

Perspektiven und Herausforderungen für den Einsatz in Industrie und Dienstleistungen

Wenke Apt, Michael Schubert und Steffen Wischmann

Impressum

Institut für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Steinplatz 1 10623 Berlin

Tel.: +49 30 310078-111 Fax: +49 30 310078-216 E-Mail: info@iit-berlin.de

www.iit-berlin.de

Autoren

Dr. Wenke Apt Dr. Michael Schubert Dr. Steffen Wischmann

Layout

Poli Quintana

Bildrechte

Thinstock/shironosov

Berlin, Januar 2018

ISBN-13: 978-3-89750-181-2

Sämtliche Personenbezeichnungen in dieser Publikation gelten für jedes Geschlecht.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Inhalt

1	Exe	cutive	Summary	5
2	Ein	leitung		8
3	Kor	mpeten	nzen in der digitalen Arbeitswelt	12
	3.1	Branch	ienspezifische Kompetenzanforderungen	14
		3.1.1	Industrie	14
		3.1.2	Dienstleistungen	15
		3.1.3	Fazit	15
	3.2	Einsch	ätzung von Experten	16
4	Des	sign dig	gitaler Assistenzsysteme	20
	4.1	Ergono	omie	20
		4.1.1	Kriterien	20
		4.1.2	Designprozess	22
	4.2	Didakt	ik	24
		4.2.1	Didaktische Methoden	25
		4.2.2	Lernmotivationale Aspekte	26
		4.2.3	Instructional Design	
	4.3		les Mediums und der Technologie	
	4.4		menführung ergonomischer Designprozesse und didaktischer Designprozesse	
	4.5		ndungsbeispiele des integrierten Designprozesses für digitale Assistenzsysteme	31
		4.5.1	Implementierung des Designprozesses für digitale Assistenzsysteme zum Erwerb generischer	
			IKT-Fähigkeiten und Innovationsfähigkeiten bei Industriemechanikern/-innen	32
		4.5.2	Implementierung des Designprozesses für digitale Assistenzsysteme zur Unterstützung von	
			Planungsfähigkeiten und Prozessdenken bei Fachärztinnen und Fachärzten	35
5	Akt		Stand der Forschung in der Technologieförderung	
	5.1		projekte zur Entwicklung kognitionsunterstützender Assistenzsysteme für Industrie und Dienstleistungen	
	5.2		nitionsunterstützenden Assistenzsystemen adressierte Kompetenzen	
	5.3	Fazit		42
6	Har	ndlung	sempfehlungen	43
7	Anl			
	7.1	•	eneinschätzung für konkrete Berufe	
	7.2	Forsch	ungsprojekte im Bereich digitaler Assistenz	54
Lita	eratu	rverzei	chnis	77

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 0:	Kernkompetenzen, deren Bedeutung sowie Potenzial zur Unterstützbarkeit durch digitale Assistenzsysteme	6
Abbildung 1:	Weltweiter Absatz von Virtual-Reality- und Augemted-Reality-Brillen im Jahr 2016 und Prognose für 2021	9
	Prognose zum Umsatz mit Unternehmensanwendungen im Bereich künstlicher Intelligenz weltweit (links) und in Europa (rechts) von 2016 bis 2025 (in Millionen US-Dollar)	. 10
Abbildung 3:	Usability und User Experience mit entsprechenden Normen bei der Nutzung digitaler Assistenzsysteme	. 11
Abbildung 4:	Anteil der Wirtschaftszweige an der Bruttowertschöpfung in Deutschland, 1991 und 2016 (links) und Erwerbstätige im Produzierenden Gewerbe und Dienstleistungsbereich, 1991 und 2016 (rechts)	. 11
5	Experteneinschätzung der Bedeutung der wichtigsten Kernkompetenzen heute und in fünf Jahren sowie Einschätzung der Unter-stützbarkeit durch digitale Systeme bzw. der vollständigen Automatisierbarkeit durch digitale Systeme	. 19
Abbildung 6:	Designprozess digitaler Assistenzsysteme nach EN-ISO 13407	. 23
Abbildung 7:	Didaktisches Rahmenmodell nach Peterssen (2000) aus Kerres (2013)	. 24
Abbildung 8:	Integriertes Modell der Designphasen digitaler Assistenzsysteme, zusammengesetzt aus dem ergonomischen Designprozess nach EN ISO 13407 und 9241-210, dem didaktischen Rahmenmodell nach Peterssen (2000) und dem generischen Instructional-Design-Prozess nach Dick et al. (2008)	. 30
_	Einschätzung des Technologie-Reifegrades nach Lacueva Pérez F. J. et al. (2016) von TRL 0 Beobachtung von Trends und Technologien bis TRL 9 qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes	. 39
Abbildung 10:	Förderprojekte mit Fokus auf Unterstützung ausgewählter kognitiver Kompetenzen	.41
_	Experteneinschätzung für den Beruf Industriemechaniker/in: Bedeutung der wichtigsten Kernkompetenzen heute und in fünf Jahren, Einschätzung der Unterstützbarkeit durch digitale Systeme bzw. der vollständigen Automatisierbarkeit durch digitale Systeme	. 46
Abbildung 12:	Experteneinschätzung für den Beruf Produktionsplaner/in: Bedeutung der wichtigsten Kernkompetenzen heute und in fünf Jahren, Einschätzung der Unterstützbarkeit durch digitale Systeme bzw. der vollständigen Automatisierbarkeit durch digitale Systeme	. 47
	Experteneinschätzung für den Beruf Fachlagerist/in: Bedeutung der wichtigsten Kernkompetenzen heute und in fünf Jahren, Einschätzung der Unterstützbarkeit durch digitale Systeme bzw. der vollständigen Automatisierbarkeit durch digitale Systeme	. 48
	Experteneinschätzung für den Beruf Maschinen- und Anlagenführer/in: Bedeutung der wichtigsten Kernkompetenzen heute und in fünf Jahren, Einschätzung der Unterstützbarkeit durch digitale Systeme bzw. der vollständigen Automatisierbarkeit durch digitale Systeme	
Abbildung 15:	Experteneinschätzung für den Beruf Kraftfahrzeugmechatroniker/in: Bedeutung der wichtigsten Kernkompetenzen heute und in fünf Jahren, Einschätzung der Unterstützbarkeit durch digitale Systeme bzw. der vollständigen Automatisierbarkeit durch digitale Systeme	
Abbildung 16:	Experteneinschätzung für den Beruf Kaufmann und Kauffrau im Einzelhandel: Bedeutung der wichtigsten Kernkompeten-zen heute und in fünf Jahren, Einschätzung der Unterstützbarkeit durch digitale Systeme bzw. der vollständigen Automatisierbarkeit durch digitale Systeme	. 51
-	Experteneinschätzung für den Beruf Heizungsinstallateur/in: Bedeutung der wichtigsten Kernkompetenzen heute und in fünf Jahren, Einschätzung der Unterstützbarkeit durch digitale Systeme bzw. der vollständigen Automatisierbarkeit durch digitale Systeme	
_	Experteneinschätzung für den Beruf Facharzt/Fachärztin: Bedeutung der wichtigsten Kernkompetenzen heute und in fünf Jahren, Einschätzung der Unterstützbarkeit durch digitale Systeme bzw. der vollständigen Automatisierbarkeit durch digitale Systeme	. 53

1 Executive Summary 5

1 Executive Summary

Diese Studie widmet sich einer Potenzialanalyse für den Einsatz digitaler Assistenzsysteme in den Branchen Industrie und Dienstleistungen. Die Relevanz ergibt sich aus dem demografischen Wandel, der Digitalisierung und den sich verändernden Wirtschaftsprozessen. Digitale Assistenzsysteme gewinnen in diesem Wandel an Bedeutung, da sie die Arbeitnehmerschaft zielgerichtet und lernförderlich in ihren Tätigkeiten unterstützen können. Ihre Marktpotenziale und ihr soziotechnologisch verträglicher Einsatz sind daher von großem Interesse für Wirtschaft und Wissenschaft. Die menschliche Arbeitskraft wird als Produktionsfaktor zu einem immer knapperen Gut, das mit Hilfe digitaler Assistenzsysteme deutlich gestärkt werden kann.

Durch den Einsatz digitaler Assistenzsysteme entstehen so auch neue Potenziale für eine Humanisierung der Arbeitswelt, die den technischen Fortschritt dazu nutzt, die Beschäftigten bei schweren, monotonen, aber auch bei neuen, herausfordernden und kognitiv komplexen Tätigkeiten zu entlasten bzw. zu unterstützen, die Qualität der Arbeit zu steigern, lern- und innovationsförderliche Arbeitsprozesse zu unterstützen und die Teilhabemöglichkeiten an Arbeit zu verbessern. Zentral für die Akzeptanz von digitalen Assistenzsystemen sind arbeits- und motivationspsychologische Aspekte, die im Rahmen eines menschzentrierten Designprozesses unter Einbindung der späteren Nutzerinnen und Nutzer adressiert werden sollten.

In der Studie werden die heutigen berufsspezifischen Anforderungen an die Beschäftigten den absehbaren Änderungen in den Kompetenzanforderungen für die digitale Arbeitswelt gegenübergestellt. Die dargestellten Ergebnisse basieren auf einer Literaturanalyse und einer Befragung von Expertinnen und Experten zu acht ausgewählten Berufen im Dienstleistungs- und Industriesektor. Weiterhin erfolgt eine Bestandsaufnahme aktueller Forschung und Entwicklung im Bereich digitaler Assistenzsysteme. Anschließend wird abgeleitet, wie künftige Systeme technisch-funktional für eine fortschrittliche, effiziente und nachhaltige Arbeitsweise in immer stärker digitalisierten Berufswelten gestaltet sein müssen. Besonders betrachtet werden dabei Aspekte der Ergonomie, der Mensch-System-Interaktion und der Mediendidaktik, die bereits beforscht, aber noch wenig angewandt und umgesetzt werden. Dadurch eröffnen sich Gestaltungsoptionen, wie solche Systeme den Menschen in der Arbeitswelt befähigen können, ihn bei seiner täglichen Arbeit kognitiv zu unterstützen und zu entlasten. Gleichzeitig soll gezeigt werden, wie Arbeitende und Beschäftigte durch die digital assistierte Ausführung neuer Aufgaben die eigene kontinuierliche Weiterqualifizierung gewährleisten können.

Aus der Literaturanalyse wurden insgesamt 14 Kernkompetenzen abgeleitet, die für ein breites Spektrum an Berufsgruppen von Bedeutung sind (siehe Abbildung 0). In einer Umfrage bewerteten anschließend insgesamt 74 Expertinnen und Experten die heutige und künftige Bedeutung dieser Kompetenzen für sechs spezifische Berufsprofile. Gleichzeitig gaben die Expertinnen und Experten eine Einschätzung darüber ab, inwieweit diese Kompetenzen das Potenzial haben, durch digitale Assistenzsysteme unterstützt zu werden.

Vergleicht man die Bedeutung der kognitiven Kompetenzen zum heutigen Zeitpunkt mit der Bedeutungsentwicklung für die kommenden fünf Jahre, lässt sich feststellen, dass die Kernkompetenzen, die heute bereits über alle Berufe hinweg nachgefragt sind, auch in Zukunft von Bedeutung sein werden. Dies betrifft die Problemlösungsfähigkeit genauso wie das planungsund ergebnisorientierte Handeln und die Team- und Kooperationsfähigkeit. Es fällt ein leichter Trend in den Einschätzungen auf: Die Kompetenzen, die heute tendenziell weniger zu den Kernkompetenzen gezählt werden, scheinen in Zukunft stärker an Bedeutung zu gewinnen, so zum Beispiel die Innovationsfähigkeit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter wie auch deren generische IKT-Fähigkeiten. Insgesamt werden alle zentralen kognitiven Kompetenzen von der Mehrheit der Experten als digital unterstützbar eingestuft. Dies unterstreicht den hohen Bedarf an daran ausgerichteten digitalen Assistenzsystemen zumal die wenigsten kognitiven Kompetenzen seitens der Expertinnen und Experten als vollständig automatisierbar eingeschätzt wurden.

In einem Abgleich aktuell laufender nationaler Forschungsaktivitäten und den abgefragten Kompetenzen, die in den kommenden Jahren an Bedeutung gewinnen werden, fällt auf, dass zwei grundlegende Kompetenzen für die digitale Arbeitswelt – nämlich generische IKT-Fähigkeiten und die Innovationsfähigkeit – stark an Bedeutung gewinnen werden, aber ihre digitale Unterstützung heute in kaum einem Forschungsprojekt adressiert wird. Ähnliches gilt für die Kompetenz der Dialogfähigkeit, Kundenorientierung und Kommunikationsfähigkeit. Unterdessen stehen die heute wichtigen und künftig noch wichtiger werdenden Kompetenzbereiche Planungsverhalten und ergebnisorientiertes Handeln, Prozessdenken sowie Anwendung und Manipulation von Maschinen und vernetzten Systemen im Fokus der meisten laufenden Forschungsaktivitäten.

Sind die zu unterstützenden Kompetenzen ausgewählt, ist der Designprozess digitaler Assistenzsysteme von elementarer Be-

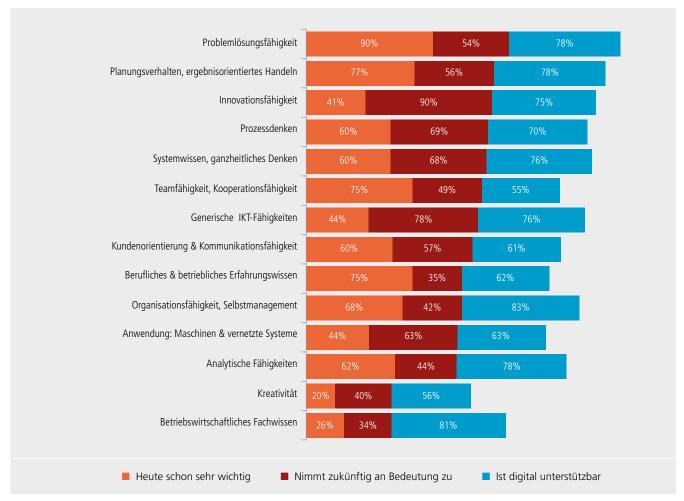


Abbildung 0: Kernkompetenzen, deren Bedeutung sowie Potenzial zur Unterstützbarkeit durch digitale Assistenzsysteme

deutung für die Akzeptanz und den Nutzen. Dazu zählt unter anderem die Entscheidung, ob die adressierten Kompetenzen erworben werden oder ob Beschäftigte befähigt werden sollen, die in den Kompetenzen enthaltenen Tätigkeiten durchzuführen. Häufig sind beide Aspekte, der Erwerb und die Befähigung, in die Entwicklung von digitalen Assistenzsystemen miteinzubeziehen. Je nach Entscheidung muss im Designprozess festgelegt werden, welcher Grad an Lernangebot oder Unterstützungsangebot entwickelt werden soll.

Bei der Einführung digitaler Assistenzsysteme sind die Beschäftigten in ihrem Arbeitsprozess weitreichenden Veränderungen unterworfen. Bereits vor der Systemeinführung sind daher Überlegungen anzustellen, um die Gebrauchstauglichkeit, Nutzerfreundlichkeit, Zufriedenheit sowie Lern- und Unterstützungseffekte abzusichern. Die Nutzerakzeptanz ist besonders hoch, wenn digitale Assistenzsysteme eine hohe Gebrauchstauglichkeit (*Usability*) aufweisen und ein stark po-

sitives Nutzungsempfinden (User Experience) erzeugen. Unterstützungs- und Lerninhalte müssen didaktisch aufbereitet und nutzergerecht vermittelt werden. Nur so kann ein optimaler Unterstützungsprozess mit größtmöglichem Lerneffekt einsetzen. Die vorliegende Studie bietet einen Überblick über den reichhaltigen Pool an unterschiedlichen didaktischen Methoden für die Gestaltung von digitalen Assistenzsystemen. Dazu zählen beispielsweise das problembasierte Lernen, das forschungsund arbeitsplatzbasierte Lernen oder das spielerische Lernen. Die Studie präsentiert auch ein Vorgehensmodell, in dem die zentralen Aspekte aus ergonomischen Designprozessen, didaktischen Rahmenmodellen und des Instructional-Design zusammengeführt werden.

Die Ergebnisse der Studie verdeutlichen das enorme Potenzial digitaler Assistenzsysteme für die künftige Kompetenzentwicklung von Beschäftigten in den Bereichen Industrie und Dienstleistungen. Fest steht, dass Menschen die zukünftig 1 Executive Summary 7

geforderten kognitiven Kompetenzen für einen Großteil ihrer Tätigkeiten weiterhin selbst aufbringen müssen. Für Unternehmen bietet der Einsatz digitaler Assistenzsysteme deshalb die Chance, ihre Beschäftigten schnell, individuell und in der Breite auf die Kompetenzanforderungen vorzubereiten. Dabei empfiehlt sich bei der Auswahl und dem Design der Systeme folgende Vorgehensweise:

- 1) Die individuellen Kompetenzanforderungen und -bedarfe identifizieren.
- 2) Eine situative, zielgruppenbezogene und didaktische Analyse durchführen.
- 3) Das technologische Medium auswählen.
- 4) Die Designprozesse menschzentriert, mehrdimensional und iterativ ausrichten.

Darüber hinaus ergeben sich für die konkrete Umsetzung auch innovationspolitische Handlungsfelder:

- Unternehmen sowie industrie- und technologienahe Forschungsvorhaben sollten bei der Entwicklung von digitalen Assistenzsystemen gezielt unterstützt werden. Dabei muss explizit ein Fokus sowohl auf Gebrauchstauglichkeit (Usability) und Nutzungsempfinden (User Experience) als auch einen menschzentrierten Ansatz und iterative Entwicklungsmodelle gesetzt werden.
- 2) Dafür braucht es Instrumente, die sich auf Forschungsund Praxis-Transfer konzentrieren. Besonders betrachtet werden sollten dabei Aspekte der Ergonomie, der Mensch-System-Interaktion und der Mediendidaktik, die bereits intensiv beforscht sind, aber bislang noch wenig integrativ gedacht, angewandt und umgesetzt werden.
- 3) Künftige Berufsanforderungen sollten breitflächig detailliert analysiert werden. Dabei sollten insbesondere die kurz- und mittelfristig erwartbaren Entwicklungen von Kompetenzen erfasst und dahingehend bewertet werden, wie digitale Assistenzsysteme Kompetenzen unterstützen können. Die Studie zeigt, dass beispielsweise generische IKT-Fähigkeiten und Innovationsfähigkeit stark an Bedeutung gewinnen werden, aber deren digitale Unterstützung von der Forschung bisher zu wenig adressiert wird.
- 4) Weitere Technologieförderung ist insbesondere in den Bereichen Kontextsensitivität, intelligente Kleidung, maschinelles Sehen notwendig, auch um die Lücke zwischen dem Reifegrad in der Konsumgüterindustrie und in der unternehmensgetriebenen Anwendung zu schließen.

2 Einleitung

Ziel dieser Studie ist eine Potenzialanalyse für den Einsatz digitaler Assistenzsysteme in den Branchen Industrie und Dienstleistungen. Die Relevanz ergibt sich aus dem demografischen Wandel, der Digitalisierung und den sich verändernden Wirtschaftsprozessen. Digitale Assistenzsysteme gewinnen in diesem Wandel an Bedeutung, da sie die Arbeitnehmerschaft zielgerichtet und lernförderlich in ihrer Tätigkeit unterstützen können. Ihre Marktpotenziale und ihr soziotechnologisch verträglicher Einsatz sind daher von großem Interesse für Wirtschaft und Wissenschaft. Die menschliche Arbeitskraft wird als Produktionsfaktor zu einem immer knapperen Gut, insbesondere auch, weil Zweifel angebracht sind, dass Deutschland den negativen demografischen Effekt auf das Erwerbspersonenpotenzial durch ausreichende arbeitsmarktorientierte Zuwanderung ausgleichen kann (Fuchs et al. 2017). Nach einer aktuellen Bevölkerungsprognose, die die hohe Nettozuwanderung in den Jahren 2014 und 2015 berücksichtigt, wird die Bevölkerung in Deutschland bis zum Jahr 2025 zwar deutlich steigen, der Anteil der Erwerbsbevölkerung an der Gesamtbevölkerung wird dennoch spürbar sinken. Dem Arbeitsmarkt stehen demzufolge trotz hoher Zuwanderungszahlen von insbesondere jungen Menschen absolut ebenso wie relativ weniger Menschen im erwerbsfähigen Alter zwischen 20 und 67 Jahren zur Verfügung (Deschermeier 2017).

In einem Positionspapier stellt der Branchenverband Bitkom beispielsweise fest, dass Deutschland seit Jahren mit einer hohen Zahl an offenen Stellen für IT-Expertinnen und IT-Experten kämpft. Derzeit fehlen demnach rund 43.000 Spezialisten. Mit der branchenübergreifenden digitalen Transformation werde die Nachfrage nach Fachkräften, insbesondere mit IKT-Kompetenzen, weiter steigen. Aus diesem Grund muss das vorhandene Erwerbspersonenpotenzial "besser ausgeschöpft" werden. Dies gelingt vor allem dann, "wenn Arbeitsformen auf die Anforderungen der Mitarbeiter reagieren und flexibel ausgestaltet werden" (Holdampf-Wendel 2016). Umfangreiche Anpassungsmaßnahmen zur Qualifizierung, Befähigung und Prävention sind daher aus demografischen und wirtschaftlichen Gründen wichtig. Digitale Assistenzsysteme helfen den Beschäftigten bei der Ausführung ihrer Arbeit und können als "Fähigkeitsverstärker" die Integration sowohl älterer als auch zugewanderter Personen im erwerbsfähigen Alter befördern.

Bei digitalen Assistenzsystemen lassen sich zwei grundlegende Unterstützungsansätze unterscheiden: Physische Assistenzsysteme leisten Hilfestellung bei anspruchsvollen körperlichen Tätigkeiten und dienen dem Ausgleich körperlich nachlassender Fähigkeiten bzw. der Vorbeugung ihres vorzeitigen Verlustes. Der aktuelle Stand der Technik reicht von mechanisch-motorischer

Kraftunterstützung und personalisierten Montagearbeitsplatzen für einfache, regelbasierte Arbeitssituationen bis hin zu adaptiven, kollaborativen Robotersystemen für komplexe, hochvariable und expertisebasierte Produktions-, Montage- und Wartungsprozesse. Dabei erfolgt vor allem eine Unterstützung des Muskel-Skelett-Systems und der Sinnesorgane. Kognitionsunterstützende Assistenzsysteme dienen vor allem der anwendungsgerechten, echtzeitnahen Bereitstellung von Informationen, die die Beschäftigten bei Entscheidungen unterstützen oder automatisiert Entscheidungen treffen (VDIVDE-GMA 2016).

Kognitionsunterstützende Assistenzsysteme lassen sich in drei grobe Kategorien einteilen:

- Hilfesysteme stellen vorhandenes analoges Wissen in digitaler Form bereit oder geben über eine einfache Anzeige Arbeitsanweisungen (z. B. digitale Handbücher, Lernvideos, Montage- oder Wartungsanleitungen, Qualitätshinweise, Sicherheitshinweise, Prozesswissen, Qualifikationsmanagement, klassische Wissensmanagementsysteme)
- 2) Adaptive Assistenzsysteme erlauben eine sensorische Erfassung der Arbeitsvorgänge, des Kontexts, in dem sie stattfinden, des jeweiligen Nutzers und lassen sich von den Beschäftigten individuell anpassen (z. B. Werkerführung, Pick-by-Light, kontextsensitive Informationsbereitstellung, Anpassung von Sprache oder Bedienoberflächen).
- 3) Tutorielle Assistenzsysteme sind adaptive Assistenzsysteme, die eine lernförderliche Arbeitsumgebung sowie das Lernen im Prozess der Arbeit unterstützen ("Lernzeuge"). Sie ermöglichen die individuelle Vermittlung von situativem, arbeitsrelevantem Wissen (z. B. Ausbildungs- und Trainingssysteme, portable Wissens- und Lernplattformen, Augmented-Reality-basierte Unterstützsysteme für den technischen Service).

Hilfesysteme und adaptive Assistenzsysteme finden sich bereits im produktiven, gewerblichen Einsatz und ermöglichen in Ansätzen auch bereits elektronisch gestütztes Lernen am Arbeitsplatz (Bischoff 2015a). Die funktionale Unterstützung ist je nach Unterstützungsgrad vor allem auf die Reaktions-, Denk-, Merk- und Schlussfolgerungsfähigkeit ausgerichtet (vgl. Jeske und Terstegen 2017). Digital unterstützende, individualisierbare Tutorensysteme befinden sich unterdessen weit im Anfangsstadium und sind im produktiven Einsatz derzeit kaum zu finden. Allerdings bieten diese Systeme ein enormes Potenzial für die Qualifizierung und individuelle Kompetenzentwicklung. Sie können künftig nicht nur eine schnellere Einarbeitung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in neue Arbeitsabläufe er-

2 Einleitung 9

möglichen; sie können auch zu einer stärkeren Inklusion und Partizipation an der Arbeitswelt beitragen. Ältere und leistungsgeminderte Mitarbeiter können mit solchen Systemen abgestimmt auf ihr jeweiliges Leistungsvermögen im Arbeitsprozess unterstützt und in die Lage versetzt werden, Arbeiten zu verrichten, die sie vorher gar nicht oder nur unter Schwierigkeiten übernehmen konnten. Gleichzeitig können die Systeme als informelle Weiterbildungswerkzeuge genutzt werden und damit das Lernen im Prozess der Arbeit zu einem festen Bestandteil der alltäglichen Tätigkeit werden lassen. Damit lässt sich die notwendige Flexibilität und Fluidität hinsichtlich der individuellen Kompetenzprofile sehr viel effizienter erfüllen als mit den geläufigen formellen Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen (Apt et al. 2016).

Im Vergleich ist die Verfügbarkeit und Anwendungsreife bei physischen Assistenzsystemen bereits vergleichsweise hoch (für eine Übersicht siehe Weidner et al. 2015). Die zunehmende Wissensintensität von Tätigkeiten und die wachsende Bedeutung der Dienstleistungsbranche führen unterdessen zu einem großen Bedarf an kognitionsunterstützenden Assistenzsystemen. Dieses Anwendungspotenzial wird jedoch noch nicht durch den aktuellen Stand der Technik abgebildet. Mit fortschreitender Digitalisierung ist hier eine Entwicklung zugunsten kognitionsunterstützender Assistenzsystemen zu erwarten. Aus diesem Grund liegt der Fokus der Studie auf kognitionsunterstützenden digitalen Assistenzsystemen.

Für die Zukunft wird ein großes Marktpotenzial für digitale Assistenzsysteme gesehen. Dies gilt für den Konsumentenbereich ("Entertainment"), in dem beispielsweise Navigationsgeräte in Fahrzeugen mittlerweile zur Standardausrüstung gehören, aber zunehmend auch in Virtual-Reality-Anwendungen. Wenngleich bei Letzterem insbesondere der Videospielemarkt die derzeitige Hauptanwendung darstellt, werden Augmented-Virtual-Reality-Anwendungen auch für den Bereich unternehmerischer Effizienzsteigerung kurz vor dem Durchbruch gesehen. Mögliche Anwendungsbereiche digitaler Assistenten liegen neben der arbeitsnahen Unterstützung und Hilfestellung vor allem in der Aus- und Weiterbildung, wenn das Ziel ein möglichst realistisches Anwendungstraining ist, und in der Durchführung komplexer Tätigkeiten. Überwiegend wird die Unterstützung mittels interaktiver Visualisierungssysteme realisiert. Dementsprechend wird eine starke Zunahme beim weltweiten Absatz von Virtual-Reality- und Augmented-Reality-Brillen erwartet (Abbildung 1).

Kognitionsunterstützende digitale Systeme mit der Fähigkeit zur Mustererkennung, Interpretation von Sprache sowie einer Sensibilität für Gefühle und Motive fallen in die Kategorie "künst-

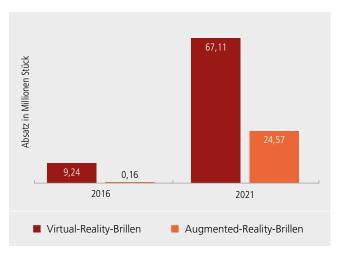


Abbildung 1: Weltweiter Absatz von Virtual-Reality- und Augemted-Reality-Brillen im Jahr 2016 und Prognose für 2021 (in Millionen Stück), Ouelle: Statista 2016a

liche Intelligenz" (KI). Aktuell erfolgreiche KI-Systeme basieren auf dem maschinellen Lernen und eignen sich für eine große Anzahl von Anwendungsgebieten. Aus diesem Grund investieren Unternehmen derzeit "ganz massiv" in künstliche Intelligenz, um die Entwicklung "intelligenter" persönlicher digitaler Assistenten voranzutreiben (Gelitz 2016). Die Umsatzprognosen für Unternehmensanwendungen im Bereich künstlicher Intelligenz in Europa und weltweit (Abbildung 2) bis 2025 sind entsprechend aussichtsreich. Das stark gestiegene Interesse der Unternehmen und ihre sehr gut ausgestatteten Forschungslabore machen es zudem möglich "sehr viel schneller Fortschritte zu erzielen als in universitären Einrichtungen" (Gibney 2016).

Durch die Entwicklung digitaler Assistenzsysteme entstehen neue Potenziale für eine Humanisierung der Arbeitswelt, die den technischen Fortschritt dazu nutzt, die Beschäftigten bei schweren, monotonen, aber auch bei neuen, herausfordernden und kognitiv komplexen Tätigkeiten zu entlasten bzw. zu unterstützen, die Qualität der Arbeit zu steigern, lern- und innovationsförderliche Arbeitsprozesse zu unterstützen und die Teilhabemöglichkeiten an Arbeit zu verbessern. Allerdings können aus der Digitalisierung und Automatisierung von Arbeitsprozessen auch zusätzliche Belastungen für die Beschäftigten entstehen. Bei schlecht gestalteten Arbeits- und Unterstützungssystemen drohen physische Fehlbeanspruchungen durch Zwangshaltungen oder Bewegungsarmut. Bei einer übermäßigen (und nicht individualisierbaren) Unterstützung besteht auch die Gefahr von kognitiver Unterbeanspruchung und Monotonie, was sich negativ auf die Motivation, Gesundheit und langfristige Arbeitsfähigkeit auswirken kann (VDI/ VDE-GMA 2016). Ebenso führt die Verfügbarkeit digitaler

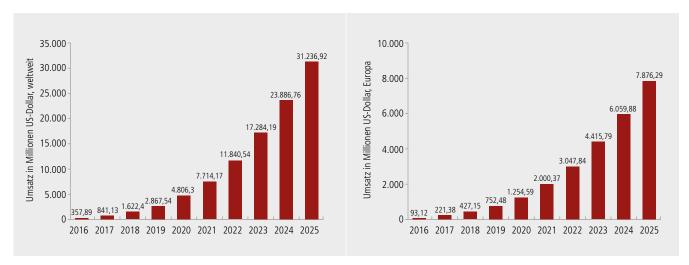


Abbildung 2: Prognose zum Umsatz mit Unternehmensanwendungen im Bereich künstlicher Intelligenz weltweit (links) und in Europa (rechts) von 2016 bis 2025 (in Millionen US-Dollar), Quelle: Statista 2016c, 2016b

Assistenzsysteme nicht deterministisch zu einer Humanisierung der Arbeitswelt. Interessensdivergenzen zwischen Arbeitgebern und Arbeitnehmern bestehen fort und führen zu einem grundlegenden Spannungsverhältnis zwischen Humanisierung und Rationalisierung (Arnold und Steffes 2017). Allerdings können insbesondere eine lernförderliche Arbeitsorganisation und die tutorielle Ausrichtung von digitalen Assistenzsystemen zu einer starken Verankerung des Menschen in der künftigen Arbeitswelt beitragen und wichtige Ansätze für die Gestaltung eines inklusiven Arbeitsmarktes bieten: Individuelle Fähigkeiten können berücksichtigt und weiterentwickelt werden, weil die Unterstützungsleistung mittels sensorischer Erfassung des Kontextes individualisierbar und situationsadaptiv ist. Folglich können digitale Assistenzsysteme eine intelligente und befähigende Automatisierung ermöglichen.

Zentral für die Akzeptanz von digitalen Assistenzsystemen sind daher arbeits- und motivationspsychologische Aspekte, die im Rahmen eines menschzentrierten Designprozesses unter Einbindung der späteren Nutzerinnen und Nutzer adressiert werden sollten. Für die Gestaltung von Arbeits- und Alltagsgegenständen sind einheitliche Standards und Methoden in einer Grundlagennorm (EN ISO 26800) festgehalten. In einer eigenen Normreihe (EN ISO 9241) werden Prinzipien und Anforderungen an die unmittelbare Umgebung von Computer- und Maschinensystemen festgelegt. Insbesondere Anforderungen an visuelle Anzeigen, Ausgaben und Bildschirmdarstellungen und eine sinnvolle Dialogführung werden adressiert. Das Ziel der Normreihe ist, gesundheitliche Schäden zu vermeiden und die Benutzerfreundlichkeit von Prozessen und Dialogen mit Maschinen und Computern zu optimieren. In einem derartigen

soziotechnischen Ansatz werden die Ebenen Mensch, Organisation und Technik integriert betrachtet und die Grundlage für eine positive "User Experience" und ein hohes Maß an "Usability" bei der Nutzung digitaler Assistenzsysteme geschaffen (Abbildung 3). Typische Anforderungen der Nutzerinnen und Nutzer an die Gestaltung von digitalen Assistenzsystemen im Anwendungskontext der Montage sind beispielsweise eine allgemeine Verbesserung der Arbeitsprozesse, eine ergonomisch verbesserte Darstellung relevanter Informationen am Arbeitsplatz, physische und psychische Entlastung sowie geringe Aufwände für die erfolgreiche Implementierung eines Assistenzsystems (Hinrichsen et al. 2017). Zentral bei der Entwicklung von digitalen Assistenzsystemen ist die Maßgabe, die Bedürfnisse, wie auch die kognitiven und emotionalen Zustände sowie die Arbeitsprozesse der Nutzerinnen und Nutzer in den Mittelpunkt zu rücken.

