

Digitale Transformation – Gutes Arbeiten und Qualifizierung aktiv gestalten

Dieter Spath
Birgit Spanner-Ulmer
(Hrsg.)



Schriftenreihe der Wissenschaftlichen Gesellschaft
für Arbeits- und Betriebsorganisation (WGAB) e.V.

Dieter Spath
Birgit Spanner-Ulmer (Hrsg.)

Digitale Transformation –
Gutes Arbeiten und Qualifizierung aktiv gestalten

Reihe:
Schriftenreihe der Wissenschaftlichen
Gesellschaft für Arbeits- und Betriebsorganisation



Wissenschaftliche Gesellschaft
für Arbeits- und Betriebsorganisation

Digitale Transformation –
Gutes Arbeiten und Qualifizierung
aktiv gestalten

Dieter Spath
Birgit Spanner-Ulmer (Hrsg.)

https://doi.org/10.30844/wgab_2019

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Dieter Spath

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften,
Karolinenplatz 4
80333 München

Prof. Dr. habil. Dr.-Ing. Birgit Spanner-Ulmer

Bayerischer Rundfunk
Rundfunkplatz 1
80335 München

ISBN 978-3-95545-309-1

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Speicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Veröffentlicht im GITO Verlag 2019
Gedruckt und gebunden in Berlin 2019

© **GITO mbH Verlag Berlin 2019**

GITO mbH Verlag
für Industrielle Informationstechnik und Organisation
Kaiserdamm 23
14057 Berlin
Tel.: +49.(0)30.41 93 83 64
Fax: +49.(0)30.41 93 83 67
E-Mail: service@gito.de
Internet: www.gito.de



Vorwort

Die Vierte Industrielle Revolution ist der grundlegende Strukturwandel unserer Zeit und führt zu tiefgreifenden Veränderungen in Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. Die Visionen von Industrie 4.0, Smart Service Welt und Lernenden Systemen verdeutlichen, welche Veränderungen auf alle Bereiche zukommen.

Im globalen Wettbewerb kann nur bestehen, wer die digitale Transformation erfolgreich meistert. Erfolgsgaranten sind dabei Innovationsfähigkeit und Veränderungsbereitschaft. Unternehmen stehen vor der großen Herausforderung, mit den technologischen Entwicklungen nicht nur Schritt zu halten, sondern sie auch aktiv zu gestalten. Die Erwartungshaltung an die Medienbranche und damit an die Gestaltung des öffentlichen Diskurses ist ein hoher qualitativer Output in immer kürzerer Zeit. Auch dies ist ein Resultat des mit der Transformation einhergehenden Kulturwandels.

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter müssen in der Lage sein, mit den technologischen und arbeitsorganisatorischen Veränderungen umzugehen. Stetige Weiterqualifizierung, lebenslanges Lernen ist einer der wichtigsten Schlüssel in diesem Transformationsprozess. Dadurch ändert sich die Arbeitswelt grundlegend.

Doch wie können Unternehmen gutes und produktives Lernen und Arbeiten fördern? Wie gelingen die Erfassung sowie der Auf- und Ausbau zukünftig benötigter Kompetenzen? Und wie können neue technologische Möglichkeiten gewinnbringend in der Aus- und Weiterbildung genutzt werden?

Die Beantwortung dieser Fragen ist für Unternehmen und ihr Bestehen im Wettbewerb erfolgskritisch. Daher setzt die Wissenschaftliche Gesellschaft für Arbeits- und Betriebsorganisation (WGAB) mit diesem Tagungsband den Schwerpunkt „Digitale Transformation – Gutes Arbeiten und Qualifizierung aktiv gestalten“. Mit ihren aktuellen Forschungsergebnissen geben ihre Mitglieder einen Einblick in innovative Konzepte und Best Practices. Von der KI-gestützten Kompetenzentwicklung über die Planung und Gestaltung von Weiterbildung hin zur Innovationsförderung beleuchten sie die verschiedenen Ebenen der Ausgestaltung der Transformation.

Wir danken den Autorinnen und Autoren für ihre wertvollen Beiträge, in denen sie Denk- und Diskussionsansätze zum drängenden Diskurs unserer Zeit geben.

München, im September 2019

Birgit Spanner-Ulmer Dieter Spath

Inhaltsverzeichnis

Towards Teaching Innovation Engineering	7
<i>Alexander Aust, Yvonne Heim, Angelika C. Bullinger-Hoffmann</i>	
Kompetenzentwicklung in der digitalen Transformation: dezentrales und lebenslanges Lernen im Arbeitsprozess	21
<i>Uwe Dombrowski, Jonas Wullbrandt, Simon Fochler</i>	
Formulierung von Kompetenzen mithilfe standardisierter Vokabulare	51
<i>Jan Wunderlich, Meike Tilebein</i>	
Lernen und Kompetenzentwicklung in Arbeitssystemen mit künstlicher Intelligenz	71
<i>Uta Wilkens, Dominik Lins, Christopher Prinz, Bernd Kublenkötter</i>	
Wissenstransfer in Bildung und Weiterbildung: Der Beitrag Künstlicher Intelligenz.....	89
<i>Gergana Vladova, Norbert Gronau, Sylvio Rüdian</i>	
Adaptive Assistenzsysteme als Antwort auf komplexe Produktionsprozesse und heterogene Belegschaften	107
<i>Michael Schenk, Tina Haase, Dirk Berndt, Evelyn Fischer</i>	
Weiterbildung mit digitalen Wartungsassistenzsystemen	127
<i>Axel Friedewald, Robert Rost, Nikolaj Meluzov, Henrik Schröder, Hermann Lödding</i>	
Arbeitswelt im Wandel: Qualifizierung zu resilienzfördernder Führung	143
<i>Sascha Stowasser, Anika Peschl</i>	
Qualifizierung von Führungskräften für die digitale Ökonomie	163
<i>Wolfgang Kersten, Florian Dörries, Sebastian Lodemann, Marius Indorf, Merlin Müller</i>	
Mensch und digitale Technologie: Eine Roadmap für die digitale Transformation einer Alpenregion.....	187
<i>Dominik T. Matt, Guido Orzes, Giulio Pedrini, Mirjam Beltrami, Erwin Rauch</i>	
Planung, Gestaltung und Steuerung effizienter Produktionssysteme begreifen – Das interaktive und modulare Schulungskonzept der IFA-Lernfabrik.....	205
<i>Peter Nyhuis, Niklas Rochow, Alexander Mütze, Lennart Hingst</i>	
Agilität und Diversität bei der Einbindung von Freiwilligen in die Organisation von Katastrophenschutzmaßnahmen	221
<i>Martin Schmauder, Kerstin Lehmann</i>	
Ein Praxisbeispiel: Der Treffpunkt Trimedialität – Das Labor für Innovation und Vernetzung im BR.....	239
<i>Birgit Spanner-Ulmer, Susanne Merkle</i>	

Einfluss Künstlicher Intelligenz auf die Arbeitswelten der Zukunft.....	255
<i>Sven Schuler, Moritz Hämmerle, Wilhelm Bauer</i>	
Engineering Education 4.0: Herausforderungen und Empfehlungen für eine zukunftsorientierte Gestaltung der Ausbildung von Fachkräften und Ingenieuren.....	273
<i>Florian Morandell, Benedikt G. Mark, Erwin Rauch, Dominik T. Matt</i>	
Autorenverzeichnis.....	299

Towards Teaching Innovation Engineering

Zeitgemäße Lehre für Innovation und gute Arbeit – ein Werkstattbericht

Alexander Aust, Yvonne Heim, Angelika C. Bullinger-Hoffmann

1. Einleitung

Die Digitalisierung der Arbeitswelt zieht teilweise stark veränderte Kompetenzprofile der Beschäftigten nach sich, um die Potenziale der neuen vernetzten Technologien auszunutzen. Dies bedeutet z. B., dass Beschäftigte, die aktuell mehrheitlich standardisierte Tätigkeiten ausführen, verstärkt Problemlösekompetenzen zur Bewältigung von komplexen und ungeplanten Abweichungen aufbauen müssen (VDMA 2017). Lernziele beruflicher wie universitärer Lehre werden entsprechend von planbaren Lösungsmustern auf Grundlage fachspezifischer Wissens- und Fertigkeitenmodelle zu situativ anwendbaren, subjektiv ausgeprägten Selbstorganisationsfähigkeiten verschoben (Windelband/Dworschak 2018; Pfeiffer et al. 2016).

Im Bereich der Ingenieurwissenschaften fällt die traditionelle Stärke in der Vermittlung von Produktionskompetenzen ins Auge, die nun um digitale Kompetenzen sowie um die Fähigkeit zur Innovation ergänzt werden – in Aus- und Weiterbildung. Damit stellt sich erstens die Frage, wie eine zeitgemäße, kompetenzorientierte Lehre in den Ingenieurwissenschaften aussehen kann, und zweitens, wie die Entwicklung von komplexen Lehrinnovationen unterstützt werden kann, um eine effiziente und im Sinne des Lernerfolgs auch effektive Umsetzung zu ermöglichen.

Zur Beantwortung der Fragestellungen wird im Artikel nach der Analyse des aktuellen Status der Digitalisierung der Hochschullehre (Gilch et al. 2019) zunächst ein Werkstattbericht der Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement auf dem Weg zu einer ingenieurwissenschaftlichen Lehre für Innovation und gute Arbeit gegeben. Abschließend wird ein Vorgehensmodell zur systematischen Lehrgestaltung vorgestellt, das auf hybriden Lehr-Lernarchitekturen (hLLA) fußt.

2. Digitalisierung der Lehre: Status quo mit Potenzial

Während die Definition spezifischer Kompetenzen für einzelne Berufsbilder der Zukunft angesichts der Digitalisierung noch schwieriger geworden ist (Guggemos et al. 2018), lassen sich doch zentrale Anforderungen ableiten. So ist zukünftig die

Verbindung produktionsbezogener Problemlösekompetenz mit einer Digital Literacy, d. h. ein Domänen-Know-how in einer Ingenieurdisziplin gepaart mit Grundkenntnissen in digitalen Kompetenzen (Ferrari 2012), von hoher Bedeutung. Der VDI beschreibt diese Verknüpfung als „Domänen-Know-how in einer Ingenieurdisziplin gepaart mit Grundkenntnissen in digitalen Kompetenzen“ (Gottburgsen et al. 2019). Domänenwissen und Digital Literacy werden dabei als analytische Fähigkeiten gelehrt und gelernt, gefördert durch den Einsatz vernetzter Technologien.

Vor diesem inhaltlichen Hintergrund ergeben sich Anforderungen an die ingenieur- und insbesondere die arbeitswissenschaftliche Lehre. Zum einen die (weiterhin) konsequente Kompetenzorientierung in der Lehre (HRK 2004), sodass Studierende sich selbst Domänenwissen aneignen, prüfen und ggf. weiterentwickeln. Hierzu gehört auch die Vermittlung beruflicher Handlungskompetenz, um diffuse Problemstellungen selbstständig und innovativ zu lösen. Diese Inhalte sollen möglichst selbst-reguliert und kollaborativ erlernt werden, mit einem Schwerpunkt auf Produktion und Reflexion von Wissen. Dieser „shift from teaching to learning“ verändert zunächst die Rolle und Selbstwahrnehmung der Lehrenden vom Wissensvermittler zum Gestalter von Lernräumen (HSD 2016; Jahnke 2016). Die traditionell analogen Lernräume, d. h. Auditorium oder Seminarraum, sollten zukünftig um digitale Räume erweitert werden, sodass lernwirksame und flexible Lernprozesse gestaltet sowie zeit- und ortsunabhängig erfahren werden können (Schön et al. 2016). So entstehen hybride Lehr-Lernarchitekturen, die analoge und digitale Lernaktivitäten verzahnen (Kerres 2002) und über deren sequenzielle Trennung im etablierten Blended-Learning hinausgehen.

Damit dies geschieht, sind geeignete Rahmenbedingungen (z. B. Digitalisierungsstrategie der Universität) und die persönliche Gestaltungskompetenz von Lehrenden entscheidend für den Digitalisierungsfortschritt in der Lehre (Persike/Friedrich 2016). Durch die Gestaltung von hybriden Lernräumen, die auf vernetzter Technologie aufbauen, wird über die Domänenkompetenz hinaus Kompetenz von Medien-Design zu Pädagogik und Lernpsychologie notwendig, die fast nur noch im Team geleistet werden kann (Sahl/Martens 2015; Hirumi 2000). In Abb. 1 sind die Anforderungen an hybride Lehr-Lerngestaltung als Grundprinzipien zusammengefasst.

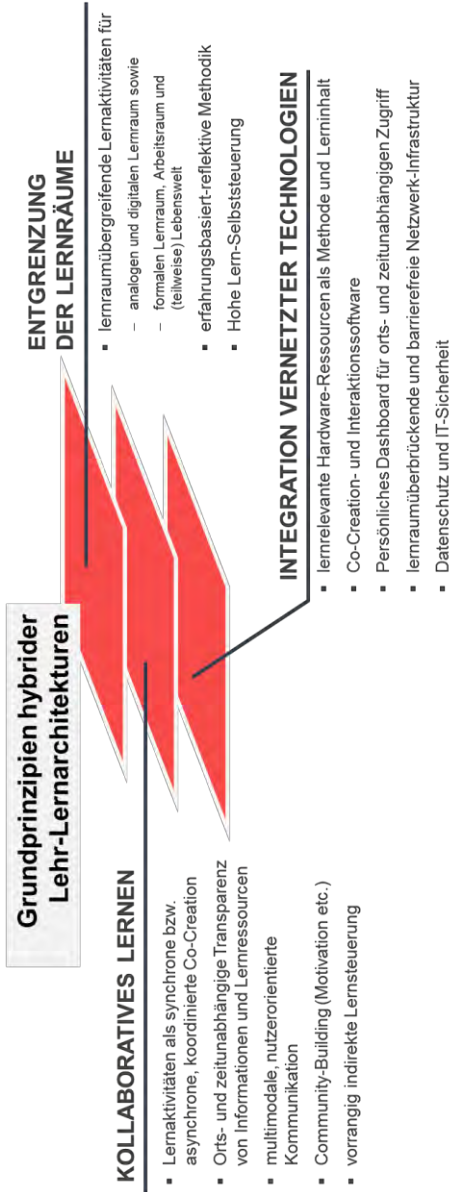


Abbildung 1: Drei Grundprinzipien hybrider Lehr-Lernarchitekturen (eigene Darstellung)

Vergleicht man die Anforderungen mit aktuellen Befunden, so wird deutlich, dass Lehrende in den Ingenieurwissenschaften mit begrenzten Ressourcen sowie häufig fehlender Erfahrung komplexe Lehrinnovationen umsetzen sollen (Weinberger 2018; Seufert/Meier 2016). Es gelingt auch noch zu selten, erfolgreiche (geförderte) Leuchtturmprojekte aus ihrem Projektstatus heraus dauerhaft in der Breite der Lehre zu replizieren (vgl. Stifterverband 2016). Es lässt sich zusammenfassen, dass digitale Lehre in ihrer Dualität, d. h. die Digitalisierung als Lehr-Lerninhalt und -werkzeug, noch keine Selbstverständlichkeit (vgl. Abb. 2) ist und dem Stand der Digitalisierung in der Arbeitswelt stark nachsteht (Gilch et al. 2019).

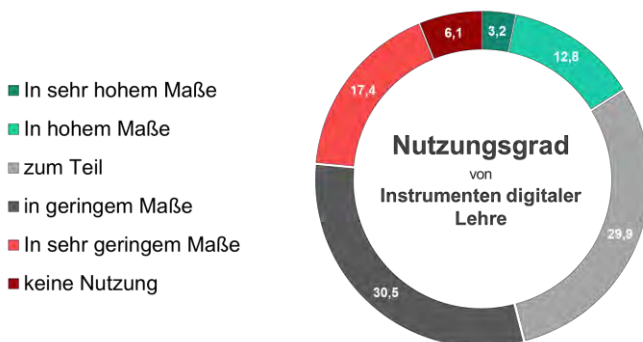


Abbildung 2: Nutzungsgrad digitale Lehre (eigene Darstellung in Anlehnung an Gilch et al. 2019)

3. Bericht aus der Werkstatt

Der Weg zu digital unterstützter Lehre, die Innovation und gute Arbeit ermöglicht, verläuft in Abhängigkeit von Rahmenbedingungen, Ressourcen und Kompetenzen des Lehrpersonals individuell. Viele Hochschullehrerinnen und -lehrer stehen dieser Entwicklung zurückhaltend bis hilflos gegenüber (Handke 2015). Daher soll der nachfolgende Abriss vor allem als Werkstattbericht dienen und Wege aufzeigen, wie der Einstieg gelingen kann.

An der Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement wurde 2013 begonnen, Erfahrungen mit dem Einsatz von Technologien und mediendidaktischer Konzepte zu sammeln.

Der erste Schritt war die didaktische Umgestaltung einer Vorlesung nach dem Inverted Classroom Model (Handke/Sperl 2012), sodass die Wissensaufnahme als Selbststudium vorgelagert wurde. Die Studierenden erhalten hierfür Aufgaben und

Lernressourcen (Texte und Lernvideos) digital zur Verfügung gestellt. Die Vorlesung ergänzt, festigt diskursiv und reflektiert das Wissen aus dem Selbststudium. Um den Diskurs zu stärken, wurden Vorlesungen mit großem Auditorium durch die technikbasierte Peer Instruction (Mazur 1997) gestaltet. Auf zwanzigminütige Vorlesungsblöcke folgten Fragen zum Lerninhalt, die die Studierenden individuell und im Austausch mit Sitznachbarn über eine App beantworteten. So erfolgt die sofortige Rückkopplung des Lerneffektes und ggf. die Anpassung des Lernprozesses. Die Evaluation zeigt, dass neben der technikbasierten Interaktion zwischen den Lernenden und dem Gefühl gemeinsamen Lernens die Interaktion mit den Lehrenden ebenfalls gesteigert werden konnte (Feldhoff et al. 2015). Die Beantwortung von Fragen über die App verlangt bspw. weniger Mut als Wortmeldungen vor dem gesamten Auditorium.

Es folgt die Einrichtung eines Visual Lab zur Produktion von Lern- und Expertenvideos, die über den Youtube-Kanal¹ der Professur frei zugänglich sind. Lernvideos vertiefen dabei Inhalte aus Vorlesung und Übung (z. B. durch die Demonstration eines weiteren Rechenbeispiels), während die Expertenvideos die praxisnahen Kompetenzen stärken (z. B. durch ein Interview zu Industrie 4.0 in einer spezifischen Branche).

