtschaftlich eingesetzt werden können	Design thinking Moderationen, um Lösungen für eine zukunftsfähige Lern- und Innovationskultur zu skizzieren

Für den Einsatz und die Zusammenarbeit mit KI-Systemen ist das Zusammenwirken der verschiedenen Strategien und Kompetenzbereiche notwendig. Das DFKI und BITKOM (2020) prognostizieren in ihrem Positionspapier: „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).

4 Implikationen der KI auf die Berufsbildung: Aufbau des Beihefts

Das Beiheft gliedert sich in zwei Teile: (A) Auswirkung der KI auf wichtige Berufsfelder und (B) Forschungsrichtungen zur KI in der beruflichen Bildung. Vor dem Hintergrund dieses umfassenden Bezugsrahmens sollen die Beiträge den internationalen Stand der Forschung im Zusammenhang mit KI und beruflicher Bildung dokumentieren, unterschiedliche Forschungszugänge in diesem Bereich aufzeigen und einen kritischen Diskurs anregen sowie Desiderata und Anknüpfungspunkte für zukünftige Forschungsarbeiten aufzeigen.

4.1 Auswirkungen der KI auf wichtige Berufsfelder

Die Auswirkungen von KI auf die *gewerblich-technische Facharbeit* und Implikationen für die Berufsbildung untersuchen MATTHIAS BECKER, GEORG SPÖTTL und LARS WINDELBAND. Sie zeigen vier Felder auf, in denen sich KI-Anwendung finden: fertigkeitbasierte, wissensbasierte, lernorientierte und simulationsorientierte Systeme. Die Autoren strukturieren die Industrieproduktion anhand von fünf Autonomiestufen von ‚keine Autonomie‘ (Mensch hat volle Kontrolle) bis zum autonomen Betrieb in allen Bereichen (Mensch kann abwesend sein). Diese fünf Stufen können charakterisiert werden durch die Ausprägungen künstlicher Intelligenz, zentraler technologi-

scher Merkmale, der Rolle der Fachkraft und Arbeitsanforderungen. Dadurch gelingt eine umfassende Beschreibung von Facharbeit. Bildungspolitische Implikationen und das Aufzeigen von offenen Fragen runden den Beitrag ab.

Für die *kaufmännische Aus- und Weiterbildung* untersucht KARL WILBERS, wie sich in der Industrie aufgrund des Einsatzes von KI Kompetenzerwartungen verschieben (Mikroebene) und wie sich dies im System der Aus- und Weiterbildung widerspiegelt (Makroebene). Auf der Mikroebene erörtert der Beitrag Veränderungen der Tätigkeiten in industriellen Prozessen. Hieraus lassen sich Kompetenzerwartungen ableiten, die der Autor in Fachkompetenz, Selbständigkeit, Sozialkompetenz und sprachliche Kompetenz gliedert. Die aufgezeigten veränderten Kompetenzanforderungen finden derzeit nicht vollumfänglich Niederschlag auf der Makroebene. Es zeigen sich Herausforderung hinsichtlich der vertikalen und horizontalen Strukturierung kaufmännischer Bildung.

Die vier großen dualen *IT-Berufe* in Deutschland wurden im Jahr 2020 neu geordnet: Fachinformatiker/-in, IT-System-Elektroniker/-in, IT-System-Kaufmann/-frau und Informatikkaufmann/-frau. Diesen Neuordnungsprozess beleuchten FLORIAN WINKLER und HENRIK SCHWARZ. Dabei gehen sie auf relevante technische und organisatorische Entwicklungen ein, die diesen Prozess beeinflussten. Das umfasst Entwicklungen auf dem Gebiet der KI. Als weitere wichtige Fragen thematisieren sie, wo potentiell Arbeitsplätze für die IT-Berufe angeboten werden und wie eine Kollaboration stattfindet.