Die Kompetenz- und Unterstützungsbedarfe werden in dieser Studie exemplarisch in den Branchen Produzierendes Gewerbe ("Industrie") und Dienstleistungen untersucht. Beide Wirtschaftszweige zeichnen sich durch eine breite und heterogene Mischung von nachgelagerten Wirtschaftsbereichen, Berufen und Tätigkeiten aus. Gemessen an der Zahl der Erwerbstätigen und dem Anteil an der Bruttowertschöpfung in Deutschland nehmen beide eine vorrangige Stellung ein (Abbildung 4), auch wenn die Bedeutung des produzierenden Gewerbes in den vergangenen Jahren abgenommen hat.

In den folgenden Kapiteln werden zunächst die heutigen berufsspezifischen Anforderungen an die Beschäftigten den absehbaren Änderungen in den Kompetenzanforderungen für die 2 Einleitung 11



Abbildung 3: Usability und User Experience mit entsprechenden Normen bei der Nutzung digitaler Assistenzsysteme

digitale Arbeitswelt gegenübergestellt. Die dargestellten Ergebnisse basieren auf einer Literaturanalyse und einer Expertenbefragung zu acht ausgewählten Berufen im Dienstleistungs- und Industriesektor. Weiterhin erfolgt eine Bestandsaufnahme aktueller Forschung und Entwicklung im Bereich digitaler Assistenzsysteme sowie die Ableitung der technisch-funktionalen Erfordernisse für die Gestaltung künftiger Systeme im operativen Kontext als Voraussetzung für eine fortschrittliche, effiziente und nachhaltige Arbeitsweise in zunehmend digitalisierten Berufswelten. Besonders betrachtet werden dabei Aspekte der Ergonomie, der Mensch-System-Interaktion und der Medien-

didaktik, die bereits beforscht, aber noch wenig angewandt und umgesetzt werden. Dadurch eröffnen sich Gestaltungsoptionen, wie solche Systeme den Menschen in der Arbeitswelt befähigen können, ihn bei seiner täglichen Arbeit kognitiv zu unterstützen und zu entlasten. Gleichzeitig soll gezeigt werden, wie Arbeiter und Beschäftigte durch die digital assistierte Ausführung neuer Aufgaben die eigene kontinuierliche Weiterqualifizierung gewährleisten können. Den Abschluss der Studie bilden Empfehlungen für die Weiterentwicklung von Technologieförderprogrammen und für den Transfer der Forschungsergebnisse in die Praxis.

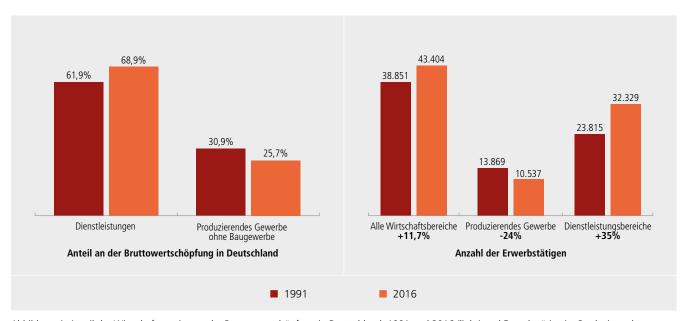


Abbildung 4: Anteil der Wirtschaftszweige an der Bruttowertschöpfung in Deutschland, 1991 und 2016 (links) und Erwerbstätige im Produzierenden Gewerbe und Dienstleistungsbereich, 1991 und 2016 (rechts), Quelle: Statistisches Bundesamt 2017a, 2017b

3 Kompetenzen in der digitalen Arbeitswelt

In der digitalen Arbeitswelt ändern sich die Kompetenzanforderungen an den Einzelnen (OECD 2016a). Die aktuellen Befunde deuten darauf hin, dass die technologisch unterstützte Arbeit in Zukunft weniger körperlich anstrengend, dafür aber geistig anspruchsvoller, vielfältiger und auch komplexer sein wird. Treiber der veränderten Anforderungsprofile sind technologische Entwicklungen, der wirtschaftliche Strukturwandel hin zu mehr Dienstleistungen, die Entstehung neuer Geschäftsmodelle, das Verschwimmen traditioneller Branchengrenzen und Veränderungen in der Arbeitsorganisation (z. B. Vogler-Ludwig et al. 2016). Der Diskurs zu den Auswirkungen digitaler Technologien auf die Arbeit fokussiert dabei auf Automatisierungsszenarien, veränderte Tätigkeitsprofile und die Suche nach menschlichen Kompetenzen und Fertigkeiten, die trotz fortlaufenden technologischen Verbesserungen in Zukunft noch Bestand haben.

Dabei zeichnet sich ab: Der menschliche Vorsprung wird kleiner. In der Vergangenheit waren viel Wissen und praktische Erfahrung in den Köpfen von Expertinnen und Experten, Fachbüchern oder Aktenschränken abgelegt. Immer häufiger wird dieses Wissen in digitaler Form gespeichert und dargeboten. Mittels digitaler Technik gelingt es nun, Wissen und Expertise zu äußerst niedrigen Kosten zu replizieren und auf intelligente Maschinen zu übertragen (Suesskind und Suesskind 2015). Damit wird "stereotypisch" angewandtes Spezialwissen weniger wichtig, während non-formale Fähigkeiten zu selbstständigem Handeln, Selbstorganisation oder Abstraktion höhere Bedeutung erlangen (Wolter et al. 2015). Gleichzeitig werden Wissens- und Tätigkeitsbereiche durchlässiger, da etablierte Experten weniger als "Gatekeeper" wirken können, um gegebenenfalls die eigene Position durch den Rückhalt wichtiger Informationen zu sichern (Suesskind und Suesskind 2015). Dementsprechend wird in Zukunft die Frage, welche Qualifikation für eine bestimmte Tätigkeit erforderlich ist, weniger wichtig sein als diejenige, welche Anforderungen eine Tätigkeit stellt und wie diese Anforderungen von Menschen mit bestimmten Kompetenzen und jeweils spezifisch ausgeprägten, individualisierten Assistenzsystemen bewältigt werden können (Apt et al. 2016).

Aus dem Ende der wissensspeichernden Bildung resultieren jedoch kaum geringere Anforderungen an die Beschäftigten. Vielmehr entsteht aus der Digitalisierung ein "Prozess der Informatisierung von Arbeits- und Produktionsprozessen, die hierdurch anspruchsvoller, vernetzter und komplexer werden" (Ittermann et al. 2015). Insbesondere Beschäftigte auf der Ebene der Angelernten, Facharbeiter/-innen, Ingenieurinnen/Ingenieure, Techniker/-innen und kaufmännischen Angestellten sind demnach "mit deutlich erhöhten Komplexitäts-, Problemlösungs-, Lern- und vor allem auch Flexibilitätsanforderungen

konfrontiert. Es steigt der Bedarf an Überblickswissen und Verständnis über das Zusammenspiel aller Akteure im Wertschöpfungsprozess" (Kurz 2014 in: Ittermann et al. 2015).

Parallel haben insbesondere auf der mittleren Qualifikationsebene digitale Technologien bereits menschliche Arbeitskraft bei Verwaltungstätigkeiten, in der Produktion und bei routinemäßiger Informationsverarbeitung ersetzt. Zwar begünstigen die technologischen Veränderungen und der bedingte "skillbased technical change" Menschen mit einem hohen Bildungsstand, aber zuletzt waren es nicht immer "geringer qualifizierte Tätigkeiten", die automatisiert wurden, sondern vielmehr "Aufgaben, bei denen die Maschine dem Menschen überlegen ist" (Brynjolfsson et al. 2015, S. 169f.). Die Nachfrage nach Arbeitskräften für Routinetätigkeiten ist in den letzten Jahren dementsprechend am schnellsten zurückgegangen, egal ob die Aufgaben kognitiver oder manueller Art waren.

Bereiche, in denen der Mensch auf längere Sicht einen relativen Vorteil gegenüber digitaler Arbeit haben wird, liegen in der Ideenbildung, Kreativität und Innovation, der Entwicklung von Konzepten, dem Erkennen von Mustern in einem weit gesteckten Rahmen und den komplexen Formen der Kommunikation (Brynjolfsson et al. 2015, S. 226). In diesem Sinne prognostizieren Brynjolfsson et al. (2015, S. 230), "dass Menschen, die viele gute, neue Ideen haben, auch künftig noch längere Zeit einen relativen Vorteil gegenüber digitaler Arbeit haben werden, und diese Menschen werden begehrt sein." In ähnlicher Weise unterscheidet Autor (2015) zwischen zwei Arten von Nicht-Routine-Aufgaben, die sich bisher als schwer automatisierbar erwiesen haben: Die erste Kategorie umfasst Aufgaben, die Problemlösungsfähigkeit, Intuition, Kreativität, Flexibilität und Urteilsfähigkeit erfordern. Diese Art von Tätigkeiten setzen induktives Denken, Kommunikationsfähigkeit und fachliche Beherrschung voraus. Die zweite Kategorie umfasst Aufgaben, die eine situationsbezogene Anpassungsfähigkeit, visuelle wie sprachliche Erkennung und zwischenmenschliche Interaktionen erfordern. Diese zu weiten Teilen sozialen und emotionalen Fähigkeiten, manchmal auch als "Soft Skills" bezeichnet, schlie-Ben die kooperative Zusammenarbeit mit anderen, das Selbstmanagement, die Regulierung von Emotionen, die Motivation und das Erreichen von Zielen ein (OECD 2016b). Allerdings zeigen die Fortschritte bei der Entwicklung künstlicher Intelligenz, dass insbesondere die zweite Kategorie "manueller Aufgaben", wie Autor (2015) sie nennt, auf längere Sicht auch auf Maschinen übertragbar sein dürften.

Mit dem zunehmenden Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) bei der Arbeit werden auch IKT-

relevante Kompetenzen und Fähigkeiten – unabhängig von der spezifischen Branche – immer wichtiger. Drei Entwicklungen sind dafür ausschlaggebend:

- die Herstellung von IKT-Produkten und digital vermittelten Dienstleistungen – wie Software, Webseiten, E-Commerce oder Cloud Computing – erfordert spezialisierte IKT-Fähigkeiten, d. h. Anwendungen zu programmieren und Netzwerke zu verwalten;
- 2) die Nutzung von IKT in der täglichen Arbeit erfordert in einer zunehmenden Anzahl von Berufen generische IKT-Fähigkeiten, d. h. Beschäftigte müssen in der Lage sein, IKT zweckdienlich und im Sinne ihrer Aufgaben und Tätigkeiten zu nutzen, Informationen zu beschaffen und Software anzuwenden;
- 3) IKT verändern die Art und Weise der Arbeit und erhöhen die Nachfrage nach IKT-komplementären Fähigkeiten wie beispielsweise die individuelle Fähigkeit zur Informationsverarbeitung, Problemlösung, Eigenverantwortlichkeit und Kommunikation (OECD 2016a, 2016b).

Für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Produktion werden neben IKT-Kompetenzen vor allem Kompetenzen wichtiger, die es den Beschäftigten erlauben, "Prozessverantwortung zu übernehmen" und "in vernetzten und domänenübergreifenden Prozessen zu denken und zu handeln" (Schlund et al. 2014, S. 26). Im Einzelnen umfasst dies die Bereitschaft zum lebenslangen Lernen, stärkeres interdisziplinäres Denken und Handeln, die Fähigkeit zur permanenten Zusammenarbeit mit Maschinen und vernetzten Systemen, die aktive Beteiligung an Problemlösungs-, Verbesserungs- und Innovationsprozessen, ein hohes Maß an Systemwissen (d. h. Kenntnisse des Gesamtprozesses und seiner Steuerung), die Beherrschung zunehmender komplexer Arbeitsinhalte, Eigenverantwortlichkeit und Selbstorganisation sowie Team- und Kommunikationsfähigkeiten, um den Erfordernissen der unternehmensinternen und unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit gerecht werden zu können (Schlund et al. 2014).

Insbesondere die Fähigkeit zur Fehlersuche und Störungsbehebung an Steuerungsanlagen sowie steuerungstechnisches Know-how im Allgemeinen, Kenntnisse zu Prozess- und Systemzusammenhängen, also das Wissen um den Beitrag der eigenen Tätigkeit zum Fertigungsprozess, sowie Lese- und Schreibfähigkeit "im Sinne einer berufsspezifischen Form von (scientific) literacy" (Hackel et al. 2015, S. 23), werden mit der Verbreitung von Automatisierungstechnik und der digitalen Vernetzung in der Fertigung wichtiger. Ebenso wird auf Facharbeiterebene die Bedeutung von Kompetenzen im Bereich der

Informationsbeschaffung und Erschließung zunehmen, um sich selbst neues technologisches Wissen aneignen zu können und neue Technologien für ihren spezifischen Anwendungskontext im Unternehmen anpassen zu können (Hackel et al. 2015). Vor diesem Hintergrund werden teilweise auch Kompetenzen im Bereich IT-Sicherheit und Datenschutz hervorgehoben. Da unternehmensinterne Prozesse zunehmend durch IT-Systeme unterstützt werden, müssen Beschäftigte in der Lage sein, diese Systeme zu verstehen, an ihrer Optimierung mitzuwirken und sie vor Schaden zu schützen (Schlotböller 2015).

Mit Blick auf die Universalität der Kompetenzanforderungen zeichnet sich ab, dass sich Tätigkeitsprofile und Berufsbilder immer stärker von Branchengrenzen lösen. Damit könnte sich auch die berufliche Mobilität zwischen einzelnen Branchen verbessern (Weissenberger-Eibl 2017). Brynjolfsson et al. (2015, S. 245) gehen davon, dass "die Menschen [...] in ihren beruflichen Erwartungen anpassungsfähiger und flexibler und bereit sein müssen, Bereiche, die automatisiert werden, zu verlassen, und neue Möglichkeiten dort wahrzunehmen, wo Maschinen menschliche Fähigkeiten ergänzen und verstärken." Dementsprechend plädieren Daheim und Wintermann (2016, S. 17) für ein grundlegendes Umdenken, das die Entwicklung eines flexiblen und breit anwendbaren "Portfolios von Fähigkeiten und Kompetenzen" und nicht eine spezifische Ausbildung in den Mittelpunkt stellt. Auch Weissenberger-Eibl (2017) geht davon aus, dass sich viele Tätigkeitsprofile an der Mensch-Maschine-Schnittstelle stärker ähneln werden: "Diese Annäherung ist ein wesentliches Merkmal der Digitalisierung und hat zur Folge, dass es quer über Branchen hinweg mehr fachübergreifende beziehungsweise fachunabhängige Anforderungen geben wird - fachbezogenes Wissen könnte damit zusehends in den Hintergrund rücken, allgemeine digitale Grundkompetenzen und universelle Fähigkeiten könnten stark aufgewertet werden." Dabei geht Kelly (2012) davon aus, dass sich die Bezahlung und der "Wert" von Beschäftigten zunehmend danach richten werden, ob sie in der Lage sind, mit intelligenten Maschinen zu interagieren und Arbeitsprozesse in der kollaborativen Zusammenarbeit mit Robotern zu innovieren.

Anlass zu gleichermaßen Hoffnung und Sorge gibt die Einschätzung von Brynjolfsson et al. (2015, S. 20), wonach es "nie eine bessere Zeit für Arbeitskräfte mit speziellen Kompetenzen oder der richtigen Ausbildung [gab], denn solche Menschen können die Technik nutzen, um Wert zu generieren und abzuschöpfen. Für Arbeitnehmer mit 'gewöhnlichen' Kompetenzen und Fähigkeiten gab es dagegen kaum eine schlechtere Zeit, denn Computer, Roboter und andere digitale Technik erwerben solche Kompetenzen und Fähigkeiten mit beispielloser Geschwindig-

keit." Demnach ersetzt, verändert und schafft die Digitalisierung neue Berufe (Holdampf-Wendel 2016) und stellt damit auch neue Anforderungen an die berufliche Aus- und Weiterbildung.

In welcher Form finden sich diese Anforderungen bereits in den unterschiedlichen Ausbildungen und Berufsbildern wieder? Um dieser Frage nachzugehen, soll im Folgenden fallbeispielartig eine Auswahl von acht Berufen im Industrie- und Dienstleistungssektor gegeben werden, um aufzuzeigen, welche kognitiven Kompetenzen bereits in der Ausbildung verstärkt fokussiert und welche Anforderungen an den Lernenden gestellt werden. Dazu werden die Aufgaben und Tätigkeiten basierend auf den zusammenfassenden Beschreibungen des Bundesinstituts für Berufliche Bildung analysiert. Im Industriesektor wurden Berufe ausgewählt, die aufgrund der Digitalisierung, gerade im Hinblick auf die Industrie 4.0, einem starken Wandel ausgesetzt sind und bereits oben Erwähnung fanden. Die ausgewählten Berufe im Dienstleistungssektor spiegeln dagegen die große Diversität des Sektors und der Kompetenzen wider, die von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern erlernt werden müssen. Mit der Auswahl der Berufe kann kein Anspruch auf Repräsentativität und Vollständigkeit gegeben werden. Den Autoren ist bewusst, dass auch andere Berufe für diese Analyse hinzugezogen werden könnten. Die Auswahl bildet allerdings eine erste heuristische Annäherung der Frage nach branchenübergreifender Kompetenzen.

3.1 Branchenspezifische Kompetenzanforderungen

3.1.1 Industrie

Im Folgenden werden die Aufgaben und Tätigkeiten der Berufe Industriemechaniker/-in, Produktionstechnologe/-in, Fachlagerist/-in und Maschinen- und Anlagenführer/-in beschrieben. Soweit dies aus der Literatur heraus möglich war, wurden auch die Anforderungen an den Beruf extrahiert.

Industriemechaniker/-in

Typische Branchen: Maschinen- und Anlagenbau, Produktionstechnik

Aufgaben: Einrichtung, Umrüstung, Inbetriebnahme sowie Wartung und Instandhaltung von Produktionsanlagen

Konkrete Tätigkeiten: Montage von Geräte- und Bauteilen zu Maschinen bzw. technischen Systemen; Herstellung von Geräte- und Bauteilen aus Metall und Kunststoff; Drehen, Bohren, Fräsen, Schleifen und Schweißen; Ausführen von Präzisionsarbeiten an CNC-Maschinen; Identifikation und Beseitigung von Störungsursachen; Einweisung von Kollegen bzw. Kunden in

die Bedienung und Handhabung von Maschinen und technischen Systemen

Quelle: BERUFENET (2016)

Produktionstechnologe/-in

Typische Branchen: Maschinen- und Anlagenbau; Fahrzeugbau bei Unternehmen, die produktionsnahe Dienstleistungen anbieten

Aufgaben: Planung und Steuerung von Produktionslinien und Produktionsprogrammen

Konkrete Tätigkeiten: Ermittlung der Produktionsbedarfe in Abstimmung mit anderen Betriebsbereichen; Bewertung der Realisierbarkeit des Auftrags unter Nutzung der verfügbaren Produktionsanlagen; Organisieren logistischer Prozesse für Produkte, Werkzeuge, Prozessmedien und Reststoffe; Überwachen der Prozessabläufe, Durchführung prozessbegleitender Prüfungen; Erstellung von Dokumentationen; Einpflegen der Erkenntnisse und Verbesserungspotenziale in die Produktionsplanung und -steuerung

Anforderungen: sicherer Umgang mit Standardsoftware, Produktions- und Qualitätssicherungssoftware; Anwendung von Normen, Vorschriften und Regeln

Quelle: BIBB (2017f)

Fachlagerist/-in

Typische Branchen: Unternehmen nahezu aller Wirtschaftsbereiche

Aufgaben: Betreuung von Gütern an bestimmten Standorten Konkrete Tätigkeiten: Kommissionierung, Annahme und Prüfung der Lieferung nach betrieblichen Vorschriften; bedarfsgerechte Lagerung und Sortierung nach wirtschaftlichen Grundsätzen; Weitertransport der Güter an betrieblichen Bestimmungsort; Kontrolle, Kennzeichnung und Bestandspflege der Güter

Anforderungen: Kundenorientierung und Kommunikationsfähigkeit für innerbetriebliche Abstimmung

Quelle: BIBB (2017b)

Maschinen- und Anlagenführer/-in

Typische Branchen: Produktionsbetriebe nahezu aller Branchen Aufgaben: Bedienung von Maschinen und Anlagen; Wartung, Prüfung und Störungsbehebung

Konkrete Tätigkeiten: Auswahl und Bearbeitung von Werkstoffen nach technischen Unterlagen; Auswahl und Bedienung geeigneter Anlagen und maschineller Fertigungsanlagen, z. T. durch Steuerungs- und Regelungseinrichtungen; Berücksichtigung von Vorgaben zu Umweltschutz, Arbeitssicherheit und Wirtschaftlichkeit

Quelle: BIBB (2017e)

3.1.2 Dienstleistungen

Im Folgenden werden die Aufgaben und Tätigkeiten der Berufe Kraftfahrzeugmechatroniker/-in, Kaufmann/Kauffrau im Einzelhandel, Anlagenmechaniker/-in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik und Facharzt/Fachärztin beschrieben. Soweit dies aus der Literatur heraus möglich war, wurden auch die Anforderungen an den Beruf extrahiert.

Kraftfahrzeugmechatroniker/-in

Einsatzgebiet: Automobil (Fahrzeughersteller und Servicebetriebe)

Aufgaben: Wartung, Reparatur sowie Um- und Nachrüsten von Fahrzeugen

Konkrete Tätigkeiten: Durchführung von Untersuchungen und Prüfungen an Fahrzeugen nach rechtlichen Vorgaben; Wartung und Umtausch von Fahrzeugelementen, eventuell Demontage ganzer Baugruppen; Planung und Vorbereitung der Aus-, Umund Nachrüstung von Fahrzeugen; Dokumentation und Kommunikation der Arbeitsergebnisse, intern und eventuell beim Kunden

Anforderungen: handwerkliche Fähigkeiten, fahrzeugtechnische Kenntnisse von Elektroniksystemen

Quelle: BIBB (2017d)

Kaufmann/Kauffrau im Einzelhandel

Einsatzgebiet: Handel

Aufgaben: Verkauf von Waren und Dienstleistungen

Konkrete Tätigkeiten: Annahme, Kontrolle, Auszeichnung und Lagerung der Ware; Zusammenstellung, Platzierung und Präsentation des Sortiments; Entwicklung verkaufsfördernder Maßnahmen; Mitwirkung an logistischen Prozessen; Auswertung von Kennzahlen und Statistiken, Ableitung von Maßnahmen; Organisation der Arbeitsprozesse und des Personaleinsatzes

Anforderungen: Kommunikation, Kundenorientierung, Kenntnis der Waren und logistischen Prozesse

Quelle: BIBB (2017c)

Anlagenmechaniker/-in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik

Einsatzgebiet: Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik

Aufgaben: Planung, Installation und Wartung von Anlagen und

Systemen

Konkrete Tätigkeiten: Auftragsspezifikation mit dem Kunden; Planung der Anlageninstallation; Einbau der ver- und entsorgungstechnischen Anlagen und Systeme vor Ort inklusive Legung von Rohr- und Kanalleitungen; Übergabe der Anlagen an den Kunden und Kurzschulung zur Bedienung; Wartung, Prüfung und Instandsetzung der Anlagen

Anforderungen: k. A. Quelle: BIBB (2017a)

Facharzt/Fachärztin

Einsatzgebiet: Medizin (Krankenhäuser, Facharztpraxen, Gesundheitszentren, medizinische Forschung und Lehre)

Aufgaben: Untersuchung von Patientinnen und Patienten; Erheben von Befunden; Diagnose von Krankheiten; Vor- und Nachbereitung; Durchführung medizinischer Behandlungen und Eingriffe; Prävention von Krankheiten

Konkrete Tätigkeiten: Gespräche mit Patientinnen und Patienten, Durchführung von Diagnostiken; Erstellung von Diagnosen auf Basis von Daten, meist in Absprache mit Kollegen benachbarter Fachgebiete; Ableitung von Therapiemöglichkeiten (ganzheitlich, konservativ, operativ)

Anforderungen: patientenzentrierte und teamorientierte Arbeitsweise; Kommunikation

Quelle: BERUFENET (2017)

3.1.3 Fazit

Die folgende Analyse der Berufsanforderungen kann nicht generalisiert werden. Umfassendere Erhebungen und inhaltliche Untersuchungen der Beschreibungen und Curricula wären dafür notwendig. Aus den Beschreibungen der unterschiedlichen Berufsgruppen beider Sektoren wird allerdings bereits jetzt deutlich, dass zum einen die Trennlinien von Aufgaben zwischen den Berufen und Branchen, zum anderen aber auch die Trennlinie von Wissens- und Produktionsarbeit innerhalb eines Berufes zunehmend verschwimmen. Sowohl Industriemechaniker/-innen als auch Produktionstechnologen/innen müssen Produktionsprozesse vorbereiten und durchführen können. Industriemechaniker/-innen und Maschinen- und Anlagenführer/-innen können Baumaterialien vorbereiten und die erforderlichen Maschinen bedienen. Dazu benötigen Sie bereits heute spezialisierte IKT-Kompetenzen, um sowohl Standard- als auch Produktionssoftware einsetzen zu können. Bei Kraftfahrzeugmechatronikern/-innen lässt sich ebenfalls ein starker Wandel verzeichnen, da die Wartung eines Fahrzeugs beispielsweise nicht mehr nur mechanisch-handwerklich, sondern auch elektronisch durchgeführt wird. Die Anwendung spezieller Wartungssoftware ist dabei unabdingbar. Industriemechaniker/-innen, Produktionstechnologen/-innen sowie Fachärzte und Fachärztinnen verbindet die Tätigkeit, den Ist-Zustand von Maschinen, Produktionsanlagen oder Menschen zu analysieren und zu diagnostizieren, Probleme zu erkennen und Entscheidungen hinsichtlich geeigneter Gegenmaßnahmen zu treffen. Produktionstechnologen/-innen planen und steuern ihre Produktionsprozesse, Kraftfahrzeugmechatroniker/-innen

planen und bereiten ihre Um- oder Nachrüstung vor, während Anlagenmechaniker/-innen den Einbau und die Installation ihrer Sanitär-, Heizungs- oder Klimaanlagen planen müssen. Die grundlegenden Kompetenzen sind jeweils ähnlich gelagert und werden domänenspezifisch, verbunden mit speziellem Fachwissen, umgesetzt. Die Beispiele machen deutlich: In allen Berufsgruppen sind Anforderungen an Planungs- und Steuerungskompetenzen sowie an Prüfungs- und Analyse-/ Diagnostikkompetenzen erkennbar. Gute domänenspezifische Problemlösungsfähigkeiten sind als nächster Schritt zwingend erforderlich. Vor allem aber werden Anforderungen an soziale Kompetenzen, z. B. an kundenbezogene Kommunikationsfähigkeiten sowie Anforderungen an die Teamfähigkeit gestellt. Unabdingbar sind hierbei ein hohes Maß an Selbstbestimmtheit und Eigenverantwortung. Zusammengenommen lassen sich bereits aus den Beschreibungen der acht ausgewählten Berufe branchen- und berufsübergreifende Kompetenzen herauslesen, die ausnahmslos geistig-kognitiver Natur sind. Dies schließt an die eingangs benannten Befunde an, nach denen die Arbeit im digitalen Zeitalter zunehmend kognitiv und anspruchsvoller wird (Vogler-Ludwig et al. 2016). Ebenfalls zeigen die branchen- und berufsübergreifenden Kompetenzen Strukturen auf, wie sie die OECD mit generischen und komplementären IKT-Kompetenzen formuliert hatte (OECD 2016a, 2016b). Es kann daher festgehalten werden, dass bereits heute in einigen Berufsfeldern die künftig geforderten Kompetenzen angelegt sind.

Im nächsten Abschnitt soll nun näher beleuchtet werden, ob den identifizierten, berufs- und branchenübergreifenden, kognitiven Kompetenzen auch von Expertinnen und Experten aus den einzelnen Berufen eine bedeutsame Rolle zugesprochen werden. Dazu wurde eine Befragung durchgeführt und anhand der ausgewählten Berufe die Bedeutungsentwicklung sowie die möglichen Unterstützungspotenziale durch die digitalen Assistenten erfragt.

3.2 Einschätzung von Experten

Aus der beschriebenen Sachlage ergeben sich konkrete Kompetenzanforderungen an industrielle wie dienstleistungsorientierte Arbeitende in der digitalen Arbeitswelt von morgen. Zu diesen gehören:

- Planungsverhalten und ergebnisorientiertes Handeln: Planen, überwachen und steuern; Fähigkeit, vorausschauend und planend zu handeln; Fähigkeit, an Ergebnissen orientiert zu handeln.
- Innovationsfähigkeit: Fähigkeit, Neuerungen gern anzugehen, wenn es um die Offenheit zu neuen Technologien geht.

- Problemlösungsfähigkeit: Problem erkennen, Zielzustand erkennen, Schritte zur Problemlösung identifizieren und durchführen.
- Analytische Fähigkeiten: Fähigkeit, Sachverhalte und Probleme zu durchdringen; Fähigkeit, Systemen, Personen, Objekten eine Diagnose zu erstellen (dafür: Beobachten, Analysieren, Auswerten, Erkennen, Zuordnen).
- Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement: Fähigkeit, organisatorische Aufgaben aktiv und erfolgreich zu bewältigen; Koordination von Arbeitsabläufen; Fähigkeit, das eigene Handeln zu gestalten.
- ▶ Prozessdenken: Denken und Handeln in vernetzten und domänenübergreifenden Prozessen sowie Verständnis für das Zusammenspiel relevanter Akteure; Fähigkeit, die Folgen von Entscheidungen voraussehend zu erkennen ("Folgebewusstsein").
- Systemwissen und ganzheitliches Denken: Kenntnisse des Gesamtprozesses und seiner Steuerung; Beherrschung komplexer Arbeitsinhalte; Fähigkeit, ganzheitlich zu denken und zu handeln.
- ► Generische IKT-Fähigkeiten: Zweckdienliche IKT-Nutzung (im Sinne der eigenen Aufgaben und Tätigkeiten); Fähigkeit zur Beschaffung von Informationen; Fähigkeit zur Informationsverarbeitung; Anwendung von Software.
- Kreativität: Schöpferische Tätigkeit wie Programmieren, Texte schreiben, Bilder zeichnen.
- ► Teamfähigkeit und Kooperationsfähigkeit: Fähigkeit, in und mit Teams erfolgreich zu arbeiten, auch über Fach- und Ländergrenzen hinweg; Fähigkeit, gemeinsam mit anderen erfolgreich zu handeln.
- ▶ Dialogfähigkeit, Kundenorientierung und Kommunikationsfähigkeit: Fähigkeit, sich auf andere im Gespräch einzustellen; Fähigkeit zur Abstimmung mit mehreren indirekten Kontakten innerhalb und außerhalb des Unternehmens; Fähigkeit, mit anderen erfolgreich zu kommunizieren, auch über Fach- und Ländergrenzen hinweg.
- ► Anwendung und Manipulation von Maschinen und vernetzten Systemen.
- Berufliches/betriebliches Erfahrungswissen: Das in den Erfahrungen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gesammelte Prozess- und Organisationswissen.
- Betriebswirtschaftliches Fachwissen: Komplementäre kaufmännische Expertise für die erfolgreiche Verrichtung der anfallenden Aufgaben.

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse einer Expertenumfrage präsentiert, die zum Ziel hatte, die komplementierte Liste an Kompetenzen hinsichtlich der acht exemplarischen Berufe zu validieren, die in Kapitel 3.1 beschrieben wurden. Konkret haben die Teilnehmenden in der Umfrage in einem ersten Schritt die komplementierte Kompetenzliste auf die kommenden fünf Jahre reflektiert, indem sie die Kernkompetenzen eines jeden einzelnen Berufs benannt haben. Hierbei sollte validiert werden, welche kognitiven Kompetenzen in den kommenden fünf Jahren aufgrund der Digitalisierung besonders in den Fokus rücken. In einem zweiten Schritt wurden die Experten befragt, inwiefern sie Kompetenzen für digital unterstützbar halten oder ob sie bestimmte Kompetenzen auch für automatisierbar halten.

Dazu wurden insgesamt 74 Expertinnen und Experten befragt, die in die berufliche Ausbildung eines oder mehrerer Berufe involviert sind, die Entwicklung von Ausbildungsinhalten eines oder mehrerer Berufe vorantreiben oder aus ihrer eigenen beruflichen Erfahrung heraus das Kompetenzspektrum sowie die technologischen Trends bewerten konnten. Die Experten entschieden zunächst, ausgehend von ihrer eigenen Expertise, wie viele Berufe sie bewerten wollten. Daraus ergab sich eine Gesamtanzahl von 124 abgegebenen Einschätzungen, die sich ungleich auf die einzelnen Berufe verteilte. Anschließend bestimmten die Expertinnen und Experten pro Beruf, welches ihrer Meinung nach zurzeit die acht bedeutendsten kognitiven Kompetenzen sind. Abschließend gaben sie ihre Prognose zur Bedeutungsentwicklung dieser Kernkompetenzen in den kommenden fünf Jahren ab und stuften dabei den Unterstützungsoder Automatisierungsgrad jeder einzelnen Kompetenz ein. Aufgrund des Ungleichgewichts in der Verteilung abgegebener Einschätzungen auf die einzelnen Berufe wurde eine beschreibend qualitative Analyse durchgeführt.