Das Visual Lab steht Lehrenden und Lernenden gleichermaßen zur Videoproduktion zur Verfügung. Studierende können damit Erfahrungen sammeln, wie Wissensbestandteile durch Videos geeignet aufbereitet werden und vom Drehbuch bis zum Schnitt Kompetenzen sammeln. Dies wurde 2017 mit einer Zusammenarbeit² zwischen Studierenden der Holzgestaltung (Fakultät Angewandte Kunst Schneeberg (AKS)) sowie Studierenden der Ingenieurwissenschaften der TU Chemnitz, d. h. mit zwei Fachrichtungen und zwei Standorten, erprobt. Dabei konzipierten die Ingenieursstudierenden nach Kompetenzaufbau zu Innovation und Usability eigene Video-Tutorials zu Kreativitätstechniken im Visual Lab. Nach zwei Evaluationsrunden auf Gebrauchstauglichkeit wendeten die Holzgestalterinnen und-gestalter in Schneeberg diese Tutorials zu ihrer Ideenfindung für innovative Holzprodukte an. Die Evaluation zeigte eine höhere Behaltensleistung der Studierenden durch dieses digital gestützte Lehrexperiment (Lohse et al. 2018).

Zwischen 2016 und 2018 wurden die gesammelten Erfahrungen im Rahmen von „Learning Innovation Engineering“³ auf den Master-Studiengang Systems Engineering übertragen. Dabei wurde die Herausforderung adressiert, dass digitalisierte

1 Youtube-Kanal aw&Ideo zu finden unter: <https://www.youtube.com/channel/UC87L-8zhuoGL-WEFvcSFe9Fg>.

2 Informationen zum Projekt „Inno-Design“ zu finden unter: <http://bit.ly/Inno-Design>.

3 Informationen zum Projekt „Curriculum 4.0: Learning Innovation Engineering“ zu finden unter: http://bit.ly/learning_innovation_engineering.

Lehr-Lernkonzepte unter einem starken Legitimierungszwang stehen. Der Nutzen, Lehr-Lernroutinen in Frage zu stellen, ist den Lehrenden angesichts beschränkter Ressourcen häufig unklar. Es ist demnach nötig, die lernwirksamen und organisatorischen Vorteile des Technikeinsatzes und neuer didaktischer Konzepte als Potenziale zu benennen (Aust et al. 2018). In einem stark partizipativ angelegten Prozess, der sich am gestaltungsorientierten Forschungsvorgehen orientiert, wurden vier Module des Studiengangs neu gestaltet – von der Lernzielformulierung über die Prüfungsgestaltung hin zum Technologieeinsatz und der Lernorganisation.

Noch in der Entwicklung befindet sich ein berufsbegleitender Masterstudiengang „Innovation Engineering“⁴. Zielgruppe sind berufstätige Ingenieurinnen und Ingenieure, denen eine universitäre Weiterqualifizierung im Bereich Innovation und Arbeit angeboten wird. Abbildung 3 zeigt die Komponenten des Masters, der auf der Selbsterarbeitung von Wissen und dessen Diskussion und Reflexion durch analoge und digitale Kollaboration fußt. Nur 40 % der Lerninhalte sollen im traditionellen, analogen Lernraum vermittelt werden.

4 Informationen zum Projekt „Innovation Engineering“ zu finden unter: <http://bit.ly/http://bit.ly/MasterInnoEng>.

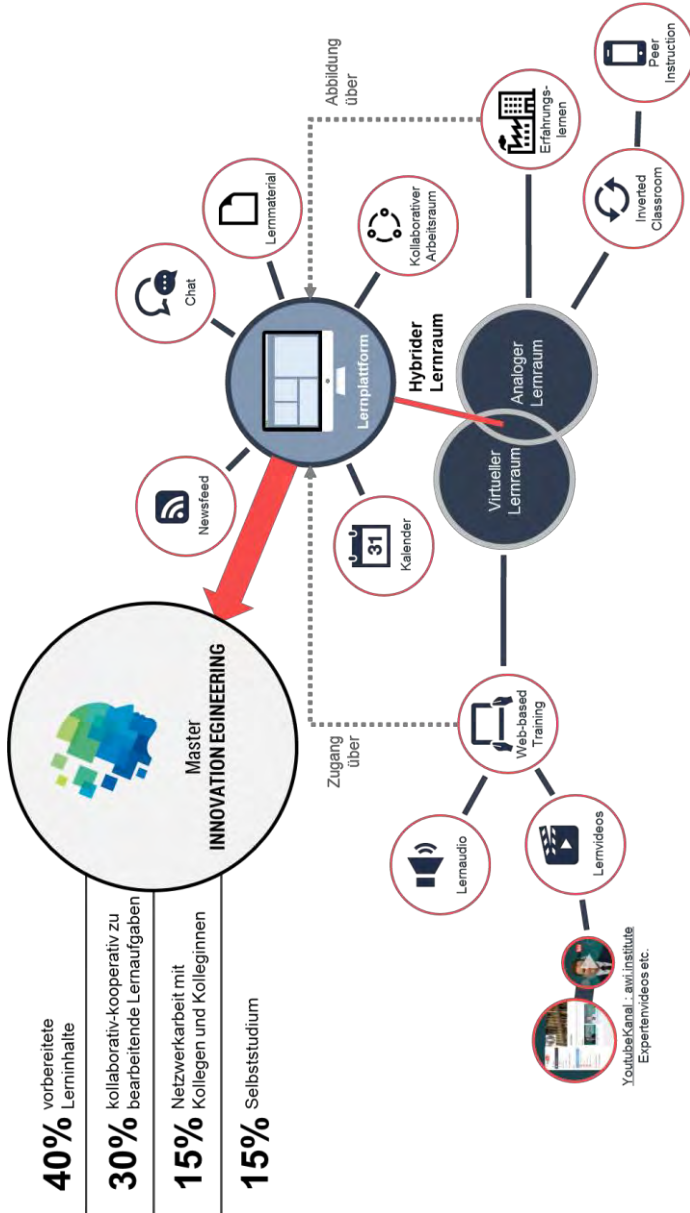


Abbildung 3: Hybride Lehr-Lernarchitektur im Master „Innovation Engineering“ (eigene Darstellung)

4. Vorschlag eines Vorgehensmodells zur Gestaltung hybrider Lehr-Lernarchitekturen

4.1. Entwicklung des Vorgehensmodells

Angesichts der anekdotischen Evidenz aus den eigenen Lehrprojekten, die die in der Literatur dargestellten Unterstützungsbedarfe der Lehrenden bei der Entwicklung digitalisierter Lehre anreicherten, wurden zunächst bestehende Vorgehensmodelle im Feld auf ihre Eignung untersucht. Die DIN PAS 1032 (2004) ist beispielsweise eine Sammlung von Gestaltungselementen von E-Learning, bietet aber kaum Handlungsleitung für die kompetenzorientierte Studiengangsgestaltung als diskursiven Prozess (Gerholz/Sloane 2016) und lässt die Evaluation außen vor. Angesichts dieser Situation wurde ein gestaltungsorientiertes Vorgehen nach Wächter (2018) gewählt, um ein diskursives Vorgehensmodell für Lehrende zu entwickeln, das auf interdisziplinärer Kollaboration sowie einer erfahrungsbasierten Kompetenzentwicklung beruht (Aust et al. 2016; Bauer et al. 2006).

Das Vorgehensmodell ist unterteilt in Ideation und Konzeption, wobei iterativ konzeptioniert und das jeweilige Ergebnis evaluiert wird, um jeweils Prototypen höheren Reifegrades zu entwickeln.

Grundlage der Ideation ist die Recherche und Analyse bestehender Vorgehens- und Instruktionsmodelle zur Entwicklung von E-Learning sowie die anwenderspezifische Konkretisierung der Anforderungen durch eine Fokusgruppe.

In der Phase Konzeption erfolgt die Entwicklung des Vorgehensmodells. Es umfasst eine Konzeptions- und Gestaltungsphase, die sich in neun Arbeitsschritte aufteilen (vgl. Abbildung 4). Jeder Arbeitsschritt bietet eine Handlungsleitung durch inhaltliche und methodische Vorgabe (Input), die Beschreibung der konzeptionellen und gestalterischen Aktivitäten (Throughput) sowie eine konkrete Beschreibung der Ergebnisse (Output), der wiederum Teil des Inputs folgender Arbeitsschritte ist. Auf jede Aktivität folgt eine Phase der kollaborativen Evaluation, in der die Zwischenstände durch das Projektteam bzw. externe Experten reflektiert und weiterentwickelt werden. Besonderheit ist die Anwendung von webbasierter Kollaborationssoftware bzw. von Gruppenunterstützungssystemen, die so auf ihre Tauglichkeit bzw. die Nutzungsbedingungen für den Einsatz als Lerninstrument in der hLLA getestet werden. Hierfür wurde der Ansatz des erfahrungsgeleiteten Lernens und Arbeitens (Bauer et al. 2006) adaptiert.

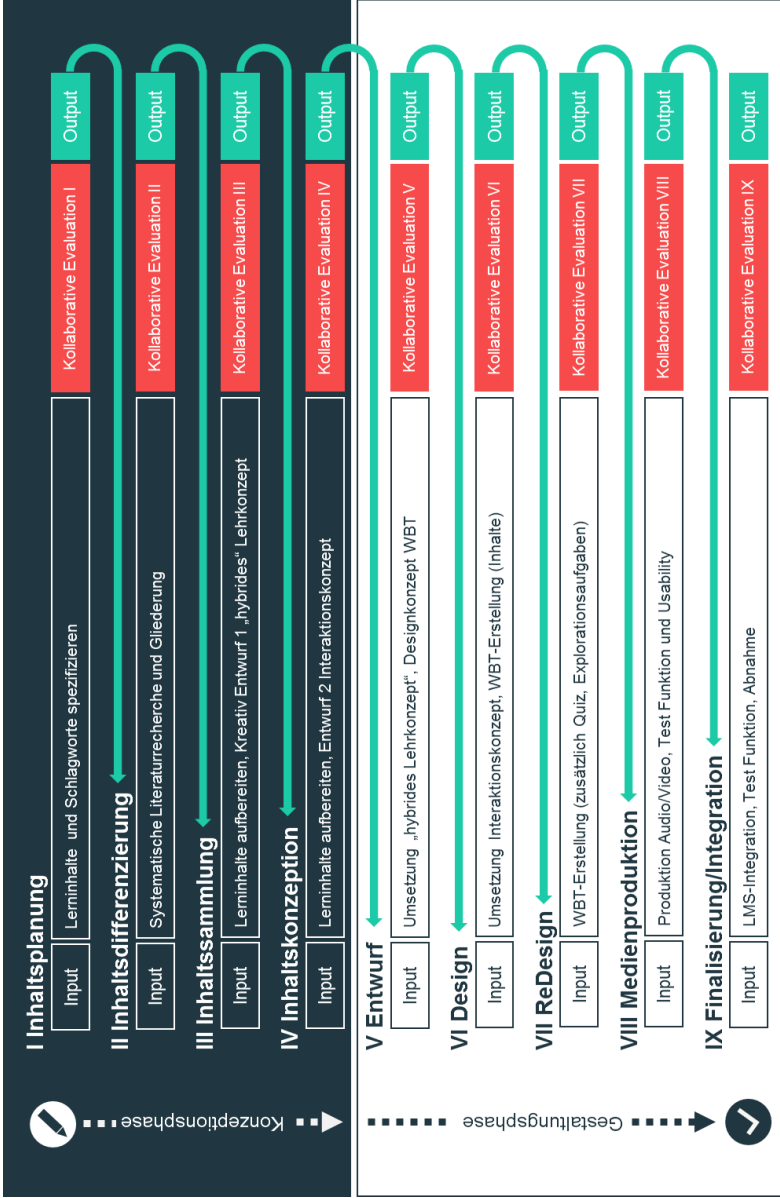


Abbildung 4: Meta-Version des Vorgehensmodells (eigene Darstellung)

4.2. Einblicke in die Evaluation des Vorgehensmodells

Das Vorgehensmodell wurde im Rahmen der Konzipierung, Erprobung und Etablierung eines berufsbegleitenden Weiterbildungsmasters „Innovation Engineering“ instanziiert und evaluiert. Abbildung 5 zeigt Screenshots von WBTs, die zum Einsatz kamen und evaluiert wurden.

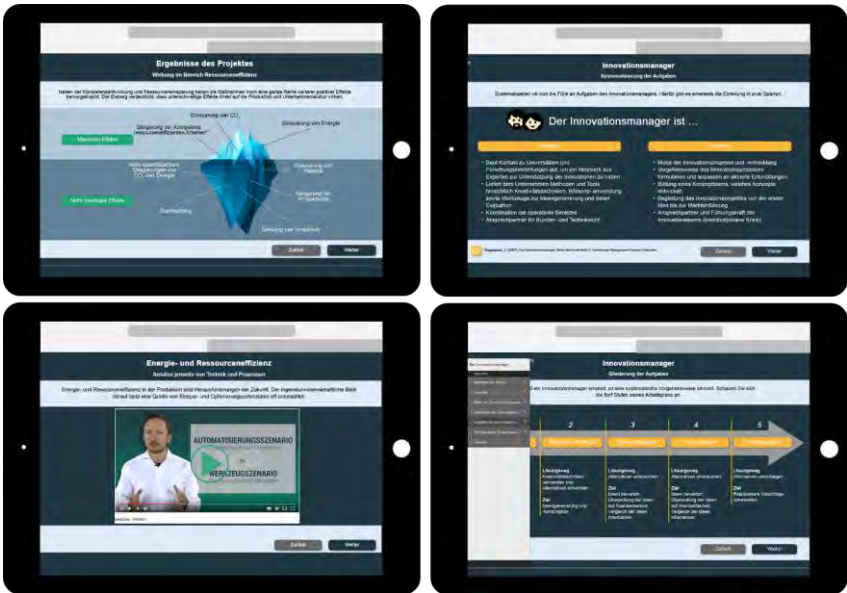


Abbildung 5: Screenshots entwickelter WBTs (eigene Darstellung)

Die Einschätzung der Lehrenden bestätigte, dass das Vorgehensmodell einen Gestaltungsprozess initiiert, der zur Entwicklung hochwertiger Lernaktivitäten geführt hat. Allerdings wurde der Wunsch nach formaler Instruktion und eindeutigen Zielstellungen geäußert. Hierfür sollte bereits im Vorfeld Spielraum für unbekannte Technologien und für das Wesen des hybriden Gestaltungsziels geschaffen werden, sodass sich Motivation für die innovativen Lehr-Lern-Gestaltungen entwickeln kann.

Die Evaluation ergab eine deutliche, informelle Kompetenzentwicklung der Lehrenden. Im finalen Vorgehensmodell wurden daher Elemente integriert, die diese Kompetenzentwicklung systematisieren und unterstützen, bspw. Kreativmethoden zur Entwicklung und Diskussion des lernförderlichen Einsatzes von digitalen Instrumenten. Dem Gestaltungsprozess von hybriden Lehr-Lernarchitekturen mithilfe des Vorgehensmodells wurden so parallele Lernprozesse zur Seite gestellt:

für den Einsatz potenzieller Technologie (bspw. Lernförderlichkeit durch Funktionalitäten und eine lernmotivatorische Gestaltung, Nutzungsbedingungen) sowie der mediendidaktischen Konzeption (bspw. Interaktionskonzept und Betreuungskonzept).

Die mittels Vorgehensmodell entwickelten Artefakte (Lernmodul und Lernarchitektur) konnten parallel über mehrere Veranstaltungen in der grundständigen Lehre verteilt mit Lernenden evaluiert werden. Dabei konnte ein Lerneffekt auf dem Niveau der klassischen Lehre erzielt werden, das Potenzial für ein flexibles Lernen, das dessen Vereinbarkeit mit Arbeit und Leben ermöglicht, wurde als höher eingeschätzt. Dass gemeinschaftliche Lernaktivitäten technikbasiert stattfanden, wurde grundsätzlich positiv empfunden, einige Studierende beklagten aber die Verweigerung der Kollaboration einiger Kommilitoninnen und Kommilitonen.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Die Arbeitswelt 4.0 verlangt nach der Vermittlung neuer Kompetenzen, um Innovation und gute Arbeit zu ermöglichen. Innovation in der ingenieurwissenschaftlichen Lehre hängt dabei nicht nur von der Digitalisierungsstrategie der Universitäten ab, sondern beginnt vielmehr bei den Lehrenden und ihren Kompetenzen. Leuchtturmprojekte, die analoge und digitale Lernaktivitäten gleichwertig integrieren, bieten hierfür erste Orientierung.

Im Beitrag wurden die Erfahrungen der Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement aus der Anreicherung bestehender Lehrformate mit digitalen Elementen und interdisziplinären Konzepten reflektiert, die Potenziale für eine kompetenzorientierte Lehre zeigten. Das hier vorgestellte Vorgehensmodell zur Gestaltung hybrider Lehr-Lernaktivitäten bietet eine Unterstützung der Lehrenden, Neuland zu betreten und die Nutzungspotenziale von Digitalisierung in Lehrprozessen zu ergründen, während Digitalisierung als Lerninhalt in der jeweiligen Domäne gestaltet wird. Kollaboration ist dabei das zentrale Merkmal, um hochwertige Lernaktivitäten mit beschränkten Ressourcen und fehlender Erfahrung gestalten zu können.

Die dargestellten Erfahrungen zur Entwicklung hybrider Lehr-Lernarchitekturen geben somit Impulse für die lernförderliche Arbeitsgestaltung als arbeitswissenschaftliche Kerndisziplin.

Danksagung

Diese Forschungsarbeit wurde teilweise vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Projekte OPEN ENGINEERING, 16OH21011/12, sowie INNO-DESIGN im Rahmen von Lehrpraxis im Transfer plus, 01PL12064A) und vom Stifternverband der deutschen Wissenschaft (Projekt Curriculum 4.0) unterstützt.

Die Geldgeber hatten keinen Einfluss auf das Studiendesign, die Erhebung, Analyse und Interpretation der Daten, auf das Verfassen des Berichts oder die Einreichung des Artikels.