Für *Industrieberufe* zeigen BIANCA SCHMITT, HENNING KLAFFKE, TORSTEN SIEVERS, KIRSTEN TRACHT und MAREN PETERSEN am Beispiel kollaborativer Roboter (Kobots) die Auswirkung auf die Aus- und Weiterbildung auf. Das Konzept der kollaborativen Robotik wird zunächst vorgestellt. Zur Förderung von Kompetenzen im Umgang mit Kobots dient ein Mixed Reality Ansatz. Auf diese Weise können ganze Montagestraßen virtuell abgebildet werden. Präsentiert werden Ergebnisse aus dem Projekt ‚Kompetenzentwicklung zur Gestaltung von Mensch-Roboter-Kollaboration unter Anwendung eines Mixed-Reality-basierten Lehr-Lernkonzeptes‘ (KoRA). Datenbasis sind insgesamt 30 Interviews mit Ausbildungspersonen in Betrieben und überbetrieblichen Ausbildungsstätten sowie Lehrpersonen. Implikationen für Aus- und Weiterbildung werden aufgezeigt.

Im Kontext der *Pflegeberufe* untersucht OLIVER BENDEL, wie der Einsatz von Robotern als eine Manifestation intelligenter Maschinen gestaltet werden kann. Der Beitrag definiert den Begriff des Pflegeroboters und grenzt diesen ab. Die strukturellen und organisationalen Rahmenbedingungen des Einsatzes von Pflegerobotern werden umfassend dargestellt und gewürdigt: wirtschaftliche, technische, räumliche, soziale, sowie ethische und rechtliche Aspekte. Hieraus leitet der Autor Schlussfolgerungen für die Praxis ab.

4.2 Forschungsrichtungen zur KI in der beruflichen Bildung

Die Beiträge in diesem Teil thematisieren unterschiedliche Forschungszugänge, welche auf die Forschung und Praxis der beruflichen Bildung übertragen werden. Der erste Beitrag in diesem Teil von MATTHIAS SÖLLNER, ANDREAS JANSON, ROMAN RIETSCHKE und MARIAN THIEL DE GAFENCO beschäftigt sich mit Hybrid Intelligence vor dem Hintergrund der beruflichen Bildung. Dazu werden aus primär informationstechnischer Perspektive die konzeptionellen Grundlagen von Hybrid Intelligence dargelegt und Herausforderungen der beruflichen Bildung diskutiert. Kern des Beitrags ist die Diskussion von Potenzialen und Grenzen von Hybrid Intelligence im Kontext der beruflichen Aus- und Weiterbildung aus eben jener technischen Perspektive mit besonderem Fokus auf die Individualisierung von Lehr-Lernprozessen.

Der Beitrag von SABINE SEUFERT und JOSEF GUGGEMOS adressiert, welche Möglichkeiten durch KI zur Stärkung der Lernortkooperation in der Berufsbildung entstehen. Im Mittelpunkt des Beitrags stehen eine theoretische Verortung für veränderte Paradigmen der Lernortkooperation und Zukunftsszenarien sowie Gestaltungsoptionen, indem auf die Nutzenpotenziale von KI für die Lernortkooperation eingegangen wird.

DIRK IFENTHALER und JANE YIN-KIM YAU widmen sich der Frage, welche Potentiale Learning Analytics für die Unterstützung von Lernprozessen und Lernerfolg in der beruflichen Bildung entfalten können. In einer systematischen Übersichtsarbeit konnten aus über 6000 Studien belastbare Schlüsselstudien identifiziert werden, welche Learning Analytics Faktoren im Zusammenhang mit Lernerfolg im Fokus haben. Aus den Befunden werden acht Handlungsempfehlungen für zukünftige Forschung und Praxis um Learning Analytics in der Berufs- und Wirtschaftspädagogik abgeleitet.

FLORIAN BERDING, HEIKE JAHNCKE und KATHRIN HOLT untersuchen den Einsatz von Learning Analytics unter Nutzung von KI in zwei Bereichen. 1) Für das Rechnungswesen, einem Kernbereich kaufmännischer Curricula, zeigen sie, dass mit KI-Unterstützung eine zufriedenstellende inhaltsanalytische Auswertung von Texten von Lernenden zumindest teilweise möglich ist. Zur Anwendung kommen beispielsweise künstliche neuronale Netze. Als theoretischer Rahmen fungiert dabei das Konzept der Grundvorstellungen. 2) Für die (Selbst-)Reflexionskompetenz angehender Wirtschaftspädagogen zeigt eine KI-unterstützte Inhaltsanalyse ernüchternde Befunde. Eine Klassifikation verschiedener Ausprägungen von Selbstreflexion gelingt nicht zufriedenstellend.