Abbildung 5 zeigt die Ergebnisse der Umfrage über alle Berufe hinweg. Bei der Bewertung zur derzeitigen Bedeutung zeigt der prozentuale Wert die Anzahl der Nennungen innerhalb der Auswahl von Kernkompetenzen an. Zum Beispiel sahen die Teilnehmenden bei 90 Prozent der Einschätzungen Problemlösungskompetenzen als eine der Kernkompetenzen an. Dagegen wurde nur bei 20 Prozent der Einschätzungen Kreativität zu den Kernkompetenzen hinzugezählt. Die Einstufung der Bedeutung für die kommenden fünf Jahre erfolgt auf Grundlage der Kernkompetenzauswahl. Von den 90 Prozent der Einschätzungen, die Problemlösungsfähigkeit als Kernkompetenz sahen, beurteilten 54 Prozent beispielsweise eine Zunahme und 43 Prozent zumindest eine gleichbleibende Bedeutung dieser Kompetenz in den kommenden fünf Jahren. Zudem sahen 78 Prozent derer, die Problemlösungskompetenz als Kernkompetenz auswählten, eine Möglichkeit diese künftig digital zu unterstützen.

Vergleicht man zunächst die Bedeutung der kognitiven Kompetenzen zum heutigen Zeitpunkt und die Bedeutungsentwick-

lung der kognitiven Kompetenzen für die nächsten fünf Jahre, lässt sich deskriptiv feststellen, dass die Kernkompetenzen, die heute bereits über alle Berufe hinweg nachgefragt sind, auch in Zukunft von Bedeutung sein werden. Dies betrifft die Problemlösungsfähigkeit genauso wie das planungs- und ergebnisorientierte Handeln und die Team- und Kooperationsfähigkeit. Es fällt ein leichter Trend in den Einschätzungen auf: Die Kompetenzen, die heute tendenziell weniger zu den Kernkompetenzen gezählt werden, scheinen in Zukunft stärker an Bedeutung zu gewinnen, so zum Beispiel die Innovationsfähigkeit der Mitarbeiter/-innen wie auch deren generische IKT-Fähigkeiten. Überraschend ist, dass, zumindest für die ausgewählten Berufe, die Kreativität eine untergeordnete Rolle spielt und auch in den kommenden Jahren lediglich eine moderate oder gleichbleibende Bedeutung erhalten wird. Das scheint im Gegensatz zu dem in der Literatur prognostiziertem Bedarf an Kreativität bspw. im Kontext flexibler Produkt- und Fertigungsprozesse zu stehen. Dies gilt ebenfalls für das betriebswirtschaftliche Fachwissen.

Die Mehrheit der befragten Expertinnen und Experten hält eine digitale Unterstützbarkeit der von ihnen ausgewählten kognitiven Kernkompetenzen für realistisch. Dies unterstreicht den hohen Bedarf an daran ausgerichteten digitalen Assistenzsystemen. Ein substanzieller Anteil definiert jedoch einige Qualifikationen als nicht unterstützbar: Dazu zählen das berufliche und betriebliche Erfahrungswissen, die Team- und Kooperationsfähigkeit, die Dialog- und Kommunikationsfähigkeit mit dem Kunden sowie die Innovationsfähigkeit und Kreativität. Zudem sahen die Experten ein nicht unerhebliches Potenzial bei der Automatisierung der Steuerung von Maschinen und vernetzten Systemen.

Die Analyse der Umfrage unter den Experten bestätigt die in Kapitel 3 angeführten kognitiven Kompetenzen, die in den kommenden Jahren im Zuge einer zunehmenden Digitalisierung von entscheidender Bedeutung sein werden. Auch wenn die Ergebnisse zunächst nur für die betrachteten Berufe aussagekräftig sind, lassen sie Überlegungen zu, die eine Übertragung der Ergebnisse auf Berufsgruppen mit ähnlichen Kompetenzmustern vermuten. Dies betrifft insbesondere den industriellen Sektor und Berufe, die zwingend mit der Entwicklung von Fertigungsprozessen in der Industrie 4.0 involviert sein werden. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse, dass die Befürchtung eines Wegbrechens kompletter Berufe weitestgehend unbegründet ist. Die wenigsten kognitiven Kompetenzen hielten die Expertinnen und Experten für automatisierbar. Voraussetzung ist sicherlich, dass Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den Unternehmen sich weiterbilden und Positionen anstreben, in denen die genannten Kompetenzen von inhärenter Bedeutung sind.

Aber selbst das Steuern und Manipulieren von Maschinen oder vernetzen Systemen wird von zwei Dritteln der abgegebenen Einschätzungen als nicht automatisierbar eingestuft. Dies bedeutet, dass die Menschen kognitive Kompetenzen weiterhin selbst aufbringen müssen. Abschließend stellt sich also die Frage, wie digitale Assistenzsysteme optimal beforscht und entwickelt werden können, sodass sie sowohl den didaktischen als auch den gebrauchstauglichen Aspekten genügen.

		Einstufung	Einstufung der Bedeutung in 5 Jahren	5 Jahren	Grad d	Grad der digitalen Unterstützung	ützung
Kompetenz	Bedeutung heute	gewinnt an Bedeutung	bleibt etwa gleich bedeutend	verliert an Bedeutung	digital unterstützbar	nicht digital unterstützbar	digital automatisierbar
Problemlösungsfähigkeit	%06	54%		43% % %		78%	6% 15%
Planungsverhalten, ergebni- sorientiertes Handeln	77%	56%		39%		78%	% 18%
Teamfähigkeit, Kooperationsfähigkeit	75%	49%		49%	85%		43%
Berufliches und betriebliches Erfahrungswissen	75%	35%	55%	10%	62%	9,	30%
Organisationsfähigkeit, Selbstmanagement	68%	42%	49%	10%		83%	10% 7%
Analytische Fähigkeiten	%59	44%	53%	m% %		78%	10% 12%
Kundenorientierung und Kommunikationsfähigkeit	%09	57%		40%	61%		35% 4
Prozessdenken	%09	%69	%	30%	7	%02	18% 12%
Systemwissen, ganzheitli- ches Denken	%09	%89	%	28% 4 %		76%	22% 3%
Generische IKT-Fähigkeiten	44%		78%	20%		76%	9% 13%
Anwendung: Maschinen und vernetzte Systeme	44%	63%	Ī	28% 9%	63%	% %	31%
Innovationsfähigkeit	41%		%06	8% %		75%	24% 2
Betriebswirtschaftliches Fachwissen	26%	34%	44%	22%		81%	%6 %6
Kreativität	20%	40%	48%	12%	%95		40%
	Durch das Entfallen der Nachkommastellen können in den Summen der Prozentangaben Abweichungen von +/- 1 % entstehen.	inen in den Summen	der Prozentangab	en Abweichungen v	on +/- 1 % entsteh	ien.	

Abbildung 5: Experteneinschätzung der Wedeutung der wichtigsten Kernkompetenzen heute und in fünf Jahren sowie Einschätzung der Unter-stützbarkeit durch digitale Systeme bzw. der vollständigen Automatisierbarkeit durch digitale Systeme

4 Design digitaler Assistenzsysteme

Berufsfelder und -tätigkeiten verändern sich, neue Anforderungen kommen hinzu und alte tradierte Tätigkeitsmuster werden aufgebrochen. Damit die Beschäftigten die neuen Anforderungen annehmen und ihre neuen Tätigkeiten selbstbewusst und eigenverantwortlich ausüben können, ist eine adäquate Aus-, Fort- und Weiterbildung genauso erforderlich wie eine Unterstützung der Tätigkeiten. Den lernförderlichen und unterstützenden Systemen, die bis zu einem gewissen Grad variabel anpassbar und kostengünstig skalierbar sind, wird dabei ein großes Potenzial zugesprochen.

Jedoch sind gerade bei der Einführung von digitalen Assistenzsystemen die Beschäftigten einem nicht zu unterschätzenden Veränderungsprozess unterworfen. Hier gilt es, bereits vor der Einführung von Systemen Überzeugungsarbeit bei der Belegschaft für den Einsatz der neuen Technik zu leisten. Um Akzeptanz zu gewährleisten, sind allerdings umfangreiche Überlegungen anzustellen, um die Gebrauchstauglichkeit, Nutzerfreundlichkeit, Zufriedenheit und Lerneffekte/Unterstützungseffekte von digitalen Assistenzsystemen herzustellen. Im Folgenden soll der Fokus auf die vorzunehmenden Design- und Gestaltungsaspekte von digitalen Assistenzsystemen gelegt werden.

4.1 Ergonomie

Die Ergonomie ist, aufgrund ihres starken Einflusses auf die Arbeits- und Lebensumwelten aller Menschen, ein sehr heterogenes und interdisziplinäres Feld (Schmauder und Spanner-Ulmer 2014). Ursprünglich lag der Tätigkeitsbereich der Ergonomie ausschließlich auf den Arbeitsumgebungen von Menschen und hatte zum Ziel, diese Umgebungen für langfristige Tätigkeiten optimal auf die Beschäftigten auszurichten. Heute umfasst die Ergonomie alle Lebensumwelten und hat dabei weiterhin zum Ziel, alle Komponenten – angefangen bei gro-Ben Maschinen über analoge und digitale Geräte bis hin zu alltäglichen Arbeits- und Wohngegenständen – so handhabbar und komfortabel wie möglich zu gestalten. Die Ergonomie legt dabei insbesondere einen Fokus auf gesundheitliche und soziale Aspekte und trägt damit zum präventiven Arbeits- und Gesundheitsschutz, zur Wirtschaftlichkeit, aber auch zur Humanisierung von Arbeits- und Lebensumgebungen bei. Für die Gestaltung von Arbeit- und Alltagsgegenständen sind einheitliche Standards und Methoden in einer Grundlagennorm (EN ISO 26800) festgehalten.

Ein großer Teilbereich der Ergonomie ist die Mensch-System-Interaktion. In diesem Bereich steht die Frage im Mittelpunkt, wie Menschen bestmöglich mit Maschinen und Computern interagieren können. Die Aufgabenverteilung sollte zwischen Mensch und Maschine nach Kriterien wie technischen Möglichkeiten, Nutzerkompetenzen, Zuverlässigkeit, Flexibilität bei der Durchführung, Gesundheit und Wohlbefinden des Nutzers erfolgen.

In einer eigenen Normreihe (EN ISO 9241) werden in der Mensch-System-Interaktion Prinzipien und Anforderungen an die unmittelbare Umgebung von Computer- und Maschinensystemen festgelegt. Hardware und Software werden gleichermaßen adressiert. Insbesondere Anforderungen an visuelle Anzeigen, Ausgaben und Bildschirmdarstellungen und eine sinnvolle Dialogführung werden adressiert. Empfehlungen und Kriterien für eine physische, taktile oder haptische Eingabe von Informationen werden formuliert. Das Ziel der Normreihe ist auch hier die Vermeidung von gesundheitlichen Schäden sowie die Optimierung der Benutzerfreundlichkeit von Prozessen und Dialogen mit Maschinen und Computern.

Aktuell dominieren visuelle, bildschirmlastige Assistenzsysteme in der Arbeitswelt. Für die Zukunft zeichnet sich ab, dass auch rein auditive Systeme oder humanoide Roboter im Arbeitskontext eingesetzt werden könnten. Für alle diese Systeme gelten dennoch die gleichen Kriterien zur Gebrauchstauglichkeit, die innerhalb der Normreihe verortet sind und nach denen digitale Assistenzsysteme gestaltet werden sollten.

4.1.1 Kriterien

In Teil 11 der EN ISO 9241 werden drei Leitkriterien für die Gebrauchstauglichkeit eines Systems bestimmt: Effektivität zur Lösung einer Aufgabe, Effizienz in der Handhabung und Zufriedenheit bei der Nutzung. Diese Grundprinzipien sollten leitend bei der Gestaltung von digitalen Assistenzsystemen sein. Erstens sollten Inhalte und Prozesse in einer Weise gestaltet sein, dass Aufgaben mit einer besonders hohen Qualität in einer angemessenen Zeit bewältigt oder neue Kompetenzen mit einem hohen Lernerfolg erworben werden können. Dies bedeutet, dass der Lernprozess sowohl zum Erwerb der Kompetenz führt, als auch dass die erworbene Kompetenz auf den Arbeitskontext direkt übertragbar ist. Zweitens sollten digitale Assistenzsysteme mit möglichst wenigen Interaktionen auskommen und sich intelligent an den jeweiligen Benutzer anpassen können. Drittens sollte die Benutzung digitaler Assistenzsysteme möglichst viele positive Emotionen wecken.

Um die Gebrauchstauglichkeit zu optimieren, legt Teil 110 der Richtlinie nahe, die Dialoggestaltung zwischen Benutzer und System nach sieben Grundsätzen auszurichten:

- ▶ Aufgabenangemessenheit: Funktionalitäten sind so auszuwählen, dass sie zur Bewältigung der Aufgabe geeignet sind und unnötige Interaktionen minimiert werden. Dies bedeutet, dass in jeder Arbeits- und Lernphase nur die Funktionalitäten in digitalen Assistenzsystemen vorhanden, bedienbar oder auswählbar sind, die für die jeweilige Phase notwendig sind.
- ➤ Selbstbeschreibungsfähigkeit: Elemente und Funktionen sind so zu gestalten, dass sie entweder selbsterklärend sind oder durch geeignete Hilfen und Rückmeldungen verständlich werden. In digitalen Assistenzsystemen betrifft dies alle Bedienelemente, aber auch Instruktionen und Lernelemente (z. B. Texte, Bilder, Ton, Grafiken und animierte oder interaktive Umgebungen), die unmittelbar zur Bewältigung einer Aufgabe oder zum Erwerb einer Kompetenz notwendig sind. Schmückende oder redundante Elemente sind in Lernumgebungen zu vermeiden.
- ▶ Lernförderlichkeit: Nutzerinnen und Nutzer sollten bei der Bedienung einer Software bestmöglich angeleitet werden. Dazu empfiehlt es sich, Bedienelemente so zu gestalten, dass sie auf bestehende mentale Modelle aufbauen. Mentale Modelle sind gelernte Wissensstrukturen oder Schemata, im Kontext der Mensch-System-Interaktion Verknüpfungen von Objekten und ihren Funktionen. In der Dialoggestaltung werden diese gelernten Verknüpfungen metaphorisch genutzt. Zum Beispiel wird die Metapher der Druckknöpfe für die Einzelauswahl aus einer Gruppe von Optionen verwendet oder die Metapher der Zahlenräder zur Auswahl eines Datums auf Smartphones. Dies betrifft in gleichem Maße die Gestaltung von Elementen digitaler Assistenzsysteme.
- ▶ Steuerbarkeit: Der Dialog mit einer Software, wie auch mit komplexen Computer- oder Maschinen-Systemen, sollte immer durch den Benutzer steuerbar sein. Verliert die Benutzerin bzw. der Benutzer das Gefühl der Kontrolle, führt dies zwangläufig zu negativen Emotionen gegenüber dem System. In digitalen Assistenzsystemen betrifft dies beispielsweise die Kontrolle über Instruktionsschritte oder den Lernprozess, die Möglichkeit einen Prozess zu unterbrechen und zu einem späteren Zeitpunkt fortzusetzen und auch die Kontrolle über den Grad einer Unterstützung.
- ▶ Erwartungskonformität: Die Systeme sind so zu gestalten, dass sie den Vorstellungen der Nutzerinnen und Nutzer von ihren Lebensumwelten entsprechen. Dies bedeutet nicht, dass sie exakt die Lebensumwelten repräsentieren und sie replizieren sollen. Weiterentwicklungen und Innovationen sind durchaus erwünscht, jedoch sollten sie konsistent mit den nutzerspezifischen Erwartungen und Bedürfnissen erfolgen. Digitale Assistenzsysteme sollten sich deshalb an

- den bestehenden Lernumwelten der Beschäftigten orientieren und diese sinnvoll innovieren.
- ▶ Individualisierbarkeit: Die Interaktion mit Computer- oder Maschinen-Systemen sollte an die Bedürfnisse und den Kenntnisstand der Nutzerinnen und Nutzer angepasst werden können. Gerade für digitale Assistenzsysteme ist dieser Grundsatz von enormer Wichtigkeit, da sowohl eine effektive Unterstützung am Arbeitsplatz als auch der Lernerfolg maßgeblich vom Vorwissen und von den Vorqualifikationen des Nutzers abhängig ist.
- ▶ Fehlertoleranz: Das System sollte tolerant auf Fehler reagieren oder den Nutzern eine leichte Fehlerkorrektur ermöglichen. Dies bedeutet für digitale Assistenzsysteme beispielsweise, dass in einem Test Fehler gemacht werden können, wenn Nutzerinnen und Nutzer interaktive Lernumgebungen bedienen oder Antworten eingeben. Das System sollte auf Fehler hinweisen, bisherige Aktivitäten oder Eingaben jedoch nicht eliminieren, sondern intelligent weiterverarbeiten.

Auch in der Usability und User-Experience-Forschung zu digitalen interaktiven Geräten und visuellen Bedienoberflächen wurden Kriterien guter Gestaltung in den Fokus genommen. Während die Kriterien und Grundsätze der Usability weitestgehend gleichzusetzen sind mit den Richtlinien aus EN ISO 9241-11 und -110 (vgl. "Ziele der Usability" in Sharp et al. 2007, S. 20), betrachtet die User Experience stark subjektiv geprägte Kriterien der Ästhetik zu visuellen oder haptischen Elementen. Kriterien der Usability und User Experience sind nicht klar voneinander abgrenzbar. Während Usability-Kriterien sowie die Gestaltungskriterien der Normreihe jedoch recht stabil und objektiv erfassbar bzw. quantitativ auswertbar sind (z. B. über Performanzund Zeitmessungen oder die ISO-Norm 9241-10, Prümper und Anft 1993), stützt sich die User Experience eher auf subjektive Empfindungen. Eine qualitative Abfrage bei den Nutzern selbst (z. B. über Interviews, Fokusgruppen) oder Beobachtungen bei Nutzern ist hier häufig die einzige Möglichkeit, einen Einblick in ihr subjektives Nutzererlebnis zu erhalten. Zu diesen Empfindungen zählen beispielsweise Spaß und Freude bei der Benutzung eines Systems, also wie einnehmend, spannend oder unterhaltsam das System auf die Nutzerin bzw. den Nutzer wirkt. Aber auch negative Empfindungen wie Langeweile und Frustration können zum subjektiven Nutzererlebnis beitragen. Sharp et al. (2007) konkretisieren, dass das Ziel im Sinne der User Experience sei, bei der Entwicklung eines Systems darauf zu achten, den Nutzer in einen "Flow-Zustand" zu versetzen. Das bedeutet, dass der Nutzer von der Anwendung des Systems emotional positiv absorbiert wird und keine Irritationen, Frustrationen oder ähnlichen negativen Emotionen verspürt. Studien haben gezeigt, dass gut designte Systeme im Sinne der

User Experience zu besser wahrgenommener Nutzbarkeit (*Usability*) und besserer Performanz führten (z. B. Sonderegger und Sauer 2010; Sauer und Sonderegger 2009).

Es wird deutlich, dass digitale Assistenzsysteme nicht allein wegen ihrer transportierten Inhalte, ihrer Innovationskraft oder ihrer technologischen Reife genutzt werden, sondern insbesondere dann, wenn sie eine hohe Gebrauchstauglichkeit und eine stark positive *User Experience* erzeugen können. Im Arbeitskontext erhält dieser Faktor eine besondere Wichtigkeit, da die Beschäftigten vor allem auf möglichst erfolgreiche Arbeitsprozesse und gute Arbeitsergebnisse orientiert sind. Sie haben – im Gegensatz zu ihren anderen Lebensumwelten – wenig Zeit, sich intensiv mit einem System auseinander zu setzen. Digitale Assistenzsysteme müssen deshalb einen unmittelbaren Nutzen erzielen.

Entwicklungsprozesse, die eine hohe Gebrauchstauglichkeit hervorbringen und fördern können, sind ebenfalls in eine EN-ISO-Norm gefasst worden und werden im nächsten Abschnitt vorgestellt. Es wird sich zeigen, dass gute Entwicklungs- und Designprozesse einen deutlichen Fokus auf die beschriebenen Faktoren legen und dass der Stellenwert und Einfluss, die äußeren Rahmenbedingungen, Nutzerbedürfnisse und -kontexte sowie die zu vermittelnden Inhalte im Vordergrund stehen, während beispielsweise die Wahl des Mediums und der Technologie sekundär sind.

4.1.2 Designprozess

Die Ergonomie, ebenso wie auch die stärker an die Softwareentwicklung angelehnte Mensch-System-Interaktion, definieren ihre Entwicklungsprozesse grundlegend menschzentriert. Demnach nutzt die Ergonomie detailliertes Wissen über den menschlichen Körper und seine Funktionsweisen als Basis von Designprozessen. Das Ziel ist, eine für den Nutzer gut funktionierende, effektive, effiziente sowie sichere Arbeitsumgebung zu entwerfen. Die ursprünglich formulierte Norm EN-ISO 13407 (Human-centered design process for interactive systems), zuletzt ersetzt durch eine Ergänzung in der EN-ISO 9241 (210 - Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme), nimmt diese Idee im Kern auf und orientiert sich noch stärker an den kognitiven Funktionsweisen sowie aufgabenspezifischen Bedürfnisse der Nutzerinnen und Nutzer. Demnach stehen zunächst drei Prinzipien jedem Designprozess vor, die bestmöglich umgesetzt werden sollten:

 Aktive Beteiligung der künftigen Nutzerinnen und Nutzer, um ein klares Verständnis seiner Funktionsweisen, Bedürfnisse und Aufgabenanforderungen zu erhalten.

- 2) Iterative Entwicklung von Designlösungen, Prototypen, Nutzerbedürfnissen und Nutzerkontexten, um eine stetige Annäherung an den späteren Nutzer und seine Bedürfnisse zu erreichen.
- 3) Multidisziplinarität im Team, um die Komplexität der menschlichen Funktionsweise abzubilden und eine wichtige Grundlage für den Erfolg eines Projekts zu legen.

In der Literatur zu Entwicklungsmodellen von Produkten und insbesondere Softwaresystemen finden sich unterschiedliche Ansätze, die sich maßgeblich durch ihre Iterativität unterscheiden – vom linearen Wasserfallmodell ohne Iteration bis hin zu agilen Design- und Entwicklungsmodellen mit wöchentlichen Iterationen, z. B. *Design Thinking*, (Uebernickel et al. 2015); *eXtreme Programming*, (Beck 2000); *Scrum*, (Schwaber und Beedle 2002).

Für wie viele Iterationen sich Projektleiter von Entwicklungsteams interaktiver Systeme auch entscheiden, es hat sich gezeigt, dass bestimmte Aktivitäten essenziell für eine erfolgreiche, menschzentrierte Entwicklung sind. Zunächst ist jedem iterativen Modell die Planung und Implementierung des Designprozesses unter Beachtung der Rahmenbedingungen des Unternehmens und des Entwicklerteams voranzustellen. Nach dieser einmaligen Phase sind nach EN-ISO 13407 vier Aktivitäten in jedes menschzentrierte Entwicklungsmodell einzubinden und werden typischerweise in dieser Reihenfolge in mehreren Zyklen durchgeführt (Abbildung 6):

- 1) Nutzungskontext verstehen und spezifizieren: Zuerst sind die unterschiedlichen Aufgaben, beteiligten Personen, unterschiedlichen Nutzungsorte und -zeiten näher zu beschreiben und Anforderungen an Designlösungen zu formulieren. Für die Gestaltung digitaler Assistenzsysteme bedeutet dies, die Kontexterfassung herauszufinden, welche Arbeitsprozesse unterstützt oder erlernt werden müssen und welche Personen (z. B. Kollegen, Vorgesetzte) an den Arbeitsprozessen beteiligt sind. Weiterhin muss identifiziert werden, wann und wo eine Unterstützung oder eine Lernphase eingebaut werden sollte.
- 2) Nutzer und die Nutzerinteraktionen mit Systemen verstehen und spezifizieren: Dann wird der spätere Nutzer mit seinen physischen und kognitiven Fähigkeiten sowie seinen Unterstützungsbedarfen erfasst. Zudem sollten typische Interaktionen mit den bestehenden Systemen und anderen Objekten während des Arbeitsprozesses näher beleuchtet werden. Für digitale Assistenzsysteme sind insbesondere Informationen über den aktuellen Wissensstand des Nutzers und indirekte Informationen, z. B. über

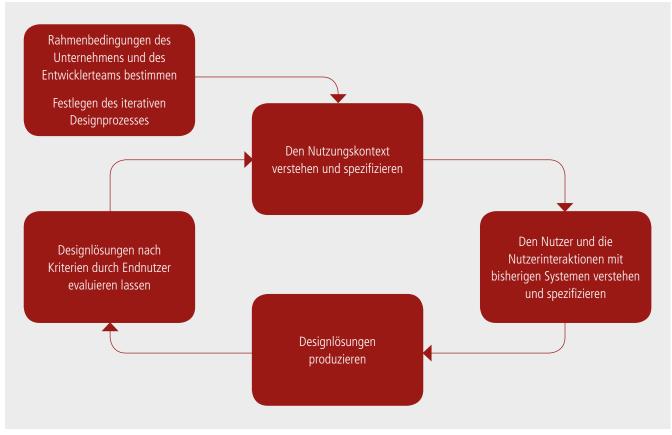


Abbildung 6: Designprozess digitaler Assistenzsysteme nach EN-ISO 13407

Herkunft und Muttersprache, von Relevanz. Weiterhin ist zu untersuchen, wie der Nutzer bisher seine Arbeitsschritte durchgeführt hat, welche Schnittstellen mit Systemen bisher bestanden und wie die künftigen Aufgaben, Tätigkeiten und Arbeitsprozesse aussehen. Aus diesen Informationen können sich von Nutzer zu Nutzer gänzlich unterschiedliche Anforderungen an Unterstützungs- und Lernsysteme ergeben, weshalb diese Designphase von großer Bedeutung ist.

3) Designlösungen produzieren: Abschließend werden verschiedene Designlösungen anhand der spezifizierten Anforderungen und Bedarfe entwickelt. Designlösungen können je nach Projektfortschritt unterschiedliche Reifegrade haben. Für bildschirmlastige digitale Assistenzsysteme können beispielsweise bereits in frühen Iterationen Papierprototypen entwickelt werden. Im weiteren Projektverlauf bieten sich interaktive Prototypen an, die mit speziellen Softwarelösungen komfortabel und schnell zu entwickeln sind. Auch ein erstes "Look & Feel" der Applikation ist mit diesen Softwarelösungen möglich, um einen ersten Eindruck der User Experience zu erhalten.

- Handelt es sich um stärker haptische oder auditive digitale Assistenzsysteme, existieren Techniken, auch diese früh als rudimentäre Prototypen zu entwickeln.
- 4) Designlösungen nach Kriterien durch Endnutzer evaluieren lassen: In Anlehnung an die beschriebenen Usability-Ziele werden in der letzten Phase die unterschiedlichen Prototypen durch spätere Nutzerinnen und Nutzer getestet und evaluiert, je nach Reifegrad entweder im Entwicklerlabor oder bereits im realen Anwendungskontext. Bei digitalen Assistenzsystemen kommt dieser Phase eine besondere Bedeutung zu, da hier nicht nur die Gebrauchstauglichkeit getestet wird, sondern auch der Unterstützungs- oder Lerneffekt mit sozialwissenschaftlichen Methoden untersucht werden muss.

Zur Erreichung der Ziele jeder Phase sind, abhängig von den Rahmenbedingungen und des Entwicklungsgegenstandes, unterschiedliche Designtechniken und qualitative Methoden anzuwenden. Eine designorientierte Sammlung an Techniken findet sich bei Uebernickel et al. (2015), eine stärker wissenschaftlich orientierte Sammlung findet sich in Sharp et al. (2007).

Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, Unternehmen sowie industrie- und technologienahe Forschungsvorhaben bei der Entwicklung von digitalen Assistenzsystemen zu unterstützen, welche explizit Faktoren der Gebrauchstauglichkeit (Usability) und User Experience einbeziehen, einen menschzentrierten Ansatz verfolgen, interdisziplinär arbeiten und iterative Entwicklungsmodelle umsetzen. Bei der Entwicklung von digitalen Assistenzsystemen ist es besonders wichtig, dass die Unterstützungsund Lerninhalte angemessen aufbereitet und an den jeweiligen Nutzer vermittelt werden. Nur so kann ein optimaler Unterstützungs- und Lernprozess einsetzen, der den größtmöglichen Effekt bringt. Aus diesem Grund gehen die Autoren im folgenden Abschnitt näher auf die didaktischen Aspekte ein und machen deutlich, welchen Einfluss didaktische Überlegungen auf die Gestaltung der Lerninhalte haben. Anschließend zeigen die Autoren, wie menschzentrierte Designmethoden aus der Ergonomie mit Instructional-Design-Methoden aus der Mediendidaktik kombiniert werden können, um die Praxistauglichkeit digitaler Assistenzsysteme zu verbessern.

4.2 Didaktik

Während die Didaktik ein analytisches Rahmenmodell vorgibt, mit dessen Hilfe Bedingungs- und Entscheidungsfaktoren zur Entwicklung von Lernkonzepten analysiert werden können, beschreibt der angelsächsische Ansatz des *Instructional Design* ein prozesshaftes Vorgehen bei der Entwicklung von Lernmaterial und -ablauf (Kerres 2013, S. 213 ff.). Im Folgenden soll zunächst das Feld der Didaktik näher aufgezeigt werden. Nach Peterssen (2000) umfasst das didaktische Rahmenmodell drei Analyseeinheiten (Abbildung 7):

- ► Lernbedingungen: Unter den Lernbedingungen werden der aktuelle Wissensstand und die Lernziele der beteiligten Akteure erfasst.
- ► Lehrziele: In den Lehrzielen wird der gewünschte Zielzustand an Wissen und Fähigkeiten, werden also die zu erwerbenden Kompetenzen der Beschäftigten, festgelegt.
- ▶ Lehrinhalte: In den Lehrinhalten werden die bestehenden und zugänglichen Materialien definiert. Für das berufsbezogene Lernen stehen typische oder künftige Arbeitsprozesse und Herausforderungen im Mittelpunkt.

Die beschriebenen Analyseeinheiten bestimmen die einsatzbaren Technologien und die Ausgestaltung des Lernangebots. Sie sind Voraussetzung für die didaktische Entscheidungsebene, die ebenfalls aus drei Elementen besteht:

▶ Methoden: Abhängig von den Lehrzielen und -inhalten werden die einzusetzenden Methoden ausgewählt, beispielsweise Exposition oder problemorientiertes bzw. kooperatives Lernen.

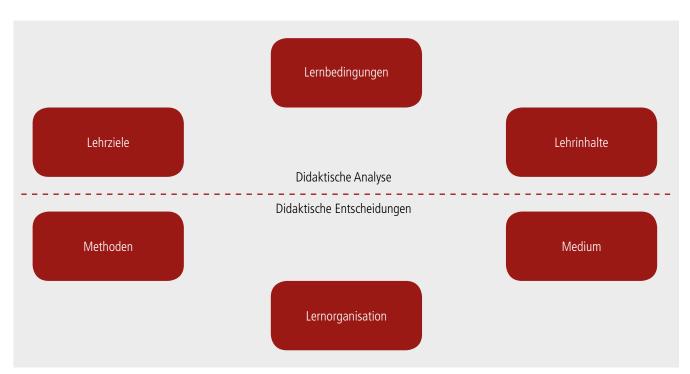


Abbildung 7: Didaktisches Rahmenmodell nach Peterssen (2000) aus Kerres (2013)

- ▶ Medium: Überlegungen zu Medium und Technik sollen eine optimale Unterstützung in der spezifischen Lernumgebung gewährleisten. Die Medien können Lehrinhalte auf unterschiedliche Weise vermitteln und sollten mit einer der Umgebung angepassten Mensch-System-Interaktion ausgestattet sein.
- ▶ Lernorganisation: Die Lernorganisation hat eine zeitliche, räumliche und soziale Dimension (z. B. Einzel- oder Gruppenarbeit, "Face-to-face", virtuell), die sich nach Lernbedingungen, Lehrzielen und Lehrinhalten richten.

Für die Erforschung und Entwicklung digitaler Lernumgebungen haben sich zuletzt zwei relevante Forschungsfelder etabliert, die sich der Lerneranalyse im Bereich der Lernbedingungen widmen: Learning Analytics und Educational Data Mining. Das Ziel beider Disziplinen ist es, den Lerner, sein Vorwissen und seinen Lernbedarf anhand seines Lernverhaltens und der angefallenen Lerndaten bestmöglich zu interpretieren, zu modellieren und die technologische Lernumgebung bestmöglich an den Lernenden anzupassen (Siemens 2012). Die Dateninterpretation bei Learning Analytics wird dabei vor allem von Lernspezialisten durchgeführt. Beim Educational Data Mining wird dagegen verstärkt auf eine automatische Auswertung und ein automatisches Erkennen von Mustern in großen Datenmengen gesetzt (Baker und Inventado 2014). Beide Disziplinen erlauben jedoch Schlüsse aus dem Lernverhalten zu ziehen, um die Lerninhalte und das Lernmaterial an die individuellen Eigenschaften der Lernenden anzupassen. Welche didaktischen Methoden und Medien für den Erwerb von spezifischen Kompetenzen eingesetzt werden können, wird im Folgenden beschrieben.

4.2.1 Didaktische Methoden

Die Didaktik bietet einen reichhaltigen Pool an unterschiedlichen didaktischen Methoden, die nicht systematisch gruppiert werden können und sich teilweise ähneln bzw. Überschneidungen aufweisen. Angelehnt an Kerres (2013, S.312 ff.) werden nachfolgend vier Prinzipien didaktischer Methoden vorgestellt und im Kontext digitaler Assistenzsysteme erläutert.