Literatur

- Aust, A. et al. (2016). Nachhaltiger produzieren durch erfahrungsgelietete Lern- und Arbeitsprozesse. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.), *Arbeiten in komplexen Systemen – Digital, vernetzt, human?!*, 62. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: GfA-Press.
- Aust, A. et al. (2018). Gestaltung digitaler Lehre: Integration technologiebasierter Kollaboration in ein Prozessmodell. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.) *Tagungsband 64. GfA-Frühjahrskongress*. Dortmund: GfA-Press.
- Bauer, H. G. et al. (2006). *Berichte zur beruflichen Bildung*, 275. *Hightech-Gespür: Erfahrungsgelietetes Arbeiten und Lernen in hoch technisierten Arbeitsbereichen*. Bielefeld: Bertelsmann.
- DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2004). *DIN PAS 1032-1 Aus- und Weiterbildung unter besonderer Berücksichtigung von e-Learning – Teil 1: Referenzmodell für Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung – Planung, Entwicklung, Durchführung und Evaluation von Bildungsprozessen und Bildungsangeboten (PAS 1032-1:2004-02)*.
- DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2004). *DIN PAS 1032-2 Aus- und Weiterbildung unter besonderer Berücksichtigung von e-Learning – Teil 2: Didaktisches Objektmodell; Modellierung und Beschreibung didaktischer Szenarien (PAS 1032-2:2004-05)*.
- Feldhoff, A. et al. (2015). Aktivierung Studierender in ingenieurwissenschaftlichen Massenveranstaltungen durch den Methodenmix ICM und digitalisierte Peer Instruction. In: Großkurth, Eva-Maria; Handtke, Jürgen (Hrsg.), *Inverted Classroom and Beyond. Lehren und Lernen im 21. Jahrhundert* (S. 57-68). Marburg: Tectum Verlag.
- Ferrari, A. (2012). *Digital competence in practice: An analysis of frameworks*. Publication office of the EU, Luxembourg. Abgerufen von <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC68116.pdf>.
- Gerholz, K. H./Sloane, P. (2016). Diskursive Studiengangentwicklung. In T. Brahm, T. Jenert, & D. Euler (Hrsg.) *Pädagogische Hochschulentwicklung* (S.151–170). Wiesbaden: Springer.
- Gilch, H. et al. (2019). Digitalisierung der Hochschulen. Ergebnisse einer Schwerpunktstudie für die Expertenkommission Forschung und Innovation. *Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 14-2019*. Berlin: EFI.
- Gottburgsen, A. et al. (2019). *Ingenieurausbildung für die Digitale Transformation. Zukunft durch Veränderung*. VDI-Studie.
- Guggemos, M. et al. (Hrsg.) (2018). *Die digitale Transformation gestalten: Lebenslanges Lernen fördern. Empfehlungen des Human-Resources-Kreises von acatech und der Jacobs Foundation sowie der Hans-Böckler-Stiftung*. acatech DISKUSSION.

- Handke, J./Sperl, A. (Hrsg.) (2012). Das Inverted Classroom Model: Begleitband zur ersten deutschen ICM-Konferenz. Berlin, Boston: De Gruyter. Retrieved 15 Apr. 2019. Abgerufen von <https://www.degruyter.com/view/product/221833>.
- Handke, J. (2015). Handbuch Hochschullehre Digital. Leitfaden für eine moderne und mediengerechte Lehre. Marburg: Tectum Verlag.
- Hirumi, A. (2000). Chronicling the challenges of Web-basing a degree program: A systems perspective. *The Quarterly Review of Distance Education*, 1 (2), 89-108.
- HRK – Hochschulrektorenkonferenz (Hrsg.) (2004). Bologna-Reader: Texte und Hilfestellungen zur Umsetzung der Ziele des Bologna-Prozesses an deutschen Hochschulen. Bonn: HRK.
- Jahnke, I. (2016). Digital Didactical Designs: Teaching and Learning in CrossActionSpaces. New York: Routledge.
- Kerres, M. (2002). Online- und Präsenzelemente in hybriden Lernarrangements kombinieren. In A. Hohenstein & K. Wilbers (Hg.), *Handbuch E-Learning*. Köln: Fachverlag Deutscher Wirtschaftsdienst.
- Lohse, A. et al. (2018). Nutzerzentrierte Produktentwicklung als Lernziel im Praxisprojekt. Clips für den Ideenfindungsprozess. Arbeit(s).Wissen.Schaf(f)t Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung, Tagungsband 64. GfA-Frühjahrskongress. Beitrag B.7.8. 21.02.2018 bis 23.02.2018, Frankfurt.
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: Interaktive Lehre praktisch umgesetzt*. Berlin: Springer Spektrum.
- Persike, M./Friedrich, J.-D. (2016). Lernen mit digitalen Medien aus Studierendenperspektive. Sonderauswertung aus dem CHE Hochschulranking für die deutschen Hochschulen. Arbeitspapier Nr. 17. Essen: Edition Stifterverband.
- Pfeiffer, S. et al. (2016). *Industrie 4.0 – Qualifizierung 2025*. Frankfurt: VDMA.
- Sahl, M./Martens, A. (2015). Process Models in E-Learning: Bottom-up or Top-down? In *Proceedings of the International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age CELDA*, (S. 140-146). Abgerufen von <https://eric.ed.gov/?id=ED562149>.
- Schön, S. et al. (2016). Verschmelzung von digitalen und analogen Lehr- und Lernformaten. Arbeitspapier Nr. 25. Berlin: Hochschulforum Digitalisierung.
- Seufert, S./Meier, C. (2016a). Digitale Transformation: Vom Blended Learning zum digitalisierten Leistungsprozess ‚Lehren und Lernen‘. Abgerufen von <http://2016.gmw-online.de/wp-content/uploads/298.pdf>.
- Stifterverband (2016). *Curriculum 4.0 – Konsequenzen der Digitalisierung für Studiengangsreformen an deutschen Hochschulen*. Abgerufen von: <https://www.stifterverband.org/curriculum-4.0>.
- VDMA – Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (2017). *Wie arbeiten wir in der Zukunft? Die betriebliche Praxis zwischen Vision und Gegenwart*. Abgerufen von https://arbeitsmarkt.vdma.org/documents/7974667/18203904/VDMA_Broschuere_Arbeit_4.0_Wie_arbeiten_wir_in_der_Zukunft_Juni%202017_1498726331191.pdf/9a325130-b6d8-4942-8a99-2d9af25322fe.

- Wächter, M. (2018). Engineering-Methode zur Gestaltung gebrauchstauglicher tangibler Mensch-Maschine-Schnittstellen für Planer und Entwickler von Produktionsassistenzsystemen. Chemnitz: Wissenschaftliche Schriftenreihe des Institutes für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme.
- Weinberger, A. (2018). Orchestrierungsmodelle und -szenarien technologie-unterstützten Lernens. In S. Ladel, J. Knopf, & A. Weinberger (Hrsg.), *Digitalisierung und Bildung* (S. 117-140). Wiesbaden: Springer.
- Windelband, L./Dworschak, B. (2018). Arbeit und Kompetenzen in der Industrie 4.0. Anwendungsszenarien Instandhaltung und Leichtbaurobotik. In H. Hirsch-Kreinsen (Hrsg.), *Digitalisierung industrieller Arbeit – Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen* (S. 63-79). 2. aktualisierte und erweiterte Auflage. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft.

Kompetenzentwicklung in der digitalen Transformation: dezentrales und lebenslanges Lernen im Arbeitsprozess

Uwe Dombrowski, Jonas Wullbrandt, Simon Fochler

1. Einleitung

Die Aus- und Weiterbildung war nicht nur in der jüngsten Vergangenheit eine der Hauptaufgaben, die von der Politik definiert wurden. Vielmehr ist Bildung eine dauerhafte Priorität, die im Wertesystem der Gesellschaft verankert ist. Der Staat und alle am Bildungssystem beteiligten Akteure haben in diesem Wertesystem den Auftrag, allen Bürgerinnen und Bürgern einen bestmöglichen Bildungsstand zu vermitteln. Bildung beinhaltet die Aneignung von Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten, die notwendig sind, um ein selbstbestimmtes Leben führen, aktiv an der demokratischen Gesellschaft teilhaben und ein erfülltes Berufsleben gestalten zu können. Eine bestmögliche Bildung ist die zentrale Voraussetzung dafür, um jedem Menschen auf seinem Lebensweg die gleichen Chancen zu bieten und damit eine gerechte Grundlage für das Zusammenleben aller Mitglieder einer Gesellschaft zu schaffen. Diese Ziele verfolgt die Bildungspolitik seit jeher, und sie wird auch in Zukunft mit Nachdruck daran arbeiten, diese zu erreichen. Wenngleich sich der Grundsatz der Bildung niemals verändern wird, ändern sich die Umgebungsbedingungen und damit das benötigte Wissen, die Fähigkeiten und Fertigkeiten (Rosa 2012, S. 7), die jeweils erforderlich sind, um in der gegenwärtigen und insbesondere zukünftigen, immer dynamischeren Welt bestehen zu können.

So sind auch Unternehmen bestrebt, ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter über die gesamte Beschäftigungsdauer hinweg darin zu fordern und fördern, ihren Bildungsstand kontinuierlich weiterzuentwickeln. Eine einmalige, statische Ausbildung im Jugendalter ist aufgrund von sich immer dynamischer ändernden Bedingungen nicht mehr ausreichend. Im Sinne der Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit in schnelllebigem Zeiten erkennen Unternehmen vermehrt die nachhaltige und dauerhafte Förderung der Ressource Wissen als Kernkompetenz an. Die Gestaltung von Arbeitsumfeldern im Sinne des lebenslangen Lernens rückt vermehrt in den Fokus der Betrachtung (KMK 2016, S. 16). Um Arbeit jedoch lernförderlich zu gestalten, sind klassische Lehr-Lern-Konzepte nicht mehr ausreichend. Die Zentralisierung von Lernprozessen, weg vom Schulungsraum, hin zum flexiblen Lernen im Arbeitsprozess, ist eine entscheidende Weiterentwicklung, um lebens-

lang zu lernen. Zusätzlich ergeben sich neue Möglichkeiten der Contentvermittlung, z. B. durch den Einsatz von digitalen Tools oder E-Learning-Konzepten. Insbesondere unter Berücksichtigung aktueller Megatrends, wie die immer komplexer werdende Unternehmensumwelt oder der demografische bzw. digitale Wandel, bieten sich eine Vielzahl von Chancen und Risiken für den Prozess der Bildung. Um diesen Chancen und Risiken systematisch und zielgerichtet begegnen zu können, müssen Bildungsinstitute, Lehrdienstleister und Unternehmen innovative Ansätze entwickeln, um den zukünftig gefragten Bildungsstand zu vermitteln und aufrechtzuerhalten. Zur Erreichung dieses Ziels hat das Institut für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung (IFU) eine Zukunftsthese zur beruflichen Weiterbildung definiert:

„Die Qualifizierung in der digitalen Arbeitswelt erfordert eine lebenslange und mitarbeiterindividuelle Weiterentwicklung von prozessbezogenen Handlungskompetenzen unter Berücksichtigung von Mensch, Organisation und Technik.“

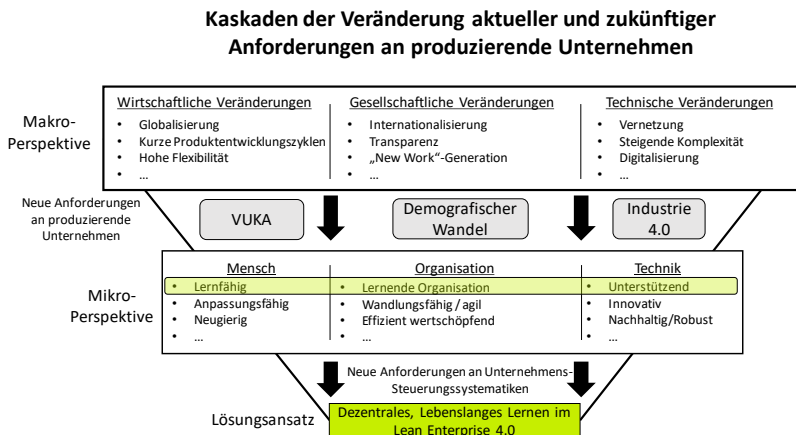
Unter der Projektion dieser Zukunftsthese analysiert das Institut für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung die Veränderungsdeterminanten der sich wandelnden Arbeitswelt systematisch und ganzheitlich, um darauf aufbauend generische, praxisorientierte Lösungsansätze zu entwickeln.

2. Die Arbeitswelt im Wandel

Produzierende Unternehmen agieren derzeit in einem Marktumfeld, das sich vor allem durch zunehmende Volatilität und einen steigenden Wettbewerbsdruck auszeichnet. Eine Vielzahl an Veränderungen, die wirtschaftlicher, technischer und gesellschaftlicher Art sind, haben einen Einfluss auf das Arbeitsumfeld und beeinflussen den Wertschöpfungsprozess nachhaltig. Wie in Abbildung 1 verdeutlicht, verschärft die Globalisierung die Ausrichtung von Unternehmen kontinuierlich. Um Marktanteile im internationalen Wettbewerb halten oder ausbauen zu können, sind Unternehmen vermehrt dazu gezwungen, ihr Produktions- und Absatzprogramm in regelmäßigen, immer kürzeren Zeitabständen anzupassen und den (End-)Kundinnen und Kunden möglichst innovative und individualisierte Produkte zu erschwinglichen Preisen anzubieten. Zusätzlich wirken generelle gesellschaftliche Veränderungen wie die Internationalisierung, die Forderung nach Transparenz und die damit einhergehende neue Generation der Arbeit. Eigenverantwortung und Selbstbestimmung ersetzen zunehmend ausgediente streng hierarchische Führungsansätze. Als weiterer wichtiger Veränderungstreiber wirkt die zur Verfügung stehende Technologie, die sich in den letzten Jahren durch die omnipräsente Vermaschung von Informationsnetzen, der damit verbundenen Digitalisierung sowie einer Steigerung der Komplexität ausgezeichnet hat. Dies führt vermehrt zu kurzzyklischen Prozess- und Produktanpassungen sowie ständig wechselnden Anforderungen an die beschäftigten Menschen, die gesamte Organisation sowie die eingesetzte Technologie.

Zusammenfassend lassen sich die wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und technischen Veränderungen, die auf produzierende Unternehmen einwirken, mit den Begriffen VUKA-Welt, demografischer Wandel und Industrie 4.0 umschreiben. Als Lösungsansatz dieser Kaskaden der Veränderung stellt das IFU den Ansatz des dezentralen, lebenslangen Lernens im Lean Enterprise 4.0 vor (vgl. Abbildung 1).

Zum besseren Verständnis der Kaskaden der Veränderungstreiber auf Makroebene und ihren Auswirkungen in den Unternehmen auf Mikroebene werden diese in den nachfolgenden Abschnitten charakterisiert.



➤ Lebenslanges Lernen als Prämisse für zukünftigen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Erfolg.

Abbildung 1: Kaskaden der Veränderung aktueller und zukünftiger Anforderungen an produzierende Unternehmen (eigene Darstellung)

2.1. VUKA-Welt

Bedingt durch die Globalisierung, die sich schnell ändernden Kundenwünsche sowie die rasanten Entwicklungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien erreicht die Schnelllebigkeit an den Märkten und im direkten Umfeld produzierender Unternehmen eine bisher nicht dagewesene Dimension. So haben technisch höchst komplizierte Produkte immer kürzere Lebenszyklen bei gestiegenen Entwicklungskosten. Dies führt unternehmensintern zu immer dynamischeren Anpassungen der strategischen Ziele, die sich direkt auch auf die taktischen und operativen Unternehmensebenen auswirken. Eine langfristige strategische Planung ist somit häufig nicht mehr möglich. Das dadurch nachlassende Gefühl von Planbarkeit und Sicherheit, gepaart mit andauernden Veränderungen, resultiert bei Mitarbeitern und Führungskräften häufig vermehrt in Stress. Die steigende Verunsicherung der Menschen im Unternehmen führt im Umkehrschluss

zu Forderungen nach Klarheit, Sicherheit und Orientierung, die jedoch von den verantwortlichen Führungskräften selten gewährleistet werden können (Jordaan 2019, S. 60). Als Antwort auf die Dynamik werden häufig reaktive Maßnahmen angewendet, die entweder scheitern oder allenfalls ein kurzfristiges Gefühl von Beherrschbarkeit vermitteln. Die beschriebenen Zusammenhänge lassen sich durch das Akronym VUKA (englisch VUCA) beschreiben (Bennet 2014, S. 313):

- Volatilität (englisch: volatility),
- Unsicherheit (englisch: uncertainty),
- Komplexität (englisch: complexity) und
- Ambiguität/Ambivalenz (englisch: ambiguity).

Eine Welt, die die oben genannten Eigenschaften besitzt, ist derart durch Dynamik und Ungewissheit gekennzeichnet, dass es keine festen Regeln, Gewissheiten und klar zu erkennenden Zusammenhänge mehr gibt. Historisch lässt sich die Beschreibung auf Militärexperten am War College der US-Armee in Carlisle (Pennsylvania) um das Ende des Kalten Krieges zurückführen (Whiteman 1998, S. 15). Der Ansatz sollte ursprünglich dabei helfen, in einer Welt nach dem Fall des Eisernen Vorhangs, die durch unklare Verhältnisse geprägt war, zurechtzukommen. In der heutigen Zeit wird die Unterteilung in VUKA genutzt, um die unklaren Verhältnisse an den Märkten und im Unternehmensumfeld zu charakterisieren.

2.2. Demografischer Wandel

Parallel zu den beschriebenen wirtschaftlichen Umbrüchen ist seit einiger Zeit in Industrienationen eine Verschiebung der Altersstruktur in der Gesellschaft zu beobachten. Auslöser hierfür sind eine steigende Lebenserwartung sowie dauerhaft sinkende Geburtenraten. Dieser Wandel in der Bevölkerung wirkt sich insbesondere auf die Entwicklung der Erwerbstätigen in diesen Nationen aus. Während sich beispielsweise in Deutschland heute noch ca. 50 Millionen Menschen zur Gruppe der Erwerbsfähigen zählen lassen, werden es 2060 voraussichtlich nur noch 33 Millionen sein (BMI 2011, S. 35). Des Weiteren steigt die Bedeutung des Anteils der Erwerbstätigen im höheren Alter für die Unternehmen. So waren im Jahr 2007 noch 45 % der 55- bis unter 65-jährigen Menschen erwerbstätig, im Jahr 2017 ist dieser Anteil bereits auf 70 % gestiegen (Destatis 2018, S. 386). Die hieraus resultierende Veränderung der Altersstruktur eines Landes bzw. ganzer Kontinente wird als demografischer Wandel bezeichnet.

Dieser hat bedeutende Auswirkungen auf die Arbeitswelt der Zukunft. Unter anderem steht den Unternehmen eine geringere Anzahl potenzieller Erwerbstätiger zur Verfügung und junge Nachwuchsarbeitskräfte werden vermehrt zu einer knappen Ressource. Auf diese veränderten Rahmenbedingungen müssen Unternehmen reagieren, indem sie beispielsweise vermehrt ausländische Arbeitskräfte einstellen

oder vorhandene Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter entsprechend der entstehenden Bedarfe weiterbilden. Neben der Sicherstellung einer ausreichenden Anzahl an Arbeitskräften ist der unvermeidbaren Alterung der Belegschaft darüber hinaus mit einer geeigneten Arbeitsgestaltung zu begegnen. Diese zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass das veränderte Fähigkeitsprofil durch geeignete Lernformen und einen entsprechenden Wissenstransfer berücksichtigt wird (Abele et al. 2011, S. 19/21). Arbeitsplätze und -bedingungen sind mithin so zu gestalten, dass trotz körperlicher Einschränkungen eine effektive und effiziente Arbeitsausführung ermöglicht und somit letztlich die Arbeitsfähigkeit präventiv gefördert und gesichert wird (REFA 2016, S. 109).