Im Beitrag von SUSAN BEUDT und NIELS PINKWART werden Chancen und Herausforderungen beleuchtet, welche mit dem Einsatz KI-basierter Assistenzsysteme für die Unterstützung von Menschen mit Behinderungen in der beruflichen Bildungspraxis und in betrieblichen Arbeitsprozessen verbunden sind. Hierzu werden Faktoren betrachtet, die beim Einsatz menschenzentrierter KI-Systeme insbesondere für die Unterstützung von Menschen mit Behinderungen eine Rolle spielen. Die Ausführ-

rungen des Beitrags bilden eine Basis für weiterführende Forschungen und Projekte im Bereich KI-basierter Unterstützung der heterogenen Zielgruppe Menschen mit Behinderungen.

Die Besonderheiten von Augmented und Virtual Reality Anwendungen werden im Beitrag von MATTHIAS WÖLFEL diskutiert. Diese immersiven Technologien heben die Kluft zwischen der digitalen und der analogen Welt auf und eröffnen zahlreiche neue Möglichkeiten in der Umsetzung von Lernanwendungen für die berufliche Bildung. Daraus leiten sich spezifische Anforderungen an Lernanwendungen ab und es wird der Versuch unternommen, entsprechende Handlungsempfehlungen zu geben.

5 Ausblick

Wichtige offene Fragen und Herausforderungen zur Förderung der Forschung im Bereich der KI im Zusammenhang mit der beruflichen Bildung sind die Entwicklung und Koordinierung einer Forschungsagenda, um Skalierbarkeit für zukünftige Anwendungen bereitzustellen. Eine solche Agenda sollte sich auf interdisziplinäre Forschung stützen und die Integration von menschlichem und künstlichem Lernen fördern, um Interaktion, Zusammenarbeit und Grundlage effektiver Interaktion zwischen Mensch und Maschine zu erreichen. Eine Forschungsagenda sollte sich unter anderem diesen Perspektiven widmen:

- Ethik, algorithmisches Vertrauen, Datenschutz und Datensicherheit zur Entwicklung offener vertrauenswürdiger KI- und Analysesysteme, mit denen die Benutzer ein Verständnis für ihre Fähigkeiten und Einschränkungen entwickeln können (BERBERICH, 2019).
- Transparente Datenverwaltung und -standards, um den Zugriff auf Daten zu steuern, größere Datensätze zu erstellen, um fragmentierte Forschung im kleinen Maßstab zu überwinden, kontextbezogene Verzerrungen zu verringern und die Forschungszusammenarbeit zu unterstützen (LUCKIN, HOLMES, GRIFFITHS & PEARSON, 2016).
- Entwicklung einer Cloud-basierten Forschungsinfrastruktur, um den Zugang zu fortschrittlichen Techniken des maschinellen Lernens und Rechenkapazität zu ermöglichen (Finkel, 2016), um die kollektive Synthese und Analyse von Daten zur Beantwortung dieser komplexen Fragen und zur Transformation der Anwendung zu unterstützen.
- Die Entwicklung gemeinsamer (Mensch-Maschine) „Theorien des Geistes“ und des Handelns, um die Stärken und Schwächen des jeweils anderen zu nutzen (DE LAAT, JOKSIMOVIC & IFENTHALER, 2020).

Während die KI dem Menschen in Kapazität und Geschwindigkeit bei Datenanalysen und -prognosen überlegen ist, überzeugt der Mensch aufgrund seiner Fähigkeit

zur Empathie bei ethischen Urteilen. Es gilt einen Konsens für die ethisch verantwortungsvolle Verwendung KI in der beruflichen Bildung zu etablieren. Dieser befindet sich zwischen übertriebener Vorsicht und unkalkulierbaren Risiken.