Exposition

Bei der Exposition handelt es sich um die Darstellung des Lernmaterials durch Bild, Text oder Ton, welches vom Lernenden rezipiert, verstanden und im Langzeitgedächtnis abgespeichert werden soll. Diese direkte Instruktion wird in regelmäßigen Abständen durch Übungen unterbrochen und anschließend abgefragt. Der Prozess setzt sich fort, bis der Lernende das angestrebte Niveau erreicht hat. Diese didaktische Methode ist stark strukturiert und eignet sich vor allem zum Erlernen von

deklarativen (Fakten-)Wissen sowie feststehenden Konzepten. Sie ist weniger geeignet, um Analyse-, Planungs- und Problem-lösungskompetenzen zu erwerben. Dennoch kann die direkte Instruktion (ohne Übungen und Wiederholungen) eine unmittelbare Unterstützung leisten, Aufgaben richtig und fehlerfrei durchzuführen. Ist das Ziel also nicht unmittelbar ein Erlernen, sondern vielmehr ein Entlasten, und sind die Arbeitsprozesse im Vorfeld definierbar, kann auf die direkte Instruktion zurückgegriffen werden.

Kooperatives und kollaboratives Lernen

Während die Exposition stark auf individuelles Lernen setzt, stellt das kooperative und kollaborative Lernen die Interaktion in Gruppen in den Vordergrund. Die Lernenden erlangen ihr Wissen dabei hauptsächlich, indem sie mit ihren Lernpartnern kommunizieren und Informationen austauschen. Dies kann dazu führen, dass Informationen vertieft verarbeitet werden und Lernmaterie besser verstanden wird. Kooperatives Lernen ist häufig dadurch gekennzeichnet, dass in individuellen Lernphasen (deklaratives) Wissen (durch Exposition) erworben und anschließend in Gruppen-Lernphasen diskutiert, erläutert und vertieft wird (Aronson und Patnoe 1997). Kollaboratives Lernen verfolgt dagegen das Ziel, das Wissen gänzlich in der Gruppe entstehen zu lassen (Dillenbourg 1999). Studien haben gezeigt, dass das gruppenbasierte Lernen Vorteile gegenüber dem individuellen Lernen haben kann und auch zu höherem Lernerfolg führt (Lou et al. 2001). Umfassen die Lerninhalte deklaratives Wissen, so empfiehlt sich eher eine kooperative Methode. Geht es bei den Lerninhalten gänzlich um soziale Fertigkeiten, können auch nur kollaborative Methoden eingesetzt werden. Sind spätere Arbeitsprozesse stark problemorientiert und werden diese im Unternehmen von Teams bearbeitet, so können kooperative und kollaborative Methoden in das problembasierte Lernen miteingebunden werden.

Problembasiertes Lernen

Das problembasierte Lernen orientiert sich stark an anwendungsnahen Kontexten, welche so authentisch wie möglich in den Lernkontext übertragen werden (van Merriënboer und Kester 2008). Lernpsychologen gehen davon aus, dass durch die Beschäftigung mit einem Problem und das Lösen des Problems vertiefte Informationsverarbeitungsprozesse stattfinden, die zu nachhaltigeren Lerneffekten führen. Dabei entwickeln die Lernenden zunächst ihre Kompetenzen im speziellen Kontext einer Aufgabe und abstrahieren ihre Kompetenzen erst durch das Lösen weiterer Aufgaben (van Merriënboer und Sweller 2005). Der Lerngegenstand kann in realen, anwendungsnahen Kontexten angesiedelt werden, etwa direkt am Arbeitsplatz, in realen Projekten (Barron et al. 1998), im Feld oder in einem

Simulator. Das problembasierte Lernen zeigte sich vorteilhaft, wenn Kompetenzen im Umgang mit komplexen Aufgaben, konzeptionelle Fähigkeiten und prozedurales Wissen im Vordergrund standen (Dochy et al. 2003). Im Vergleich zur Exposition oder auch zu kooperativen und kollaborativen Lernmethoden ist das problembasierte Lernen deutlich weniger strukturiert und kontrolliert. Dennoch ist das Anleiten der Lernenden, z. B. durch Ausbilder oder Tutoren, wichtig. Dabei gilt: Je mehr Expertise der Lernende sammelt, desto weniger Unterstützung wird geboten, um die Eigenverantwortung im Arbeitsprozess zu stärken.

Forschungs- und arbeitsplatzbasiertes Lernen stellen zwei Varianten des problembasierten Lernens dar. Beide Lernvarianten greifen die Prinzipien des problembasierten Lernens auf, übertragen diese jedoch deutlich anwendungsorientierter in den jeweiligen Kontext, entweder um das wissenschaftliche Arbeiten an Hochschulen zu schulen oder um arbeitsplatzrelevante Kompetenzen im unmittelbaren Anwendungskontext besser zu vermitteln.

Kapitel 2 hat deutlich gezeigt, dass Problemlösungsfähigkeiten und darin eingebettete analytische, soziale und kreative Kompetenzen in Zukunft von hoher Bedeutung sein werden. Das problembasierte Lernen bietet hierfür die geeignete Methodik. Je nach Rahmenbedingungen, Lerninhalten und -zielen ist jedoch zu beachten, dass die Methode zeit- und ressourcenaufwändig sein kann. Der Transfer von erworbenen Kompetenzen kann nicht immer unmittelbar erfolgen, sondern erfordert unter Umständen die Abstraktion oder die sukzessive Annäherung an reale Arbeitsinhalte und -prozesse.

4.2.2 Lernmotivationale Aspekte

Spielerisches Lernen

Das spielerische Lernen bietet die Möglichkeit, die Lernermotivation durch bekannte Elemente aus analogen oder digitalen Spielen zu steigern. Seit einigen Jahren hat sich dafür im deutschsprachigen Raum zunehmend der Begriff *game-based learning* durchgesetzt, also ein auf Spielen basierendes Lernen. Spiele und Spielprinzipien können dabei in unterschiedlicher Weise eingesetzt werden (Kerres 2013, S. 388ff.): Entweder nähert sich die Spielwelt der Lernsituation an und greift damit die Anwendungskontexte im problembasierten Lernen auf, z. B. in Form von Simulationen und Planspielen, oder Lernaufgaben werden in eine Spielewelt eingebettet und erfüllen dabei die Rolle von Hindernissen, die zum Weiterkommen im Spiel überwunden werden müssen. Mit diesen beiden Ansätzen werden auch zwei Lernmodi deutlich: zum einen das implizite Lernen,

welches in Simulationen wirksamer ist, da Personen eher beiläufig durch das Ausführen ihrer Aktionen lernen und direktes Feedback durch das Spiel erhalten, zum anderen das explizite Lernen, welches deutlicher wird, wenn Personen aus dem Spielfluss genommen und mit Lernaufgaben konfrontiert werden. Lernende werden maßgeblich durch die immersive Gestaltung eines Spiels motiviert, z. B. durch spannende Erzählmethoden oder angemessene Schwierigkeitsgrade.

Die aufgezeigten Ansätze beschreiben, trotz ihres Lernfokus, immer noch (digitale) Spiele im klassischen Sinne. Unter dem Begriff *Gamification* zeigte sich in den vergangenen Jahren aber auch die Tendenz, Spielelemente in bestehende Lern- und Arbeitsumgebungen zu integrieren, um die Motivation und letztlich die Lern- oder Arbeitsleistung zu steigern (Deterding et al. 2011). Häufig wird *Gamification* so eingesetzt, dass die Leistung des Lernenden gegenüber sich selbst (individueller Bezugsrahmen), gegenüber eines normativen Standards (sachlicher Bezugsrahmen) oder gegenüber anderen (sozialer Bezugsrahmen) sichtbar gemacht wird, z. B. in Form von Fortschrittsanzeigen oder sogenannten *Highscore*-Listen.

Das Prinzip des spielenden Lernens – insbesondere von Gamification – kann mit Blick auf den Lernerfolg noch nicht abschließend bewertet werden. Es sollte daher von Anwendungsfall zu Anwendungsfall abgewogen werden, ob genügend Ressourcen für eine immersive Lern- und Unterstützungsumgebung vorhanden sind und ob geeignete Spielmechanismen gefunden werden können, damit Lernende die digitalen Umgebungen annehmen und als Gewinn erachten (Kerres 2013; Morschheuser et al. 2017).

Selbstbestimmtes und selbstreguliertes Lernen

Ein starker motivationaler Faktor beim Lernen ist die Möglichkeit der Lernenden, ihre Lernziele, das Lernthema, das Lerntempo, die Inhalte sowie die Lernumgebung selbst bestimmen zu dürfen. Das Prinzip des selbstbestimmten Lernens wurde stark von Maria Montessori und ihren Arbeiten zur Kinderpädagogik beeinflusst. Ihre Überlegungen mündeten in der heute bekannten Montessori-Pädagogik. Die Idee des selbstbestimmten Lernens widerspricht grundlegend dem Ansatz klassischer Bildungsbereiche, die einen streng curricular vorgegebenen Lernplan vorschreiben, nach dem sich die Lehrenden und Lernenden richten sollen. So findet sich heute, bspw. bei E-Learning-Angeboten, der Faktor der Selbstbestimmung nur im begrenzten Rahmen wieder. Lernende können aus einer Auswahl an Lernmodulen wählen oder ihnen wird individuell zu ihrem Wissensstand eine Auswahl an zusätzlichem weiterführendem Lernmaterial angeboten. Die Auswahl ist jedoch eng an die allgemeinen Lernziele

und den Lernplan geknüpft. Zudem bietet sich das selbstbestimmte Lernen für die Lernertypen an, die bereits eine gewisse Neugier und Offenheit zu neuen Themen mitbringen. Beim Einsatz selbstbestimmten Lernens ist daher darauf zu achten, welche Lernthemenkomplexe, Lerninhalte und Lernertypen vorhanden sind, und ob der benötigte Freiraum gewährt werden kann.

Wählen Lernende innerhalb eines freien oder gesteckten Lernrahmens bestimmte Lernthemen und -inhalte aus und wird ihnen beim Lernprozess eine gewisse Freiheit geboten, beispielsweise bei Problemlöseprozessen, spielt die *Selbstregulation* eine große Rolle. Selbstregulierte Lerner setzen sich eigenständig Lernziele oder Teilziele, wählen eigenständig eine Lernstrategie aus und orientieren sich dabei an internen wie externen Bezugssystemen. Sie beobachten und steuern ihren Lernprozess kontinuierlich und sind daher aktive sowie konstruktive Akteure ihres eigenen Lernprozesses (Azevedo 2005; Sitzmann und Ely 2011; Zimmerman 2002). Es zeigte sich in Studien, dass Lernende, die eine hohe Selbstregulation aufwiesen, auch einen höheren Lernerfolg erzielten.

4.2.3 Instructional Design

Im *Instructional Design* steht das Erstellen von Lernmaterial und Tests im Mittelpunkt. Dabei umfasst es mehr als die reine Bedeutung der "Instruktion", nämlich die systematische Konzeption von Lerneinheiten ausgehend von grundlegenden didaktischen Überlegungen. Von seinen frühen Ursprüngen her basiert das *Instructional Design* auf einem linearen Modell, welches beständig weiterentwickelt wurde und nachfolgend idealtypisch dargestellt wird (Dick et al. 2008 in Kerres, 2013):

- 1) Lehrziele bestimmen: Es gilt zunächst festzulegen, welches Wissen und welche Kompetenzen der Lernende am Ende einer Lerneinheit beherrschen soll. Im Fall digitaler Assistenzsysteme ist dies die Festlegung, in welchen Tätigkeiten bzw. Tätigkeitsbereichen eine Unterstützung oder Befähigung erfolgen soll und welche speziellen Bedürfnisse dabei zu berücksichtigen sind.
- 2) Lehrstoff und Lernprozesse analysieren: Abhängig von der Art des vorliegenden Lehrstoffs werden die entsprechenden Lernprozesse abgeleitet und interpretiert. Dies gilt in gleichem Maße für die Aufbereitung des Lehrstoffs und der Lernprozesse in digitalen Assistenzsystemen.
- 3) Vorkenntnisse analysieren und festlegen: In dieser Phase wird definiert, welche Vorkenntnisse für die Bearbeitung einer Aufgabe notwendig sind. Für digitale Assistenzsysteme ist deshalb wichtig festzustellen, welche Vorkenntnisse

- ein Beschäftigter braucht, um eine technische Unterstützung wahrzunehmen, mit dem Ziel bestimmte Arbeitsschritte durchzuführen oder bestimmte Aufgaben zum Erwerb von Kompetenzen zu bearbeiten.
- 4) Kriterien für Lernerfolg festlegen: Es sind messbare Erfolgskriterien zu bestimmen, die sich an den Lehrzielen orientieren
- 5) Tests entwickeln: Auf Grundlage der Kriterien werden Testfragen (*Items*) entwickelt, die Aufschluss über den Lernerfolg geben sollen. Wenn am Arbeitsplatz digitale Assistenzsysteme Lernerfolge messen, sind die Mitbestimmungspflicht des Betriebsrates und datenschutzrechtliche Aspekte zu berücksichtigen.
- 6) Instruktionsstrategie festlegen: In dieser Phase werden die didaktische Methode, geeignete Übungen, deren Abfolge, mögliches Feedback und relevante Folgeaktivitäten festgelegt. Im Fall digitaler Assistenzsysteme werden anhand der Lernziele die didaktische Methode, das zu erlernende Wissen oder die angestrebten Kompetenzen, geeigneten Sequenzen und die Art sowie der Zeitpunkt des Feedbacks festgelegt.
- 7) Lehrmaterial auswählen und produzieren: Je nach Rahmenbedingung sind gegebenenfalls neue Lehrmaterialien zu erstellen und entsprechend den Bedürfnissen der Lernenden anzupassen. Im Kontext digitaler Assistenzsysteme ist zu prüfen, ob Materialen zur Vor- und Nachbereitung digital oder ergänzend analog bereitgestellt werden, welche Medien und Technologien zum Einsatz kommen und wie die Nutzerinnen und Nutzer kurz-, mittel- und langfristig zu einer Selbstüberprüfung angeregt werden können.
- 8) Kontinuierliche und begleitende Evaluation des Testmaterials: Das Lernmaterial sollte zusammen durch die späteren Lernenden getestet und evaluiert werden. Hier zeigen sich Ähnlichkeiten zu den Aktivitäten in den Designprozessen von EN-ISO 13407. Demnach ist das Einbinden von Nutzerinnen und Nutzern gerade beim Einsatz neuer innovativer Anwendungen und Technologien von großer Bedeutung.
- 9) Lernangebot überarbeiten: Durch die Evaluation ergeben sich Verbesserungsvorschläge und neue Ideen, die in eine Überarbeitung des Lernangebots einfließen.
- 10) Abschließende Evaluation planen und durchführen: Nach ein- oder mehrmaliger Überarbeitung des Lern- oder Unterstützungsangebots wird die abschließende Qualität des Lernmaterials evaluiert. Wichtiges Kriterium ist dabei das Maß an Befähigung im realen Anwendungskontext.

Diese Art des *Instructional Design* wird als systematisches, sequenzielles und generisches Vorgehen beschrieben, welches

zunächst frei von lerntheoretischen Ansätzen und Methoden ist. Im Rahmen kognitivistischer Überlegungen sind jedoch Modelle entstanden, die nicht das schlichte Anhäufen von Wissen in den Vordergrund stellen, sondern die Durchdringung und tiefe Reflexion von Problemstellungen. Lernangebote sollten deswegen zu diesen tiefen kognitiven Prozessen und dem Erwerb von Lernstrategien führen. Typisches Modell eines *Instructional Designs*, welches sich dem problembasierten Lernen verschreibt, ist das "4C/ID"-Modell (Four-Component/Instructional Design Model) von van Merriënboer und Sweller (2005):

- Lernaufgaben: Lernaufgaben sind als komplexe Probleme in Anwendungssituationen zu konzipieren. Dabei sollte sich der Schwierigkeitsgrad abhängig vom Vorwissen der Beschäftigten von einfachen zu schwierigen Problemen hin entwickeln. Durch die sukzessive Steigerung des Schwierigkeitsgrads und die Bearbeitung unterschiedlicher Problemstellungen wird eine Abstraktion von Wissen und Kompetenzen gefördert.
- 2) Aufgabenspezifische Informationen: Zusätzlich zur Problem- und Aufgabenstellung sollten spezifische Informationen zum Sachverhalt aufbereitet, gekennzeichnet und beständig verfügbar gemacht werden.
- 3) Prozedurale Informationen: Hinweise und Instruktionen, die abhängig vom Lernverlauf sind, sollten an entsprechender Stelle eingeblendet werden. Mit steigender Anzahl oder Wiederholung von Lernaufgaben sollten weniger Unterstützungsmaßnahmen zum Einsatz kommen, um den Lernenden eigenständiger agieren zu lassen.
- 4) Übungen zu Teilfertigkeiten: Parallel zu den Aktivitäten des Problemlösens sollten Übungen vorgeschlagen werden, um Routinen in bestimmten Teilfertigkeiten aufzubauen. Dieser Aufbau von Routinen ist notwendig, wenn bestimmte Fertigkeiten zur Durchführung komplexer Aufgaben elementar erforderlich sind.

Ein entscheidendes Merkmal von Lernangeboten, die den Methoden des *Instructional Design* folgen und die Bearbeitung von Problemlöseaufgaben in den Mittelpunkt stellen, ist die Integration von Wissen und Fertigkeiten – domänenspezifisch ebenso wie domänenübergreifend. Zudem werden bei einem guten Design induktive und deduktive Elemente verbunden. Bei der Bearbeitung unterschiedlich komplexer Lernaufgaben wird induktiv – das heißt vom Besonderen zum Allgemeinen – und beim Üben von elementaren Fertigkeiten wird deduktiv – also vom Allgemeinen zum Besonderen – vorgegangen.

Im Kontext eines Unternehmens spielen Überlegungen, komplexe und anwendungsorientierte Lernaufgaben zu entwickeln,

eine wichtige Rolle. Die Beschäftigten können so am Arbeitsplatz lernen und ihre erworbenen Kompetenzen und Fertigkeiten direkt anwenden. Digitale Assistenzsysteme, die problemund arbeitsplatzbasierte Lernumgebungen anbieten, sollten dementsprechend gut in die Arbeitsumgebung integrierbar sein. Dabei ist eine kontinuierliche Steigerung des Schwierigkeitsgrades von großer Wichtigkeit.

Sollte es im Kontext von Industrie 4.0 beispielsweise notwendig sein, Beschäftigte darin zu schulen, wie sie am besten auf Kundenwünsche eingehen und Produktionsprozesse situativ anpassen, so könnte die Komplexität der problembasierten Lernaufgaben durch eine Steigerung der zu kombinierenden Produkt-, Werkzeug- oder Maschinenelemente manipuliert werden. Gleichzeitig ist auf eine kontinuierliche Abnahme der unterstützenden Informationen zu achten, um die Eigenständigkeit der Beschäftigten zu schulen. Im industriellen Kontext könnte auch der Erwerb manueller und handwerklicher Fertigkeiten, parallel zu übergreifenden Problemlösungskompetenzen eine wichtige Rolle spielen. Werden problembasierte Lernangebote an das Vorwissen und die Vorqualifikationen der Beschäftigten angepasst, so steigt die Wahrscheinlichkeit optimaler Lernprozesse ohne Über- oder Unterforderung und damit die Neigung zu einer erhöhten Motivation und besseren Lernleistung.

4.3 Wahl des Mediums und der Technologie

Die Wahl des Mediums und der Technologie ist abhängig von der didaktischen Analyse der Rahmenbedingungen, Lerninhalte und Lernziele. Dabei erscheint die reine Übertragung von analogen Instruktionen auf digitale Systeme wenig bis gar nicht nützlich (Bernard et al. 2004). Erst wenn Lerninhalte unter Beachtung ihrer Struktur und Komplexität multimodal durch Videos, interaktive Grafiken oder Simulationen aufbereitet werden, scheinen sie besser erlernbar zu sein und einen Mehrwert zu erhalten (Ginns 2005). In diesen Fällen ist der Einsatz digitaler Lernmedien zu empfehlen. Zudem bietet sich eine digitale Darbietung an, wenn Lerninhalte und Lernpfade – in Abhängigkeit der Aktivitäten und Reaktionen des Lernenden – stark individualisiert werden sollen und eine 1:1-Betreuung der Lernenden von Lehrenden nicht möglich ist. Eine digitale Bereitstellung und Auswertung von Lerninhalten wie auch die Einrichtung von Kommunikations- und Austauschplattformen im Internet ist dann sinnvoll, wenn das Lernen orts- und zeitunabhängig erfolgen soll. Darüber hinaus ist bei der Wahl der Technologie darauf zu achten, unter welchen Rahmenbedingungen das Lernen bzw. die arbeitsplatzbezogene Unterstützung stattfinden soll: Soll das Lernen mobil möglich sein oder brauchen die Lernenden einen ruhigen und sicheren Lernort? Muss der Lernende beim Lernen zusätzlich andere Aktivitäten durchführen und dafür seine Hände frei haben oder soll er komplexe Interaktionen mit den Lerninhalten durchführen können? Welche Licht- und Geräuschverhältnisse braucht der Lernende, um die Lerninhalte optimal aufnehmen zu können?

All diese didaktischen Überlegungen geben Hinweise auf den richtigen Medien- und Technologiemix. Dieser ist in den seltensten Fällen rein digital oder analog, sondern häufig eine Mischung. Dabei spricht man allgemein vom Konzept des Blended Learning. Die Ausgestaltung, der Anteil digitaler und analoger Lernmedien ist beliebig variabel. Ein in der Fachliteratur und den Medien vielzitiertes Beispiel eines Blended-Learning-Konzepts ist der *Flipped Classroom*. Im Flipped Classroom werden alle Lerninhalte, die normalerweise vom Lehrenden durch eine Vorlesung oder mündliche Vorträge – wahlweise unterstützt durch Tafelanschriebe oder digitale Präsentationen – vermittelt werden, digital bereitgestellt. Dies kann beispielsweise mit Video-, Audio-, Text- oder animiertem Lernmaterial, Testübungen und weiteren Lernelementen erfolgen. Während der Präsenzzeit im Klassenraum wird dann auf stark interaktive, diskursive und kollaborative Lernmethoden zurückgegriffen, um die Lerninhalte zu vertiefen. Das Versprechen für die Lehrenden ist, zentral Lernmaterial im Vorfeld bereitzustellen, die Präsenzzeit zu optimieren und somit den Unterricht effektiver zu gestalten. Die Forschungsergebnisse zu diesem Konzept sind allerdings schwer interpretierbar. Sie deuten je nach Bildungs-, Lern- und Inhaltskontext unterschiedliche Wirkungsgrade bezüglich der Effektivität an (Abeysekera und Dawson 2014).

Da im Mittelpunkt dieser Studie vor allem kognitive Lern- und Unterstützungsszenarien stehen, sind digitale Ansätze besonders dann hilfreich, wenn eine große heterogene Gruppe von Beschäftigten (mit der Möglichkeit einer individualisierten Unterstützung) komplexe Zusammenhänge (mithilfe multimedialer Aufbereitung und Simulationen) orts- oder zeitunabhängig (über mobile und asynchrone Unterstützungs- und Lernprozesse) erfassen müssen. Eine Übersicht des aktuellen Standes der Forschung erfolgt in Kapitel 5. Zunächst werden jedoch die ergonomischen und didaktischen Designprozesse zusammengeführt und konkrete Anwendungsbeispiele für unterschiedliche Berufsbilder dargelegt.

4.4 Zusammenführung ergonomischer Designprozesse und didaktischer Designprozesse

Ergonomische Designprozesse, wie sie in den EN-ISO Normen 13407 und 9241-210 beschrieben sind, legen einen besonderen Fokus auf eine menschzentrierte Entwicklung interaktiver Systeme. Derartige Designprozesse verfolgen vor allem das Ziel, die Gebrauchstauglichkeit – unter Beachtung des Nutzerkontextes, der Nutzerbedürfnisse und gesundheitlicher oder sozialer Aspekte zu optimieren. Diese Designprozesse adressieren damit das gesamte System, die Informationsauswahl und -struktur wie auch die Form und Auswahl der Technologie. Das didaktische Rahmenmodell (Peterssen 2000) und die Instructional-Design-Prozesse verlegen ihren Schwerpunkt dagegen konzentrierter auf die inhaltliche Ausarbeitung des Informationsangebots. Anstatt den Nutzerinnen und Nutzern möglichst handhabbare und komfortable (Arbeits-)Abläufe zu ermöglichen, haben didaktische Designprozesse zum Ziel, Unterstützungs- und Lernangebote mit maximalen (Lern-)Effekten zu entwickeln. Beide Entwicklungsprozesse eint jedoch die Absicht, die Abläufe so effizient, effektiv und angenehm wie möglich zu gestalten, sodass sich Nutzerinnen und Nutzer, Beschäftigte und Lernende auf ihre eigentlichen Tätigkeiten das Informieren, Produzieren und das Lernen – konzentrieren können. Gerade in Prozessphasen der Kontextualisierung, Nutzerspezifizierung und Lösungsgenerierung weisen beide Prozessansätze starke Gemeinsamkeiten auf. Im Kontext digitaler Assistenzsysteme zur Unterstützung von Arbeitsabläufen und zum Erwerb neuer Kompetenzen kommen diese Gemeinsamkeiten besonders zum Tragen (siehe Abbildung 8).

Designprozesse für digitale Assistenzsysteme sollten arbeiterbzw. Iernerzentriert ausgerichtet sein, das Designteam mit Experten unterschiedlicher Disziplinen (Produkt- und Interaktionsdesigner, Lernpsychologen, Erziehungswissenschaftler der Erwachsenenbildung, Informatiker und Ingenieure) ausgestattet und die eigentlichen Beschäftigten und Lernenden in möglichst allen Designphasen einbezogen werden. Dieser Designprozess ist möglichst iterativ zu gestalten und zu implementieren.

Zu den Rahmenbedingungen des Designprozesses gehört zentral die Festlegung, welche Kompetenzen mit digitalen Assistenzsystemen adressiert werden sollen. Eine zweite zentrale Festlegung ist die Entscheidung, ob die adressierten Kompetenzen erworben oder ob Beschäftigte befähigt werden sollen, die in den Kompetenzen enthaltenen Tätigkeiten durchzuführen. Häufig sind beide Aspekte – der Erwerb und die Befähigung – in die Entwicklung von digitalen Assistenzsystemen miteinzubeziehen. Je nach Entscheidung muss im Designprozess festgelegt werden, welcher Grad an *Lern*angebot oder *Unterstützungs*angebot entwickelt werden soll. Wenn Lernziele und Grad an Lern- und Unterstützungsangeboten festgelegt sind, lassen sich bereits zu diesem Zeitpunkt erste Schlüsse über mögliche einzusetzende Lernmethoden ziehen, die in die nachfolgenden Phasen einbezogen werden können.

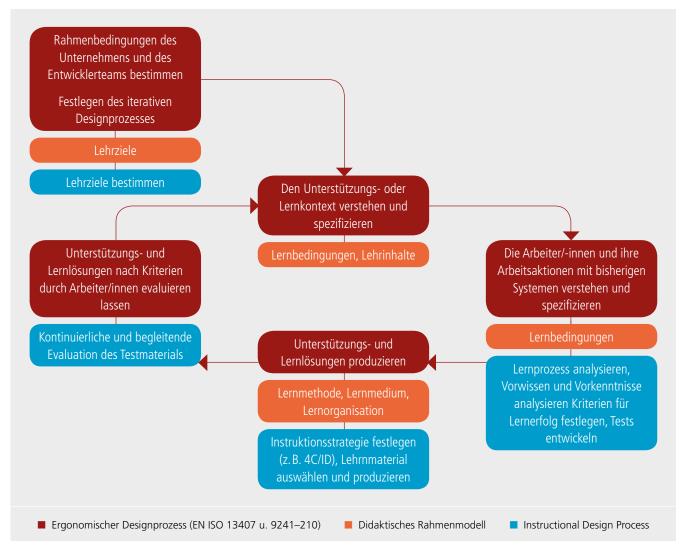


Abbildung 8: Integriertes Modell der Designphasen digitaler Assistenzsysteme, zusammengesetzt aus dem ergonomischen Designprozess nach EN ISO 13407 und 9241-210, dem didaktischen Rahmenmodell nach Peterssen (2000) und dem generischen Instructional-Design-Prozess nach Dick et al. (2008)

In einer ersten Phase muss zunächst der Lern- und Unterstützungskontext analysiert und spezifiziert werden. Dies beinhaltet die Analyse der derzeitigen sowie eine Abschätzung der künftigen Aufgaben, der eingesetzten Materialien, der benötigten Informationen und Werkzeuge. Zudem ist zu spezifizieren, welche Personen – angefangen vom Kunden über den Vertrieb, die Verwaltung und Vorgesetzten bis hin zu den Kollegen und (autonomen) Maschinen – am Aufgabenprozess beteiligt sind. Auch die Analyse der unterschiedlichen Örtlichkeiten gehört zu der Analyse des Lern- und Unterstützungskontextes dazu. Dabei sollte auf Details wie Licht- und Luftbedingungen, zu tragende Arbeitskleidung und Ähnliches geachtet werden, da diese weitreichende Implikationen beispielsweise für arbeitsbasierte Szenarien und die Auswahl von Medium und Technologie haben können. Sollte es sich aufgrund der zu erlernenden Kompeten-

zen empfehlen Lernräume außerhalb des Arbeitskontextes in Betracht zu ziehen, z. B. um bestimmte soziale Kompetenzen zu schulen, sollten auch diese analysiert werden. Aus der Analyse künftiger Aufgabenprozesse leiten sich potenziell relevante Lerninhalte ab, sofern ein anwendungsnaher Kontext für die Lernziele für sinnvoll erachtet wird, beispielsweise bei problemorientierten Lernszenarien.

In einer zweiten Phase müssen dann die oder der Beschäftigte selbst ebenso wie die ganz spezifischen und individuellen Aktionen mit bestehenden Systemen genauer untersucht werden. Für digitale Assistenzsysteme sind insbesondere Informationen über den aktuellen Qualifikationsgrad, bisherigen Kompetenzen und das fachliche Vorwissen, aber auch indirekte Informationen wie der originäre Kulturkreis zu erfassen und zu spe-

zifizieren. Da die Qualifikationen und der Kenntnisstand von Fachwissen und Kompetenzen über die Arbeitnehmerschaft sehr heterogen ausgeprägt sein können, sind unterschiedliche Gruppen von Beschäftigten zu spezifizieren, die in der kommenden Phase mit unterschiedlichen Lösungsansätzen adressiert werden müssen. Anschließend ist zu untersuchen, wie die unterschiedlichen Beschäftigten ihre Arbeitsschritte durchführen, welche Schnittstellen mit Systemen vorhanden sind und wie die künftigen Aufgaben und Arbeitsprozesse aussehen werden. Abschließend sind Kriterien für einen komfortablen und gebrauchstauglichen Umgang festzulegen (z. B. EN ISO 9241-11) sowie Tests zu entwickeln, die einen Unterstützungsoder Lernerfolg messbar machen.

Die dritte Phase beschäftigt sich mit der Entwicklung von Lernund Unterstützungslösungen. Abhängig von den Lernzielen, Lernbedingungen und dem Vorwissen der Beschäftigten wird zunächst die Lernmethodik festgelegt (Exposition, kooperatives, problembasiertes oder spielerisches Lernen). Auch Kombinationen von Lernmethoden können ratsam sein. Handelt es sich um Lernangebote, sollte in allen Lernmethoden auf eine sukzessive Steigerung der Komplexität und des Schwierigkeitsgrades geachtet werden. Das Wissen und die zu erlernenden Kompetenzen sollten aufeinander aufbauen. Dies erfolgt auf Basis des Kenntnisstands der Beschäftigten. Ebenso ist darauf zu achten, dass mit der Steigerung des Schwierigkeitsgrads lernbegleitende Maßnahmen, Instruktionen und Hinweise sukzessive abnehmen sollten. Handelt es sich dagegen um Unterstützungsangebote, kann bereits mit einem höheren Komplexitäts- und Schwierigkeitsgrad begonnen werden. Nichtsdestotrotz sollten Unterstützungsmaßnahmen auf das Vorwissen der Beschäftigten aufbauen. Im Gegensatz zu Lernangeboten sollten Instruktionen und Hinweise aber nicht von Aufgabe zu Aufgabe abnehmen, sondern kontinuierlich bestehen bleiben oder von den Beschäftigten kontrolliert und individuell einstellbar sein. Abhängig von der gewählten Lernmethode und dem Lernmedium muss in der Lernorganisation geklärt werden, ob Unterstützungs- oder Lernangebote an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit genutzt werden sollen oder ob sie orts- und zeitungebunden auch virtuell genutzt werden können. Anschließend kann überlegt werden, welche Technologie letztendlich am geeignetsten für den Einsatz im Unterstützungs- und Lernkontext ist.

In der vierten und letzten Phase des generischen Prozesses sollen die entwickelten Unterstützungs- und Lernlösungen von den Beschäftigten getestet und bewertet werden. An dieser Stelle kommen zum einen die in Phase Zwei festgelegten und entwickelten Lerntests zum Einsatz, zum anderen sollten die

Angebote nach den Kriterien der EN ISO 9241-11 bewertet werden. Im Idealfall geben diese Nutzertests Hinweise zur Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit des Angebots sowie eine Liste an Verbesserungsvorschlägen, die für eine nächste Iteration zu beachten sind.