2.3. Industrie 4.0

Einhergehend mit der exponentiell ansteigenden Rechenleistung von Informations- und Kommunikationssystemen rücken die Begriffe des digitalen Wandels bzw. der digitalen Transformation zunehmend in den Fokus der Betrachtung. Seit der Wortschöpfung der „Industrie 4.0“ auf der Hannover Messe im Jahr 2011 wird der Ansatz von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik intensiv diskutiert und erforscht. Unter dem Begriff Industrie 4.0 wird die vierte industrielle Revolution verstanden, die die Realisierung der sogenannten Smart Factory fokussiert und damit eine „echtzeitfähige, intelligente und digitale Vernetzung von Menschen, Maschinen und Objekten zum Management von Unternehmensprozessen und Wertschöpfungsnetzwerken“ meint (Dombrowski et al. 2016a, S. 771). Wohingegen der Ansatz des Computer Integrated Manufacturing von einer menschenleeren Fabrik ausging, sind sich die Experten sicher, dass der Faktor Mensch im Kontext der Industrie 4.0 eine entscheidende Rolle einnehmen wird.

Durch die ganzheitliche Digitalisierung und Vernetzung der Unternehmen ergibt sich somit ein Spannungsfeld zwischen den Bereichen Mensch, Organisation und Technik, da diese Bereiche aufeinander einwirken und sich gegenseitig beeinflussen. Zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit ist das verschwundensfreie Zusammenspiel eines aufeinander abgestimmten Wertschöpfungssystems auch im Zeitalter der Digitalisierung essenziell (Deuse et al. 2015, S. 102; Dombrowski et al. 2017, S. 16). Aufseiten des Menschen entstehen einerseits Chancen, wie z. B. die Entlastung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei körperlich anstrengenden Tätigkeiten durch Roboter oder automatisierte Anlagen, andererseits Risiken, wie beispielsweise der Wegfall von Arbeitsplätzen und ganzen Tätigkeitsprofilen. Eine aktuelle Studie des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) geht davon aus, dass bis zu 83% von manuellen Tätigkeiten potenziell von Computern ersetzt werden können (IAB 2018, S. 6). Umgerechnet seien etwa eine Million Jobs durch diesen technologischen Wandel bedroht. Eine andere Studie kommt sogar zu dem Ergebnis, dass allein in den nächsten fünf Jahren insgesamt 3,4 Millionen Stellen wegfallen (Bitkom 2017).

Hoffnung gibt die Aussage der Bundesregierung, dass im Umkehrschluss 1,6 Millionen neue Jobs entstehen sollen. Es ist eindeutig, dass die Industrie 4.0 einen Wandel des Arbeitsumfeldes der Menschen mit sich bringt. Zukünftig wird es von großer Relevanz sein, die Interaktion zwischen Mensch und Maschine mithilfe intelligenter Mensch-Maschine-Schnittstellen zu gestalten. Teil dieser Schnittstellen können beispielsweise interaktive Assistenzsysteme in Form von Smart Wearables sein, wie sie in Form von Datenbrillen, Smart Watches oder auch Smartphones im alltäglichen Leben bereits weit verbreitet sind. Diese Schnittstellen gilt es, zu identifizieren und unter Berücksichtigung der Bedürfnisse der Menschen bestmöglich in die Arbeitsabläufe der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu integrieren. Das Wissen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie die Fähigkeiten und Fertigkeiten, die notwendig sind, um mit den neuen Technologien und vernetzten Systemen produktiv zusammenarbeiten zu können, müssen nachhaltig ausgebildet werden. Vor diesem Hintergrund ist die systematische Entwicklung von Konzepten zur Begegnung der neuen Kompetenz- und Qualifikationsanforderungen an die Beschäftigten von besonderer Bedeutung (acatech 2016, S. 5).

Insgesamt zeigt sich, dass die Schnellebigkeit der VUKA-Welt, die gesellschaftlichen Veränderungen des demografischen Wandels sowie die Möglichkeiten und Risiken des digitalen Wandels einen erheblichen Einfluss auf die Menschen, die Organisation sowie die technischen Aspekte in den Unternehmen der Zukunft nehmen werden. Im Sinne eines soziotechnischen Systems muss das soziale Teilsystem beispielsweise in der Lage sein, Lern- und Anpassungsfähigkeit sowie Neugierde und Kreativität auszubilden, um mit der vorherrschenden Dynamik Schritt halten zu können. Das technische Teilsystem hingegen muss den Menschen assistieren und in seiner Entscheidungsfindung unterstützen. Gleichzeitig muss es nachhaltig und robust gestaltet sein, um keinen Unsicherheitsfaktor darzustellen. Zu guter Letzt müssen alle Prozesse und organisatorischen Rahmenbedingungen im Unternehmen derart gestaltet sein, dass jegliche Individuen, Teams und die gesamte Organisation lern- und wandlungsfähig, agil und wertschöpfend sind (vgl. Abbildung 1).

Der Lösungsansatz für die nachhaltige Entwicklung dieser Fähigkeiten liegt in der Ausbildung dezentraler und lebenslanger Lernprozesse in einem ganzheitlich integrierten und vernetzten Unternehmenssystem – dem Lea(r)n Enterprise 4.0.

3. Lea(r)n Enterprise 4.0

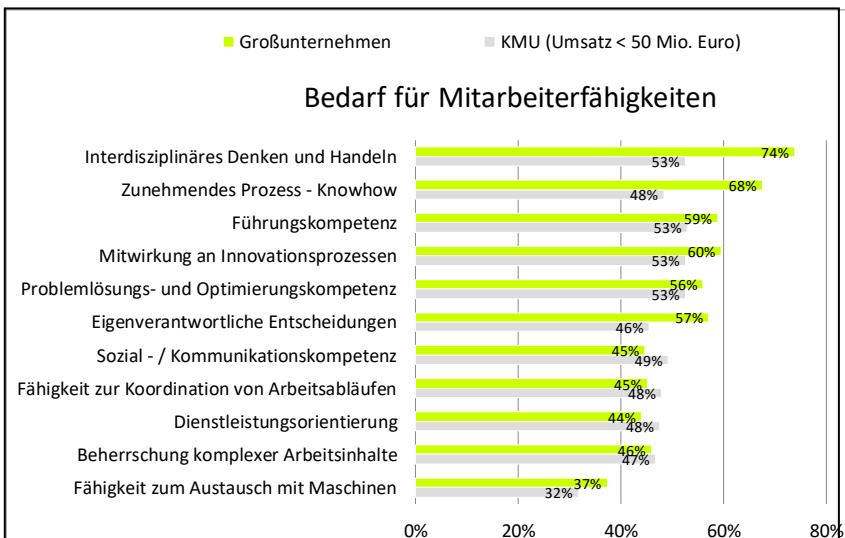
3.1. Lean Enterprise als Basis der Digitalen Transformation

Zur Begegnung der in Kapitel 2 beschriebenen Herausforderungen führen Unternehmen Ganzheitliche Produktionssysteme (GPS) ein, um effiziente und zielgerichtete Prozesse zu schaffen. So werden Prozesse und Verfahren von Endproduktherstellern derzeit nach Lean-Prinzipien und -Methoden gestaltet. Ein GPS kann nach VDI 2870 als ein unternehmensspezifisches, methodisches Regelwerk zur umfassenden und durchgängigen Gestaltung aller Unternehmensprozesse beschrieben werden und verfolgt das Ziel einer systematischen und kontinuierlichen Reduzierung von nicht wertschöpfenden Aktivitäten und die Ausrichtung aller Prozesse auf die Kundenperspektive (VDI 2870, S. 2). GPS zielen darauf ab, einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) innerhalb des gesamten Unternehmens zu erreichen. Inzwischen haben sich Ganzheitliche Produktionssysteme (GPS) mit ihren Werkzeugen und Methoden in fast allen Branchen etabliert. Über 90 % der produzierenden Unternehmen haben mittlerweile eine Vielzahl der Prinzipien und Methoden von GPS in die Prozesse ihrer Produktion implementiert (Glass et al. 2016, S. 279; Staufen 2015, S. 44). Spätestens mit der Veröffentlichung der VDI 2870 sind GPS somit zu einem Industriestandard geworden. Wichtig ist dabei, dass GPS unternehmensspezifisch zu konfigurieren und aufzubauen sind, damit die Methoden und Werkzeuge zielgerichtet eingesetzt werden können. Aufgrund der erzielten Erfolge im Bereich der Produktion erscheint es als notwendig, die Prinzipien, Methoden und Werkzeuge von GPS auch auf die anderen Unternehmensbereiche zu übertragen. Insbesondere vor dem Hintergrund der zunehmenden Verschärfung des Wettbewerbs und der Veränderung bestehender Rahmenbedingungen wird das Verlangen nach einem ganzheitlich aufeinander abgestimmten und vernetzten Unternehmenssystem immer stärker. Demnach beinhaltet ein Lean Enterprise im Allgemeinen folgende Systemelemente: das Ganzheitliche Produktentstehungssystem (engl. Lean Development System), das Ganzheitliche Produktionssystem (engl. Lean Production System) sowie das Ganzheitliche Vertriebs- und Servicesystem (engl. Lean Sales and Service System). Wie in Abbildung 2 verdeutlicht, sind neben den drei genannten Säulen ebenfalls die Führung und Kultur (engl. Lean Leadership) sowie die Berücksichtigung der administrativen Prozesse (engl. Lean Administration) von besonderer Bedeutung. Insgesamt muss das gesamte Unternehmenssystem auf die ökonomischen, ökologischen und sozialen Ziele eines Unternehmens ausgerichtet sein. Ziel eines Lean Enterprise ist ein unternehmensübergreifendes Gesamtsystem, das auf die Erreichung der Unternehmensziele in sich abgestimmt ist. Um dies sicherzustellen, erfolgt im Lean Enterprise eine horizontale und vertikale Integration von Geschäftseinheiten, um nicht wertschöpfende Aufgaben entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu reduzieren und damit lokale Optima zugunsten eines globalen Optimums zu reduzieren.

sowie Stakeholder kennt und stetig aktualisiert, kann anforderungsgerecht, agil und nachhaltig den Kompetenzbedarf für die Zukunft identifizieren.

3.2. Lean Enterprise 4.0 – Lernen in der Arbeitswelt der Zukunft

Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass schlanke Prozesse eine notwendige Grundlage für eine zielgerichtete Digitalisierung darstellen, wird deutlich, dass die Architektur des Lean Enterprise, die den Wertschöpfungsprozess der Transformation gegebener Inputs in gewünschte Outputs sicherstellt, die notwendige Grundlage für die digitale Transformation (Implementierung von Industrie 4.0) von Organisationen ist. Daher kann das Lean Enterprise 4.0 definiert werden als „die Idee eines prozessorientierten, digitalisierten Wertschöpfungsnetzwerks sowie das verschwundensfreie Zusammenspiel von Menschen, organisatorischen Aspekten und technischen Systemen in einem vollständig vernetzten und integrierten System“ (Dombrowski et al. 2017). Während technologische Entwicklungen als externe Faktoren kategorisiert werden können, da sie meist marktgerecht und unveränderlich sind, müssen die menschenzentrierten Aspekte in einem Unternehmen intern und individuell auf technische Entwicklungen ausgerichtet werden. Das bedeutet, dass es in dem sich ständig verändernden und komplexen Umfeld eines Lean Enterprise 4.0 notwendig ist, eine Mitarbeiterschaft zu besitzen, die nicht nur bereit, sondern auch in der Lage ist, diese Anforderungen zu erfüllen. Einige der Fähigkeiten, die zukünftig von der Belegschaft verlangt werden, sind in Abbildung 3 dargestellt.



Quelle: [atec

Abbildung 3: Bedarf an Mitarbeiterfähigkeiten (acatech 2016, S. 15)

Zielführend sind unter anderem das interdisziplinäre Denken und Handeln sowie das Verständnis für die Prozessorientierung und die Verschwendungsvermeidung im Kontext einer Lean Enterprise 4.0 (vgl. Abbildung 3). Eine erhöhte Führungs- und Problemlösungskompetenz sowie außergewöhnliche Kreativität der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter werden weiterhin gefordert, um selbstständig innovative und kreative Lösungen für die zahlreichen auftretenden Probleme zu finden (Dombrowski et al. 2016b, S. 603; Prinz et al. 2016, S. 114). Weiterhin ist es von Relevanz, dass Menschen über veränderte Fachkompetenzen in ganz unterschiedlichen Themen wie Robotik oder Big Data verfügen, um gemeinsam mit diesen Technologien wertschöpfend im Arbeitsprozess zu interagieren (Kagermann et al. 2013, S. 6). Aufgrund der Schnelligkeit und Dynamik in der Arbeitswelt werden weiterhin veränderte Sozialkompetenzen, wie beispielsweise die Selbstorganisation in (teil-)autonomen Gruppen oder das dezentrale Entscheidungsfinden am Ort des Geschehens, wichtig. Die genannten Fähigkeiten können zu individuellen Kompetenzen weiterentwickelt werden, wenn die Fähigkeiten im richtigen Kontext eingesetzt werden. Kompetenzen können also als eine Reihe von Fähigkeiten definiert werden, die es der Benutzerin oder dem Benutzer ermöglichen, neue Verhaltensstrategien zu nutzen, um Lösungen für komplexe Probleme zu finden. Die vier verschiedenen Arten von Kompetenzen, die unterschieden werden können, sind: Fach- und Methodenkompetenz, soziale Kompetenz (Sozialkompetenz), persönliche sowie handlungs- und umsetzungsorientierte Fähigkeiten (Selbstkompetenz). Wie Studien zeigen, führen die eingangs beschriebenen Veränderungen auf Makroebene zu veränderten Kompetenzanforderungen in allen genannten Kategorien (acatech 2016, S. 15).

Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass sich die benötigten Kompetenzprofile ähnlich dynamisch und volatil verhalten wie die gesamte Arbeitswelt, reichen statische Aus- und Weiterbildungsmodelle in Zukunft nicht mehr aus. Wie Abbildung 4 verdeutlicht, muss der Prozess des Lernens in den Prozess der Arbeit integriert werden. Dadurch wird einerseits sichergestellt, dass Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter dezentral lernen und nicht aus dem Arbeitsprozess herausgelöst werden, andererseits ermöglicht diese Form des Lernens, dass sich die Weiterbildung

über einen längeren Zeitraum, bestenfalls die gesamte Lebens- bzw. Beschäftigungsdauer, erstreckt.

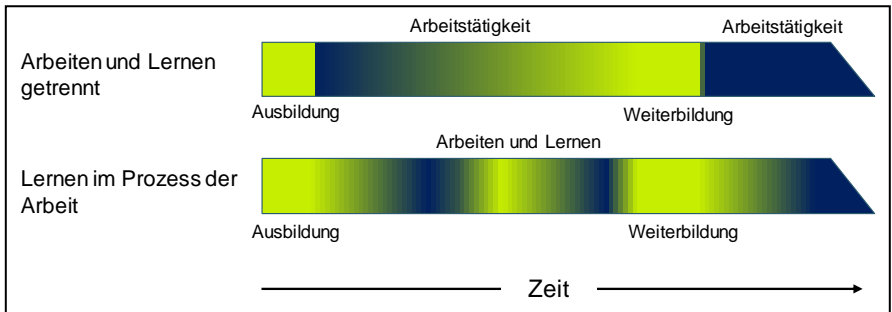


Abbildung 4: Lernen im Arbeitsprozess

Das Lernen im Arbeitsprozess zielt also darauf ab, eine strikte Trennung von Ausbildung, Arbeitsstätigkeit und Weiterbildung zu vermeiden und stattdessen Arbeiten und Lernen konstruktiv und zielführend miteinander zu kombinieren. Dadurch kann sichergestellt werden, dass kontinuierlich gelernt wird und Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ein nachhaltiges Gefühl für die Relevanz des lebenslangen Lernens entwickeln. Diese sogenannte Lernbereitschaft bzw. Lernfähigkeit ist ebenfalls eine der zukünftig geforderten Kompetenzen.

4. Innovative Kompetenzentwicklung in der Praxis

Für die Entwicklung von Konzepten zur Ausbildung der neuerlich geforderten Kompetenzen bei der Belegschaft ist es erforderlich, dass sich Unternehmen, Bildungsinstitute und Lehr-Lern-Dienstleister zusammenschließen, um gemeinsame Lösungen zu erarbeiten. Dies zeigen auch die Ergebnisse einer Umfrage der Deutschen Akademie für Technikwissenschaften (acatech) zu den Instrumenten des Kompetenzaufbaus in der Industrie 4.0. Wie Abbildung 5 zu entnehmen ist, sind die unternehmensinterne Weiterbildung sowie die unternehmensexterne Weiterbildung die beiden erfolgversprechendsten Ansätze für den Kompetenzaufbau aus Sicht der befragten Großunternehmen und kleinen und mittleren Unternehmen (KMU).

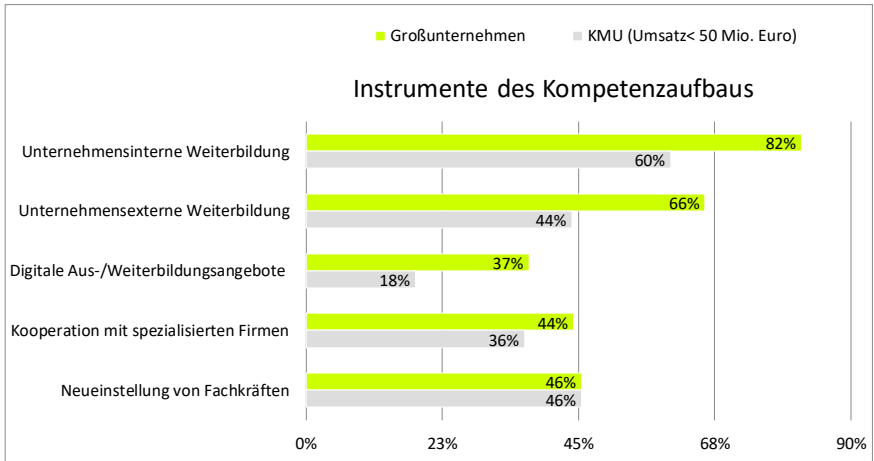


Abbildung 5: Instrumente des Kompetenzaufbaus (acatech 2016)

Die Entwicklung gemeinsamer Ansätze ist dahingehend von besonderer Bedeutung, dass eine lebenslange Weiterbildung sowohl in speziellen Lehr-Lern-Umgebungen (Lernfabriken) als auch direkt am Arbeitsplatz erfolgen kann. Nur wenn eine systematische und zielgerichtete Weiterbildung gelingt, kann der Erhalt der Beschäftigungsfähigkeit der Fachkräfte gesichert werden.