Literatur

- BALDWIN, R. / FORSLID, R. (2020). *Globotics and Development: When manufacturing is jobless and services are tradable*. Cambridge: National Bureau of Economic Research. NBER Working Paper No. 26731.
- BELLMAN, R. (1978). *An introduction to artificial intelligence: can computers think?* San Francisco: Boyd & Fraser.
- BERBERICH, N. (2019). Künstliche Intelligenz und Ethik. KI oder nicht KI? Das ist hier nicht die Frage. In K. Kersting, C. Lampert & C. Rothkopf (Hrsg.), *Wie Maschinen lernen* (S. 229–239). Wiesbaden: Springer.
- BERNECKER, M. (2019). *Künstliche Intelligenz – Was ist das eigentlich? KI-News, Basics & Trends*. <https://www.marketinginstitut.biz/blog/kuenstliche-intelligenz/>.
- BITKOM (2018). *Digitalisierung gestalten mit dem Periodensystem der Künstlichen Intelligenz – Ein Navigationssystem für Entscheider*. <http://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Digitalisierung-gestalten-mit-dem-Periodensystem-der-Kuenstlichen-Intelligenz>.
- BRYNJOLFSSON, E. / MCAFEE, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York: Norton.
- BUGHIN, J. / SEONG, J. / MANYIKA, J. / CHUI, M. / JOSHI, R. (2018). Notes from the AI frontier: Modeling the impact of AI on the world economy. McKinsey Global Institute. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/notes-from-the-ai-frontier-modeling-the-impact-of-ai-on-the-world-economy>.
- CLARK, J. (2015). *Why 2015 was a breakthrough year in artificial intelligence*. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2015-12-08/why-2015-was-a-breakthrough-year-in-artificial-intelligence>.
- DAUGHERTY, P. R. / WILSON, H. J. (2018). *Human + Machine: Reimagining Work in the Age of AI*. La Vergne: Harvard Business Review Press.
- DAVENPORT, T. H. / KIRBY, J. (2016). Just how smart are smart machines? *MIT Sloan Management Review*, 57(3), 21–25.
- DE LAAT, M. / JOKSIMOVIC, S. / IFENTHALER, D. (2020). Artificial intelligence, real-time feedback and workplace learning analytics to support in situ complex problem-solving: a commentary. *International Journal of Information and Learning Technology*, 37(5), 267–277.
- DECANIO, S. J. (2016). Robots and humans – complements or substitutes? *Journal of Macroeconomics*, 49, 280–291.
- DELLERMANN, D. / EBEL, P. / SÖLLNER, M. / LEIMEISTER, J. M. (2019). Hybrid Intelligence. *Business & Information Systems Engineering*, 61(5), 637–643.
- DENGLER, K. / MATTHES, B. (2015). *Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland*. Nürnberg: IAB.
- DFKI / BITKOM (2020). *Künstliche Intelligenz Wirtschaftliche Bedeutung, gesellschaftliche Herausforderungen, menschliche Verantwortung*. Positionspapier. <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Entscheidungsunterstuetzung-mit-Kuenstlicher-Intelligenz.html>.