4.5 Anwendungsbeispiele des integrierten Designprozesses für digitale Assistenzsysteme

Wegen der hohen Validität der Umfrageergebnisse für die Berufe "Industriemechaniker/in" (23 Bewertungen) und "Facharzt/ Fachärztin" (24 Bewertungen) sollen diese beiden Berufe und die jeweils zu erwartenden Kompetenzbedarfe dazu dienen, den integrierten Designprozess für digitale Assistenzsysteme zu illustrieren. Dafür wird jeweils ein fiktives Szenario mit einem fiktiven Unternehmen, fiktiven Beschäftigten und fiktiven Lokalitäten entworfen, welches den Designprozess im speziellen Berufskontext anwendet und beispielhaft erforderliche Entscheidungen und mögliche Lösungen skizziert. Alle beschriebenen Ereignisse und Ergebnisse des Designprozesses sind nicht real und beruhen nicht auf Erhebungen der Autoren. Sie dienen lediglich der Illustration und Anschauung.

Sieht sich ein Unternehmen mit Herausforderungen in der Weiterbildung und Unterstützung seiner Beschäftigten konfrontiert, garantiert die Implementierung von Designprozessen, dass alle Einflussfaktoren auf digitale Assistenzsysteme erkannt und adressiert werden. Die Menge an Einflussfaktoren und deren Wechselwirkungen ist häufig von einer hohen Komplexität gekennzeichnet. Die im Folgenden entworfenen Anwendungsbeispiele sind dagegen stark simplifizierte Szenarien, um die Grundzüge eines idealtypischen Designprozesses zu verdeutlichen. Es besteht daher kein Anspruch auf Vollständigkeit. Für eine reale Implementierung des Designprozesses sind Rahmenbedingungen, Nutzungskontext und Nutzercharakteristik, mögliche Lösungsansätze und anderweitige Evaluationen deutlich umfangreicher zu recherchieren und zu entwickeln.

4.5.1 Implementierung des Designprozesses für digitale Assistenzsysteme zum Erwerb generischer IKT-Fähigkeiten und Innovationsfähigkeiten bei Industriemechanikern/-innen

Vorgelagerte Phase: Rahmenbedingungen und Festlegungen



Laut Experteneinschätzung (vgl. Kapitel 2.2) wird der Bedarf an generischen IKT-Fähigkeiten sowie Innovationsfähigkeiten bei den Industriemechanikern/-innen in den kommenden Jahren stark steigen. Die Dimension dieser Bedeutungszunahme – auch im Vergleich zu anderen wichtigen Kompetenzen – ist jedoch schwer abzuschätzen. Beide Fähigkeiten werden zurzeit noch nicht als Kernkompetenzen in dem Beruf wahrgenommen. Die Investition in entsprechende Lernangebote scheint daher geboten, insbesondere in Unternehmen, deren Geschäftsmodell vergleichsweise stark von der Digitalisierung beeinflusst wird.

Dies hat auch der Autobauer BBEW (Brandenburgische Elektronikmotorenwerke) erkannt, der vor kurzem eine strategische Neuausrichtung vollzogen hat und in Zukunft nur noch Elektrofahrzeuge herstellen wird. Zusätzlich setzt das Unternehmen auf Kundenlösungen bis hin zu Losgröße 1. Dies bedeutet, dass Industriemechaniker/-innen in der Lage sein müssen, Anlagen, Maschinen und Produktionselemente bedarfsgerecht anzupassen. Die Beschäftigten sollen deswegen durch digitale Assistenzsysteme gezielt darin geschult werden, Informations- und Kommunikationstechnologien zur Lösung dieser Aufgaben zu nutzen. Im Vordergrund steht dabei die Beschaffung von benötigten Informationen, die Validierung und Absicherung der Informationen sowie die richtige Übertragung und Anwendung der Informationen für die eigenen Aufgaben (= Lehrziele). Dabei sollen die Beschäftigten auch eine Offenheit für neue Technologien und neue IKT-Lösungen entwickeln. Da die Umstellung knapp 1.500 Beschäftigte an drei Standorten in Brandenburg betrifft, ist mit einer recht langen Übergangsphase zu rechnen. Von Bedeutung sind auch spezielle Arbeitsumgebungen, Risiken sowie Sicherheits- und Schutzregelungen (= Rahmenbedingungen des Unternehmens).

Aufgrund der speziellen und unbeständigen Entwicklungen im Bereich Industrie 4.0 sowie der spezifischen Lehrziele entscheidet sich das Unternehmen, ein Expertenteam mit Forschungshintergrund als Designteam für geeignete Lern- und Unterstützungsmaßnahmen heranzuziehen. Es kooperiert daher mit Universitäten und beantragt beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie eine Wirtschaftsförderung. Unter der allgemeinen Maßgabe einer hohen Interdisziplinarität im Designteam bietet sich in diesem Fall eine Zusammenarbeit von Lernpsychologen, Ausbildern der Industriemechaniker/innen, Arbeitsergonomen in der Produktion, Industrie- und Produktdesignern sowie Ingenieuren und Programmierern an (= Rahmenbedingungen des Designteams). Ebenfalls wichtig ist die Frage, ob neben einem spezifischen (und daher meist befristeten) Lernangebot auch langfristige Unterstützungsansätze entwickelt werden sollen.

Idealerweise entscheidet sich das Designteam deshalb für ein Iterationsmodell mit prinzipiell *längeren und sich stetig vergrößernden Iterationen*, da neben innovativen Lösungen immer auch konservative Lösungen mitgedacht werden müssen. In einer Iterationsschleife von etwa drei Monaten werden Nutzerkontexte und -bedürfnisse erfasst, mindestens zwei Lösungsstränge konzipiert und anschließend evaluiert (= *Festlegen des iterativen Designprozesses*).

1. Designphase: Erfassen des Unterstützungs- und Lernkontextes



Zunächst untersucht das Designteam den jetzigen Arbeitskontext von Industriemechanikern/-innen. Es wird erkannt, dass die drei Produktionswerke unterschiedliche Lichtverhältnisse aufweisen und auch mit unterschiedlichen informationstechnischen Infrastrukturen ausgestattet sind. In zwei Produktionswerken werden Dieselmotoren für Motorräder und im dritten Werk für Kraftfahrzeuge hergestellt. Das Designteam muss daher auf eigene Erfahrungswerte in anderen Industriezweigen

und auf vorhandene Forschungsergebnisse oder Best-Practices ausweichen. Dabei kann sich beispielsweise zeigen, dass Industriemechaniker/-innen in anderen Unternehmen stärker problemorientiert arbeiten, da sie häufig mit neuen und individuellen Kundenwünschen konfrontiert sind.

Um auf diese Kundenwünsche reagieren zu können, kommen oft neue, vor allem aber flexiblere Maschinen und Anlagen zum Einsatz. Vielerorts gehören bereits 3D-Drucker fest zum Produktionsprozess, um wahlweise Hartplastikteile oder Metallteile nach speziellen Produktionswünschen herzustellen. Für viele Umbauten von Industrieanlagen und Produktionsstraßen existieren unterdessen noch keine vorgefertigten und etablierten Instruktionen oder Lösungen. Auch für die immer spezieller werdenden und zu druckenden Bauelemente sind nicht immer fertige CAD-Modelle vorhanden. Aus diesem Grund werden Industriemechaniker/-innen in absehbarer Zukunft die notwendigen Informationen in verschiedenen Quellen recherchieren, beurteilen, neu kombinieren und für die Lösung ihrer Aufgabe anwenden müssen.

Das Designteam dokumentiert die generellen übergreifenden Arbeitsprozesse, in welchen Phasen der Aufgabenprozesse unter Umständen zusätzliche Informationen von den Beschäftigten recherchiert werden und in den Arbeits- und Lernprozess einfließen können (= Unterstützungs- und Lernkontext verstehen).

2. Designphase: Modellieren der künftigen Systemnutzer



Die Belegschaft von BBEW ist in ihrer Alters- und Beschäftigungsstruktur sehr divers. Dementsprechend sind das berufsrelevante und organisationsspezifische Erfahrungswissen wie auch der Qualifizierungsgrad der Beschäftigten sehr unterschiedlich. Da der Erwerb und die Unterstützung von generischen IKT-Fähigkeiten sowie Innovationsfähigkeiten im Mittelpunkt steht, kann das Designteam per Fragebogen das IKT-Verhalten der Industriemechaniker/-innen in Beruf und Freizeit erheben, um Rückschlüsse auf das mentale Modell der Beschäftigten zu ziehen und mögliche Subgruppen zu identifizieren. Die Erhebung zeigt die bereits erwartete diverse Alters- und Beschäftigungsstruktur mit mehreren Mitarbeitertypen.

Zur Vereinfachung wird hier lediglich der Mitarbeitertypus der "digitalfernen Alt-Etablierten" skizziert und mögliche Lösungen für ausschließlich diese Gruppe entwickelt.

Die vom Designteam erhobenen Daten zeigen, dass die "digitalfernen Alt-Etablierten" wenig aufgeschlossen gegenüber neuen Technologien sind. Sie besitzen weder die neueste Generation an intelligenten Mobilfunkgeräten noch besonders viel Erfahrung im Umgang mit dem Internet. Sie sind jedoch auffällig skeptisch gegenüber jedweder Information aus dem Internet und präferieren weiterhin mediale Papier- oder Fernsehformate. "Alt-Etablierte" haben einen reichen unternehmensspezifischen Erfahrungsschatz und bringen eine ausgeprägte Expertise in klassischen Dreh-, Fräs- und Bohrtätigkeiten mit. Mit 3D-Druckern, deren Anwendung und nötigen Informationsrecherchen kennen sie sich wenig aus (= Sichtbarmachen des nutzerspezifischen Vorwissens, Ableiten des mentalen Modells). Ausgehend von dem Arbeitskontext und dem zu adressierenden Mitarbeitertypus definiert das Designteam Qualitätskriterien und einen zeitlichen Rahmen, in dem die neuen Aufgabenprozesse umgesetzt werden sollen (= Kriterien des Lernerfolgs).

3. Designphase: Ableitung möglicher Lernlösungen



Unter der ursprünglichen Maßgabe, eine konservative und eine progressive Lernlösung zu gestalten, entwickelt das Designteam eine vom Arbeitsprozess losgelöste und eine eher in den

Arbeitsprozess integrierte Lösung für die alt-etablierte Gruppe. Für beide Lösungen ist zunächst die Lernmethode oder Lernstrategie auszuwählen. Hier entscheidet sich das Team schnell für eine Kombination aus problembasiertem Lernen und Expositionslernen.

Anhand des vorgestellten "4C/ID"-Modells (Four-Component/ Instructional Design Model) können erste Aufgaben unterschiedlicher Schwierigkeitsstufen und Unterstützungsmaßnahmen, wie z. B. Hinweise, Instruktionen und Einführungen, mit unterschiedlicher Tiefe entwickelt werden. Um parallel die Innovationsfähigkeit der Beschäftigten zu schulen und die Komplexität zu erhöhen, können für jede Aufgabe neue technische Rahmenbedingungen integriert werden (z. B. andere Maschinen, Systeme, Funktionalitäten). Auf diese Weise kann die Zielgruppe für innovative Technologien sensibilisiert und auch motiviert werden, diese aktiv für eine Aufgabenstellung oder Problemlösung zu nutzen. Die mittels Fragebogen erhobenen mentalen Modelle der Beschäftigten geben Anhaltspunkte für die Ausgestaltung der inhaltlichen Aufgaben und der technischen Umgebung.

Im Falle der konservativen Lernlösung kommt eine Aufbereitung der Inhalte in Form von Text und Bild, angereichert mit kleinen Filmausschnitten infrage, wie es die "Alt-Etablierten" aus ihren üblichen Medienumwelten kennen. Als Technologie werden herkömmliche stationäre Computer benutzt, welche die Lernaufgaben als Web- oder Desktop-basierte E-Learning-Angebote darstellen. Die Computer können in separaten Schulungsräumen des Unternehmens aufgebaut werden, um den Licht- und Geräuschverhältnissen in der Produktionshalle zu entgehen. In dieser ersten Iterationsstufe werden zunächst Papierprototypen möglicher E-Learning-Angebote entworfen, um diese mit Mitgliedern der späteren Zielgruppe zu testen.

Für die progressive Lernlösung stattet das Designteam einen kleinen Abschnitt einer Werkshalle mit prototypischen Maschinen, Geräten und 3D-Druckern aus Styropor oder Pappmaschee aus, um die künftige Arbeitsumgebung in der Produktionsstätte nachzuahmen. Hinzu kommen prototypische Computerarbeitsplätze mit Internetzugang in einem licht- und geräuschkontrollierbaren Raum. Für die Computerarbeitsplätze werden wiederum Papierprototypen erstellt. Insgesamt werden somit ganz reale Arbeitsplätze simuliert, in denen die Beschäftigten später lernen sollen. Die Lernaufgaben werden anschließend an diese Testumgebung angepasst. Durch die Integration realer Arbeitsschritte findet das Lernen nun "nebenbei" im Prozess der Arbeit statt. Instruktionen, Hinweise und Einführungen können nun nicht mehr am Computer präsentiert werden. Das

einzusetzende Medium muss diesem Umstand Rechnung tragen. Für eine Unterstützung der Industriemechaniker/-innen in den Werkshallen entscheidet sich das Team deshalb für ein rein auditives In-Ear-System, welches die Position der Beschäftigten in der Testhalle erkennt. Somit kann es begleitende Hinweise geben, an welchen Orten spezifische Informationen abzurufen und wo welche Tätigkeiten durchzuführen sind. Sofern die Industriemechaniker/-innen Instruktionen für Umbauten oder adaptierbare CAD-Modelle am Computer recherchieren, können Hinweise zur Lösung der Arbeitsaufgabe auch visuell eingeblendet werden.

4. Designphase: Evaluation von Lösungen



In einem letzten Schritt werden die zwei Lösungsstränge mit einer ersten Gruppe von alt-etablierten Industriemechanikern/innen nach den zuvor festgelegten Qualitäts- und Zeitrahmen von einem externen Evaluationsteam getestet. Auch Usability-Fragen nach DIN EN ISO 9241 werden durch das Evaluationsteam abgefragt. Das Evaluationsteam könnte anhand der Testergebnisse herausfinden, dass bestimmte Problemstellungen noch zu abstrakt und schwer verständlich waren. Zudem bauen die Lernaufgaben noch nicht in genügender Weise auf einander auf. Die stationären E-Learning-Angebote wurden als positiv bewertet, während die Gruppe von Nutzerinnen und Nutzern die In-Ear-Systeme als eher unangenehm empfand. Diese ersten Erkenntnisse kann das Designteam nun für die nächste Iterationsstufe nutzen. Das Designteam könnte sich daraufhin entscheiden, an den Lernmaterialien, Instruktionen, Hinweisen und Einführungen mit einer noch stärkeren Zielgruppenorientierung weiterzuarbeiten und dabei auch ein geeigneteres Medium für die Lernszenarien am Arbeitsplatz zu entwerfen, welches die Beschäftigten bei der Ausführung ihrer Tätigkeiten weniger behindert.

4.5.2 Implementierung des Designprozesses für digitale Assistenzsysteme zur Unterstützung von Planungsfähigkeiten und Prozessdenken bei Fachärztinnen und Fachärzten

Vorgelagerte Phase: Rahmenbedingungen und Festlegungen



Laut Expertenumfrage (vgl. Kapitel 2.2) wird der Bedarf an prozess- und planungsorientiertem Handeln bei Fachärzten/ärztinnen in den kommenden Jahren an Bedeutung gewinnen und sich dabei den etablierten Kernkompetenzen wie Dialogfähigkeit mit Patientinnen und Patienten, betriebliches Klinikwissen oder Diagnose- und Therapiefähigkeiten annähern. Durch die Digitalisierung von Verwaltungs- und Patientendaten eröffnen sich neue Möglichkeiten der digitalen Unterstützung, die auch das Klinikum Neontropa im Stuttgarter Stadtteil Hillesberg identifizieren konnte. Im vorliegenden Fallbeispiel plant das Klinikum die Stationsarbeit der Fachärzte/ärztinnen effizienter zu gestalten, sodass die Patientinnen und Patienten eine qualitativ bessere Betreuung erhalten. Dafür benötigen Fachärzte/-ärztinnen Unterstützung, um die vielen Patienten mit ihren unterschiedlichen Diagnosen gleichzeitig im Blick zu behalten und einzelne Aufgaben, Entscheidungen oder Terminierungen nicht zu versäumen. Das Klinikum Neontropa plant ihre ärztlichen Beschäftigten dahingehend möglichst schnell mit einem Digitalen Assistenten zu entlasten. Das Ziel ist es, die Fachärzte/-ärztinnen zu befähigen, unmittelbare Effizienzgewinne und Qualitätsverbesserungen bei der Planung und Durchführung von Behandlungen zu erzielen (= Unterstützungsziele).

Das Klinikum beschließt daher, eine Designagentur zu engagieren, die sich auf die Gestaltung medizinischer Prozesse und Geräte spezialisiert hat. Das Designteam ist interdisziplinär aufgestellt und besteht aus Arbeitsergonomen für medizinische Gesundheitsberufe, Verwaltungswissenschaftlern,

Interaktions- und Produktdesignern sowie Medizintechnikern, Ingenieuren und Programmierern (= Rahmenbedingungen des Designteams). Das Designteam erhält vom Klinikum zu Beginn einen Katalog mit gesundheitstechnischen und datenschutztechnischen Rahmenbedingungen, die bei der Entwicklung von digitalen Assistenzsystemen in Kliniken allgemein zu beachten sind (= Rahmenbedingungen des Unternehmens). Dazu gehören Hygienevorschriften, etablierte und verpflichtende Behandlungsprozesse bei bestimmten Diagnosen, aber auch Vorschriften im Umgang mit Patientendaten. Durch den enggesteckten Rahmen und das hohe Innovationspotenzial für die Arbeitsorganisation entscheidet sich das Designteam für einen zweiwöchentlichen Iterationsrhythmus, um sich schnell innovativen aber realistischen Szenarien und Prototypen zu nähern (Festlegen des iterativen Designprozesses).

1. Designphase: Erfassen des Unterstützungs- und Lernkontextes



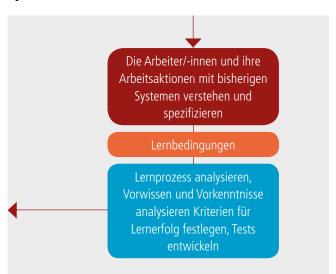
Das Designteam untersucht zunächst den Anwendungskontext, die Klinikgebäude, die vorhandene informationstechnische Ausstattung, Licht- und Geräuschverhältnisse auf den Klinikstationen sowie die idealtypischen Abläufe einer Behandlung. Es stellt fest, dass das Krankenhaus über eine LAN-Netzwerk und Serverstruktur verfügt, um Patientendaten digital zu verwalten. Dazu nutzen Fachärzte/innen stationäre Rechner in büroähnlichen Ärztezimmern (= technischer Kontext). Weiterhin sind die Beschäftigten der Klinik angehalten, sterile Kleidung zu tragen bzw. Kittel anzuziehen, sofern es sich um Ärzte/Ärztinnen handelt. Dazu gehören auch sterile Plastikhandschuhe in Behandlungsphasen (= medizinischer Kontext).

Als nächstes untersucht das Designteam die täglichen Stationsarbeiten der Fachärzte/-ärztinnen mit Hilfe qualitativer sozialwissenschaftlicher Methoden. Diese Stationsarbeit variiert stark in der Gewichtung der einzelnen Tätigkeiten, insbesondere zwischen verschiedenen Fachbereichen. Demnach betreuen Fachärzte/-ärztinnen häufig bis zu 40 Patienten/-innen und mehr parallel. Dafür müssen sie die individuellen Behandlungsphasen abstimmen und Termine nachhalten. Zudem arbeiten Fachärzte/-ärztinnen in unterschiedlichen Situationen auf einer

Station, etwa in ihren Arztzimmern oder in Behandlungs- und Beratungssituationen mit den Patienten/-innen (= *Unterstützungskontext verstehen*).

Eine qualitative Befragung der Fachärzte/-ärztinnen ergibt, dass sie sich im Idealfall einen persönlichen medizinischen Assistenten wünschen, der erstens neu im System eingetragene Untersuchungsergebnisse (z. B. Blutergebnisse) erfasst, beobachtet, die behandelnden Fachärzte/-ärztinnen bei der Überschreitung bestimmter Grenzwerte benachrichtigt und bei standardisierten Verfahren mögliche nächste Schritte vorschlägt, etwa die Terminierung eines neuen Labor- oder Gerätetermins. Darüber hinaus sollte der Assistent neue Aufgaben und Fristen für einzelne Patienten/-innen aufnehmen können. Zudem sollten alle Aufgaben und Termine abgestufte Priorisierungen erhalten können. Der Assistent sollte auf Grundlage der Systemereignisse und eingetragenen Aufgaben automatisch Listen und Erinnerungen erstellen können, welche den Fachärzten/-ärztinnen täglich helfen, den vielfältigen Herausforderungen auf der Station gerecht zu werden (= Unterstützungsinhalte verstehen).

2. Designphase: Modellieren der zukünftigen Systemnutzer



Durch die qualitative Befragung hat das Designteam u. a. zwei unterschiedliche Ärztegenerationen identifizieren können. Zum einen konnte das Team eine junge Generation abstrahieren, die eine starke Unterstützung benötigt, um auch insbesondere verwaltungstechnische Eigenheiten des Krankenhauses bewältigen zu können. Diese junge Generation ist gleichzeitig neuen technischen Umgebungen und Gadgets sehr aufgeschlossen. Zum anderen existiert eine alt-gediente Generation, die nur leichte Unterstützung wünscht bzw. sich von Unterstützungs-

maßnahmen gemaßregelt fühlen könnte. Sie kennt die medizinischen Behandlungsprozesse, aber auch die internen Verwaltungsprozesse, sehr genau. Diese Generation ist den digitalen Assistenten im Klinikalltag gegenüber eher skeptisch eingestellt (mentales Modell, Vorwissen und Vorkenntnisse der Arbeiter/innen). Zur Veranschaulichung sollen im Folgenden nur Lösungen für die junge Generation entwickelt werden. Unter der Maßgabe, die Prozesse im Stationsalltag zu optimieren und effizienter zu gestalten, um damit die Behandlungsqualität zu steigern, kalkuliert das Designteam die durchschnittliche Dauer von Behandlungsprozessen auf den unterschiedlichen Stationen des Klinikums. Zudem werden qualitative Fragebögen zur Zufriedenheit und Qualität der Patientenversorgung entwickelt, die zusammen die drei Leitkriterien für die Gebrauchstauglichkeit eines Systems in Teil 11 der EN ISO 9241 abbilden (= Kriterien des Unterstützungserfolgs).

3. Designphase: Ableitung möglicher Lernlösungen



Ausgehend von diesen Rahmenbedingungen legt das Designteam zunächst die Unterstützungsmethode fest. Da der Digitale Assistent die Fachärzte/-ärztinnen kognitiv entlasten soll, bietet sich die Exposition von Informationen, Hinweisen oder Instruktionen an. Diese sollen jedoch nicht wie Lernangebote aufgebaut sein und auch keine Abfragen oder Tests beinhalten, sondern als eine Art Prozessmanager und medizinischer Assistent dienen. Wichtig zur Prozessoptimierung und Behandlungsplanung der Patienten/-innen ist das Wissen um ihren aktuellen Gesundheits- und Behandlungszustand. Diese Informationen liegen bereits elektronisch vor. Das Designteam entwickelt zunächst ein Statussystem für einzelne Patienten/-innen, welches beispielsweise zwischen "Wartet auf Laborergebnisse", "In Vorbereitung auf OP/Behandlung" wechseln kann. Dann überlegt das Team, wann und wie sich ein Status verändern kann. Das bisherige Kliniksystem erkennt beispielsweise, wann neue Laborergebnisse und Diagnostiken in das System eingetragen werden und außerhalb der Normwerte liegen. Es entwickelt deswegen

eine automatische Benachrichtigungsfunktion. Diese soll um eine Aufforderungsnotiz ergänzt werden, die Handlungen und Entscheidungen anhand der neuen Ergebnisse explizit von den Fachärzten/-ärztinnen einfordert. Es existieren jedoch standardisierte medizinische Verfahren, die je nach Ergebnislage eine unterschiedliche Reihenfolge von Diagnostiken und Behandlungen vorgeben. Das Designteam ergänzt die Benachrichtigungsfunktion deswegen mit einer Vorschlagsfunktion für anschlie-Bende Diagnostiken oder Behandlungen. Abschließend sollen Fachärzte/-ärztinnen eigene Aufgaben oder Notizen an die Daten der Patientinnen und Patienten anheften können, weswegen eine Memofunktion entworfen wird. Alle Benachrichtigungen, Aufforderungen und Aufgaben sollen manuell – oder durch das System vorgeschlagen – priorisierbar und terminierbar sein. Alle Funktionen werden zusammen in einen Aufgabenmanager eingebettet, der, auf Grundlage von Prioritäten und Terminen einen Ablaufplan für den Facharzt/die Fachärztin vorschlägt (= inhaltlicher Lösungsansatz).

Ein großer Nachteil des bisherigen technischen Systems ist, dass die Daten der Patienteninnen nur stationär in den Ärztezimmern zugänglich sind, sodass sich Fachärzte/-ärztinnen die Daten, Kurven und bisherigen Diagnostiken ausdrucken müssen. Ziel ist daher die Entwicklung einer mobilen Lösung unter Beachtung von Behandlungsszenarien, in denen Fachärzte/-ärztinnen beispielsweise die Hände frei haben müssen. Vor diesem Hintergrund erscheinen Lösungen mit Sprachsteuerung ideal. So können während einer Behandlung mittels einfacher Kommandos Daten von Patientinnen und Patienten abgerufen und dargestellt werden. In Anbetracht des geringen Stauraums in den üblichen Arztkitteln und der besseren Handlichkeit fällt die Entscheidung auf ein Tablet-Modell mit faltbarem Display (= technische Lösung).

4. Designphase: Evaluation von Lösungen



Das Designteam konzentriert sich zunächst auf einen Fachbereich, eine Station und eine überschaubare Anzahl an Diagno-

sen. Zu den Diagnosen werden die typischen und speziellen Krankheitsverläufe, physischen Daten und Kurven exemplarisch erstellt. Damit soll sich die Komplexität der zweiwöchigen Iteration auf ein handhabbares Maß beschränken. Das Team erstellt zudem keine echten programmierten Funktionen, sondern lediglich Papierprototypen, um die visuellen Funktionen zu testen. Ein Teammitglied des Designteams simuliert den Sprachassistenten. Ein externes Evaluationsteam wird damit beauftragt, den Prototypen zu testen. Wichtig ist dem Evaluationsteam, den Prototypen in einer möglichst authentischen Umgebung mit realen Patienten zu testen. Neben Patienten/-innen mit ähnlichen Krankheitsbildern soll in der Evaluation eine erste Kohorte von Fachärzten/-ärztinnen rekrutiert werden, die den Prototypen anhand der ausgewählten Kriterien testen soll. Die Testergebnisse machen deutlich, dass durch die Nutzung des Aufgabenmanagers auf mobilen Tablets ein deutlicher Zeitgewinn erzielt werden kann, der potenziell den Patientinnen und Patienten zugutekommt. Jedoch erscheint die Benutzung der Sprachsteuerung während der Arzt-Patienten-Kommunikation wie auch auf den Fluren der Station zu Verwirrung und Missverständnissen zu führen. Es wird deutlich, dass für die Sprachsteuerung der digitale Assistent stärker vermenschlicht und beispielsweise mit Namen angesprochen werden sollte. Diese Ergebnisse nimmt das Designteam in die folgende Iteration mit.

5 Aktueller Stand der Forschung in der Technologieförderung

Zu erlernende Praxissituationen sind häufig überaus komplex und variabel, insbesondere in wissens- und technologieintensiven Berufen und Branchen. Neben einer umfangreichen Grundausbildung ist daher eine kontinuierliche Fort- und Weiterbildung über den gesamten Bildungs- und Erwerbsverlauf erforderlich. Bestehende Lehr- und Lernansätze im Kontext der fortschreitenden Technologieentwicklung beschränken sich meistens noch auf die Einbindung von sozialen Netzwerken oder E-Learning-Konzepten. Eine Integration des individuellen Wissensstands und des persönlichen Lernfortschritts sind zwar aktuelle Themen der Forschung, in der unternehmerischen Praxis sind robuste Systeme jedoch kaum vorzufinden. Neue Interaktionsformen sowie Kontexterkennung werden noch nicht ausreichend genutzt und das didaktische und integrative Potenzial bestehender Lehr- und Lernansätze wird oft nicht ausgeschöpft.

Vor diesem Hintergrund werden nachfolgend wichtige Technologien für die Anwendung von digitalen Assistenzsystemen in Industrie und Dienstleistungen identifiziert und nach ihrem technologischen Reifegrad klassifiziert. Die Hauptelemente der Hardware wurden unter Rückgriff auf öffentlich zugängliche Projektsteckbriefe des BMBF-Förderschwerpunkts "Mensch-Technik-Interaktion" und der BMWi-Technologieförderprogramme "AUTONOMIK für Industrie 4.0" und "Smart Service Welt" bestimmt. Der Fokus lag dabei auf kognitionsunterstützenden Assistenzsystemen, die vor allem der anwendungsgerechten Informationsbereitstellung in Arbeits- und Lernprozessen dienen. Die erfassten Projekte wurden dabei in mehrfacher Hinsicht ausgewertet: Die in den Projekten adressierten Kompetenzen und Fähigkeiten wurden analysiert, um einen Abgleich mit den Arbeits- und Lernanforderungen der digitalen Arbeitswelt vorzunehmen (siehe Kapitel 3). Unter der Maßgabe eines systemischen Ansatzes von Technologieentwicklung und Lernmethoden wurden ebenfalls die projektspezifischen didaktischen Konzepte erfasst.

Da die digitalen kognitionsunterstützenden Assistenzsysteme aus unterschiedlichsten Technologien bestehen, ist eine Betrachtung der technischen Reifegrade der Einzeltechnologien wichtig, um Aussagen über die zeitlichen Umsetzungsperspektiven der Lösungen vorzunehmen. Entsprechend haben Bischoff (2015a) und Lacueva Pérez F. J. et al. (2016) ein etabliertes System zur Einstufung des technologischen Reifegrades über ein zehnstufiges Technology Readiness-Level-Modell vorgenommen. Dabei wird von der Beobachtung von Trends und der Identifikation zukunftsweisender Technologien (TRL 0) bis hin zum qualifizierten System mit dem Nachweis des erfolgreichen Einsatzes (TRL 9) unterschieden. Die Analyse der

Reifegrade der Technologien zeigt, dass ein wesentlicher Teil der Einzeltechnologien bereits den Technologiereifegrad vier bis sechs und damit den Status der Evaluierung bzw. den Technologiereifegrad sieben bis neun erreicht haben und damit an der Schwelle zur Implementierung stehen (Bischoff 2015a).

5.1 Förderprojekte zur Entwicklung kognitionsunterstützender Assistenzsysteme für Industrie und Dienstleistungen

Die Anwendungsgebiete der betrachteten Forschungsaktivitäten im Bereich digitaler kognitionsunterstützender Assistenzsysteme ist vielfältig und umfasst in der Produktion beispielsweise den Maschinen- oder Werkzeugbau, die Informatik, Produktions- und Elektrotechnik, vorbeugende Instandhaltung und Wartung, Arbeitsplätze für visuelle Inspektion oder Logistik. Im Bereich der Dienstleistungen werden Unterstützungsangebote für Pflege und Chirurgie, aber auch telefonische Kundenberatung erarbeitet. Im Zentrum stehen dabei neue, digital unterstützte Ansätze für die praxisnahe Aus- und Weiterbildung an der Hochschule und in den Unternehmen (siehe Kapitel 7.2 im Anhang). Die Art der Unterstützung reicht von der einfachen Anzeige von Arbeitsanweisungen (z. B. Montage- oder Wartungsanleitung, Qualitätshinweise, Sicherheitshinweise) über IT-Systeme zur Dokumentation und Bereitstellung von Wissen (z. B. Prozesswissen, Qualifikationsmanagement), die individuelle Anpassung an die Nutzer und Nutzerinnen (z. B. kontextsensitive Informationsbereitstellung, Anpassung von Sprache oder Bedienoberflächen) bis hin zu elektronisch gestütztem Lernen am Arbeitsplatz.

Zentrale Fähigkeiten digitaler Assistenzsysteme auf dem aktuellen Stand der Forschung sind die Umgebungswahrnehmung, reaktives Verhalten, die Aufmerksamkeitssteuerung und Situationsinterpretation. Die Vision ist, dass Assistenzsysteme mittels sensorischer Erfassung des Nutzers und Kontextes eine adaptive, situative und individualisierte Unterstützung leisten. Die Anzahl und Funktionalität der Assistenzsysteme nimmt dabei stetig zu. Momentan liegt der Fokus auf Handhabungshilfen und teilautonomen Unterstützungssystemen (VDI/VDE-GMA 2016).