4.1. IFU-Konzept zur Kompetenzentwicklung

Um die zukünftig häufig wechselnden Anforderungen an das Kompetenzprofil der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in produzierenden Unternehmen methodisch identifizieren und bestehende Lehr-Lern-Umgebungen zielgerichtet anpassen zu können, hat das IFU ein fünfstufiges Grundkonzept auf Basis der DIN ISO 29990:2010-12 und der VDI-Richtlinie 2870 entwickelt (vgl. Abbildung 6). Die ersten drei Schritte zur Ermittlung des Lernbedarfs ergeben sich nach DIN ISO 2999:2010-12 aus einer anwenderindividuellen Lernbedarfsanalyse zur effektiven Ausrichtung des Lehrangebots, einem Soll-Ist-Vergleich und der anschließenden Ermittlung der zu fokussierenden Lerninhalte oder Lernziele (DIN 29990, S. 7). Der Ansatz der VDI 2870 soll im entwickelten Konzept genutzt werden, um die definierten Lernziele im Sinne eines ganzheitlichen Ansatzes methodisch zu kaskadieren (VDI 2870, S. 10). Ein Kompetenzportfolio mit der Projektionsdimension soziotechnische Systeme und den damit verbundenen Kategorien Mensch, Organisation und Technik sowie mit der Klassifikationsdimension Kompetenzen mit den Kategorien Fach- und Methodenkompetenz, Sozialkompetenz und Personalkompetenz wird als Dokumentationssystem und für die Klassifizierung vorhandener oder erforderlicher Kompetenzen abgeleitet (vgl. Abbildung 7).

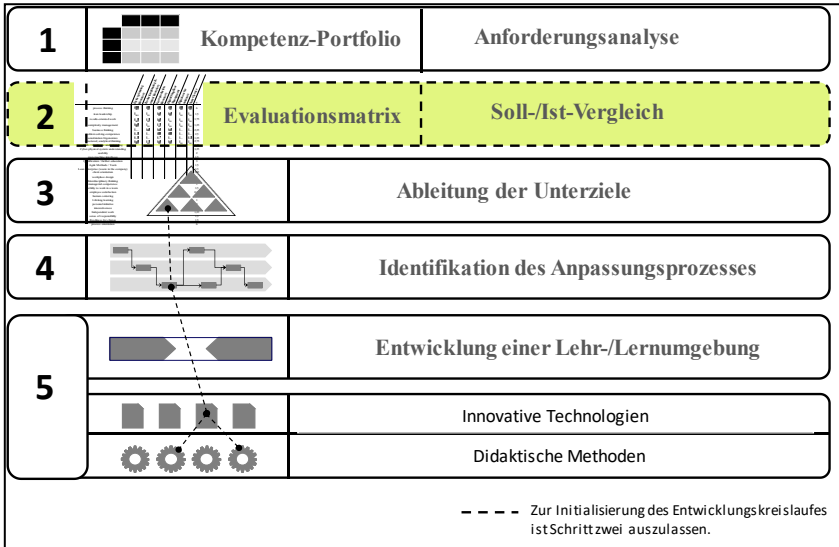


Abbildung 6: Das IFU-Kompetenzkonzept

Gemäß DIN ISO 29990:2010-12 erfolgt im ersten Schritt eine Analyse des Lernbedarfs mit dem Ziel, aktuelle und zukünftige Kompetenzanforderungen zu identifizieren. Als Grundlage können Experteninterviews und Innovationsprojekte in Industrie und Forschung herangezogen werden. Die Ergebnisse werden in einem Kompetenzportfolio dokumentiert. Der zweite Schritt ist ein Soll-Ist-Vergleich der bestehenden oder sich entwickelnden Kompetenzanforderungen. Ziel dieses Schritts ist es, Lücken im eigenen Kompetenzportfolio zu identifizieren.

Dieser Vergleich ist im Kompetenzportfolio mit den Dimensionen Mensch, Organisation und Technik sowie Fach- und Methodenkompetenz, Sozialkompetenz, Personalkompetenz dokumentiert. Ausgehend vom Kompetenzportfolio werden Teilziele abgeleitet, die bestehende Lücken schließen sollen. Nach VDI 2870 werden im vierten Schritt die zu verbessernden Lernprozesse identifiziert und ausgewählt. Ziel dieses Schritts ist es, festzulegen, an welcher Stelle im Lernprozess eine bestehende Lehr-Lern-Umgebung angepasst oder eine neue implementiert werden soll. Im fünften Schritt wird eine Lehr-Lern-Umgebung angepasst oder neu entwickelt. Es können Werkzeuge und Methoden der Didaktik sowie verschiedene unterstützende Technologien eingesetzt werden.

Das beschriebene Konzept wurde auf das IFU angewendet. Die Lernbedarfsanalyse wurde auf der Grundlage von Praxis- und Forschungsprojekten mit verschiedenen Kooperationspartnern aus der Industrie in speziellen Workshops und Projektvorbereitungen durchgeführt. Durch diese systematische Auswertung konnte

das IFU-Kompetenzportfolio gefüllt werden. Das daraus resultierende IFU-Kompetenzportfolio ist in der folgenden Abbildung dargestellt.


 Institut für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung <small>Univ.-Prof. Dr.-Ing. U. Dombrowski</small>	Mensch	Organisation	Technik
Fach- & Methodenkompetenz	<ul style="list-style-type: none"> • prozessuales Denken • Lean Leadership • Ergebnisorientiertes Arbeiten • Komplexitätsbewältigung • BWL-Denken • Problemlösungskompetenz • Sensibilisierung Ergonomie • Strukturiertes, analytisches Denken 	<ul style="list-style-type: none"> • prozessuales Denken • Qualifizierung / Weiterbildung • Agile Methoden / Werkzeuge • Lean Enterprise (Verschwendung im Unternehmen) • Kundenorientierung • BWL-Denken • Arbeitsplatzgestaltung 	<ul style="list-style-type: none"> • prozessuales Denken • Soft- / Hardware-Verständnis • BWL-Denken • Cyber-physisches Systemverständnis • Usability • Mensch-Maschine-Schnittstellen
Soziale Kompetenz	<ul style="list-style-type: none"> • Interdisziplinäres Denken • Führungskompetenz • Teamfähigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Mitarbeiterzufriedenheit • Menschzentrierung 	
Selbstkompetenz	<ul style="list-style-type: none"> • Lebenslanges Lernen • Eigeninitiative • Innovationsfreudigkeit • Selbständiges Arbeiten • Verantwortungsbewusstsein • Veränderungsbereitschaft 	<ul style="list-style-type: none"> • Prozessorientierung 	

Abbildung 7: Das IFU-Kompetenzportfolio

Um diesen aktuellen und zukunftsorientierten Anforderungen an die Aus- und Weiterbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Hinblick auf digitale Transformation und Lean Enterprise 4.0 gerecht zu werden, hat das IFU das Lehr-Lern-Rahmenkonzept des Center of Excellence for Lean Enterprise 4.0 entwickelt.

4.2. Center of Excellence for Lean Enterprise 4.0

Das Center of Excellence for Lean Enterprise 4.0 (CoE LE 4.0) stellt einen ganzheitlichen Ansatz dar. Es kombiniert die Prinzipien von Lean Enterprise 4.0 über alle Säulen von der Fabrikplanung und Ergonomie über Lean Development, Lean Production, Lean Sales and Service bis hin zu Lean Leadership und Lean Administration in verschiedenen Lehr-Lern-Umgebungen mit variablen didaktischen Ansätzen und den neuesten Technologien und Prinzipien der digitalen Transformation und nutzt sie für die gezielte Entwicklung von Kompetenzen bei Studierenden und Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus der Industrie für eine erfolgreiche digitale Zukunft von Industrieunternehmen.

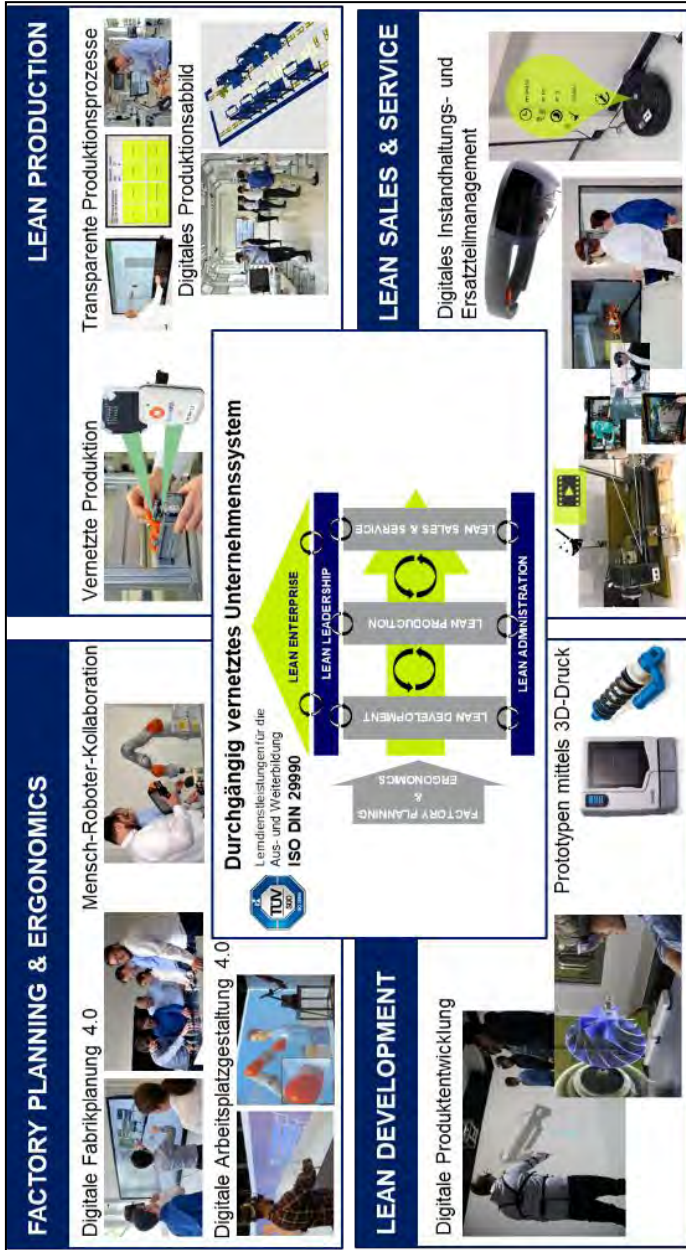


Abbildung 8: Das IFU Center of Excellence for Lean Enterprise 4.0

Eines der Hauptziele des CoE LE 4.0 ist es, die digitale Verbindung zwischen den einzelnen Bereichen herzustellen und über analoge sowie digitale Kanäle zu vermitteln. Daten und digitale Informationen, die von den einzelnen Lehr/Lern-Umgebungen erzeugt werden, werden entsprechend entlang der Wertschöpfungskette, aber auch zyklisch, in allen anderen Lehr-Lern-Umgebungen genutzt. Damit ist eine integrierte digitale Vernetzung über alle Bereiche eines Unternehmens hinweg gewährleistet und Potenziale können geklärt und aufgezeigt werden.

Insbesondere bei komplexen und innovativen Technologien ist es das Ziel, zunächst die eigenen internen Kompetenzen durch Forschungs- und Industrieprojekte zu erweitern. Sobald die internen Kompetenzen vorhanden und entwickelt sind, werden Use Cases und Lehr-Lern-Umgebungen konzipiert, die den Studierenden anhand von Praxisbeispielen fachliche, methodische, soziale und persönliche Kompetenzen vermitteln.

Die bis zum jetzigen Zeitpunkt entwickelten und implementierten Lehr-Lern-Umgebungen umfassen die Themen Digitale Fabrik 4.0 und Arbeitswelt 4.0, Ganzheitliche Produktionssysteme 4.0 sowie Lean Service 4.0.

Digitale Fabrik 4.0 und Arbeitswelt 4.0

Das Labor für Fabrikplanung bietet ein Lehr-Lern-Umfeld, in dem die Studierenden zusammen mit einem Kooperationspartner aus der Industrie eine praxisbezogene, komplexe Aufgabe selbstständig lösen müssen, beispielsweise die Planung eines Inbound-Bereichs in einem Produktionswerk. Das Problem wird durch eine Exkursion vor Ort erläutert. Mit dem partizipativen Planungstisch des IFU, 3D-Scannern und VR-Technologien können die Studierenden Materialflüsse, Arbeitsschrittfolgen und Arbeitsplätze im Team digital unter Berücksichtigung der Grundlagen Ganzheitlicher Produktionssysteme sowie der Lean-Prinzipien planen und sukzessive optimieren. Prozessorientiertes Denken im Sinne der Ganzheitlichen Produktionssysteme von Lean Enterprise, ergebnisorientiertes Arbeiten, Umgang mit Komplexität, strukturiertes und analytisches Denken sowie ein Verständnis von Soft- und Hardware werden gefördert. Durch den Einsatz innovativer Technologien im teambasierten Lösungsprozess erhalten die Studierenden ein tieferes Verständnis der cyberphysikalischen Systeme durch Erfahrungslernen. Die Ergebnisse werden gemeinsam mit dem Kooperationspartner analysiert und bewertet, damit der Praxisbezug bei der Ergebnisbewertung nicht verloren geht. Die am Institut zur Verfügung stehenden Technologien der Arbeitswelt 4.0 bieten direkt die Möglichkeit, geplante Arbeitsplätze in einem Virtuellen Planungslabor (CAVE) digital mithilfe von Motion Capturing nach ergonomischen Gesichtspunkten zu analysieren und auszuwerten. Neben den rein ergonomischen Aspekten können Arbeitsschritte in MRK-Umgebungen mit den Robotern Kuka IIWA und Franka EMIKA getestet und mit dem Force Feedback Device VIRTUOSE 6D simuliert werden.

Lean Development 4.0

Auf Grundlage der Fabrikplanung werden Produkte entwickelt, die in der geplanten Fabrik hergestellt werden sollen. Hierbei bedient man sich digitaler Planungsmethoden zur Produktentwicklung sowie eines Prototypenbaus mittels 3D-Druck. Damit wird einerseits sichergestellt, dass die Daten aus der Produktentwicklung in digitaler Form in weiteren Phasen des Wertschöpfungsprozesses, beispielsweise im Sales & Service, genutzt und weiterverarbeitet werden können, andererseits ermöglichen die digitalen Entwicklungsmöglichkeiten in der virtuellen Realität eine rasche tatsächliche Produktumsetzung. Somit können im Sinne des Frontloading bzw. Simultaneous Engineering bereits in frühen Phasen der Produktentwicklung erste Prototypen gebaut und auf bestimmte Funktionalitäten hin getestet werden.

Ganzheitliche Produktionssysteme 4.0

Das Labor für Ganzheitliche Produktionssysteme simuliert eine Produktionsumgebung unter realen Bedingungen mit Lager-, Montage-, Qualitätsprüf- und Nacharbeitsplätzen. In dieser Produktionsumgebung soll eine feste Anzahl von Produkten in einem bestimmten Zeitraum hergestellt werden. Nach jeder Spielrunde können die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in sogenannten Shopfloor-Runden selbstständig Prozesshindernisse und Fehler im Team identifizieren und analysieren. Prozessverbesserungen können dann mit Methoden und Werkzeugen aus den Ganzheitlichen Produktionssystemen realisiert werden. So können beispielsweise Arbeitsplätze physisch im Raum bewegt und in U-Form angeordnet werden, um einen besseren Materialfluss zu gewährleisten. In der Logik eines KVP wird somit versucht, das vorgegebene Produktionsmengenziel zu erreichen.

Um sicherzustellen, dass dieser konventionelle Ansatz zur Prozessverbesserung im Sinne eines klassischen Ganzheitlichen Produktionssystems den aktuellen Entwicklungen zur digitalen Transformation entspricht, wurden auf der Basis innovativer Technologien individuelle Use Cases implementiert, die die Teilnehmerinnen und Teilnehmer bei der Fehleranalyse und der Ableitung von Verbesserungsmöglichkeiten unterstützen. Gleichzeitig wird den Studierenden ein Software- und Hardwareverständnis für neue und innovative Technologien vermittelt. Durch die Lokalisierung der einzelnen Kleinteileträger durch das Real-Time Location System und die Verfolgung der einzelnen Komponenten durch die RFID-Sensoren ist es möglich, ein digitales Shopfloor-Management durchzuführen. Alle Informationen werden so in Echtzeit digital zusammengeführt und visuell aufbereitet und stehen auf dem 84"-Touchscreen zur Verfügung, wo sie vom Team analysiert und diskutiert werden können. Zusätzlich zum digitalen Shopfloor-Management wurde der Use Case der digitalen Mitarbeiterinformationen implementiert. Der integrierte 24"-Touchscreen versorgt jeden Arbeitsplatz mit Informationen über offene, aktuelle und abgeschlossene Aufträge. Darüber hinaus werden Stücklisten und Montageanleitungen visualisiert. Der Arbeiter kann so seinen Arbeitsvorrat sehen und

seine Arbeitsleistung in einem Diagramm beobachten und selbstständig steuern. Tritt ein Problem im Arbeitsprozess auf, kann der Bediener dies über die Touchoberfläche über das Bedienfeld direkt an das Andon-Board melden. Auf diese Weise kann der oder die Vorgesetzte eine Fehlfunktion frühzeitig erkennen und beheben. So verbinden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Inhalte der Lean-Ansätze mit eigenverantwortlichem Handeln, Prozessorientierung und dem Einsatz neuester Technologien in einer Lehr-Lern-Umgebung durch den Ansatz des Erfahrungslernens.

Lean Service 4.0

Der Use Case Augmented Reality in der Instandhaltung wurde entwickelt, um den Teilnehmerinnen und Teilnehmern einen Einblick in die Anwendungsmöglichkeiten von Augmented-Reality-Technologien in der Instandhaltung zu geben. Es ist möglich, dass der oder die Teilnehmende über die Microsoft HoloLens in die Rolle eines Instandhaltungsmitarbeiters schlüpft. Der von Microsoft HoloLens sichtbare digitale Servicepfad führt den Instandhaltungsmitarbeiter wie ein Navigationsgerät zu den Maschinen, für die eine Wartung ansteht. Als Beispiele dienen eine Drehmaschine und ein Staubsaugerroboter. Der Instandhaltungstechniker wird anhand von Bildern, die die Realität überlagern, visuell über die zu ergreifenden Maßnahmen informiert. Der Mitarbeiter muss die durchgeführten Wartungsschritte bestätigen. Dadurch wird ein gewisser Standardisierungsgrad sowie die Qualität der Wartung gewährleistet. Darüber hinaus ist die Schulung neuer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit dieser Technologie einfach und schnell, da die zu erlernenden Schritte direkt im Sichtfeld dargestellt werden. Der Mitarbeiter hat beide Hände frei und kann die dargestellten Wartungsschritte direkt umsetzen und üben. Die Studierenden sind daher von innovativen Technologien begeistert und gewinnen durch ihre eigenen Erfahrungen ein tiefes Verständnis von CPS, Usability von Technologie und Software sowie prozessbezogenem Denken.