- FREY, C. B. / OSBORNE, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254–280.
- GOTTFREDSON, L. S. (1997). Mainstream science on intelligence: an editorial with 52 signatories, history, and bibliography. *Intelligence*, 24(1), 13–23.
- GRAF BALLESTREM, J. / BÄR, U. / GAUSLING, T. / HACK, S. / VON OELFFEN, S. (2020). *Künstliche Intelligenz. Rechtsgrundlagen und Strategien in der Praxis*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- HANCOCK, P. A. (2014). Automation: How much is too much? *Ergonomics*, 57, 449–454.
- JARRAHI, M. H. (2018). Artificial Intelligence and the Future of Work: Human-AI Symbiosis in Organizational Decision Making. *Business Horizons* 61(4), 577–586.
- KING, J. / GRUDIN, J. (2016). Will computers put us out of work? *Computer*, 49(5), 82–85.
- LUCKIN, R., HOLMES, W., GRIFFITHS, M. & PEARSON, L. B. (2016). *Intelligence unleashed. An argument for AI in education*. London: Pearson.
- MAKRIDAKIS, S. (2017). The forthcoming Artificial Intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms. *Futures*, 90, 46–60.
- MARKOFF, J. (2016). *Machines of loving grace: The quest for common grounds between humans and robots*. New York: Harper Collins.
- MASSMANN, C. / HOFSTETTER, A. (2020). AI-pocalypse now? Herausforderungen Künstlicher Intelligenz für Bildungssystem, Unternehmen und die Workforce der Zukunft. In R. A. Fürst (Hrsg.), *Digitale Bildung und Künstliche Intelligenz in Deutschland (167–220)*. Wiesbaden: Springer.
- 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. HOFHUES, M. EGLOFFSTEIN & C. HELBIG (Hrsg.), *Digital transformation of learning organizations* (S. 77–94). Cham: Springer.
- NEDELKOSKA, L. / QUINTINI, G. (2018). *Automation, skills use and training. OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 202*. Paris: OECD Publishing.
- OSTENDORF, A. (2019). Die Skill Ecosystem Perspektive als Denkraum zur Weiterentwicklung von Berufsbildungsstrukturen – eine Diskussion im Hinblick auf die digitale Transformation. *Berufs- und Wirtschaftspädagogik online, bwp@ Österreich Spezial* 2.
- RAISAMO, R. / RAKKOLAINEN, I. / MAJARANTA, P. / SALMINEN, K. / RANTALA, J. / FA-ROOQ, A. (2019). Human augmentation: Past, present and future. *International Journal of Human-Computer Studies*, 131, 131–143.
- SBFI (2019). *Herausforderungen der künstlichen Intelligenz. Bericht der interdepartementalen Arbeitsgruppe ‚Künstliche Intelligenz‘ an den Bundesrat*. Bern: SBFI. <https://www.sbf.admin.ch/sbf/de/home/bfi-politik/bfi-2021-2024/transversale-themen/digitalisierung-bfi/kuenstliche-intelligenz.html>
- SCHWAB, K. (2017). The fourth industrial revolution. Currency. In J. SCHWARZER / S. STEPHENSON. *Services Trade for Sustainable, Balanced and Inclusive Growth*. Policy Brief produced for the T20 Task Force on Trade, Investment and Globalization. <https://t20japan.org/policy-brief-services-trade-sustainable-inclusive-growth>.
- SEUFERT, S. / GUGGEMOS J. / SONDEREGGER, S. (2020). Digitale Transformation der Hochschullehre: Augmentationsstrategien für den Einsatz von Data Analytics und Künstlicher Intelligenz. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 15(1), 81–101.
- STANFORD UNIVERSITY (2016). *Artificial intelligence and life in 2030. One hundred year study on artificial intelligence: report of the 2015–2016 study panel*. Palo Alto: Stanford University.

- WAHLSTER, W. (2017). Künstliche Intelligenz als zweite Welle der Digitalisierung. *IM+io Das Magazin für Innovation, Organisation und Management*, 2, 10–13.
- WESCHE, J. S. / SONDEREGGER, A. (2019). When computers take the lead: The automation of leadership. *Computers in Human Behavior*, 101, 197–209.

Zur Person: Sabine Seufert ist Direktorin des Instituts für Bildungsmanagement und Bildungstechnologien an der Universität St.Gallen (IBB-HSG), Schweiz. Ihre Forschung befasst sich mit der digitalen Transformation im Bildungsmanagement und Personalentwicklung, Künstlicher Intelligenz und sozialen Robotern im Bildungsbereich.

Prof. Dr. Sabine Seufert

Universität St.Gallen, Institut für Bildungsmanagement und Bildungstechnologien,
St. Jakob-Strasse 21, 9000 St. Gallen, Schweiz, sabine.seufert@unisg.ch

Zur Person: Josef Guggemos ist Assistenzprofessor für Bildungstechnologien und Informatisches Denken am Institut für Bildungsmanagement und Bildungstechnologien an der Universität St. Gallen (IBB-HSG), Schweiz. Seine Forschungsinteressen sind Informatisches Denken, Kompetenzen von Bildungsverantwortlichen im Kontext der digitalen Transformation und soziale Roboter im Bildungskontext.

Prof. Dr. Josef Guggemos

Universität St.Gallen, Institut für Bildungsmanagement und Bildungstechnologien,
St. Jakob-Strasse 21, 9000 St. Gallen, Schweiz, josef.guggemos@unisg.ch

Zur Person: Dirk Ifenthaler ist Inhaber des Lehrstuhls für Wirtschaftspädagogik – Technologiebasiertes Instruktionsdesign an der Universität Mannheim und UNESCO Deputy Chair of Data Science in Higher Education Learning and Teaching an der Curtin University, Australien. Sein Forschungsschwerpunkt verbindet Fragen der Lehr-Lernforschung, Bildungstechnologie, Data Analytics und organisationalem Lernen.

Prof. Dr. Dirk Ifenthaler

Universität Mannheim, Lehrstuhl für Wirtschaftspädagogik – Technologiebasiertes Instruktionsdesign, L4, 1, 68131 Mannheim, Deutschland, ifenthaler@uni-mannheim.de