Die Auswertung, bei der auch der technologische Reifegrad ("technology readiness level", TRL) betrachtet wurde, zeigt, dass insbesondere das "Maschinelle Sehen" (TRL: 6) und dabei vor allem die Erkennung, Erfassung und Analyse von Bewegungen sowie teilweise die Gestenerkennung, Verhaltens- oder Gestenanalyse bzw. das Eye-Tracking, einen Schwerpunkt der Forschungsförderung bildet. Der Einsatz von Bewegungserkennung ist Grundlage für die kontextsensitive Integration digitaler

CI-Techn	ologien	Einschät Technologie-Re	
		Verbraucher	Gewerblich
dividuelle	e HCI-Technologien	7	5
	Konventionelle Technologien	7	6
	Texteingabe	8	6
	Anzeigegerät	7	5
	Bildschirmpositionierung, Zeigen und Ziehen	8	5
	Drucker	8	8
	Touch-sensitive Bildschirme (Touchscreens)	9	7
	Bild- und Videogeräte	9	7
	2D	9	9
	3D	9	6
	Maschinelles Sehen	6	4
	Erkennung/Erfassung	6	5
	Bewegungsanalyse	6	4
	Szenenrekonstruktion	5	5
	Gestenerkennung, Verhaltens- oder Gestenanalyse	7	4
	Eye-Tracking	7	3
	Audio-Input/Output	8	7
	Spracherkennung	8	8
	Text-to-Speech (TTS)	8	7
	Kontextsensitivität	5	4
	Positionierung, Ortung und Identifikation	7	5
	Qualified Self	5	5
	Emotions- und Gemütserkennung, affektive Datenverarbeitung	4	4
	Haptische Interaktion	9	9
	Gehirn-Computer-Interaktion	3	2
I-System	-	8	6
i-Jystein	Mobile Endgeräte	9	7
	Mobile Endgeräte	9	6
	Robuste Mobilgeräte	9	9
	Wearables	7	
			6
	Smart Watches	9	7
	Smart Glasses	9	7
	Smart Headphones (Hearables)	9	7
	Intelligente Kleidung	3	3
	Intelligente Objekte (Nearables)	9	9
	Plattformübergreifende Softwareumgebungen	9	7
	Intelligente Betriebssysteme	9	5
	CP-Entwicklung	9	9
	Datenvisualisierung	9	9
	Augmented Reality (AR)	6	5
	AR-Tracking-Technologien	6	5
	Interaktionstechniken und Benutzeroberflächen	6	5
	AR-Anzeigetechnologien	7	6
	AR-Software Development Kits	7	5

Abbildung 9: Einschätzung des Technologie-Reifegrades nach Lacueva Pérez F. J. et al. (2016) von TRL 0 Beobachtung von Trends und Technologien bis TRL 9 qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes

Informationen in den Arbeits- und Lernprozess. Ein weiteres relevantes Forschungsfeld ist die Kontextsensitivität (TRL: 5) und dabei vor allem die Positionierung, Ortung und Identifikation und teilweise die Emotions- und Gemütserkennung bzw. affektive Datenverarbeitung. Die Erfassung des Kontextes hilft bei der Festlegung des individuellen Unterstützungsgrades. Die Bereitstellung von Informationen erfolgt dann in den meisten Fällen über mobile Endgeräte und Visualisierungstechnologien wie Augmented Reality, also die Anreicherung der Arbeitswelt mit virtuellen Informationen, oder Virtual Reality, d. h. eine vom Computer erschaffene, virtuelle Umgebung, die ein "Eintauchen" (Immersion) in den Lerngegenstand ermöglicht. Teilweise werden jedoch nicht nur Informationen dem realen Kontext hinzugefügt, sondern auch bestimmte unwesentliche Informationen ausgeblendet, um den Nutzer kognitiv zu entlasten. Adaptives Lernen und Echtzeit-Feedback, jeweils auf Basis von "Learning Analytics", sollen die Individualisierung sowie den Lerneffekt von Lernumgebungen innerhalb der Assistenzsysteme erhöhen. Weitere innovative didaktische Konzepte in den Forschungsprojekten sind das forschungs- und arbeitsplatzbasierte Lernen, das kooperative und kollaborative Lernen sowie lernmotivationale Ansätze wie das selbstbestimmte, selbstregulierte Lernen und das spielerische Lernen, zum Teil mit immersiver Gestaltung (vgl. Kapitel 4.2).

Bei den letztgenannten "serious games" werden spielerische Ansätze in digitalen Lernformen genutzt, um die Motivation und persönliche Identifikation mit dem Lerngegenstand zu erhöhen. Ungeachtet des hohen technologischen Reifegrads auf der Verbraucherseite haben spielerische Elemente für das technologisch gestützte Lernen am Arbeitsplatz in der unternehmerischen Praxis zurzeit kaum Bedeutung. Digitale Assistenzsysteme erfüllen dort vor allem funktionale Zwecke, indem sie die kognitive Belastung der Beschäftigten senken und Fehlerquellen reduzieren sollen. Die positiven Effekte von "Gamification" auf die Arbeitsattraktivität, Motivation und Leistungsbereitschaft werden dabei anscheinend eher nachrangig behandelt.

5.2 In kognitionsunterstützenden Assistenzsystemen adressierte Kompetenzen

In Kapitel 3 wurden anhand jeweils vier exemplarischer Berufe in Produktion und Dienstleistungen eine Bestandsaufnahme aktueller Kompetenzanforderungen vorgenommen und künftige Kompetenzbedarfe abgeleitet. Unter Rückgriff auf die Umfrage der Expertinnen und Experten in Kapitel 3.2 und den aktuellen Stand der Forschung in Kapitel 5.1 soll im Folgenden ermittelt werden, welche der künftig wichtiger werdenden Kompetenzen bereits in Forschungsprojekten adressiert und damit in

Zukunft höchstwahrscheinlich digital unterstützbar bzw. digital automatisierbar werden. Dabei sollen mögliche Diskrepanzen zwischen der Ausrichtung von Forschungsaktivitäten zur technikbasierten Kompetenzunterstützung und künftigen Kompetenzbedarfen aufgedeckt werden.

Vor allem drei Kompetenzen werden in den betrachteten Forschungsprojekten adressiert: Dazu zählen die Problemlösungsfähigkeit, analytische Fähigkeiten sowie das Systemwissen und ganzheitliche Denken. Damit entsprechen die Forschungsaktivitäten der großen Bedeutung von Problemlösungsfähigkeiten heute und der zunehmenden Wichtigkeit von Systemwissen und ganzheitlichem Denken in der Zukunft. Die Bedeutung analytischer Fähigkeiten wird nach Experteneinschätzung eher gleich bleiben. Ähnliches gilt für die aus heutiger Sicht wichtigen Kompetenzbereiche Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement sowie berufliches und betriebliches Erfahrungswissen, die bereits in einigen Forschungsprojekten adressiert werden. Ebenso wichtig bleiben nach Einschätzung der Expertinnen und Experten Teamfähigkeit und Kooperationsfähigkeit ebenso wie auch die schöpferische Kreativität; ihre digitale Unterstützung wird jedoch jeweils nur in sehr wenigen Forschungsprojekten adressiert.

In einem Abgleich der Forschungsaktivitäten und den Kompetenzen, die in den kommenden fünf Jahren wichtiger werden, fällt auf, dass zwei grundlegende Kompetenzen für die digitale Arbeitswelt – nämlich generische IKT-Fähigkeiten und die Innovationsfähigkeit – stark an Bedeutung gewinnen werden, aber ihre digitale Unterstützung in kaum einem Forschungsprojekt adressiert wird. Ähnliches gilt für die Kompetenz der Dialogfähigkeit, Kundenorientierung und Kommunikationsfähigkeit. Unterdessen werden die heute wichtigen und künftig noch wichtiger werdenden Kompetenzbereiche Planungsverhalten und ergebnisorientiertes Handeln, Prozessdenken sowie Anwendung und Manipulation von Maschinen und vernetzten Systemen bereits in einigen Forschungsprojekten adressiert. Insbesondere für die letzten beiden Kompetenzen wird allerdings aus Expertensicht ein weiterer Bedeutungszuwachs erwartet, sodass auch hier umfangreichere Forschungsaktivitäten unternommen werden sollten.

Schaut man sich nun die angewandten didaktischen Methoden an, wird sichtbar, dass 1.) zu einem hohen Maß auf arbeitsplatzbasierte Formen den problembasierten Lernens zurückgegriffen wird, bei der vermehrt der reale Arbeitsplatz als Lerngegenstand genutzt wird, um die Problemlösungsfähigkeiten der Lerner zu adressieren. Dies ist wenig verwunderlich, da die digitalen Assistenzsysteme zum einen Arbeitsprozesse, zum

	Kompetenz	Definition	Anzahl der betrachteten Förderprojekte, die Kompetenz adressieren (Gesamtzahl: 26, Doppelzählung möglich)
1	Planungsverhalten und ergebnisorientiertes Handeln	 planen, überwachen und steuern Fähigkeit, vorausschauend und planend zu handeln Fähigkeit, an Ergebnissen orientiert zu handeln 	7
2	Innovationsfähigkeit	– Fähigkeit, Neuerungen gern anzugehen, wenn es um die Offenheit zu neuen Technologien geht	0
3	Problemlösungsfähigkeit	Problem erkennenZielzustand erkennenSchritte zur Problemlösung identifizieren und durchführen	16
4	Analytische Fähigkeiten	 - Fähigkeit, Sachverhalte und Probleme zu durchdringen - Fähigkeit, Systemen, Personen, Objekten eine Diagnose stellen (dafür: Beobachten, Analysieren, Auswerten, Erkennen, Zuordnen) 	19
5	Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement	 – Fähigkeit, organisatorische Aufgaben aktiv und erfolgreich zu bewältigen – Koordination von Arbeitsabläufen – Fähigkeit, das eigene Handeln zu gestalten 	8
6	Prozessdenken	 Denken und Handeln in vernetzten und domänenübergreifenden Prozessen Verständnis für das Zusammenspiel relevanter Akteure Fähigkeit, die Folgen von Entscheidungen voraussehend zu erkennen (Folgebewusstsein) 	11
7	Systemwissen und ganzheitliches Denken	Kenntnisse des Gesamtprozesses und seiner SteuerungBeherrschung komplexer ArbeitsinhalteFähigkeit, ganzheitlich zu denken und zu handeln	19
8	Generische IKT-Fähigkeiten	 zweckdienliche IKT-Nutzung (im Sinne der eigenen Aufgaben und Tätigkeiten) Fähigkeit zur Beschaffung von Informationen Fähigkeit zur Informationsverarbeitung Anwendung von Software 	1
9	Kreativität	– schöpferische Tätigkeiten wie Programmieren, Texte schreiben, Bilder zeichnen	
10	Teamfähigkeit und Kooperationsfähigkeit	 – Fähigkeit, in und mit Teams erfolgreich zu arbeiten, auch über Fach- und Ländergrenzen hinweg – Fähigkeit, gemeinsam mit anderen erfolgreich zu handeln 	2
11	Dialogfähigkeit, Kundeno- rientierung und Kommuni- kationsfähigkeit	 Fähigkeit, sich auf andere (u. a. Kunden) im Gespräch einzustellen Fähigkeit zur Abstimmung mit mehreren indirekten Kontakten innerhalb und außerhalb des Unternehmens Fähigkeit zur Kommunikation auch über Fach- und Ländergrenzen 	2
12	Anwendung und Manipulation von Maschinen und vernetzten Systemen		10
13	Berufliches/betriebliches Erfahrungswissen	 das in den Erfahrungen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gesammelte Prozess- und Organisationswissen 	7
14	Betriebswirtschaftliches Fachwissen	 komplementäre kaufmännische Expertise für die erfolgreiche Verrichtung der anfallenden Aufgaben 	1

Abbildung 10: Förderprojekte mit Fokus auf Unterstützung ausgewählter kognitiver Kompetenzen

anderen aber auch typische Problemmuster erlernbar machen sollen. Die didaktische Methodik wird 2.) häufig von adaptiven oder intelligenten Algorithmen unterstützt, die in die Lernumgebungen eingebunden sind, um die Lerner individuell und auf ihren kognitiven Wissensstand bezogen zu schulen. Didaktisch ist dies zu begrüßen, da – wie man beim Integrierten Designprozess gesehen hat – die Lernerzustände eine wichtige Rolle bei der adäquaten Gestaltung der digitalen Assistenzsysteme spielen. Um Arbeitsprozesse dagegen unterstützend zu gestalten, setzten die Forschungsprojekte, wie erwartet, 3.) auf die Exposition digitaler Informationen in Form von eingeblendeten Anleitungen oder Zusatzinformationen. Auch hier können adaptive Systeme von hohem Wert für die Belegschaft sein.

en wie die Zweckbindung, Datensparsamkeit, Transparenz und Verhältnismäßigkeit und die begrenzte Verarbeitung arbeitsund personenbezogener Daten geraten daher unter Druck. Im Falle von digitalen Assistenzsystemen dürfen die im Arbeitsrahmen gewonnenen Daten nach aktueller Rechtslage zwar zur Analyse von Qualifizierungsbedarfen und zur Ableitung von Schulungsmaßnahmen verwendet werden, nicht jedoch für allgemeine Leistungskontrollen. Weiterhin muss eine Überwachung in Assistenzsystemen in leicht wahrnehmbarer Weise kenntlich gemacht werden. Eine Ortung von Beschäftigten darf im Arbeitsbereich nur in Ausnahmefällen permanent erfolgen (Hornung und Hofmann 2015).

Arbeitsfaktoren wie das Kommunikationsverhalten oder die

Stressfestigkeit messen sollen. Etablierte Datenschutzprinzipi-

5.3 Fazit

Mithilfe der öffentlichen Forschungsförderung wurde bereits ein großes Spektrum an technischen Assistenzlösungen entwickelt. Die technische Machbarkeit entscheidet jedoch nicht allein über eine erfolgreiche Überführung in die unternehmerische Praxis. Neben den Investitionskosten sind dafür auch die rechtlichen Rahmenbedingungen, die kontextbezogene Benutzerfreundlichkeit und Ergonomie sowie die spezifische Unternehmenskultur und die damit verbundenen Erwartungen in Bezug auf Produktivitätssteigerungen, Kostensenkungen bzw. Produkt- und Prozessinnovationen von Bedeutung. Über den tatsächlichen Einsatz moderner digitaler Technologien in deutschen Unternehmen ist nur wenig bekannt. Insbesondere kleinere Betriebe setzen sich seltener als größere mit modernen digitalen Technologien auseinander. Viele Unternehmen verbinden offenbar weniger Chancen mit dem Einsatz dieser Technologien und sehen auch wenig Potenzial darin, die körperliche Belastung ihrer durchschnittlich älter werdenden Belegschaften zu senken, Produktivitätsvorteile zu erwirtschaften oder neue Produkte und Dienstleitungen anzubieten (Arntz et al. 2016).

Ein weiteres Risiko bei der Nutzung von Assistenz- und Tutorensystemen ist der Mensch selbst. Er muss die Unterstützung als hilfreich erkennen und annehmen. Neben einer hohen Gebrauchstauglichkeit sind auch der hinreichende Schutz der Persönlichkeitsrechte, die informationelle Selbstbestimmung und das Vertrauen in den Datenschutz wichtig für die Benutzerakzeptanz von digitalen Assistenzsystemen. Da jede Aktivität in digitalen Arbeitsumgebungen erfasst werden kann, entsteht ein umfassender Datenbestand, aus dem sich neue Informationen ableiten lassen und ein detailliertes Profil der Leistungen, Verhaltensweisen und Gewohnheiten der Beschäftigten ergeben können. Hinzu kommt eine steigende Anzahl von Anwendungen, welche die emotionale Verfassung und "weiche"

6 Handlungsempfehlungen

Die vorliegende Studie zeigt das enorme Potenzial digitaler Assistenzsysteme für die künftige Kompetenzentwicklung von Beschäftigten in den Bereichen Industrie und Dienstleistungen. Die Ergebnisse zeigen auch, dass die Befürchtung eines "Wegbrechens" kompletter Berufe weitestgehend unbegründet ist. Die wenigsten kognitiven Kompetenzen werden von den befragten Expertinnen und Experten als automatisierbar angesehen. Selbst das Steuern und Manipulieren von Maschinen oder vernetzen Systemen wird von einer Mehrheit der abgegebenen Einschätzungen als nicht automatisierbar eingestuft. Dies bedeutet, dass die Menschen die kognitiven Kompetenzen für einen Großteil ihrer Tätigkeiten weiterhin selbst aufbringen müssen. Voraussetzung ist dafür sicherlich, dass Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den Unternehmen sich weiterbilden und Positionen anstreben, in denen die genannten Kompetenzen von inhärenter Bedeutung sind.

Für Unternehmen wird der Einsatz digitaler Assistenzsysteme künftig unabdingbar. Dabei empfiehlt sich bei der Auswahl und dem Design der Systeme folgende Vorgehensweise:

- 1) Bedarfe individueller Kompetenzentwicklungen und die Anforderungen daran identifizieren: Für alle zentralen Kernkompetenzen sollte die Bedeutung heute identifiziert und deren künftige Entwicklung prognostiziert werden (vgl. Kapitel 3). Daraus ergibt sich eine Prioritätenliste, die mit den aktuellen Kompetenzprofilen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter abgeglichen werden muss. Dort, wo sich die größten Diskrepanzen ergeben, empfiehlt es sich den Einsatz digitaler Assistenzsysteme prioritär voranzutreiben. Die vorliegende Analyse zeigt, dass alle relevanten Kernkompetenzen zu einem hohen Grad zumindest digital unterstützbar sind.
- Situative, zielgruppenbezogene und didaktische Analyse:
 Ausgehend von den prioritären Einsatzfeldern sollte vor Festlegung auf eine Technologie eine umfassende ergonomische und didaktische Analyse erfolgen (vgl. Kapitel 4). Dabei stehen Fragen der Usability und User Experience, der Lernbedingungen, der Lehrziele, der Lerninhalte sowie der Lernorganisation im Mittelpunkt.
- 3) Auswahl des technologischen Mediums: Die Wahl des Mediums und der Technologie ist abhängig von der didaktischen Analyse. Bis auf wenige Ausnahmen haben alle relevanten Technologien im Bereich der digitalen Assistenzsysteme vor allem im Endkonsumentenbereich aber auch im professionellen Bereich bereits einen hohen technologischen Reifegrad erreicht (mindestens Prototyp in Einsatzumgebung, vgl. Kapitel 5).

Designprozesse für digitale Assistenzsysteme sollten arbeiter- bzw. lernerzentriert ausgerichtet sein, das Designteam mit Expertinnen und Experten unterschiedlicher Disziplinen besetzt sein (z. B. Produkt- und Interaktionsdesigner, Lern-

Mehrdimensionale Ausrichtung von Designprozessen:

mit Expertinnen und Experten unterschiedlicher Disziplinen besetzt sein (z. B. Produkt- und Interaktionsdesigner, Lernpsychologen, Erziehungswissenschaftler der Erwachsenenbildung, Informatikern und Ingenieuren), und die eigentlichen Beschäftigten und Lernenden sollten in möglichst allen Designphasen miteinbezogen werden. Der Designprozess ist iterativ zu gestalten und zu implementieren.

Mit Blick auf die öffentliche Forschungsförderung gilt es aus Sicht des Bundestages "sowohl das Marktpotenzial konkreter Technologien als auch den gesellschaftlichen Bedarf und die Realisierung zukunftsfähiger Lösungen auszuloten" (Deutscher Bundestag 2015). Dabei liegt der Handlungsbedarf Deutschlands im Bereich digitaler Technologien nach Ansicht der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) "weniger in der technologisch orientierten Forschung als im Transfer und in der Anwendung wissenschaftlicher Ergebnisse" (EFI 2017, S. 102). Diese generischen Forderungen lassen sich auch auf den Handlungsbedarf der digitalen Assistenzsysteme übertragen:

- 5) Es gilt Unternehmen sowie industrie- und technologienahe Forschungsvorhaben bei der Entwicklung und Einführung von digitalen Assistenzsystemen zu unterstützen, welche explizit Faktoren der Gebrauchstauglichkeit (*Usability*) und *User Experience* einbeziehen, einen menschzentrierten Ansatz verfolgen, interdisziplinär arbeiten und iterative Entwicklungsmodelle umsetzen.
- 6) Dafür gilt es Förderprogramme zu etablieren, die einen Fokus auf Forschungs- und Praxis-Transfer legen (insbesondere Förderung von Validierung im Praxiseinsatz: Nutzerakzeptanz, arbeits- und motivationspsychologische sowie ethische Aspekte, Standardisierung, Konnektivität, branchenübergreifende Übertragbarkeit, Normung, Patentanmeldung, Daten- und Rechtssicherheit). Besonders betrachtet werden sollten dabei Aspekte der Ergonomie, der Mensch-System-Interaktion und der Mediendidaktik, die bereits intensiv beforscht sind, aber noch wenig angewandt und umgesetzt werden.
- 7) Künftige Anforderungen im Beruf sollten breitflächig detailliert analysiert werden. Dabei sollten insbesondere die kurz- und mittelfristig erwartbaren Kompetenzentwicklungen erfasst und hinsichtlich ihrer Unterstützbarkeit durch digitale Assistenzsysteme bewertet werden. Die vorliegende Studie bietet dafür einen ersten methodischen Rahmen (vgl. Kapitel 3).

8) Aus dem vorliegenden Abgleich aktueller Forschungsaktivitäten und den Kompetenzen, die in den kommenden fünf Jahren zunehmend wichtiger werden, wird deutlich, dass zwei grundlegende Kompetenzen für die digitale Arbeitswelt – nämlich generische IKT-Fähigkeiten und die Innovationsfähigkeit – stark an Bedeutung gewinnen werden, aber ihre digitale Unterstützung in kaum einem Forschungsprojekt adressiert wird. Hier gilt es neben Transferaktivitäten vor allem kurzfristig Forschungsund Entwicklungsarbeiten zu fördern, die diese beiden zentralen, branchenunabhängigen Kompetenzen in den Mittelpunkt der Entwicklung von digitalen Assistenzsystemen rückt, um die existierende Forschungslücke rasch zu schließen.

9) Weitere Technologieförderung ist insbesondere in den Bereichen Kontextsensitivität, intelligente Kleidung, maschinelles Sehen notwendig, auch um die Lücke zwischen dem Reifegrad in der Konsumgüterindustrie und in der unternehmensgetriebenen Anwendung zu schließen. Dafür empfehlen sich unter Umständen Projektlaufzeiten von deutlich unter den üblichen drei Jahren mit einem höheren Mitteleinsatz pro Zeiteinheit, um die aktuelle Marktdynamik nicht zu verpassen. Darüber hinaus gehende längerfristige Grundlagenforschung ist überwiegend im Bereich der Gehirn-Computer-Schnittstellen notwendig.

7 Anhang

7.1 Experteneinschätzung für konkrete Berufe

		Einstu	Einstufung der Bedeutung in 5 Jahren	g in 5 Jahren	Ü	Grad der digitalen Unterstützung	Jnterstütz	bur
Industriemechaniker/-in	Bedeutung heute	gewinnt an Bedeutung	bleibt etwa gleich bedeutend	verliert an Bedeutung	digital unterstützbar	nicht digital ar unterstützbar		digital automatisierbar
Problemlösungsfähigkeit	87%	45%		20%	2%	85%		15%
Teamfähigkeit, Kooperationsfähigkeit	83%	23%	%	42%	2%	28%		42%
Planungsverhalten, ergebnisorientiertes Handeln	78%	20%	%	39%	11%	%68		<mark>%9</mark> %9
Analytische Fähigkeiten	74%	23%	%	35%	12%	76%		6% 18%
Systemwissen, ganzheitli- ches Denken	74%		76%	12%	12%	94%		%9
Anwendung: Maschinen und vernetzte Systeme	70%		%69	19%	13%	%89	%9	25%
Berufliches und betriebliches Erfahrungswissen	70%	31%	44%	25%		%89		25% 6%
Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement	27%	23%	%69		%8	85%		15%
Prozessdenken	48%		82%	18%		%55	27%	18%
Innovationsfähigkeit	43%		%08	50%		%08		20%
Kundenorientierung und Kommunikationsfähigkeit	39%	26	%95	33%	11%	%95		44%
Generische IKT-Fähigkeiten	30%		%98	14	14%	71%		14%
Kreativität	30%	5	27%	29%	14%	57%		43%
Betriebswirtschaftliches Fachwissen	17%	25%	25%	20%	25	20%	25%	25%

Abbildung 11: Experteneinschätzung für den Beruf Industriemechaniker/in: Bedeutung der wichtigsten Kernkompetenzen heute und in fünf Jahren, Einschätzung der Unterstützbarkeit durch digitale Systeme bzw. der vollständigen Automatisierbarkeit durch digitale Systeme

			Einstufung d	Einstufung der Bedeutung in 5 Jahren	າ 5 Jahren	Grad c	Grad der digitalen Unterstützung	stützung	
Produktionsplaner/-in	Bedeutur	Bedeutung heute	gewinnt an Bedeutung	bleibt etwa gleich bedeutend	verliert an Bedeutung	digital unterstützbar	nicht digital unterstützbar	digital automatisierbar	ital tisierbar
Planungsverhalten, ergebni- sorientiertes Handeln	%56	9	72%		28%	61%	%	39%	
Problemlösungsfähigkeit	%68		%65		41%		71%	%9	24%
Prozessdenken	%68		41%		29%	23%		29%	18%
Analytische Fähigkeiten	74%		20%		20%		71%	14%	14%
Teamfähigkeit, Kooperationsfähigkeit	%89		54%		46%	31%	69	%69	
Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement	63%		42%	25	8%		75%	%8	17%
Berufliches und betriebliches Erfahrungswissen	28%		45%	27%	27%	79	64%	18%	18%
Kundenorientierung und Kommunikationsfähigkeit	28%		25%		45%	25%		45%	
Generische IKT-Fähigkeiten	47%		78	78%	22%		78%		22%
Innovationsfähigkeit	47%			%68	11%	9	%29%	22%	11%
Systemwissen, ganzheitliches Denken	47%		78	78%	22%	9	%29	33%	%
Betriebswirtschaftliches Fachwissen	76%		40%	40%	20%	%09	%	20%	20%
Kreativität	21%		20%	25%	25%	25%	20%		25%
Anwendung: Maschinen und vernetzte Systeme	16%		%19		33%	9	%29	33%	%

Abbildung 12: Experteneinschätzung für den Beruf Produktionsplaner/in: Bedeutung der wichtigsten Kernkompetenzen heute und in fünf Jahren, Einschätzung der Unterstützbarkeit durch digitale Systeme der vollständigen Automatisierbarkeit durch digitale Systeme

		Einstufung	Einstufung der Bedeutung in 5 Jahren	in 5 Jahren	Grad de	Grad der digitalen Unterstützung	stützung
Fachlagerist/-in	Bedeutung heute	gewinnt an Bedeutung	bleibt etwa gleich bedeutend	verliert an Bedeutung	digital unterstützbar	nicht digital unterstützbar	digital automatisierbar
Problemlösungsfähigkeit	93%	38%	46%	15%	9	%69	8% 23%
Planungsverhalten, ergebnis- orientiertes Handeln	%98	%05	3	33% 17%	42%	17%	42%
Teamfähigkeit, Kooperationsfähigkeit	%98	%05		20%	42%	5	8%
Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement	79%	27%	73%	%	64%	%	27% 9%
Prozessdenken	79%	64%		27% 8%	64%	%	18% 18%
Berufliches und betriebliches Erfahrungswissen	71%	10%	%08	10%	%09		40%
Kundenorientierung und Kommunikationsfähigkeit	64%	44%		%95	33%	%95	11%
Anwendung: Maschinen und vernetzte Systeme	20%	71%	%	14% 14%	57%	14%	% 59%
Betriebswirtschaftliches Fachwissen	20%	78%	43%	29%		100%	
Generische IKT-Fähigkeiten	20%	43%	43%	14%	27%	14%	% 58%
Systemwissen, ganzheitliches Denken	20%	73%	27%	14%	43%		57%
Innovationsfähigkeit	21%	%29	0	33%	33%	9	67%
Analytische Fähigkeiten	14%	%05		20%	%05		20%
Kreativität 7	7%		100%			100%	

Abbildung 13: Experteneinschätzung für den Beruf Fachlagerist/in: Bedeutung der wichtigsten Kernkompetenzen heute und in fünf Jahren, Einschätzung der Unterstützbarkeit durch digitale Systeme bzw. der vollständigen Automatisierbarkeit durch digitale Systeme

		Einstufung	Einstufung der Bedeutung in 5 Jahren	in 5 Jahren	Grad de	Grad der digitalen Unterstützung	stützung
Maschinen- und Anlagenführer/-in	Bedeutung heute	gewinnt an Bedeutung	bleibt etwa gleich bedeutend	verliert an Bedeutung	digital unterstützbar	nicht digital unterstützbar	digital automatisierbar
Problemlösungsfähigkeit	%56	61%		39%		%68	11%
Berufliches und betriebliches Erfahrungswissen	%68	47%		53%	929	%	29% 6%
Teamfähigkeit, Kooperationsfähigkeit	84%	31%	9	%69	%95		44%
Prozessdenken	74%	7.	71%	76%		%98	<u>%</u>
Anwendung: Maschinen und vernetzte Systeme	%89	38%	46%	15%	54%		46%
Planungsverhalten, ergebni- sorientiertes Handeln	%89	23%	%69	%8		77%	8% 15%
Systemwissen, ganzheitliches Denken	%89	95%		38%		77%	23%
Analytische Fähigkeiten	%89	20%		20%		100%	
Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement	53%	30%	20%	50%		%06	10%
Generische IKT-Fähigkeiten	47%		78%	22%		78%	11% 11%
Kundenorientierung und Kommunikationsfähigkeit	42%	57%		43%	%05		38% 13%
Innovationsfähigkeit	32%		100%			83%	17%
Kreativität	11%		100%		20%		20%
Betriebswirtschaftliches Fachwissen	%5		100%			100%	

Abbildung 14: Experteneinschätzung für den Beruf Maschinen- und Anlagenführer/in: Bedeutung der wichtigsten Kernkompetenzen heute und in fünf Jahren, Einschätzung der Unterstützbarkeit durch digitale Systeme

		Einstufung	Einstufung der Bedeutung in 5 Jahren	in 5 Jahren	Grad d	Grad der digitalen Unterstützung	tützung
Kraftfahrzeug- mechatroniker/-in	Bedeutung heute	gewinnt an Bedeutung	bleibt etwa gleich bedeutend	verliert an Bedeutung	digital unterstützbar	nicht digital unterstützbar	digital automatisierbar
Problemlösungsfähigkeit	100%	%19	%	33%		78%	22%
Analytische Fähigkeiten	%68	%89		38%	%89		13% 25%
Systemwissen, ganzheitliches Denken	%68		%88	13%		75%	13% 13%
Berufliches und betriebliches Erfahrungswissen	78%	27%		43%	79%	27%	14%
Kundenorientierung und Kommunikationsfähigkeit	78%	27%		43%		71%	14% 14%
Innovationsfähigkeit	67%		100%			83%	17%
Planungsverhalten, ergebni- sorientiertes Handeln	67%	33%		%29		83%	17%
Anwendung: Maschinen und vernetzte Systeme	26%		100%			%08	20%
Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement	%95	%09		20% 20%		%08	20%
Generische IKT-Fähigkeiten	44%		100%			75%	25%
Prozessdenken	33%		100%		.9	%29	33%
Kreativität	22%	%05		%05		100%	
Teamfähigkeit, Kooperationsfähigkeit	22%		100%		%05		20%
Betriebswirtschaftliches Fachwissen	%0		%0			%0	

Abbildung 15: Experteneinschätzung für den Beruf Kraftfahrzeugmechatroniker/in: Bedeutung der wichtigsten Kernkompetenzen heute und in fünf Jahren, Einschätzung der Unterstützbarkeit durch digitale Systeme

			Einstufun	Einstufung der Bedeutung in 5 Jahren	15 Jahren	Grad de	Grad der digitalen Unterstützung	stützung
Kaufmann und Kauffrau im Einzelhandel	Bedeut	Bedeutung heute	gewinnt an Bedeutung	bleibt etwa gleich bedeutend	verliert an Bedeutung	digital unterstützbar	nicht digital unterstützbar	digital automatisierbar
Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement	91%	9	40%	30%	30%		%08	50%
Problemlösungsfähigkeit	91%	9,	%09		40%		%08	20%
Betriebswirtschaftliches Fachwissen	82%		22%	%95	22%		%68	11%
Kundenorientierung und Kommunikationsfähigkeit	85%			78%	11% 11%	%29	%	33%
Planungsverhalten, ergebni- sorientiertes Handeln	82%		29	%29	33%		%68	11%
Teamfähigkeit, Kooperationsfähigkeit	82%		44%		26%	44%	4	44%
Berufliches und betriebliches Erfahrungswissen	%55		17%	%29	17%	%29	%	17% 17%
Innovationsfähigkeit	25%			100%			83%	17%
Analytische Fähigkeiten	45%		20%	%08			%08	50%
Prozessdenken	45%			%08	20%		100%	
Generische IKT-Fähigkeiten	36%			75%	25%		75%	25%
Systemwissen, ganzheitliches Denken	36%		%05		%05	%09	25%	25%
Kreativität	18%			100%			100%	
Anwendung: Maschinen und vernetzte Systeme		%0		%0			%0	
	Durch das Entfallen de	Durch das Entfallen der Nachkommastellen können in den Summen der Prozentangaben Abweichungen von +/- 1 % entstehen.	in den Summen de	r Prozentangaben	Abweichungen vo	ר +/- 1 % entstehe	Ċ.	

Abbildung 16: Experteneinschätzung für den Beruf Kaufmann und Kauffrau im Einzelhandel: Bedeutung der wichtigsten Kernkompeten-zen heute und in fünf Jahren, Einschätzung der Unterstützbarkeit durch digitale Systeme

		Einstufung	Einstufung der Bedeutung in 5 Jahren	ר 5 Jahren	Grad de	Grad der digitalen Unterstützung	tützung
Heizungsinstallateur/-in	Bedeutung heute	gewinnt an Bedeutung	bleibt etwa gleich bedeutend	verliert an Bedeutung	digital unterstützbar	nicht digital unterstützbar	digital automatisierbar
Problemlösungsfähigkeit	100%	%09		40%		100%	
Anwendung: Maschinen und vernetzte Systeme	%08	%05		20%		75%	25%
Berufliches und betriebliches Erfahrungswissen	%08	25%	75%			100%	
Kundenorientierung und Kommunikationsfähigkeit	%08	%05		20%	%05		20%
Teamfähigkeit, Kooperationsfähigkeit	%08	%05		20%	%05		20%
Generische IKT-Fähigkeiten	%09	%29	%	33%		100%	
Innovationsfähigkeit	%09		100%		%29	%	33%
Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement	%09	%29	%	33%		100%	
Planungsverhalten, ergebnisorientiertes Handeln	%09	%19	%	33%		100%	
Prozessdenken	%09		100%		%29	%	33%
Systemwissen, ganzheitliches Denken	40%		100%			100%	
Analytische Fähigkeiten	20%		100%			100%	
Kreativität	20%		100%			100%	
Betriebswirtschaftliches Fachwissen	%0		%0			%0	
	Durch das Entfallen der Nachkommastellen können in den Summen der Prozentangaben Abweichungen von +/- 1 % entstehen.	in den Summen de	r Prozentangaben	Abweichungen vo	n +/- 1 % entstehe	Ċ.	