Die abschließende Bewertung in Schritt zwei mit dem Soll-Ist-Vergleich des IFU-Kompetenzkonzeptes zeigt, dass das IFU CoE LE 4.0 bereits den Großteil der aktuellen Kompetenzanforderungen abdecken kann.

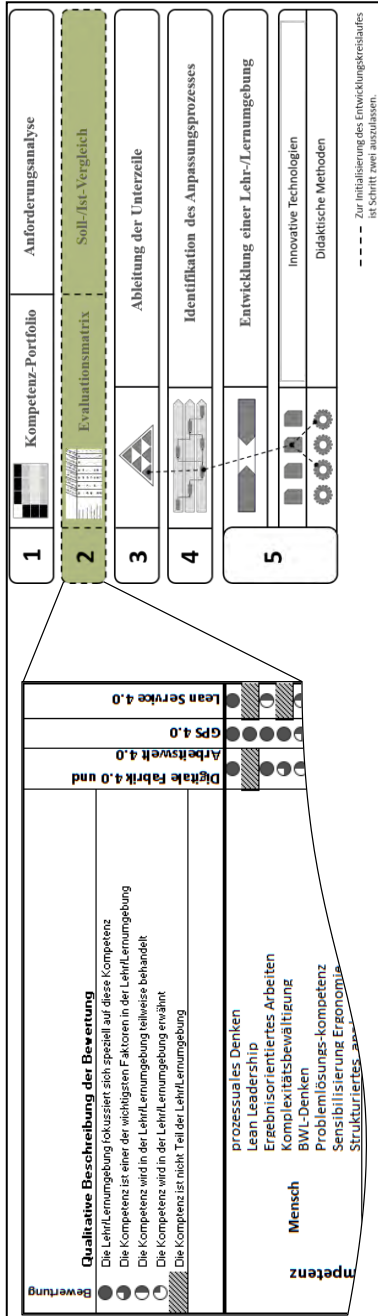


Abbildung 9: Soll-Ist-Vergleich IFU CoE LE 4.0

Auf dieser Basis können jedoch Schwachstellen identifiziert, analysiert und Gegenmaßnahmen abgeleitet werden. So werden beispielsweise die in einem Praxisprojekt mit einem Kooperationspartner erworbenen Kompetenzen im Bereich der autonomen Verkehrssysteme derzeit systematisch analysiert. Dementsprechend wäre ein abgeleitetes Teilziel nach Konzeptstufe 3 die gezielte Entwicklung der technologischen Kompetenz im Bereich der autonomen Transportsysteme (ATS) unter Berücksichtigung des CPS-Verständnisses und der Mensch-Maschine-Interaktion. Eine Implementierung im CoE LE 4.0, im Detail im GPS-Labor, durch die Bereitstellung eines ATS als mögliches Werkzeug für eine Verbesserungsmaßnahme ist geplant. Darüber hinaus soll der ganzheitliche Prozess des nachhaltigen Lernerfolgs durch das Forschungsprojekt Fit4Industry 4.0 unterstützt werden. Dieser Forschungsvorschlag sieht vor, dass die Teilnehmerinnen und Teilnehmer nicht nur innovative Technologien und die damit verbundenen Kompetenzen im „Greenfield“ oder universitären Rahmen des IFU CoE LE 4.0 kennenlernen, sondern auch die praxisorientierte Erfahrung im „Brownfield“ und damit direkt in der Industrie mit unseren Kooperationspartnern stärken, um den realitätsnahen Nutzen für die Berufswelt zu erkennen.

4.3. Praxisbeispiel: Lernen im Arbeitsprozess bei einem Nutzfahrzeughersteller

Wie eingangs beschrieben kommt es im Unternehmensumfeld vermehrt darauf an, der VUKA-Welt systematisch zu begegnen und die zukünftig erforderlichen Kompetenzen auch kurzfristig und arbeitsintegriert aufzubauen. Dazu bedarf es strukturierter Konzepte, die prozessorientiert ausgerichtet sind und das arbeitsintegrierte, lebenslange Lernen fördern. In einem Praxisprojekt bei einem weltweit agierenden Nutzfahrzeughersteller konnte der Prozess des Lernens erfolgreich dezentralisiert und in den Arbeitsprozess integriert werden, um dadurch gezielte Lernbedarfe zu befriedigen und ein breites Spektrum an beruflichen Handlungskompetenzen bei den Lernenden auszubilden.

Bedingt durch einen strategischen Wechsel der Produktstruktur des betrachteten Unternehmens und damit des gesamten Produktionssystems wurde die gesamte Wertschöpfungskette inklusive aller dazugehöriger Unterstützungsprozesse umstrukturiert. Neben Materialfluss- und Layoutumplanungen wurden gänzlich neue Produktionsabschnitte und Fertigungsstraßen implementiert und in Betrieb genommen. Dieser interne Wandel führte dazu, dass Arbeitsbereiche wegfielen, jedoch gleichzeitig neue entstanden sind. Für die Beschäftigten stellt eine solche Transformation des Produktportfolios mit all den dazugehörigen Re-Organisationsmaßnahmen eine einschneidende Veränderung dar, die schlussendlich in einer enormen Volatilität, Unsicherheit, Komplexität und Ambiguität mündet. Neben der Notwendigkeit der Umqualifizierung vieler Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Sinne einer veränderten Produktstruktur (z. B. vom Monteur hin zum Logistiker) war es notwendig, den Herausforderungen der digitalen Transformation vieler

Fertigungsbereiche zu begegnen. So wurden teilweise vollverkettete Anlagen aufgebaut, hochtechnologische Roboter integriert und fahrerlose Transportsysteme in Betrieb genommen. Die Beschäftigten bei diesem Wandel mitzunehmen war von Beginn an ein besonderes Anliegen. Dass klassische Lehr-Lern-Formen wie das bloße Aneignen von Fachwissen in Schulungsräumen nicht mehr ausreichen würden, war den Verantwortlichen von Beginn an klar. Es sollten zusätzlich die ebenso wichtigen Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenzen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gefördert werden. Um dieses Qualifizierungsziel zu erreichen, wurde gemeinsam mit dem IFU der TU Braunschweig sowie Experten für systematische Weiterbildung das Lernen im Arbeitsprozess in die Anlaufphase des neu strukturierten Produktionssystems integriert.

Ein solcher Ansatz zeichnet sich dadurch aus, dass er auf mitarbeiterindividuelle Weiterbildung abzielt und selbstorganisiert im Arbeitsprozess stattfindet. Dadurch eignet er sich insbesondere auch für Geringqualifizierte oder ältere Beschäftigte. Der unmittelbare Praxisbezug stellt sicher, dass gelernt wird, was tatsächlich erforderlich ist. Ebenso erleichtert die dezentrale Lernform den oft schwierigen Transfer des Gelernten in die alltägliche Arbeit.

Das grundsätzliche Konzept, das im Anwendungsbeispiel umgesetzt wurde, ist in Abbildung 10 dargestellt. In der Vorbereitungsphase werden zunächst die Bildungsbedarfe bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern identifiziert. Dies kann beispielsweise in Form von Qualifizierungsgesprächen, einer prozessorientierten Lernbedarfsanalyse auf Basis von Tätigkeitsprofilen oder klassischen Qualifizierungsmatrizen geschehen. Das Ergebnis dieser Analysephase stellt die Festlegung von Zielen für die Weiterbildung dar.

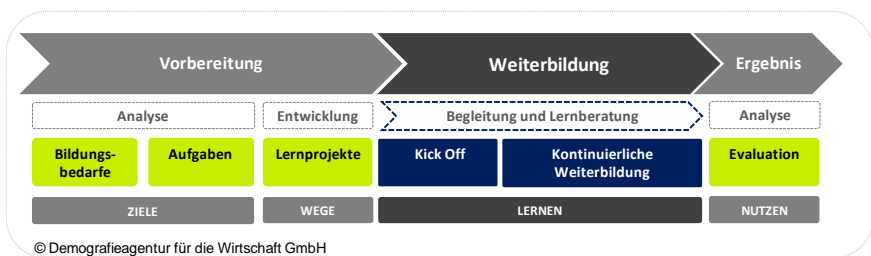


Abbildung 10: Lernen im Arbeitsprozess (Stroot et al. 2019)

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse werden im zweiten Schritt Lernprojekte entwickelt. Im Anwendungsbeispiel waren dies beispielsweise Lernprojekte zum Umgang mit Roboterstörungen sowie zur richtigen Verwendung von Mess- und Prüfmitteln. Lernprojekte zeichnen sich dadurch aus, dass sie den Lernenden direkt ansprechen und auf eine spezifische Situation in seinem Arbeitsprozess abzie-

len. Durch gezielte Fragestellungen innerhalb der Lernprojekte werden die Lernenden dazu angeregt, eigenständig ihre Arbeitsweisen und Problemlösungsroutinen zu reflektieren, implizites Wissen zur Lösungsfindung zu nutzen und mithilfe problemorientierter Denkweisen an Fragestellungen heranzutreten. Gemeinsam mit eigens ausgebildeten Lernbegleiterinnen und Lernbegleitern können die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter diese Lernprojekte nun während der Arbeit bearbeiten. Dazu müssen zunächst alle Beteiligten über die Methodik informiert werden sowie Lernbegleiterinnen und Lernbegleiter für den richtigen Umgang mit den Lernenden geschult werden. Hat der Kick-off stattgefunden, kann die kontinuierliche Weiterbildung beginnen. Die individuellen Lernprojekte werden den Lernenden vorgestellt und verteilt. Alle Lernenden schaffen sich zunächst ein Verständnis für das Lernprojekt und stoßen damit den Prozess des Lernens an. Durch die anwendungsorientierten Fragestellungen zu einem spezifischen Prozessabschnitt beginnen die Lernenden direkt mit einer Reflexion und einem Abruf des eigenen Erfahrungswissens. Dadurch, dass das Lernprojekt arbeitsintegriert und teilweise über mehrere Tage bearbeitet wird, werden situativ immer wieder Denkprozesse angeregt, die auf den vorab identifizierten Lernbedarf abzielen. Durch die regelmäßige Interaktion (z.B. Rücksprachen, Hilfestellungen) mit dem Lernbegleiter oder weiteren erfahrenen Kolleginnen und Kollegen findet zudem eine ständige Kommunikation über die Inhalte des Lernprojekts statt.

In den anschließenden Reflexionsgesprächen werden die Ergebnisse der Lernprojekte zusammengetragen und ausgewertet. Diese Evaluationsphase ist besonders wichtig, da die Lernenden eigenständig über die Ergebnisse der Lernprojektbearbeitung berichten. Gemeinsam mit der Lernbegleiterin bzw. dem Lernbegleiter oder vor der Gruppe werden die Erkenntnisse diskutiert und gemeinsam bewertet. Sollten sich weitere Lernbedarfe identifizieren lassen, fließen diese im Sinne der Lernbedarfsanalyse wieder als Eingangsgröße in die Entwicklung neuer Lernprojekte ein. Lernen im Arbeitsprozess zeichnet sich dadurch aus, dass es nicht nur auf die Entwicklung von Fachkompetenzen abzielt, sondern darüber hinaus auf ein selbstreflektierendes Lernen fokussiert. Dadurch können auch weitere Handlungskompetenzen wie die Sozialkompetenz, die Selbstkompetenz und die Methodenkompetenz gefördert werden. Die Lernform unterscheidet sich somit von herkömmlichen Weiterbildungsangeboten wie z.B. die Schulung, die lediglich auf frontalen Wissenstransfer abzielt. Im Praxisbeispiel konnte das Lernen im Arbeitsprozess zu einem deutlich verbesserten Verständnis von Prozessabläufen und Standardarbeitsweisen beitragen. Weiterhin konnte während der Lernphasen eine Vielzahl an Verbesserungspotenzialen identifiziert werden, die, im Sinne des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses, zu nachhaltigen Prozessoptimierungen führen. Die Erfahrungen haben gezeigt, dass sich das dezentrale Lernen im Arbeitsprozess gleichermaßen für junge und ältere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie für höher und geringer qualifizierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eignet. Insbesondere der Austausch sowie die Diskussion von einzelnen Fragestellungen der

Lernprojekte mit den Kolleginnen und Kollegen führen zu einem gemeinschaftlichen Verständnis der (veränderten) Arbeitsprozesse und stärken damit in erheblichem Maße auch das Teamgefühl. Weiterhin hat sich gezeigt, dass sowohl klassische Lernbedarfe wie z.B. der Umgang mit Mess- und Prüfmitteln als auch neuartige Fragestellungen wie z.B. der Umgang mit neuen Technologien mithilfe von Lernen im Arbeitsprozess erfüllt werden können.

4.4. Forschungsvorhaben – Methoserv

Neben aktuellen Kooperationsprojekten zwischen Wissenschaft und Unternehmenspraxis gilt es gleichermaßen, aktuell unbeachtete Bereiche durch Forschungsvorhaben zu beleuchten. Ein Beispiel ist dabei das vom IFU konzipierte Forschungsvorhaben Methoserv, das speziell den Bereich des After Sales Service fokussiert.

Schlagwörter wie „Industrie 4.0“, „Digitalisierung“, „Internet of Things“ sowie „Smart Services“ zeichnen vielversprechende Zukunftsbilder, die dennoch für die Mehrheit der Unternehmen noch unscharf bleiben und einen enormen Forschungs- und Entwicklungsbedarf implizieren. Die Digitale Transformation befähigt Unternehmen, ihre Geschäftsprozesse zu standardisieren und zu automatisieren. Gleichermäßen werden neue Geschäftsmodelle durch die Entwicklung des Internets sowie global integrierte Supply Chains ermöglicht und etabliert (Obermaier 2017). Die globale Wirtschaft sieht sich daher einer Vielzahl von Herausforderungen gegenüber, die nicht nur auf der Produkt-, sondern auch auf der Serviceebene ausgetragen werden. Dabei stellt sich die Frage, wie Dienstleistungen auf der Basis einer digitalisierten Informationsbasis weiterentwickelt werden können (Thomas et al. 2017). Insbesondere Dienstleistungen des After Sales Service bieten in dieser Perspektive ein weitreichendes Ertragspotenzial und tragen zur langfristigen Kundenzufriedenheit und somit zu einer robusten Kundenbindung bei.

Unter Smart Services werden in der Forschung in diesem Zusammenhang individuelle, digitalisierte Konfigurationen von Produkten und Services verstanden (Beverungen et al. 2017; Obermaier 2017), also eine an einen Gegenstand gebundene Dienstleistung. Die Einsatzmöglichkeiten von Smart Services sind dabei nahezu unbegrenzt und bieten Unternehmen die Chance, ihre Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig und global zu sichern. Einhergehend mit den Herausforderungen und Entwicklungsmöglichkeiten von Smart Services besteht ein zunehmendes Maß an komplexen Aufgabenstellungen, denen sich gerade Mitarbeiter in der Instandhaltung gegenübersehen (Fließ et al. 2015). So ist neben einer fachlich fundierten Ausbildung eine stetige Weiterbildung im Zeitgeist unerlässlich. Durch gesunkene Anschaffungskosten stellen sich Technologien der Virtuellen und Erweiterten Realität (VR/AR) mittlerweile für solche Anwendungsfälle auch für kleine und mittlere Unternehmen als erfolgversprechend dar. Konkrete Smart-Service-Anwendungen mit VR-/AR-Unterstützung im Maschinenbaubereich, insbesondere in der

Instandhaltung, reichen dagegen oftmals nicht über einen realitätsfernen Show Case hinaus und bedürfen eines enormen Anpassungspotenzials, bis sie produktiv eingesetzt werden können.

Dies belegt die Einordnung von „Virtual Reality“ auf dem Gartner HypeCycle (Stand 2016), der Technologietrends in fünf Phasen einordnet, um einen Überblick über aktuelle Themen und Zukunftsfelder der Digitalisierung sowie ihre praktische Relevanz zu erhalten. Schallmo et al. ordnen demnach die Technologie Virtual Reality dem „Pfad der Erleuchtung“ zu (Schallmo et al. 2018). Diese „Erleuchtung“ kann nach Ansicht des IFU nur erreicht werden, wenn bereits im Entwicklungsprozess alle Prozessschnittstellen, alle Anforderungen der Problemstellung bzw. Bedürfnisse der Anwender, die vorhandene Betriebsdatenerfassungsstruktur im Prozess, eine didaktische Perspektive sowie reale Effizienzpotenziale methodisch identifiziert und berücksichtigt werden. Um im Kontext von Industrie 4.0 die cyberphysischen Systeme effizient und anwendungsorientiert steuern zu können, ist eine leicht verständliche Visualisierung der Daten unerlässlich. Auch hier können VR-/AR-Technologien Servicetechniker in ihren Aufgaben bzw. bereits in der Schulungsphase unterstützen (Roth 2016).

Aus Sicht des IFU ergibt sich somit bei der Entwicklung von VR-/AR-Schulungsanwendungen für die Instandhaltung hochwertiger Investitionsgüter ein Forschungsbedarf, der die ganzheitliche, methodische Verbindung zwischen den rein technologischen Möglichkeiten von VR-/AR-Anwendungen, den realen Prozesseffizienzanforderungen in der Instandhaltung, den Anforderungen der Anwender, der Ergonomie, der Usability und der Didaktikforschung herstellt. Nur durch eine ganzheitliche, prozessorientierte Methode können VR-/AR-Anwendungen strukturiert entwickelt werden, die einen realen Mehrwert für die Unternehmen darstellen, Effizienzpotenziale realisieren und gleichermaßen vom Anwender akzeptiert und damit produktiv genutzt werden.

Das Institut für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung der Technischen Universität Braunschweig hat sich auf den After Sales Service als Teilforschungsgebiet spezialisiert und trägt als jährlicher Ausrichter der Deutschen Fachkonferenz After Sales Service zur Verknüpfung von Forschung und Industrie im Service bei. Insbesondere diese enge Verbindung zu realen Problemfeldern und Herausforderungen zeigt die Verunsicherung bei Industrieunternehmen und den starken Forschungsbedarf auf dem Gebiet der Smart Services.