Abbildung 17: Experteneinschätzung für den Beruf Heizungsinstallateur/in: Bedeutung der wichtigsten Kernkompetenzen heute und in fünf Jahren, Einschätzung der Unterstützbarkeit durch digitale Systeme bzw. der vollständigen Automatisierbarkeit durch digitale Systeme

		Einstufung	Einstufung der Bedeutung in 5 Jahren	ו 5 Jahren	Grad de	Grad der digitalen Unterstützung	tützung
Facharzt und Fachärztin	Bedeutung heute	gewinnt an Bedeutung	bleibt etwa gleich bedeutend	verliert an Bedeutung	digital unterstützbar	nicht digital unterstützbar	digital automatisierbar
Berufliches und betriebliches Erfahrungswissen	92%	36%	9	64%		82%	18%
Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement	83%	%09		40%		%56	%5
Problemlösungsfähigkeit	79%	23%		47%	39	%89	26% 5%
Analytische Fähigkeiten	75%	22%	78%			78%	17% 6%
Kundenorientierung und Kommunikationsfähigkeit	75%	61%		39%		83%	17%
Teamfähigkeit, Kooperationsfähigkeit	75%	%95		44%		83%	17%
Planungsverhalten, ergebni- sorientiertes Handeln	67%		75%	25%		100%	
Systemwissen, ganzheitliches Denken	%85	64%		36%		79%	21%
Generische IKT-Fähigkeiten	46%		91%	%6		82%	18%
Prozessdenken	42%		%08	20%		%06	10%
Innovationsfähigkeit	33%		%88	13%		75%	25%
Anwendung: Maschinen und vernetzte Systeme	25%	67%	9,	33%	29	67%	33%
Betriebswirtschaftliches Fachwissen	25%	%29	,0	33%		83%	17%
Kreativität	25%	33%	29	%29		%29	33%
	Durch das Entfallen der Nachkommastellen können in den Summen der Prozentangaben Abweichungen von +/- 1 % entstehen.	ı in den Summen der	· Prozentangaben	Abweichungen vc	ın +/- 1 % entstehe	en.	

Abbildung 18: Experteneinschätzung für den Beruf Facharzt/Fachärztin: Bedeutung der wichtigsten Kernkompetenzen heute und in fünf Jahren, Einschätzung der Unterstützbarkeit durch digitale Systeme bzw. der vollständigen Automatisierbarkeit durch digitale Systeme

7.2 Forschungsprojekte im Bereich digitaler Assistenz

Akronym	AcRoSS
Titel	Instrumentarium zur Implementierung von Augmented-Reality-basierten Produkt-Service-Systemen
Laufzeit	2016–2019
Fördergeber	BMWi
Förderprogramm	Smart Service Welt – Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft
Branche	Produktion
Kurzbeschreibung	Ziel ist die Implementierung AR-basierter Produkt-Service-Systeme in Unternehmen unterschiedlicher Größen und Branchen. Dazu wird eine Plattform mit AR-Bausteinen (z.B. zur Positionserkennung, Gestensteuerung) entwickelt, auf der alle nötigen Daten ausgetauscht und individuell AR-basierte Services konfiguriert werden können. Ziel ist die Erschließung und Beherrschung von Technologien im Rahmen der Qualitätssicherung, Inbetriebnahme und Wartung.
In den Projekten adressierte Kompetenzen und Fähigkeiten	 Qualitätssicherung Qualitätsprüfung Entwurf Steuerung und Beobachtung von Produktionsprozessen Wartungsarbeiten
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	 Problemlösungsfähigkeit (3) Analytische Fähigkeiten (4) Systemwissen und ganzheitliches Denken (7) Anwendung und Manipulation von Maschinen und vernetzten Systemen (12)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	► Maschinen- und Anlagenbau► Logistik► Luft- und Raumfahrt
Didaktik	► Arbeitsplatzbasiertes Lernen
Hauptelemente der Hardware	 ▶ Augmented-Reality-Brille ▶ Tablet ▶ Positionserkennung ▶ Gestensteuerung
Einschätzung des Technologie- Reifegrads (nach Lacueva Perez et al. 2016)	Maschinelles Sehen: 6 Kontextsensitivität: 5 Mobile Endgeräte: 9 Augmented/ Virtual Reality: 6 Maschinelles Sehen: 4 Kontextsensitivität: 4 Mobile Endgeräte: 7 Augmented/ Virtual Reality: 5

Akronym	AKOLEP
Titel	Akustisch und optisch erfahrbares Lernen für den Bereich der Pflegeberufe
Laufzeit	2016–2019
Fördergeber	BMBF
Förderprogramm	Erfahrbares Lernen
Branche	Dienstleistungen
Kurzbeschreibung	Eine "Mixed-Reality"-Lernumgebung fördert das praktische Erlernen der Arbeits- und Bewegungs- abläufe in der Pflege. Alle relevanten Arbeitsschritte werden in einer ganzheitlichen Lernumgebung (ohne anleitende Personen und Patienten) mittels detaillierter Beschreibung und direktem Feedback selbstständig erlernt bzw. vertieft. Es erfolgt eine kamerabasierte Bewegungserfassung und situative Sprachein- bzw. Sprachausgaben.
In den Projekten adressierte Kompetenzen und Fähigkeiten	▶ Arbeits- und Bewegungsabläufe in der Pflege
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	 Planungsverhalten und ergebnisorientiertes Handeln (1) Problemlösungsfähigkeit (3) Analytische Fähigkeiten (4) Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement (5) Prozessdenken (6) Systemwissen und ganzheitliches Denken (7) berufliches/betriebliches Erfahrungswissen (13)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	▶ Pflegeausbildung
Didaktik	► Exposition► Selbstbestimmtes Lernen► Intelligentes Tutoring/ adaptives Lernen
Hauptelemente der Hardware	► RFID ► Anfassbare Objekte (Smart Objects) ► Kamera
Einschätzung des Technologie- Reifegrads (nach Lacueva Perez et al. 2016)	Maschinelles Sehen: 6 Wearables/ Nearables: 7 RFID: 9 Maschinelles Sehen: 4 Wearables/ Nearables: 6 RFID: 9

Akronym	ALUBAR
Titel	Adaptives Lern- und Unterstützungs-system basierend auf Augmented Reality
Laufzeit	2013–2016
Fördergeber	BMBF
Förderprogramm	Mit 60+ mitten im Arbeitsleben
Branche	Produktion
Kurzbeschreibung	Das mobile, kontextsensitive und bedarfsorientierte System leistet kognitive Unterstützung und ermöglicht das Lernen direkt am Arbeitsplatz. Die Relevanz ergibt sich aus steigender Produktvarianz und -komplexität sowie hohen Produkt- und Produktionsanforderungen. Die Kontexterfassung erfolgt über Bilder, Bewegung und Vitalparameter. Arbeitsschritte, Bauteile und Anweisungen werden visualisiert. Ziel sind höhere Effizienz und Sicherheit durch eine optimale Lernvorbereitung und Bereitstellung von Zusatzinformationen vor Ort.
In den Projekten adressierte Kompetenzen und Fähigkeiten	 ▶ Präzision ▶ Flexibilität in der Endmontage komplexer Investitionsgüter (z. B. Gasturbine) oder beim Rüsten in der Montagevorbereitung
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	 Planungsverhalten und ergebnisorientiertes Handeln (1) Problemlösungsfähigkeit (3) Analytische Fähigkeiten (4) Prozessdenken (6) Systemwissen und ganzheitliches Denken (7) Anwendung und Manipulation von Maschinen und vernetzten Systemen (12)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	▶ ältere Beschäftigte und Beschäftigte bei einem Neu- oder Wiedereinstieg in den Job, insbesondere im Maschinen- und Anlagenbau
Didaktik	► Adaptives Lernen durch Exposition intelligenter, multimedialer Inhalte
Hauptelemente der Hardware	▶ Augmented-Reality-Brille▶ Virtual-Reality-Brille▶ Tablet PC
Einschätzung des Technologie-	Maschinelles Sehen: 6
Reifegrads (nach Lacueva Perez et	Kontextsensitivität: 5
al. 2016)	Mobile Endgeräte: 9
	Augmented Reality: 6
	Maschinelles Sehen: 4
	Kontextsensitivität: 4
	Mobile Endgeräte: 7
	Augmented Reality: 5

Akronym	APPsist
Titel	Intelligentes Assistenz- und Wissenssystem in der Produktion
Laufzeit	2014–2017
Fördergeber	BMWi
Förderprogramm	AUTONOMIK für Industrie 4.0
Branche	Produktion
Kurzbeschreibung	Mithilfe eines KI-basierten Assistenzsystems erfolgt eine Bedienunterstützung bei unterschiedlichsten Maschinenzuständen (z.B. Rüsten, Inbetriebnahme und Bedienung der Anlage im Produktionsprozess). Ziel ist der Wissens- und Kompetenzerwerb hinsichtlich Produktion, Produkt bzw. Arbeitsprozess.
In den Projekten adressierte Kompetenzen und Fähigkeiten	► Entwurf, Steuerung und Beobachtung von Produktionsprozessen ► Bedienung und Programmierung von Anlagen und Großgeräten ► Wartungsarbeiten
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	 Planungsverhalten und ergebnisorientiertes Handeln (1) Problemlösungsfähigkeit (3) Analytische Fähigkeiten (4) Prozessdenken (6) Systemwissen und ganzheitliches Denken (7) Anwendung und Manipulation von Maschinen und vernetzten Systemen (12)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	▶ vorbeugende Instandhaltung und Wartung sowie Fehlerbeseitigung
Didaktik	► Exposition► Arbeitsplatzbasiertes Lernen► Intelligentes Tutoring/ adaptives Lernen
Hauptelemente der Hardware	 Augmented-Reality-Brille Virtual-Reality-Brille Touch- und Displaytechnologien Smartphone Tablet PC Kinect-Tiefensensorik Sensorik
Einschätzung des Technologie-	Maschinelles Sehen: 6
Reifegrads (nach Lacueva Perez et	Kontextsensitivität: 5
al. 2016)	Mobile Endgeräte: 9
	Wearables/ Nearables: 7
	Augmented Reality: 6
	Maschinelles Sehen: 4
	Kontextsensitivität: 4
	Mobile Endgeräte: 7
	Wearables/ Nearables: 6
	Augmented Reality: 5
	, ag., c.

Akronym	ARSuL
Titel	Augmented-Reality-basierter Support für das Lernen im Sanitär-Heizung-Klima-Handwerk
Laufzeit	2016–2019
Fördergeber	BMBF
Förderprogramm	Erfahrbares Lernen
Branche	Dienstleistungen
Kurzbeschreibung	Beschäftigte erhalten eine bedarfsgerechte Unterstützung im Arbeitskontext. Diese wird über eine komplexe Integration von Sensorik, intuitiven Mensch-Technik-Schnittstellen und einem Lernmanagement-System realisiert. Das Lernsystem ist über mobile Geräte nutzbar. Eine integrierte Kamera dient zur Identifizierung von optischen Tags an den Elektrogeräten. Die Lerninhalte werden für alle Beschäftigten unter Berücksichtigung ihres persönlichen Vorwissens und ihrer individuellen Aufgaben bereitgestellt.
In den Projekten adressierte Kompetenzen und Fähigkeiten	▶ Bereitstellung von gerätespezifischem Wissen in technisch ausgerichteten Arbeitsabläufe
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	 Problemlösungsfähigkeit (3) Analytische Fähigkeiten (4) Systemwissen und ganzheitliches Denken (7) Anwendung und Manipulation von Maschinen und vernetzten Systemen (12) berufliches/betriebliches Erfahrungswissen (13)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	► KMU im Bereich "Sanitär, Heizung und Klima", deren Beschäftigte über ein breites Wissen von Altgeräten bis hin zu modernen digitalen Anlagen verfügen müssen
Didaktik	▶ Blended-Learning-Ansatz▶ Exposition▶ Selbstgesteuertes Lernen
Hauptelemente der Hardware	 Augmented-Reality-Brille Virtual-Reality-Brille RFID Kamera Optische Tags Smartphone Tablet
Einschätzung des Technologie-	Maschinelles Sehen: 6
Reifegrads (nach Lacueva Perez et	Bild- und Videogeräte: 9
al. 2016)	Mobile Endgeräte: 9
	Augmented Reality: 6
	RFID: 9
	Maschinelles Sehen: 4
	Bild- und Videogeräte: 7
	Mobile Endgeräte: 7
	Augmented Reality: 5
	RFID: 9

Akronym	ELISE
Titel	Entwicklung eines interaktiven und emotionssensitiven Lernsystems für das Geschäfts- prozessmanagement
Laufzeit	2016–2019
Fördergeber	BMBF
Förderprogramm	Erfahrbares Lernen
Branche	Dienstleistungen
Kurzbeschreibung	Das integrierte Hardware-Software-System ermöglicht das spielerische Durchlaufen von 3D- und multimedial-visualisierten Geschäftsprozesse ("Process Walkthroughs").
In den Projekten adressierte Kompetenzen und Fähigkeiten	► Kompetenzentwicklung im Geschäftsprozess-management: Schulung neuer Arbeitsprozesse, Vermittlung von Prozesswissen und Prozessmanagement-Fähigkeiten
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	 Planungsverhalten und ergebnisorientiertes Handeln (1) Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement (5) Prozessdenken (6) Systemwissen und ganzheitliches Denken (7)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	▶ Beschäftigte (berufsbegleitendes Lernen)▶ Studierende (tertiäre Bildung)
Didaktik	▶ Gamification▶ Embodiment▶ Arbeitsplatzbasiertes Lernen
Hauptelemente der Hardware	▶ Virtual-Reality-Brille
Einschätzung des Technologie-	Konventionelle Technologien: 7
Reifegrads (nach Lacueva Perez et al. 2016)	Maschinelles Sehen: 6
	Bild- und Videogeräte: 9
	Kontextsensitivität: 5
	Konventionelle Technologien: 6
	Maschinelles Sehen: 4
	Bild- und Videogeräte: 7
	Kontextsensitivität: 4

Akronym	ELIXIER
Titel	Erfahrungsbasiertes Lernen durch interaktives Experimentieren in erweiterten Realumgebungen
Laufzeit	2016–2018
Fördergeber	BMBF
Förderprogramm	Erfahrbares Lernen
Branche	Dienstleistungen
Kurzbeschreibung	Bei dem Aufbau und der Durchführung von Versuchen erhalten Studierende und Lehrpersonal eine kontextbasierte, tutorielle Assistenz. In einem Erfahrungsportfolio können virtuelle, interaktive Versionen durchgeführter Experimente erstellt und außerhalb der Laborumgebung abgerufen werden. Einen Schwerpunkt bilden Usability-Aspekte sowie Fragen der didaktischen Gestaltung der Lerninhalte und sensorischen Erfassung von Experimentzuständen.
In den Projekten adressierte Kompetenzen und Fähigkeiten	 ▶ abstraktes und nachhaltiges Verständnis vom Lerngegenstand durch aktives, reflektives Lernen ▶ handlungsorientierte Kompetenzen (z. B. für den Versuchsaufbau, das Bedienen von Geräten) ▶ motorisch-kinaesthetisch praktische Fertigkeiten (nur am realen Gerät erlernbar) ▶ Problemlösungskompetenz ▶ Theorie-Praxistransfer ▶ handlungsorientierte Experimentierkompetenz ▶ verstehendes Lernen im Praktikumsexperiment
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	 ▶ Problemlösungsfähigkeit (3) ▶ Analytische Fähigkeiten (4) ▶ Systemwissen und ganzheitliches Denken (7)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	▶ Lernen und Lehren in Laborumgebungen, insbesondere an der Hochschule in den Fachbereichen Medizin, Biochemie, Molekulare Diagnostik, Elektromobilität
Didaktik	► Problembasiertes/ forschungsbasiertes Lernen ► Intelligentes Tutoring/ adaptives Lernen
Hauptelemente der Hardware	 Augmented-Reality-Brille ▶ PC ► Smartphone ▶ Tablet ▶ Interaktives Whiteboard
Einschätzung des Technologie-	Konventionelle Technologien: 7
Reifegrads (nach Lacueva Perez et	Maschinelles Sehen: 6
al. 2016)	Kontextsensitivität: 5
	Mobile Endgeräte: 9
	Wearables/ Nearables: 7
	Augmented Reality: 6
	Konventionelle Technologien: 6
	Maschinelles Sehen: 4
	Kontextsensitivität: 4
	Mobile Endgeräte: 7
	Wearables/ Nearables: 6
	Augmented Reality: 5

Akronym	ENgAge4Pro
Titel	Ergonomie-Navigator für die alters- und alternsgerechte Produktion
Laufzeit	2013–2016
Fördergeber	BMBF
Förderprogramm	Mit 60+ mitten im Arbeitsleben
Branche	Produktion
Kurzbeschreibung	Mithilfe eines teilautomatisierten Werkzeugs erfolgt die ergonomische Bewertung von Arbeitsplätzen. Ziel ist die einfache und kostengünstige Durchführung von Arbeitsplatzanalysen in Unternehmen ohne umfassende Fachexpertise und die alternsgerechte Zuordnung von Beschäftigten zu Arbeitsplätzen unter arbeitsorganisatorischen und ergonomischen Gesichtspunkten.
In den Projekten adressierte	► Gesundheitskompetenz
Kompetenzen und Fähigkeiten	► Selbstmanagement ► ergonomische Urteilsfähigkeit
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement (5)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	▶ Produktion
Didaktik	▶ Intelligentes Tutoring/ adaptives Lernen
Hauptelemente der Hardware	► Tablet ► Sensorik ► Kamera
Einschätzung des Technologie-	Bild- und Videogeräte: 9
Reifegrads (nach Lacueva Perez et	Maschinelles Sehen: 6
al. 2016)	Kontextsensitivität: 5
	Mobile Endgeräte: 9
	Bild- und Videogeräte: 7
	Maschinelles Sehen: 4
	Kontextsensitivität: 4
	Mobile Endgeräte: 7

Akronym	ERTRAG
Titel	Virtueller Ergonomietrainer in der Pflegeausbildung
Laufzeit	2016–2017
Fördergeber	BMBF
Förderprogramm	Erfahrbares Lernen
Branche	Dienstleistungen
Kurzbeschreibung	Ein virtueller Ergonomietrainer unterstützt das individuelle Erlernen von ergonomisch korrekten Bewegungsabläufen in der Pflege. Dafür werden ergonomisch korrekte Bewegungen als Referenzstandards durch Sensorsysteme aufgezeichnet und über Maschinenlernverfahren aufbereitet. Ziel ist ein virtueller technikgestützter Ergonomietrainer für die Pflegeausbildung. Die angehende Pflegekraft erhält direktes Feedback zur Bewegungsausführung und gegebenfalls Empfehlungen für Verbesserungen.
In den Projekten adressierte Kompetenzen und Fähigkeiten	► Gesundheitskompetenz ► ergonomische Urteilsfähigkeit
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	 Analytische Fähigkeiten (4) Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement (5) berufliches/betriebliches Erfahrungswissen (13)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	▶ praxisnahe Pflegeausbildung an beruflichen Schulen und Hochschulen ▶ Kompetenzentwicklung der Pflegeauszubildenden durch innovative, technikgestützte Lernprozesse
Didaktik	► Gamification ► Cognitive Apprenticeship
Hauptelemente der Hardware	► Kinect-Tiefensensorik ► Kamera
Einschätzung des Technologie- Reifegrads (nach Lacueva Perez et al. 2016)	Maschinelles Sehen: 6 Kontextsensitivität: 5 Intelligentes Tutoring: 7 Maschinelles Sehen: 4 Kontextsensitivität: 4
	Intelligentes Tutoring: 7

Akronym	Glass@Service
Titel	Interaktive personalisierte Visualisierung in Industrieprozessen, am Beispiel der Digitalen Fabrik in der Elektronik-Fertigung
Laufzeit	2016–2019
Fördergeber	BMWi
Förderprogramm	Smart Service Welt – Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft
Branche	Dienstleistungen
Kurzbeschreibung	Ziel ist eine personalisierte Arbeitsunterstützung für die Qualitätssicherung und Reparatur von Baugruppen. Die Datenbrillenanwendungen sind für die Bereiche Sichtprüfung, Reparatur, Kommissionierung und Montage vorgesehen. Sie sollen den Betrieben eine höhere Produktivität, Flexibilität, Qualität und Vielfalt bearbeitbarer Prozesse ermöglichen.
In den Projekten adressierte Kompetenzen und Fähigkeiten	 Qualitätssicherung Qualitätsprüfung Sichtprüfung Reparatur Kommissionierung Montage
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	 Analytische Fähigkeiten (4) Systemwissen und ganzheitliches Denken (7) Anwendung und Manipulation von Maschinen und vernetzten Systemen (12)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	Arbeitsplätze für visuelle Inspektion, z.B. gestützte optische Inspektion von Elektronik-Flachbau- gruppen oder AR-gestützte Qualitätssicherung in der Kommissionierung und Logistik
Didaktik	► Exposition ► Arbeitsplatzbasierte Unterstützung
Hauptelemente der Hardware	► Augmented-Reality-Brille ► Sensorik für Eye-Tracking, Hand- und Objekt-Tracking
Einschätzung des Technologie- Reifegrads (nach Lacueva Perez et al. 2016)	Maschinelles Sehen: 6 Kontextsensitivität: 5 Augmented Reality: 6 Maschinelles Sehen: 4
	Kontextsensitivität: 4 Augmented Reality: 5

HaptiVisT
Entwicklung und Evaluierung eines haptisch-visuellen Trainingssystems für chirurgische Eingriffe
2016–2019
BMBF
Erfahrbares Lernen
Dienstleistungen
(Medizin)
Ein haptisch-visuelles Trainingssystem bereitet auf chirurgische Eingriffe an komplexen Knochen- strukturen vor und nutzt dafür klinische Volumendaten von CT und MRT.
► Erlernen und Üben komplexer chirurgischer Fähigkeiten
 Problemlösungsfähigkeit (3) Analytische Fähigkeiten (4) Prozessdenken (6) Systemwissen und ganzheitliches Denken (7) berufliches/betriebliches Erfahrungswissen (13)
➤ Aus- und Weiterbildung von Chirurgen für minimalinvasive Handchirurgie und Implantationen am Innenohr ➤ neue Ausbildungsmöglichkeiten in der Medizin im Allgemeinen
▶ "Serious Games" mit immersiver Gestaltung▶ (Indirektes) kooperatives Lernen
 ▶ 3D-Drucker ▶ Haptik-Arm mit Kraftwiderständen ▶ Handphantom für die Handchirurgie
Maschinelles Sehen: 6 Kontextsensitivität: 5 Augmented Reality: 6 Maschinelles Sehen: 4 Kontextsensitivität: 4
Kontextsensitivität: 4 Augmented Reality: 5

Akronym	ILehLe
Titel	Die lernende Lernfabrik – eine intelligente Lehr-Lern-Umgebung zur Energie- und Ressourceneffizienz
Laufzeit	2016–2018
Fördergeber	BMBF
Förderprogramm	Erfahrbares Lernen
Branche	Produktion
Kurzbeschreibung	Eine intelligente Lehr-Lernumgebung dient dem Wissensaufbau im Bereich Energie- und Ressour- ceneffizienz. Es handelt sich um eine vernetzte, physische Nachbildung eines industriellen Produkti- onsabschnitts.
In den Projekten adressierte Kompetenzen und Fähigkeiten	 ► Fachkompetenz Energie- und Ressourcen-effizienz (z. B. Luftverschmutzung) ► soziale und Management-Kompetenz (z. B. Teamarbeit, Mitarbeitermotivation) ► wirtschaftliche Kompetenz (Wirtschaftlichkeit, Make-or buy-Entscheidungen) ► Eigenverantwortlichkeit und Selbstorganisation
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	 Problemlösungsfähigkeit (3) Analytische Fähigkeiten (4) Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement (5) Prozessdenken (6) Systemwissen und ganzheitliches Denken (7) Teamfähigkeit und Kooperationsfähigkeit (10) Betriebswirtschaftliches Fachwissen (14)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	► Aus- und Weiterbildung: Energie- und Ressourceneffizienz in der Produktion
Didaktik	 "Lernende Lernfabrik" Intelligentes Tutoring/ adaptives Lernen Gamification Immersives Lernen Kollaboratives Lernen
Hauptelemente der Hardware	 Physische Fabrikumgebung Virtuelles Fabrikmodell Adaptives Lernmanagement-System Sensorik
Einschätzung des Technologie-	Maschinelles Sehen: 6
Reifegrads (nach Lacueva Perez et al. 2016)	Kontextsensitivität: 5 Mobile Endgeräte: 9 Augmented Reality: 6 Intelligentes Tutoring: 7 Maschinelles Sehen: 4 Kontextsensitivität: 4
	Mobile Endgeräte: 7
	Augmented Reality: 5
	Intelligentes Tutoring: 7
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	

Akronym	ImmPro
Titel	Immersiver Produktionsraum
Laufzeit	2016–2019
Fördergeber	BMBF
Förderprogramm	Erfahrbares Lernen
Branche	Produktion
Kurzbeschreibung	Ziel ist die praxisnahe Gestaltung von produktionstechnischen Lehr- und Lernumfängen in der Hochschulausbildung. Studierende sollen praktische Lernerfahrungen sammeln und unmittelbares Lernfeedback erhalten, u. a. Testen von Zielparametern durch Simulieren von Programmen und realem Fräsen oder Drehen, Durchführung virtueller Montage und anschließende Montage von Hardware, Qualitätskontrolle durch Augmented Reality, Simulation von Produktionsprozessen, Abgleich der virtuell gefertigten Teile mit der Aufgabenstellung.
In den Projekten adressierte Kompetenzen und Fähigkeiten	 operative Bedienung von Maschinen oder Programmen im Rahmen von innerbetrieblichen Prozessen praktische Erfahrungen an den Maschinen
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	 Planungsverhalten und ergebnisorientiertes Handeln (1) Problemlösungsfähigkeit (3) Analytische Fähigkeiten (4) Prozessdenken (6) Systemwissen und ganzheitliches Denken (7) Anwendung und Manipulation von Maschinen und vernetzten Systemen (12)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	► Hochschullehre: Ingenieurwissenschaften, Produktionstechnik (insbesondere Werkzeugbau)
Didaktik	 ▶ Arbeitsplatzbasiertes Lernen ▶ Intelligentes Tutoring/ adaptives Lernen ▶ Gamification ▶ Immersives Lernen ▶ Ambiente Lernräume
Hauptelemente der Hardware	▶ Virtual-Reality-Brille▶ Smartphone▶ Tablet
Einschätzung des Technologie- Reifegrads (nach Lacueva Perez et al. 2016)	Maschinelles Sehen: 6 Kontextsensitivität: 5 Mobile Endgeräte: 9 Augmented Reality: 6 Maschinelles Sehen: 4 Kontextsensitivität: 4
	Mobile Endgeräte: 7 Augmented Reality: 5

Akronym	Kantate
Titel	Kognitive Assistenz-Technologie für ältere Arbeitnehmer an Telearbeitsplätzen
Laufzeit	2013–2016
Fördergeber	BMBF
Förder programm	Mit 60+ mitten im Arbeitsleben
Branche	Dienstleistungen
Kurzbeschreibung	Durch eine kontinuierliche Sprach- und Inhaltserkennung während des Kundengesprächs erhalten Telearbeiter eine persönlich anpassbare Hörunterstützung und automatisch beratungsrelevante Informationen aus den bestehenden elektronischen Wissensdatenbanken. Ziel ist die Hörunterstützung und kognitive Assistenz insbesondere älterer Beschäftigter.
In den Projekten adressierte	▶ kundenzentrierte Kommunikation
Kompetenzen und Fähigkeiten	▶ relevante kontextsensitive Empfehlungen nennen ▶ verkaufsfördernde Gesprächsführung
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	 Problemlösungsfähigkeit (3) Systemwissen und ganzheitliches Denken (7) Dialogfähigkeit, Kundenorientierung und Kommunikationsfähigkeit (11)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	► Telearbeitsplätze ► telefonische Kundenberatung (Callcenter)
Didaktik	 ► Exposition ► Arbeitsplatzbasierte Unterstützung ► Intelligentes Tutoring/ adaptives Lernen
Hauptelemente der Hardware	► Sensorik für Spracherkennung ► Kinect-Tiefensensorik
Einschätzung des Technologie-	Maschinelles Sehen: 6
Reifegrads (nach Lacueva Perez et	Kontextsensitivität: 5
al. 2016)	Maschinelles Sehen: 4
	Kontextsensitivität: 4

Akronym	KoBeLU
Titel	Kontextbewusste Lernumgebung für Aus- und Weiterbildung
Laufzeit	2016–2018
Fördergeber	BMBF
Förderprogramm	Erfahrbares Lernen
Branche	Produktion
Kurzbeschreibung	Eine nutzerzentrierte Lernumgebung ermöglicht das situative Lernen am Arbeitsplatz mittels Projektion kontextbezogener Informationen. Das kontextbewusste System soll Lernende interaktiv wie ein Coach begleiten, Lerninhalte individuell anpassen und sie durch spielerische Elemente motivieren. Beispielsweise sollen Informationen zu Elektronikbauteilen direkt in den Arbeitsbereich projiziert werden, sobald man sie berührt.
In den Projekten adressierte Kompetenzen und Fähigkeiten	▶ Wissensaufbau in Zieldisziplinen (Fachkompetenz)▶ Handlungskompetenz
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	 Problemlösungsfähigkeit (3) Analytische Fähigkeiten (4) Systemwissen und ganzheitliches Denken (7) Anwendung und Manipulation von Maschinen und vernetzten Systemen (12)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	▶ Hochschullehre: Mechatronik, Elektrotechnik
Didaktik	 ▶ Arbeitsplatzbasiertes Lernen ▶ Intelligentes Tutoring/ adaptives Lernen ▶ Gamification
Hauptelemente der Hardware	► Sensorik für Objekt-, Bewegungs- und Emotionserkennung Gestensteuerung
Einschätzung des Technologie-	Maschinelles Sehen: 6
Reifegrads (nach Lacueva Perez et al. 2016)	Kontextsensitivität: 5
	Augmented Reality: 6
	Maschinelles Sehen: 4
	Kontextsensitivität: 4
	Augmented Reality: 5

Akronym	LISA
Titel	Learning Analytics für sensorbasiertes adaptives Lernen
Laufzeit	2016–2019
Fördergeber	BMBF
Förderprogramm	Erfahrbares Lernen
Branche	Produktion, Dienstleistungen
Kurzbeschreibung	Es erfolgt eine sensorgestützte Erfassung, Darstellung und Analyse von Lernaktivitäten. Im Fokus steht die Entwicklung didaktischer Konzepte für selbstgesteuertes Lernen mittels individueller Lernempfehlungen und direkter visueller Rückmeldung zum Lernfortschritt (als Aggregation der Learning-Analytics-Ergebnisse). Dafür erfassen Sensoren die Ausführungsfrequenz, Geschwindigkeit und korrekte Abfolge von Arbeitsschritten. Die Innovation liegt in der Kombination von Learning Analytics, personalisiertem Lernen, adaptiven Lernumgebungen, Wissensmedien und dem Iernspezifischen Einsatz von "Serious Games".
In den Projekten adressierte Kompetenzen und Fähigkeiten	► Handlungswissen
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	► Analytische Fähigkeiten (4) ► Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement (5)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	▶ Analyse und Einüben neuer Arbeitsabläufe in Industrie- und Handelsunternehmen ▶ Lernerunterstützung im Dienstleistungs- und Projektbereich
Didaktik	► Intelligentes Tutoring/ adaptives Lernen► Learning Analytics► selbstgesteuertes Lernen
Hauptelemente der Hardware	► Smartphone► Tablet► Tracking-Armbänder► Sensorik
Einschätzung des Technologie-	Maschinelles Sehen: 6
Reifegrads (nach Lacueva Perez et al. 2016)	Kontextsensitivität: 5
	Mobile Endgeräte: 9
	Wearables/ Nearables: 7
	Maschinelles Sehen: 4
	Kontextsensitivität: 4
	Mobile Endgeräte: 7
	Wearables/ Nearables: 6

Akronym	MACSS
Titel	Medical Allround-Care Service Solution
Laufzeit	2016-2019
Fördergeber	BMWi
Förderprogramm	Smart Service Welt – Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft
Branche	Dienstleistungen
Kurzbeschreibung	Das Therapie-Assistenzsystem unterstützt die medizinische Diagnostik und Therapie. Dafür werden Daten aus verschiedenen Quellen (z. B. Kliniken, mobile Applikationen) zusammenführt und mit Hilfe von Big-Data-Analytik-Technologien aggregiert und analysiert. Gleichzeitig besteht eine Messenger- und Notifikationsfunktionen, wenn sich beispielsweise der Gesundheitszustand eines Patienten ändert, ein neuer Medikamentenplan verfügbar ist oder Warnungen aufgrund von Änderungen der Messdaten und neuer Medikamenten notwendig sind. Zudem soll die Kommunikation mit den niedergelassenen Ärzten über direkte Schnittstellen mit der Software in den Praxen effizienter werden. Damit verbessert sich sowohl die Arzt-Patienten- als auch die Arzt-Arzt-Kommunikation.
In den Projekten adressierte	▶ medizinische Diagnostik und Therapie
Kompetenzen und Fähigkeiten	 Beobachtung von Patienten patientenzentrierte Therapie und Kommunikation fachlich-medizinische Kommunikation
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	 Problemlösungsfähigkeit (3) Analytische Fähigkeiten (4) Prozessdenken (6) Systemwissen und ganzheitliches Denken (7) Teamfähigkeit und Kooperationsfähigkeit (10) Dialogfähigkeit, Kundenorientierung und Kommunikationsfähigkeit (11) berufliches/betriebliches Erfahrungswissen (13)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	▶ Verbesserung von Therapieangebot und Qualität
Didaktik	► Exposition► Arbeitsplatzbasierte Unterstützung► Intelligentes Tutoring/ adaptives Lernen
Hauptelemente der Hardware	 ▶ Textanalyse-Technologien ▶ Datenplattform ▶ Smartphone ▶ Tablet
Einschätzung des Technologie-	Maschinelles Sehen: 6
Reifegrads (nach Lacueva Perez et al. 2016)	Mobile Endgeräte: 9
	Plattformübergreifende Softwareumgebung: 9
	Maschinelles Sehen: 4
	Mobile Endgeräte: 7
	Plattformübergreifende Softwareumgebung: 7