Besonders die eigenen Erfahrungen auf dem Forschungsgebiet des Lean After Sales Service bilden eine optimale Ausgangsbasis zur nachhaltigen und robusten Entwicklung von Smart-Service-Anwendungen auf Basis von VR-/AR-Technologien. Somit steht insbesondere die Effizienz des Serviceprozesses und nicht allein die technologischen Möglichkeiten im Vordergrund der Entwicklungsaspekte. Das

IFU hat mit seinem Anspruch, die Forschung auf dem Gebiet des After Sales Service praxisorientiert mitzugestalten, die Motivation, mit seinem kürzlich eröffneten Center of Excellence for Lean Enterprise 4.0 zu einem der führenden Forschungsknotenpunkte in der Smart-Service-Forschung mit Bezug auf Instandhaltung zu werden. Durch die hervorragende technische Ausstattung auf Basis von AR-Technologien (Microsoft HoloLens), VR-Technologien (HTC Vive), CAVE mit Motion-Capturing-System, Force-Feedback-Technologien (Virtuose 6D Haption) und durch weitreichende Erfahrungen bei der Entwicklung von AR-/VR-Anwendungen sieht sich das IFU als optimales Entwicklungszentrum für Smart Services, die in Zusammenarbeit mit Industrieunternehmen am Beispiel von realen Serviceprozessen entwickelt und in den Unternehmen validiert werden. Ein Forschungskonsortium aus dem IFU und Industriepartnern wirkt somit als Innovations-Hub-and-Spoke-Netzwerk, das zentral Kompetenzen entwickelt, verbreitet, dezentral anwendet und nach dem KVP-Gedanken weiterentwickelt.

Als wesentliches Ziel des Forschungsvorhabens wird die methodische Befähigung von Unternehmen gesehen, Smart-Service-Prozesse mit AR-/VR-Bezug in der Schulung und Instandhaltung anwendungsorientiert zu entwickeln. Dabei sollen insbesondere die Aspekte der Effizienz, Ergonomie, Prozessorientierung, Didaktik sowie Usability berücksichtigt werden, um eine möglichst große Akzeptanz zu erreichen. Als Lösung wird die Entwicklung eines Methodenbaukastens zur Entwicklung von VR-/AR-Anwendungen für die Instandhaltung hochwertiger Investitionsgüter angestrebt.

Der wesentliche Vorteil eines partizipativen Prozesses ist die maßgeschneiderte Lösung bzw. Effizienzsteigerung durch einen agilen KVP in der Entwicklung. Servicetechniker als ausführende Mitarbeiter des Prozesses stellen demnach eine Schlüsselkomponente in der Entwicklung des VR-/AR-Sollkonzepts dar und tragen wesentlich zur Akzeptanz von Industrie 4.0-Technologien bzw. zum Forschungserfolg bei.

Die Grundstruktur des angestrebten Forschungsprojektes bildet eine Hub-and-Spoke-Entwicklungs- bzw. Lehr-Lern-Umgebung. Dabei gilt, dass das IFU als Hub der zentralen Entwicklung zur dezentralen Anwendung in den Spokes (Kooperationspartner) als Multiplikator und Wissensweiche wirkt. Das IFU mit seinem Center of Excellence for Lean Enterprise 4.0 erfüllt für dieses Vorgehen mit seinen Laboren und seiner technischen Ausstattung alle Anforderungen. Das IFU Center of Excellence for Lean Enterprise 4.0 bildet erstmals ein durchgängig vernetztes Gesamtsystem ab. Es steht ein einzigartiges, lernförderliches Konzept für die Forschung sowie die Aus- und Weiterbildung zur Verfügung. Ziel ist es, den Transfer von Wissen in Industrie und Gesellschaft sicherzustellen sowie einen Beitrag zur Aus- und Weiterbildung der Ingenieurinnen und Ingenieure der Zukunft zu leisten. Eine digitale, realitätsnahe Produktionsumgebung, die Arbeitswelt 4.0

unter arbeitswissenschaftlichen Gesichtspunkten, Ganzheitliche Produktionssysteme 4.0 und Anwendungen für den Lean Service 4.0 auf Basis der Microsoft HoloLens sowie unterschiedlichen Sensorsystemen sind bereits prototypisch entwickelt und können genutzt werden.

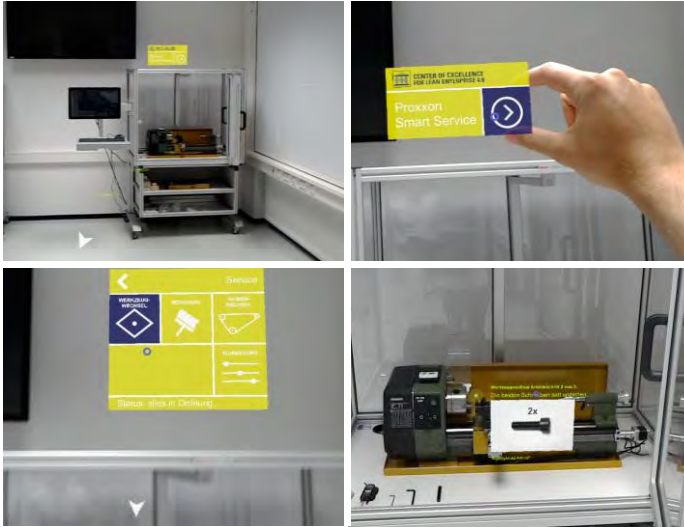


Abbildung 11: IFU Smart-Service-Prototyp

Die Servicemitarbeiterin bzw. der Servicemitarbeiter steht bei dem vorliegenden Forschungsvorhaben im Mittelpunkt einer nachhaltigen Lerntheorie. AR-/VR-Technologien werden lediglich als ein Medium bzw. ein digitaler Kanal gesehen, um Lernprozesse effizienter, ganzheitlich und nachhaltig gestalten zu können. Unter den Aspekten von Mitarbeitern für Mitarbeiter sowie der Mitarbeiter als proaktiver Gestalter sollen Lernumgebungen geschaffen werden, die Fach- und Methodenkompetenz, soziale Kompetenz sowie Selbstkompetenz im Hinblick auf Mensch, Organisation und Technik fördern. Das Forschungsprojekt orientiert sich somit an fünf fundamentalen didaktischen Determinanten: konkrete Handlungskompetenzen, Praxisnähe, Industrie 4.0-Technologien, problembasiertes Lernen und partizipatives Lernen. Diese werden sowohl im Verlauf der Entwicklung des konkreten, problembasierten Lehr- und Lernkonzeptes sowie im Umkehrschluss bei der Anwendung in der Praxis berücksichtigt. Handlungskompetenz als multiples Ergebnis einer anforderungsgerechten Gewichtung von Persönlichkeitskompetenz, Methodenkompetenz, Sozialkompetenz und Fachkompetenz stellt die Königsdisziplin einer didaktischen Ausrichtung dar (Hessler 2015). Das vorliegende Forschungsvorhaben deckt mit seinem menschenzentrierten und partizipativen Ansatz durch regelmäßige Sprint-Review-Workshops, deren Inhalt es ist, konkrete

Probleme gemeinschaftlich und im Dialog zu lösen, all diese Anforderungen ab. Lernbereitschaft, problemlösendes Denken, Entscheidungsfähigkeit, Teamfähigkeit und Fachwissen fließen zum einen in den Entwicklungsprozess und zum anderen als Anforderung direkt in die zu entwickelnde Anwendung ein.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Unter Berücksichtigung der Schnellebigkeit und Unplanbarkeit einer VUKA-Welt ist es offensichtlich, dass sich Bildungsbedarfe in den kommenden Jahren immer wieder stark verändern. Zur Sicherung der eigenen Wettbewerbsfähigkeit müssen sich Unternehmen dem Aspekt der (Weiter-) Bildung zukünftig mehr denn je widmen. Klassische Lernformen, wie die Frontalschulung beim Bildungsdienstleister, genügen den neuen Anforderungen an die Ausbildung von beruflichen Handlungskompetenzen nicht mehr. Somit sind Bildungs- und Forschungsinstitute aufgefördert, neue Lehr-Lern-Formen zu konzipieren und diese praxistauglich und anwendungsorientiert zu gestalten. Neben innovativen Konzepten mit analogen und digitalen Kanälen zur Sicherstellung einer geeigneten Weiterbildung sind jedoch schlanke Prozesse und prozessorientierte Denkweisen die Grundlage. Um als Lean Enterprise 4.0 produktiv und wertschöpfend arbeiten zu können, müssen Unternehmen erkennen, dass der stetige Wandel zur Konstante wird und Flexibilität und Agilität zu neuen Kernkompetenzen heranreifen müssen. Insbesondere die Dezentralisierung von Lernprozessen durch Integration in den Prozess der Arbeit sowie die Förderung von lebenslangem Lernen durch mitarbeiterindividuelle Lernprojekte sind notwendig, um die Belegschaft in Zeiten des Wandels mitzunehmen.

„The skill of the future is to learn new skills!“

Literatur

- Abele, E./Reinhart, G. (2011). Zukunft der Produktion – Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen. München: Hanser Verlag.
- acatech (Hrsg.) (2016). Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 – Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen. München.
- Beverungen, D. et al. (2017). Information systems for smart services. *Information Systems and eBusiness Management* 15:781–787. doi: 10.1007/s1025701703658.
- Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. (Bitkom) (2017). Digitalisierung der Wirtschaft. https://www.bitkom.org/sites/default/files/2018-12/Bitkom%20Charts%20Digitalisierung%20der%20Wirtschaft%20%2028%2011%202017_final_0.pdf. Zugegriffen am 12. Juni 2019.

- Bundesministerium des Innern (BMI) (Hrsg.) (2011). Demografiebericht – Bericht der Bundesregierung zur demografischen Lage und künftigen Entwicklung des Landes. Berlin.
- Dengler, K./Matthes, B. (2018). Substituierbarkeitspotenziale von Berufen – Wenige Berufsbilder halten mit der Digitalisierung Schritt. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (Hrsg.). <http://doku.iab.de/kurzber/2018/kb0418.pdf>. Zugegriffen am 12. Juni 2019.
- Deuse, J. et al. (2015). Gestaltung von Produktionssystemen im Kontext von Industrie 4.0. In A. Bott-hof, E. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*. Berlin: Springer Vieweg Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2010). DIN ISO 29990:2010-12 Qualitätsmanagementsysteme – Lerndienstleistungen für die Aus- und Weiterbildung – Grundlegende Anforderungen an Dienst-leister. Berlin: Beuth Verlag.
- Dombrowski, U./Richter, T. (2016a). Ganzheitliche Produktionssysteme und Industrie 4.0 – Prozess-orientierung als Befähiger der Industrie 4.0. *ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*. 111:771–774. doi: 10.3139/104.111651.
- Dombrowski, U. et al. (2016b). Link mechanism within the Lean Enterprise. *Proceedings of the 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, S. 601–606.
- Dombrowski, U. et al. (2017). Die Veranstaltungsreihe GPS Symposium. In U. Dombrowski, P. Kuhlmann (Hrsg.), *Mensch-Organisation-Technik im Lean Enterprise 4.0*. Aachen: Shaker Verlag. S. 15–40.
- Fließ, S. et al. (Hrsg.) (2015). *Kundenintegration und Leistungslehre – Integrative Wertschöpfung in Dienstleistungen, Solutions und Entrepreneurship*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Glass, R. et al. (2016). The Spread of Lean Production in the Assembly, Process and Machining Industry. *Procedia CIRP*, 55:278–283. doi: 10.1016/j.procir.2016.08.021.
- Hesseler, M. (2015). *Projektmanagement – Wissensbausteine für die erfolgreiche Projektarbeit*. 1. Aufl. München: Verlag Franz Vahlen.
- Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (IAB) (2018). IAB-Kurzbericht 04/2018, Substituier-barkeitspotenziale von Berufen – Wenige Berufsbilder halten mit der Digitalisierung Schritt, Bertelsmann Verlag GmbH & Co. KG.
- Jordaan, B. (2019). *Leading Organisations in Turbulent Times: Towards a Different Mental Model in* Kok, J., van den Heuvel, S. C. *Leading in a VUCA World – Integrating Leadership, Discernment and Spirituality, Contributions to Management Science*, Springer Cham.
- Kagermann, H. et al. (2013). *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*. Frankfurt/Main.
- Kernler, H. (1995). *PPS der 3. Generation – Grundlagen, Methoden, Anregungen*. 3. Aufl. Heidelberg: Hüthig Buch.
- Kultusministerkonferenz (2016). *Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/Strategie_neu_2017_datum_1.pdf. Zugegriffen am 16. Juni 2019.

- Obermaier, R. (Hrsg.) (2017). Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe – Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen. 2. korrigierte Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Prinz, C. et al. (2016). Learning Factory Modules for Smart Factories in Industrie 4.0. *Procedia CIRP* 54:113–118. doi: 10.1016/j.procir.2016.05.105.
- REFA (2016). Arbeitsorganisation erfolgreicher Unternehmen. Wandel in der Arbeitswelt. 1. Aufl. München: Hanser Verlag.
- Rosa, H. (2012). Beschleunigung. Die Veränderung der Zeitstrukturen in der Moderne. 5. Aufl. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Roth, A. (Hrsg.) (2016). Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 – Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis. Berlin/Heidelberg: Springer Gabler.
- Schallmo, D. et al. (2018). Digitale Transformation von Geschäftsmodellen erfolgreich gestalten – Trends, Auswirkungen und Roadmap. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2018). Statistisches Jahrbuch Deutschland 2018. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Staufen AG (2015). 25 Jahre Lean Management – Lean Gestern, Heute und Morgen. https://www.staufen.ag/fileadmin/HQ/02-Company/05-Media/2-Studies/STAUFEIN.-studie-25-jahre-lean-management-2016-de_DE.pdf. Zugegriffen am 12. Juni 2019.
- Stroot, I./Wullbrandt, J. (2019). Lernen in der Digitalen Transformation. in NiedersachsenMetall – Verband der Metallindustriellen Niedersachsens e.V. (Hrsg.), NiedersachsenMetall Report 2019 – Das Magazin der Arbeitgeber der Metall- und Elektroindustrie, Ausgabe 01/2019.
- Thomas, O. et al. (Hrsg.) (2017). Smart Service Engineering – Konzepte und Anwendungsszenarien für die digitale Transformation. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. – VDI 2870 (2012). Ganzheitliche Produktionssysteme – Grundlagen, Einführung und Bewertung. Berlin: Beuth Verlag.
- Whiteman, W. E. (1998). Training and education army officers for the 21st century: Implications for the United States Military Academy. Fort Belvoir, VA: Defense Technical Information Center.
- Womack, J.P./Jones, D.T. (2003). Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. New York: Free Press.

Formulierung von Kompetenzen mithilfe standardisierter Vokabulare

Ansätze im Hochschulbereich und ihr Nutzen im Unternehmenskontext

Jan Wunderlich, Meike Tilebein

1. Einleitung

Eine Antwort auf die zunehmende externe Komplexität der Umfeldler ist eine entsprechende interne Diversität von Organisationen im Sinne von Kompetenzen, Erfahrungen und Perspektiven der Beschäftigten. Neben der formalen Berufsausbildung oder der akademischen Qualifikation sind auch lebenslanges Lernen und ständige Weiterbildung der Beschäftigten wesentliche Faktoren für ein Gelingen der ständigen proaktiven Erneuerung.

Meyer platziert Kompetenzen und ein übergeordnetes Kompetenzmanagement im gesellschaftlichen Sinne in ein Spannungsfeld zwischen drei Rollen (Meyer 2006, S. 18ff und S. 95ff):

- als (auszubildendes) Produkt für Kompetenzentwickelnde, z. B. Hochschulen, die darüber einem Bildungsauftrag nachkommen (bzw. wirtschaftlich erfolgreich sind)
- als Potenzial für Kompetenztragende (Personen, die über Kompetenzen verfügen) mit dem Ziel der Beschäftigungsfähigkeit (bzw. Selbstentfaltung)
- als Ressource für Kompetenznutzende, z. B. Unternehmen, zur Erfüllung betrieblicher Aufgaben

In Dahlmeyer et al. (2016, S. 17) fordern er¹ und seine Ko-Autoren ein „anschlussfähiges Kompetenzmodell, mit dem sich Kompetenzbedarfe und -angebote auf Bildungs-, Individual- und Organisationsebene kompatibel formulieren und verknüpfen lassen“.

Angesichts der zunehmenden Modularisierung und Diversifizierung von (Weiter-) Bildungsangeboten treten zunehmend spezialisierte, aber auch interdisziplinäre Kompetenzprofile neben die Kompetenzprofile traditioneller Berufsbilder (Franz/Ruschin 2006; Spath et al. 2015; Winkler et al. 2015). Das Matching von

¹ Meyer in Meyer (2006) und Dahlmeyer in Dahlmeyer et al. (2016) sind ein- und dieselbe Person vor und nach einem Namenswechsel.

Anforderungsprofilen mit Kompetenzprofilen von Personen oder Bildungsangeboten gewinnt an Bedeutung. Um einen Hochschulabschluss, einen Leistungsnachweis aus einem Curriculum oder eine Berufsbezeichnung hinsichtlich der zugrundeliegenden Kompetenzen interpretieren zu können, werden zunehmend mehr Detail- und Hintergrundinformationen benötigt. Personalbereiche und Fachabteilungen gerade in kleineren Organisationen haben Schwierigkeiten bei dieser Entwicklung mitzuhalten. Aber nicht nur Unternehmen stellt sich diese Herausforderung; auch Hochschulen sehen sich im Bereich der Anrechnung einzelner Studienleistungen zunehmend mit dieser Problematik konfrontiert (Benning et al. 2017).

Im Hochschulbereich ist die Diskussion um die Darstellung und Formalisierung von Kompetenzen in Bezug auf deren Kommunikation auf der *normativen* Seite üblicherweise in das Thema *Qualifikationsrahmen*² eingebettet. In *technischer* und *operativer* Hinsicht findet die Diskussion um Formalisierung von Kompetenzen im Kontext des Themas *Curriculum Mapping* statt. Hier liegen bereits Erfahrungen mit der computerunterstützten Darstellung und Analyse von Kompetenzprofilen und der hierfür erforderlichen Formulierung von Kompetenzen vor.

In diesem Beitrag wird ein Ansatz vorgestellt, welcher das Ziel hat, Kompetenzen dergestalt zu formulieren und darzustellen, dass deren Kommunikation und computerunterstützte Analyse vereinfacht werden. Dabei werden Lösungen und Best Practices aus den Bereichen natürliche Sprachverarbeitung, Linked Data und Semantic Web aufgegriffen und deren Übertragbarkeit auf das Handlungsfeld Repräsentation von Kompetenzen diskutiert.

Dazu werden in Abschnitt 2 zunächst aktuelle Lösungen aus der Perspektive von Hochschulen als Kompetenzentwicklerinnen vorgestellt. Dargelegt werden dabei der Nutzen einer formalen Darstellung von Kompetenzen sowie aktuelle Bemühungen, zu einer solchen Darstellung zu kommen.

In Abschnitt 3 werden wesentliche Herausforderungen auf dem Weg zu einem computerunterstützt auswertbaren Kompetenzmodell skizziert. Dabei wird gesondert auf technologische Hürden, ein mangelndes gemeinsames Vokabular und ein noch ungünstiges Nutzen-Aufwand-Verhältnis eingegangen.