Akronym	MAL
Titel	Multimodal Algebra Lernen
Laufzeit	2016–2019
Fördergeber	BMBF
Förderprogramm	Erfahrbares Lernen
Branche	Dienstleistungen
Kurzbeschreibung	Lehrende und Lernende erhalten mittels technischer Lösungen einen interaktiven, physischen und damit erlebbaren Zugang zu mathematischen Fragestellungen. Dafür werden berührbare Lernelemente entwickelt, die Algebra-Konzepte wie beispielsweise Zahlen oder Variablen verkörpern. Die Lernenden können diese Elemente anordnen und verändern und das System über Gesten steuern. Dabei erhalten sie ein akustisches und visuelles Feedback. Der Interaktionsraum, in dem diese Objekte eingesetzt werden (beispielsweise eine Tischoberfläche), wird durch ein großflächiges Display ergänzt.
In den Projekten adressierte Kompetenzen und Fähigkeiten	▶ mathematische Grundfertigkeiten
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	► Problemlösungsfähigkeit (3)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	▶ Lehrende und Schüler in Sekundarschulen, insbesondere in inklusiven und heterogenen Klassen ▶ Lehrende und Schüler an Berufsschulen, insbesondere im kaufmännisch-technischen Bereich
Didaktik	► Exposition ► Intelligentes Tutoring/ adaptives Lernen
Hauptelemente der Hardware	► Anfassbare Objekte (Smart Objects) ► Multitouch-Tisch
Einschätzung des Technologie-	Touch-sensitive Bildschirme: 9
Reifegrads (nach Lacueva Perez et	Maschinelles Sehen: 6
al. 2016)	Kontextsensitivität: 5
	Wearables/ Nearables: 7
	Touch-sensitive Bildschirme: 7
	Maschinelles Sehen: 4
	Kontextsensitivität: 4
	Wearables/ Nearables: 6

Akronym	motionEAP
Titel	System zur Effizienzsteigerung und Assistenz bei Produktionsprozessen in Unternehmen auf Basis von Bewegungserkennung und Projektion
Laufzeit	2013–2015
Fördergeber	BMWi
Förderprogramm	Smart Service Welt – Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft
Branche	Produktion
Kurzbeschreibung	Ein prozessorientiertes Assistenzsystem unterstützt Werker in komplexen Produktionsprozessen. Dafür werden Arbeitsabläufe, Montagevorgänge und Steuerungstätigkeiten während der normalen Durchführung einer Tätigkeit erfasst. Die sensorgestützte Emotions- und Bewegungserkennung dient dem Echtzeit-Feedback und der Anpassung der Arbeitsumgebung (z. B. Korrektur der Körperhaltung, Höheneinstellung des Arbeitsplatzes, Einlegen von Pausen). Prozessrelevante Hinweise werden auf dem Arbeitsplatz eingeblendet. Mittels spielerischer Elemente wird Lob und positives Feedback beim Erreichen bestimmter Ziele integriert.
In den Projekten adressierte Kompetenzen und Fähigkeiten	 Entwurf, Steuerung und Beobachtung von Produktionsprozessen Montage, Bedienung und Programmierung von Anlagen und Großgeräten Wartungsarbeiten Steuerung von physischen und psychischen Zuständen
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	 Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement (5) Systemwissen und ganzheitliches Denken (7) Anwendung und Manipulation von Maschinen und vernetzten Systemen (12)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	▶ Produktion
Didaktik	► Gamification
Hauptelemente der Hardware	► Kamera Kinect-Tiefensensorik
Einschätzung des Technologie- Reifegrads (nach Lacueva Perez et al. 2016)	Maschinelles Sehen: 6 Kontextsensitivität: 5 Augmented Reality: 6 Maschinelles Sehen: 4 Kontextsensitivität: 4
	Augmented Reality: 5

Akronym	PLuTO
Titel	Portable Lern- und Wissensplattform zum Transfer episodischen Wissens in Organisationen
Laufzeit	2013–2015
Fördergeber	BMBF
Förderprogramm	Mit 60+ mitten im Arbeitsleben
Branche	Dienstleistungen
Kurzbeschreibung	Im Schienenverkehr sind komplexe technische Anlagen und Fahrzeuge über viele Jahre im Einsatz. Innovative technische Entwicklungen und gesetzliche Änderungen erfordern regelmäßig Umbauten und Erneuerungen. Gleichzeitig sind kontinuierlich Wartungen erforderlich. Die Herausforderung ist, das entsprechende Erfahrungswissen älterer Beschäftigter zu sichern sowie das technische Wissen neuer Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern schnell in die Prozesse des Unternehmens einzubinden. Dafür erfolgt eine Aufnahme und Aktualisierung von implizitem Erfahrungswissen mithilfe mobiler Assistenten und einer kontextsensitiven Mixed-Reality-Umgebung (inklusive Ausblenden unwesentlicher Kontextbestandteile und Hervorhebung wichtiger Aspekte) am Arbeitsort. Mittels multimedialer Wissensaufnahme und multimodalem Zugriff über Sprache oder Gesten steht das jeweils erforderliche Wissen allen Beschäftigten im Arbeitseinsatz ad hoc, situationsangepasst und personalisierbar zur Verfügung. Der Wissenstransfer zwischen den Mitarbeitern wird durch Kommunikation mit einer Wissensdatenbank organisiert.
In den Projekten adressierte Kompetenzen und Fähigkeiten	▶ Wartung und Modernisierung komplexer technischer Anlagen und Fahrzeuge
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	► Anwendung und Manipulation von Maschinen und vernetzten Systemen (12) ► Berufliches/ betriebliches Erfahrungswissen (13)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	 für ältere und jüngere Mitarbeiter: umgreifende Wissenskollaboration zur Sicherung, Weiterentwicklung und Weitergabe episodischen Wissens in konkreten Arbeitsprozessen und der Aus- und Weiterbildung
Didaktik	➤ Mobiles Lernen ➤ Intelligentes Tutoring/ adaptives Lernen ➤ Exposition
Hauptelemente der Hardware	 Augmented-Reality-Brille Virtual-Reality-Brille Smartphone Tablet RFID
Einschätzung des Technologie- Reifegrads (nach Lacueva Perez et al. 2016)	Maschinelles Sehen: 6 Kontextsensitivität: 5 Mobile Endgeräte: 9 RFID: 9 Maschinelles Sehen: 4 Kontextsensitivität: 4 Mobile Endgeräte: 7
	RFID: 9

Akronym	SensoMot
Titel	Sensorische Erfassung von Motivationsindikatoren zur Steuerung von adaptiven Lerninhalten
Laufzeit	2016–2019
Fördergeber	BMBF
Förderprogramm	Erfahrbares Lernen
Branche	Dienstleistungen
Kurzbeschreibung	Mithilfe von Sensordaten werden kritische motivationale Zustände erkannt. Durch die Ableitung passender Adaptationsmechanismen soll der Lernprozess so gesteuert werden, dass er der Motivation der Lernenden entspricht. Über sogenannte Wearables werden physische Daten der Lernenden erhoben, die z. B. auf Stress oder Langeweile hinweisen. Der Algorithmus der Lernsoftware passt daraufhin zum Beispiel die Lerngeschwindigkeit an.
In den Projekten adressierte	► Selbstregulation
Kompetenzen und Fähigkeiten	► Motivation
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	 Analytische Fähigkeiten (4) Organisationsfähigkeit und Selbstmanagement (5) Systemwissen und ganzheitliches Denken (7)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	Hochschule und Berufsschule (Weiterbildung zum staatlich geprüften Techniker)Universität, Master-Studiengang "Mechatronik"
Didaktik	► Forschungs- und arbeitsplatzbasiertes Lernen ► Intelligentes Tutoring/ adaptives Lernen nach motivationalen Zuständen
Hauptelemente der Hardware	► Smartphone► Tablet► Smartwatch► Fitness-Armbänder
Einschätzung des Technologie-	Maschinelles Sehen: 6
Reifegrads (nach Lacueva Perez et al. 2016)	Kontextsensitivität: 5
	Mobile Endgeräte: 9
	Wearables/ Nearables: 7
	Maschinelles Sehen: 4
	Kontextsensitivität: 4
	Mobile Endgeräte: 7
	Wearables/ Nearables: 6
	vvedrabica recardores.

Akronym	SurMe
Titel	The Surgical Mentor System
Laufzeit	2016–2019
Fördergeber	BMBF
Förderprogramm	Erfahrbares Lernen
Branche	Dienstleistungen
Kurzbeschreibung	Ein technologiebasiertes Trainingskonzept unterstützt den gesamten Ausbildungsweg in der Wirbelsäulenchirurgie. Dafür erfolgt eine sensorikbasierte Erfassung von Wissensstand bzw. Lernfortschritten anhand quantitativer und qualitativer Indikatoren.
In den Projekten adressierte Kompetenzen und Fähigkeiten	► chirurgische Basisfähigkeiten
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	 Planungsverhalten und ergebnisorientiertes Handeln (1) Problemlösungsfähigkeit (3) Analytische Fähigkeiten (4) Prozessdenken (6) Systemwissen und ganzheitliches Denken (7) berufliches/betriebliches Erfahrungswissen (13)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	▶ studentisches Basistraining ▶ Weiterbildung des Assistenzarztes ▶ lebenslange Fortbildung des Facharztes
Didaktik	► Exposition ► intelligentes Tutoring
Hauptelemente der Hardware	 ► Tablet ► Sensorik ► Trackingsysteme ► Gamification (Serious Games)
Einschätzung des Technologie-	Maschinelles Sehen: 6
Reifegrads (nach Lacueva Perez et	Kontextsensitivität: 5
al. 2016)	Maschinelles Sehen: 4
	Kontextsensitivität: 4

Akronym	TABULA
Titel	Tangibles auf Multitouch-Tischen für die Informatiklehre
Laufzeit	2016–2019
Fördergeber	BMBF
Förderprogramm	Erfahrbares Lernen
Branche	Produktion
Kurzbeschreibung	Ziel ist das "anfassbare" Erlernen von abstrakten Informatikkonzepten. Ein kapazitiver Multitouch- Tisch dient als physische Arbeitsfläche für mehrere Lerner und zeigt für alle sichtbar Inhalte und Feedback an. Die Tischoberfläche detektiert Touch-Eingaben. Gleichzeitig können anfassbare Objek- te, die jeweils konkrete Informatikkonzepte (z. B. Verarbeitungsknoten) darstellen, auf dem Tisch ab- gelegt und manipuliert werden. Der Tisch erkennt die Position der sogenannten Tangibles und zeigt per Software Verbindungen zwischen Tangibles und eine Aura mit Informationen um sie herum an.
In den Projekten adressierte Kompetenzen und Fähigkeiten	▶ Programmierlogik▶ logisches Denken▶ Erwerb einer Programmiersprache: Syntax, Funktionen und Befehle
Übergreifende Kompetenzen und Fähigkeiten	 Problemlösungsfähigkeit (3) Analytische Fähigkeiten (4) Prozessdenken (6) Systemwissen und ganzheitliches Denken (7) Generische IKT-Fähigkeiten (8)
Anwendungskontext, Zielbranche, Zielgruppe	 praxisorientierte Informatikausbildung in Hochschulen: Datenstrukturen (Listen, Bäume, Arrays und darauf operierende Algorithmen) betriebliche Weiterbildung gymnasiale Oberstufe
Didaktik	► Kooperatives Lernen ► Exposition ► Problembasiertes Lernen
Hauptelemente der Hardware	► Multitouch-Tisch ► Anfassbare Objekte (Smart Objects)
Einschätzung des Technologie-	Maschinelles Sehen: 6
Reifegrads (nach Lacueva Perez et	Kontextsensitivität: 5
al. 2016)	Touch-sensitive Bildschirme: 9
	Wearables/ Nearables: 7
	Maschinelles Sehen: 4
	Kontextsensitivität: 4
	Touch-sensitive Bildschirme: 7
	Wearables/ Nearables: 6

Literaturverzeichnis 77

Literaturverzeichnis

Abeysekera, Lakmal; Dawson, Phillip (2014): Motivation and cognitive load in the flipped classroom. Definition, rationale and a call for research. In: *Higher Education Research & Development* 34 (1), S. 1–14. DOI: 10.1080/07294360.2014.934336.

Apt, Wenke; Bovenschulte, Marc; Hartmann, Ernst Andreas; Wischmann, Steffen (2016): Foresight-Studie "Digitale Arbeitswelt". Hg. v. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS). Institut für Innovation und Technik in der VDI / VDE Innovation + Technik GmbH (iit) (Forschungsbericht, 463), zuletzt geprüft am 27.04.2016.

Arnold, Daniel; Steffes, Susanne (2017): Fokusgruppe 3 ,Gesundheit und Teilhabe' der Plattform 'Digitale Arbeitswelt'. Protokoll der 1. Sitzung am 17. Februar 2017. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung. Berlin/ Mannheim.

Aronson, Elliot; Patnoe, Shelley (1997): The jigsaw classroom. Building cooperation in the classroom. 2nd ed. New York: Longman.

Autor, David H. (2015): Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation †. In: *Journal of Economic Perspectives* 29 (3), S. 3–30. DOI: 10.1257/jep.29.3.3.

Azevedo, Roger (2005): Using Hypermedia as a Metacognitive Tool for Enhancing Student Learning? The Role of Self-Regulated Learning. In: *Educational Psychologist* 40 (4), S. 199–209. DOI: 10.1207/s15326985ep4004_2.

Baker, Ryan Shaun; Inventado, Paul Salvador (2014): Educational Data Mining and Learning Analytics. In: Johann Ari Larusson und Brandon White (Hg.): Learning analytics. From research to practice. New York: Springer ([Computer-supported collaborative learning series, v. 13]), S. 61–75.

Barron, Brigid J.S.; Schwartz, Daniel L.; Vye, Nancy J.; Moore, Allison; Petrosino, Anthony; Zech, Linda; Bransford, John D. (1998): Doing With Understanding. Lessons From Research on Problem- and Project-Based Learning. In: *Journal of the Learning Sciences* 7 (3-4), S. 271–311. DOI: 10.1080/10508406.1998.9672056.

Beck, Kent (2000): Extreme programming eXplained. Embrace change. Reading, MA: Addison-Wesley (XP series).

Bernard, R. M.; Abrami, P. C.; Lou, Y.; Borokhovski, E.; Wade, A.; Wozney, L. et al. (2004): How Does Distance Education

Compare With Classroom Instruction? A Meta-Analysis of the Empirical Literature. In: *Review of Educational Research* 74 (3), S. 379–439. DOI: 10.3102/00346543074003379.

BERUFENET (2016): Steckbrief. Industriemechaniker/in. Online verfügbar unter https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/bkb/29055.pdf, zuletzt geprüft am 10.02.2016.

BERUFENET (2017): Arzt/Ärztin. Hg. v. Bundesagentur für Arbeit. Online verfügbar unter https://berufenet.arbeitsagentur. de/berufenet/faces/index;BERUFENETJSESSIONID=TOj6YS9YRv DxM-mY480fBRIRdrQx-cEcRfphbJlAhe24Qyagt4jN!19094010 67?path=null/kurzbeschreibung&dkz=58709, zuletzt geprüft am 11.01.2018.

BIBB (2017a): Anlagenmechaniker für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik/ Anlagenmechanikerin für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik. Informationen zu Aus- und Fortbildungsberufen. Hg. v. BIBB. Online verfügbar unter https://www.bibb. de/de/berufeinfo.php/profile/apprenticeship/210715, zuletzt geprüft am 01.02.2017.

BIBB (2017b): Fachlagerist/ Fachlageristin (Ausbildung). Informationen zu Aus- und Fortbildungsberufen. Hg. v. BIBB. Online verfügbar unter https://www.bibb.de/de/berufeinfo.php/profile/apprenticeship/786uz879, zuletzt geprüft am 01.02.2017.

BIBB (2017c): Kaufmann im Einzelhandel/ Kauffrau im Einzelhandel. Informationen zu Aus- und Fortbildungsberufen. Hg. v. BIBB. Online verfügbar unter https://www.bibb.de/de/berufeinfo.php/profile/apprenticeship/fsaskjh, zuletzt geprüft am 01.02.2017.

BIBB (2017d): Kraftfahrzeugmechatroniker/ Kraftfahrzeugmechatronikerin. Informationen zu Aus- und Fortbildungsberufen. Hg. v. BIBB. Online verfügbar unter https://www.bibb.de/de/berufeinfo.php/profile/apprenticeship/nh324578, zuletzt geprüft am 01.02.2017.

BIBB (2017e): Maschinen- und Anlagenführer/ Maschinen- und Anlagenführerin. Informationen zu Aus- und Fortbildungsberufen. Hg. v. BIBB. Online verfügbar unter https://www.bibb.de/de/berufeinfo.php/profile/apprenticeship/87iz96t0, zuletzt geprüft am 01.02.2017.

BIBB (Hg.) (2017f): Produktionstechnologe/ Produktionstechnologin (Ausbildung). Informationen zu Austund Fortbildungsberufen. Online verfügbar unter https://www.bibb.

de/de/berufeinfo.php/profile/apprenticeship/271107, zuletzt geprüft am 01.02.2017.

Bischoff, Jürgen (Hg.) (2015a): Erschließen der Potenziale der Anwendung von 'Industrie 4.0' im Mittelstand. Studie im Auftrag des BMWi. agiplan GmbH, Fraunhofer IML und ZENIT GmbH. Berlin/ Mülheim a. d. Ruhr.

Bischoff, Jürgen (Hg.) (2015b): Erschließen der Potenziale der Anwendung von 'Industrie 4.0' im Mittelstand. Studie im Auftrag des BMWi. agiplan GmbH, Fraunhofer IML und ZENIT GmbH. Berlin/ Mülheim a. d. Ruhr.

Brynjolfsson, Erik; McAfee, Andrew; Pyka, Petra (2015): The second machine age. Wie die nächste digitale Revolution unser aller Leben verändern wird. 2. Aufl. Kulmbach: Plassen Verlag.

Daheim, Cornelia; Wintermann, Ole (2016): 2050: Die Zukunft der Arbeit. Ergebnisse einer internationalen Delphi-Studie des Millennium Project. Bertelsmann Stiftung. Gütersloh, zuletzt geprüft am 11.05.2017.

Deschermeier, Philipp (2017): IW-Bevölkerungsprognose. Entwicklung der Bevölkerung bis 2035. In: Institut der deutschen Wirtschaft (Hg.): Perspektive 2035. Wirtschaftspolitik für Wachstum und Wohlstand in der alternden Gesellschaft. Köln, S. 41–55.

Deterding, Sebastian; Dixon, Dan; Khaled, Rilla; Nacke, Lennart (2011): From Game Design Elements to Gamefulness: Defining Gamification. In:. Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments (11), S. 9–15. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/Rilla_Khaled/publication/230854710_From_Game_Design_Elements_to_Gamefulness_Defining_Gamification/links/00b7d5315ab1be3c37000000.pdf, zuletzt geprüft am 11.01.2018.

Deutscher Bundestag (2015): Antrag der Fraktionen der CDU/CSU und SPD. Industrie 4.0 und Smart Services - Wirtschafts-, arbeits-, bildungs- und forschungspolitische Maßnahmen für die Digitalisierung und intelligente Vernetzung von Produktions- und Wertschöpfungsketten. Berlin (Drucksache, 18/6643). Online verfügbar unter http://dip21.bundestag. de/dip21/btd/18/066/1806643.pdf, zuletzt geprüft am 11.03.2017.

Dick, Walter; Carey, Lou; Carey, James O. (2008): The systematic desing of instruction. 7th ed. Upper Saddle River (New Jersey): Pearson.

Dillenbourg, Pierre (1999): What do you mean by collaborative learning? In: *P. Dillenbourg (Ed) Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches*, S. 1–19.

Dochy, Filip; Segers, Mien; van den Bossche, Piet; Gijbels, David (2003): Effects of problem-based learning. A meta-analysis. In: *Learning and Instruction* 13 (5), S. 533–568. DOI: 10.1016/S0959-4752(02)00025-7.

EFI (2017): Gutachten 2017. Gutachten zu Forschung, Innovation und Technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands. Expertenkommission Forschung und Innovation. Berlin.

EN ISO 26800, 2011-11: Ergonomie - Genereller Ansatz, Prinzipien und Konzepte (ISO 26800:2011); Deutsche Fassung EN ISO 26800:2011.

EN ISO 9241, 2002-02: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten.

EN ISO 9241, 2002-02: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten.

Fuchs, Johann; Söhnlein, Doris; Weber, Brigitte (2017): Projektion des Erwerbspersonenpotenzials bis 2060: Arbeitskräfteangebot sinkt auch bei hoher Zuwanderung. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit (IAB). Nürnberg (IAB-Kurzbericht, 6).

Gelitz, Christiane (2016): Computerlinguistik. Interview mit einem Cog. Künstliche Intelligenz. In: *Spektrum der Wissenschaft – Kompakt*, S. 14–24.

Gibney, Elizabeth (2016): Industrieforschung. Die Stunde der KI-Firmen. Künstliche Intelligenz. In: *Spektrum der Wissenschaft – Kompakt*, S. 36–40.

Ginns, Paul (2005): Meta-analysis of the modality effect. In: *Learning and Instruction* 15 (4), S. 313–331. DOI: 10.1016/j. learninstruc.2005.07.001.

Hackel, Monika; Bertram, Bärbel; Blötz, Ulrich; Reymers, Magret; Tutschner, Herbert; Wasiljew, Elke (2015): Diffusion neuer Technologien. Veränderungen von Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen im produzierenden Gewerbe (DifTech).

Literaturverzeichnis 79

Forschungsprojekt 4.1.301 (JFP2011). BIBB - Bundesinstitut für Berufsbildung. Bonn. Online verfügbar unter www2.bibb. de/bibbtools/tools/dapro/data/documents/.../eb_41301.pdf, zuletzt geprüft am 05.04.2016.

Hinrichsen, Sven; Riediger, Daniel; Unrau, Alexander (2017): Anforderungsgerechte Gestaltung von Montageassistenzsystemen. REFA-Blog, Industrial Engineering. Online verfügbar unter http://refa-blog.de/gestaltung-von-montageassistenzsystemen, zuletzt geprüft am 11.01.2018.

Holdampf-Wendel, Adél (2016): Thesenpapier Arbeit 4.0. Die deutsche Arbeitswelt zukunftsfähig gestalten. Bitkom e. V. Berlin.

Hornung, Gerrit; Hofmann, Kai (2015): Datenschutz als Herausforderung der Arbeit in der Industrie 4.0. In: Hartmut Hirsch-Kreinsen (Hg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden: Nomos, S. 165–182.

Ittermann, Peter; Niehaus, Jonathan; Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2015): Arbeiten in der Industrie 4.0. Trendbestimmungen und arbeitspolitische Handlungsfelder. Hg. v. Hans-Boeckler-Stiftung. Technische Universität Dortmund. Dortmund.

Jeske, Tim; Terstegen, Sebastian (2017): Potenziale und Umsetzung von Industrie 4.0. In: Georg Spöttl und Lars Windelband (Hg.): Industrie 4.0. Risiken und Chancen für die Berufsbildung. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag (Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 44), S. 75–92.

Kelly, Kevin (2012): Better Than Human: Why Robots Will — And Must — Take Our Jobs. In: *WIRED*, 24.12.2012. Online verfügbar unter https://www.wired.com/2012/12/ff-robots-will-take-our-jobs/, zuletzt geprüft am 28.03.2017.

Kerres, Michael (2013): Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote. 4., überarb. und aktualisierte Aufl. München: Oldenbourg. Online verfügbar unter http://www.degruyter.com/search?f_0=isbnissn&q_0=9783486736038&searchTitles=true, zuletzt geprüft am 11 01 2018

Kurz, Constanze (2014): Industrie 4.0 verändert die Arbeitswelt. Gewerkschaftliche Gestaltungsimpulse für "bessere" Arbeit. In: Schröter, W. (Hg.) 2014: Identität in der Virtualität. Einblicke Arbeitswelten und Industrie 4.0: Mössingen-Talheim, S. 106–111.

Lacueva Pérez F. J.; Brandl, P.; Gracia Bandrés, M. A. (2016): FACTS4WORKERS: Worker-Centric Workplace in Smart Factories. Project Deliverable 2.2. Technology Monitoring: Report on Information Needed For the Industrial Challenges Workers with Taxonomy. Online verfügbar unter http://facts4workers.eu/, zuletzt geprüft am 11.01.2018.

Lou, Y.; Abrami, P. C.; d'Apollonia, S. (2001): Small Group and Individual Learning with Technology. A Meta-Analysis. In: *Review of Educational Research* 71 (3), S. 449–521. DOI: 10.3102/00346543071003449.

Morschheuser, Benedikt; Werder, Karl; Hamari, Juho; Abe, Julian (2017): How to gamify? A method for designing gamification. In:. Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/Juho_Hamari/publication/308165219_How_to_gamify_A_method_for_designing_gamification/links/5867b2cc08ae6eb871b72f40.pdf, zuletzt geprüft am 11.01.2018.

OECD (Hg.) (2016a): New skills for the digital economy. Measuring the demand and supply of ICT skills at work. Paris (OECD Digital Economy Papers, 258), zuletzt geprüft am 29.06.2016.

OECD (Hg.) (2016b): Skills for a digital world. 2016 Ministerial meeting on the digital economy. Background Report. Paris (OECD Digital Economy Papers, 250), zuletzt geprüft am 29.06.2016.

Peterssen, Wilhelm H. (2000): Handbuch Unterrichtsplanung. Grundfragen, Modelle, Stufen, Dimensionen. 9., aktualisierte und überarb. Aufl. München: Oldenbourg.

Prümper, Jochen; Anft, Michael (1993): Die Evaluation von Software auf Grundlage des Entwurfs zur internationalen Ergonomie-Norm ISO 9241 Teil 10 als Beitrag zur partizipativen Systemgestaltung — ein Fallbeispiel. In: Karl-Heinz Rödiger (Hg.): Software-Ergonomie '93. Von der Benutzungsoberfläche zur Arbeitsgestaltung. Wiesbaden, s.l.: Vieweg+Teubner Verlag (Berichte des German Chapter of the ACM), S. 145–156.

Sauer, Juergen; Sonderegger, Andreas (2009): The influence of prototype fidelity and aesthetics of design in usability tests: Effects on user behaviour, subjective evaluation and emotion. In: *Applied Ergonomics* 40 (4), S. 670–677. DOI: 10.1016/j. apergo.2008.06.006.

Schlotböller, Dirk (2015): Wirtschaft 4.0: Große Chancen, viel zu tun. Das IHK-Unternehmensbarometer zur Digitalisierung. Hg. v. Deutscher Industrie- und Handelskammertag. Berlin.

Schlund, Sebastian; Hämmerle, Moritz; Strölin, Tobias (2014): Industrie 4.0 - Eine Revolution der Arbeitsgestaltung. Wie Automatisierung und Digitalisierung unsere Produktion verändern werden. Hg. v. Ingenics AG. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO). Stuttgart. Online verfügbar unter https://www.ingenics.de/assets/downloads/de/Industrie40_Studie_Ingenics_IAO_VM.pdf, zuletzt geprüft am 11.01.2018.

Schmauder, Martin; Spanner-Ulmer, Birgit (2014): Ergonomie. Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation. 1. Aufl. München: Hanser (REFA-Fachbuchreihe Arbeitsgestaltung).

Schwaber, Ken; Beedle, Mike (2002): Agile software development with Scrum. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall (Series in agile software development).

Sharp, Helen; Rogers, Yvonne; Preece, Jenny (2007): Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction. Second Edition: John Wiley.

Siemens, George (2012): Learning analytics: envisioning a research discipline and a domain of practice. In: LAK '12 Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge, S. 4–8. Online verfügbar unter http://dl.acm.org/ft_gateway.cfm?id=2330605&type=pdf, zuletzt geprüft am 11.01.2018.

Sitzmann, Traci; Ely, Katherine (2011): A meta-analysis of self-regulated learning in work-related training and educational attainment: what we know and where we need to go. In: *Psychological bulletin* 137 (3), S. 421–442. DOI: 10.1037/a0022777.

Sonderegger, Andreas; Sauer, Juergen (2010): The influence of design aesthetics in usability testing: Effects on user performance and perceived usability. In: *Special Section: Recycling centres and waste handling – a workplace for employees and users* 41 (3), S. 403–410. DOI: 10.1016/j.apergo.2009.09.002.

Statista (2016a): Prognose zum Absatz von Virtual-Reality-Brillen bis 2021. Absatz von Virtual-Reality-und AR-Brillen weltweit im Jahr 2016 und Prognose für 2021 (in Millionen Stück). Online verfügbar unter http://de.statista.com/statistik/daten/studie/654936/umfrage/prognose-zum-absatz-von-virtual-reality-brillen-weltweit, zuletzt geprüft am 28.06.2017.

Statista (2016b): Umsatz mit Business-Anwendungen im Bereich künstliche Intelligenz weltweit bis 2025. Prognose zum Umsatz mit Unternehmensanwendungen im Bereich künstliche Intelligenz in Europa von 2016 bis 2025 (in Millionen US-Dollar). Online verfügbar unter https://de.statista.com/statistik/daten/studie/620513/umfrage/umsatz-mit-anwendungen-imbereich-kuenstliche-intelligenz-in-europa/, zuletzt geprüft am 31.05.2017.

Statista (2016c): Umsatz mit Business-Anwendungen im Bereich künstliche Intelligenz weltweit bis 2025. Prognose zum Umsatz mit Unternehmensanwendungen im Bereich künstliche Intelligenz weltweit von 2016 bis 2025 (in Millionen USDollar). Online verfügbar unter https://de.statista.com/statistik/daten/studie/620443/umfrage/umsatz-mit-unternehmensanwendungen-im-bereich-kuenstliche-intelligenz-weltweit/, zuletzt geprüft am 31.05.2017.

Statistisches Bundesamt (2017a): Bruttoinlandsprodukt 2016 für Deutschland. Begleitmaterial zur Pressekonferenz am 12. Januar 2017 in Berlin. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressekonferenzen/2017/BIP2016/Pressebroschuere_BIP2016.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 12.09.2017.

Statistisches Bundesamt (2017b): Zahl der Erwerbstätigen im Jahr 2016 um 1 Prozent gestiegen. Pressemitteilung vom 2. Januar 2017. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2017/01/PD17_001_13321pdf.pdf;jsessionid=0A3479680F74ABC6496FEA7AF91496C9.cae4?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 12.09.2017.

Suesskind, Richard; Suesskind, Daniel (2015): The future of the professions: How technology will transform the work of human experts. New York: Oxford University Press.

Uebernickel, Falk; Brenner, Walter; Pukall, Britta; Naef, Therese; Schindlholzer, Bernhard (2015): Design Thinking. Das Handbuch. Erste Auflage. Frankfurt am Main: Frankfurter Allgemeine Buch.

van Merriënboer, Jeroen J. G.; Kester, Liesbeth (2008): Wholetask models in education. In: *Handbook of research on educational communications and technology* 3, S. 441–456.

Literaturverzeichnis 81

van Merriënboer, Jeroen J. G.; Sweller, John (2005): Cognitive Load Theory and Complex Learning. Recent Developments and Future Directions. In: *Educ Psychol Rev* 17 (2), S. 147–177. DOI: 10.1007/s10648-005-3951-0.

VDI/VDE-GMA (2016): Arbeitswelt Industrie 4.0. Statusreport. VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik. Düsseldorf, zuletzt geprüft am 24.05.2017.

Vogler-Ludwig, Kurt; Düll, Nicola; Kriechel, Ben (2016): Arbeitsmarkt 2030: Wirtschaft und Arbeitsmarkt im digitalen Zeitalter Prognose 2016. Analyse der zukünftigen Arbeitskräftenachfrage und des -angebots in Deutschland auf Basis eines Rechenmodells. Im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales. Unter Mitarbeit von Tim Vetter. Economix. München.

Weidner, Robert; Redlich, Tobias; Wulfsberg, Jens P. (Hg.) (2015): Technische Unterstützungssysteme. Berlin/ Heidelberg: Springer Vieweg.

Weissenberger-Eibl, Marion A. (2017): Wie wir morgen arbeiten werden. Und was. In: *brand eins Wirtschaftsmagazin*, 2017 (3/2017).

Wolter, Marc Ingo; Mönnig, Anke; Hummel, Markus; Schneemann, Christian; Weber, Enzo; Zika, Gerd et al. (2015): Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft. Szenariorechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikationsund Berufsfeldprojektionen. Hg. v. Institut für Arbeitsmarktund Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit. Nürnberg (IAB Forschungsbericht, 8).

Zimmerman, Barry J. (2002): Becoming a Self-Regulated Learner. An Overview. In: *Theory Into Practice* 41 (2), S. 64–70. DOI: 10.1207/s15430421tip4102_2.