Der Abschnitt 4 stellt den Ansatz einer generischen Syntax mit übergeordneter Semantik zur Formulierung von Kompetenzen vor. Dieser Ansatz kann in die in Abschnitt 2 vorgestellten Lösungen integriert werden, erweitert diese und bietet eine mögliche Antwort auf die in Abschnitt 3 skizzierten Herausforderungen.

² Vgl. z. B. die Hochschulrektorenkonferenz unter: <https://www.hrk.de/themen/studium/qualifikationsrahmen/hqr-und-fqrs/>; speziell für den Bereich Wirtschaftswissenschaften vgl. Dellmann (2018).

Der mögliche Nutzen eines interoperablen formalen Kompetenzmodells für Unternehmen wird in Abschnitt 5 kurz skizziert und diskutiert und in Abschnitt 6 in Zusammenfassung und Ausblick noch einmal aufgegriffen.

2. Mapping von Kompetenzen

2.1. Kompetenzen als Teil von Curriculum Maps

Curriculum Mapping wird im Schul- und Hochschulbereich als ein Prozess verstanden, der ein gegebenes Curriculum dergestalt strukturiert und darstellt, dass das *Auffinden von* und die *Identifikation von Zusammenhängen zwischen* curricularen Elementen (z. B. Akteure, Lern- und Assessment-Aktivitäten, Kurse, Kompetenzen, Learning Outcomes u.v.m.) unterstützt werden. Hinsichtlich der Inhalte und Kompetenzen kann eine Curriculum Map u. a. dabei helfen, Lücken und Redundanzen in einem Curriculum aufzuspüren, indem sie Antwort auf die Frage gibt: „Was wird wo gelehrt bzw. gelernt?“ (Willett 2008, S. 786).

In der Literatur wird vielerorts über positive Auswirkungen eines derartigen Prozesses und der resultierenden Curriculum Maps berichtet (Ahlers 2018; Balzer et al. 2015; Dafoulas et al. 2012; Hendy-Isaac 2014; Johns-Boast 2014; Rawle et al. 2017; Schaffert et al. 2008; Shilling 2013; Uchiyama/Radin 2009 u. v. m.).

Aufgrund der Komplexität (im Sinne von Vielzahl curricularer Elemente mit starker Vernetzung und Interdependenzen) eines Hochschulcurriculums stellt die Aufbereitung konventioneller curricularer Dokumentation (i. d. R. natürlichsprachlich formulierte Dokumente, z. B.: Qualitätsentwicklungsdokumente, Modulhandbücher, Texte aus Lehr-/Lerneinheiten etc.) für unterschiedliche Kommunikationszwecke eine große Herausforderung dar. Gleichzeitig sind Curricula selten statisch, sondern werden im Gegenteil i. d. R. fortwährend fortgeschrieben und weiterentwickelt, sodass dieser Aufbereitungsaufwand periodisch immer wieder anfällt. Entsprechend erstrebenswert erscheint es daher, in Zeiten des digitalen Wandels, Curriculum Maps mit vertretbarem Aufwand in einem durch Computer interpretierbaren Format darzustellen, um computerunterstützt unterschiedliche Perspektiven auf das Curriculum zu ermöglichen.

In der Vergangenheit wurden bereits im Bereich der Medizin als Beispiel für eine große, stark normierte Fachrichtung, digitale Curriculum Maps entwickelt, die unter anderem auch Kompetenzen anhand des nationalen Kompetenzkataloges der Medizin (NKLM) normieren und dadurch vergleichbar machen. Zudem werden dadurch aggregierte Perspektiven in Form von summativen Kompetenzprofilen ermöglicht, z. B. im LOOOP-Projekt der Berliner Charité (Balzer et al. 2015) und im Projekt MERLIN in Baden-Württemberg („MERLIN“ o. J.).

Aus Perspektive der Informationstechnologie bieten sich als Darstellungsformat für Curriculum Maps Ontologien an. Ontologien sind geeignet um komplexe,

hochvernetzte Sachverhalte darzustellen und zu strukturieren und erlauben es gleichzeitig Best-Practices und Lösungen aus dem Linked Open Data Paradigma (Parundekar et al. 2010; Pereira et al. 2018) und der Idee des Semantic Web anzuwenden, insbesondere die Verknüpfung mit zusätzlichen Vokabularen über *namespaces* (Antoniou/Antoniou 2012).

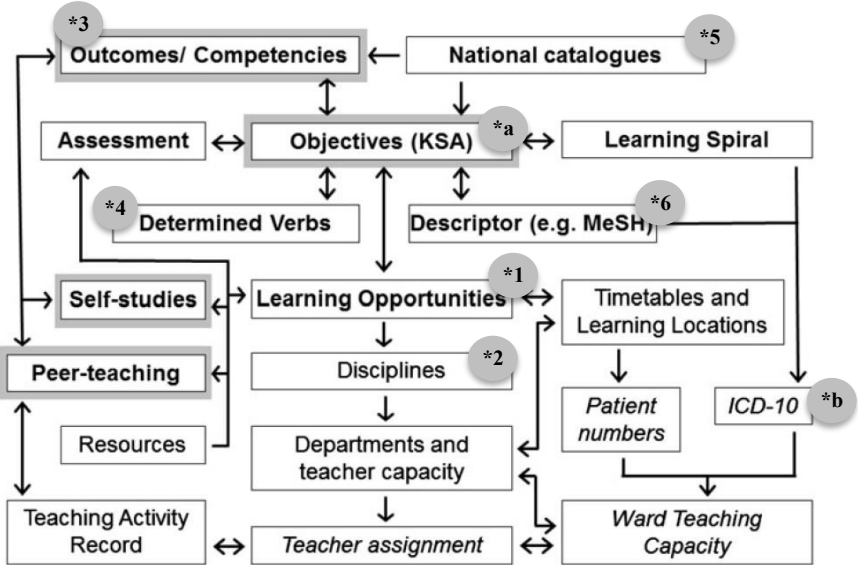


Abbildung 1: Struktur der Curriculum Map im LOOOP Projekt der Berliner Charité

Quelle: (Balzer et al. 2015) ergänzt um eigene Markierungen (graue Kreise);

*a: Objectives (KSA) = Educational Objectives (Knowledge, Skills and Attitudes)

*b: ICD-10 = Diagnoseschlüssel "Internationale Klassifikation der Krankheiten"

Abbildung 1 zeigt die grundlegende Struktur der im LOOOP-Projekt resultierenden Curriculum Map. Indem die einzelnen Objekte (Instanzen) der in der Abbildung innerhalb der Kästen dargestellten Klassen durch die lauffähige Ontologie verknüpft sind, ist die Curriculum Map automatisch auswertbar. So lässt sich z. B. fragen: „In welchen Kursen (*Learning Opportunities* (*1)) werden Inhalte der Anatomie (Instanz von *Disciplines* (*2)) behandelt und welche Kompetenzen werden dabei vermittelt (Instanzen von *Outcomes/Competencies* (*3))?“ Darüber, dass auch Lernverben (*Determined Verbs* (*4)) mit modelliert sind, die wiederum mit einer Lernzieltaxonomie³ verknüpft sind, lassen sich aggregierte Ansichten auf das Ni-

³ In diesem Fall mit der von (Anderson 2005) modifizierten Bloom'schen Lernzieltaxonomie (Engelhardt et al. 1956).

veau bzw. die Kategorisierung der Kompetenzen nach Kompetenzarten generieren. Gleichzeitig sind die Kompetenzen mit dem NKLM verknüpft (in der Abbildung: eine Instanz von *National catalogues* (*5)), womit z. B. das Ausmaß der Konformität des Curriculums mit dem NKLM ermittelt werden kann. Die Deskriptoren für Themen im Sinne von *Betrachtungsgegenstand* (das *was*, welches inhaltlich behandelt wird oder auf welches sich eine Kompetenz bezieht – im Folgenden als „Topic“ bezeichnet) sind der bereits existierenden polyhierarchischen Ontologie *Medical Subject Headings* (*MeSH* (*6)) entnommen, die zur Verschlagwortung von medizinischen Publikationen verwendet wird (Ahlers 2018; Balzer et al. 2015; Blaum et al. 2013).

2.2. Ontologien zum Mapping von Kompetenzen

Ein grundlegendes Merkmal von Ontologien ist, dass sie aus Konzepten (Begriffen) und (qualifizierten) Relationen zwischen den Konzepten bestehen. Hinsichtlich der notwendigen Relationen zwischen curricularen Elementen im Hochschulbereich gibt es eine Vielzahl von brauchbaren Vorschlägen und Ansätzen, da die notwendigen Relationen aus den Perspektiven, welche an das Curriculum angelegt werden sollen, ableitbar sind, zum Beispiel die in Abbildung 2 dargestellten Tripel.

(Topic) == [wird behandelt in] ==> (Lehr-/Lerneinheit),
 (Lehr-/Lerneinheit) == [hat-Lernziel] ==> (Kompetenz (Learning Outcome)),
 (Kompetenz (Learning Outcome)) == [hat-Topic] ==> (Topic).

Abbildung 2: Ausschnitt aus einer Curriculum Map, Schwerpunkt: Topics und Kompetenzen (eigene Darstellung)

Das in Abschnitt 2.1 beschriebene umfassende Mapping der curricularen Elemente in einer Ontologie, wie es für die Medizin bereits existiert, würde auch in anderen Disziplinen bzw. Bildungskontexten mächtige und komfortable Analysemöglichkeiten in Form von Such- und Abfragemöglichkeiten (Queries) an die Ontologie ermöglichen. Ohne diese Möglichkeiten ist zum Beispiel das Mapping von Lernverhalten und Topics und deren Zuordnung zu Lehr-/Lerneinheiten anhand von i. d. R. mehrerer hundert Seiten Studiengangsdokumentation ein außerordentlich mühsames Unterfangen. Sind hingegen die Kompetenzen (Learning Outcomes) im Rahmen einer Curriculum Map in einer Ontologie abgebildet, lassen sich derartige Fragen sofort umfassend beantworten.

Beispiele für Queries im Hochschulbereich sind:

- In welchen Modulen (Lehr-/Lerneinheiten) wird das Topic Produktentwicklung behandelt?

- Wie hoch ist der Anteil der Lernziele⁴ auf der Lernzieltaxonomie-Stufe X (je nach angelegter Lernzieltaxonomie)?
- Finden sich die wesentlichen Themen aus der inhaltlichen Modulbeschreibung auch in den formulierten Lernzielen wieder? Zu welchen Anteilen?

Kompetenzen (Learning Outcomes) werden auf unterschiedlichen Ebenen formuliert (Studiengangsebene, Modulebene, auf Ebene einzelner Lehr-/Lerneinheiten, in Prüfungsvorbesprechungen, etc.) und erlauben über ihre Topics somit auch eine Überprüfung der Kohärenz der verschiedenen Abstraktionsebenen.

Weiterhin ließen sich komfortabel Studiengangprofile (sogar mit Berücksichtigung individueller Wahl-/Wahlpflichtfächer-Belegung) generieren, wenn die Topics in einem Thesaurus, einer Taxonomie oder einer Ontologie geordnet vorlägen. Dazu könnten Queries eingesetzt werden wie z. B.: „Wie hoch ist der Anteil an Topics, die der Betriebswirtschaftslehre/ Produktentwicklung/ Fabrikbetriebslehre zugeordnet werden?“.

3. Herausforderungen bei der Modellierung von Curriculum Maps und dem Mapping von Kompetenzen

Willet (2008) identifizierte zehn Herausforderungskategorien bei der Umsetzung elektronischer Curriculum Maps an Hochschulen aus dem Fachbereich Medizin in Kanada und Großbritannien. Tabelle 1 zeigt diese Kategorien (die Tabelle ist sortiert nach der Anzahl der Nennungen in der jeweiligen Kategorie; oben: häufigere Nennung; unten: weniger häufige Nennung).

Zeile	Herausforderungskategorie	Beispiel
1	Zeit oder Humanressourcen	Hoher Aufwand zur Eingabe der Daten und Metadaten
2	Taxonomie / Ontologie (Vokabulare)	Kein Standardvokabular für den Hochschulbereich; beteiligte Akteure akzeptieren vorgeschlagene Fremd-Vokabulare bzw. fremde Terminologien nicht
3	Engagement / Involvierung der Beteiligten	Interesse an Mapping besteht, aber es mangelt an Bereitschaft zur Nutzung von Datenbanken und zur Pflege der notwendigen Schlüsselbegriffe und Metadaten
4	Software	Keine geeignete Software vorhanden; neue, für das Mapping notwendige Software passt sich nicht in die vorhandene Systemlandschaft ein

4 Im Hochschulbereich ist der Begriff „Lernziel“ weiter verbreitet als der Begriff „Kompetenzen“.

5	User Interface, Anwendungsaspekte	Curriculum Map muss lauffähig und interaktiv sein, das ist aufwändig; es ist schwierig den jeweiligen Nutzendengruppen nur die für sie relevante Information anzuzeigen
6	Finanzierung	Mangelnde Anschub-/Startfinanzierung
7	Planung	Design und Planung des Gesamtkonzepts ist schwierig und komplex
8	Detaillierungsgrad / Auflösung	Den richtigen Detaillierungsgrad zu finden ist schwierig im Sinne von: Wie viele Details zu einzelnen Veranstaltungen gehören in die Map?
9	Umfang	Es müssten alle curricularen Elemente abgebildet werden, damit das Unterfangen sinnvoll ist
10	Aktualisierung	Der Prozess zum Update der Curriculum Map bei Veränderungen des Curriculums ist ungeklärt

Tabelle 1: Herausforderungskategorien bei der Umsetzung elektronischer Curriculum Maps an Hochschulen im Fachbereich Medizin („Medical Schools in Canada and the UK“);
(Quelle: Daten aus Willet 2008)

Für den vorliegenden Beitrag und den Fokus auf Kompetenzen werden die folgenden Aspekte betrachtet, die sich aus den in Tabelle 1 dargestellten Kategorien ableiten lassen.

1. Technologie-Barriere
2. (Kein) gemeinsames Vokabular:
Das Problem der fehlenden Domain (Topic) Ontology
3. Nutzen-Aufwand-Abwägungen

3.1. Erster Hindernis-Aspekt: Technologie-Barriere

Auch wenn die Anzahl brauch- und verfügbarer Ontologie-Tools, die eine vernetzte Darstellung curricularer Elemente zumindest konzeptionell ermöglichen, inzwischen groß ist, sind die Kenntnis von und der Umgang mit diesen Tools noch nicht weit verbreitet. Dieses Problem verschärft sich, wenn Vokabulare gemeinsam genutzt werden sollen, da das Publizieren von Linked-Data-anschlussfähigen Daten im Internet technische Expertise und spezifisches Fachwissen von Semantic-Web-Konzepten und -Technologien erfordert (Pereira et al. 2018).

Hinzu kommt, dass die ontologische Konzeption einer Curriculum Map noch nicht zu einem lauffähigen Gesamtkonzept führt. Die Einrichtung einer Informationstechnologie-Architektur, die ein kollaborativ nutz- und bearbeitbares, umfassendes Mapping ermöglicht (d. h. auch: Integration vieler unterschiedlicher Daten aus unterschiedlichen Systemen) ist mit erheblichem Aufwand verbunden und erfordert spezifisches Fachwissen in unterschiedlichen Bereichen von Informations- und Kommunikationstechnologie.

Ein Beispiel für nicht-lauffähige Kompetenzprofilanalysen im Rahmen intra-universitärer Qualitätssicherung findet sich in (Hochschulrektorenkonferenz 2013, S. 54ff). Dort werden über Interviews die Kompetenzziele von Studiengängen auf selbst entwickelte Kompetenzfelder gemappt, evaluiert und den Studiengangsmitgliedern zur Reflexion und Weiterentwicklung gespiegelt. Ein weiteres Beispiel für eine nicht-lauffähige Curriculum Map ist die in Abschnitt 3.2 im Kontext mangelnder gemeinsamer Vokabulare präsentierte Curriculum Map von (Bussemaker et al. 2017).

Die Technologie-Barriere ist insbesondere für kleinere Akteure (kleine Hochschulen oder einzelne Studiengänge) kaum zu überwinden.

3.2. Zweiter Hindernis-Aspekt: Gemeinsames Vokabular

In großen, stark normierten Disziplinen kann für die Modellierung einer Domäne bzw. das Mapping von Kompetenzen auf standardisierte Vokabulare zurückgegriffen werden, die sich in den betreffenden Nutzendenkreisen entsprechender Anerkennung erfreuen oder zumindest eine Art kleinsten gemeinsamen Nenner darstellen.

Doch sogar im Bereich der Medizin (beschrieben in Abschnitt 2.1), die als Vorreiterin hinsichtlich standardisierter Vokabulare für das Curriculum Mapping, die Formalisierung von Kompetenzen und die Umsetzung von Curriculum Maps betrachtet werden kann (Rawle et al. 2017), ist diese Standardisierung nicht einheitlich und die individuellen Realisierungen variieren stark von Institution zu Institution hinsichtlich Reifegrad und technischer Umsetzung (Ellaway et al. 2014; Willett 2008). Auch auf nationaler Ebene in Deutschland herrscht abgesehen von dem Fachqualifikationsrahmen NKLM kaum weitere Einheitlichkeit hinsichtlich der Umsetzungen. So ist das vorne genannte LOOOP-Projekt auf die Berliner Charité und einige Netzwerkpartner begrenzt. Baden-Württemberg geht mit dem bereits erwähnten Projekt MERLIN sowohl technisch als auch hinsichtlich weiterer ontologischer Aspekte eigene Wege. Ellaway et al. (2014) schlagen daher im Bereich der Medizin anstelle von bindenden Fachqualifikationsrahmen eine standardisierte Syntax vor („a standard way to represent *any* competency framework“; Ellaway et al. 2014, S. 211, Hervorh. d. Verf.), welche explizit *nicht* der Individualität einzelner Curricula entgegensteht und auch *nicht* versucht, einzelnen Institutionen bestimmte technische Realisierungen aufzuzwingen.

Für interdisziplinäre, kleinere oder weniger normierte Disziplinen ist es schwierig, die für eine formale Darstellung von Curricula oder auch nur von Kompetenzen notwendigen Vokabulare zu finden. Die Notwendigkeit, das Vokabular selbst zu erfinden, schlägt sich dann in „Insellösungen“ nieder. Aktuelle Curriculum-Mapping-Umsetzungen in weniger stark normierten Disziplinen wie Chemieingenieurwesen (Bussemaker et al. 2017) oder Luft- und Raumfahrtingenieurwesen (Seering et al. 2015) entwickeln ihre Topic Ontologies Bottom-Up, d. h. aus den in ihren

spezifischen Kontexten begründeten und vorgefundenen Daten. Bussemaker et al. (2017, S. 3) schreiben: „The topics were modelled on an as-needed basis, and subsequently classified into classes and subclasses based on knowledge of chemical engineering“. Entsprechend spezifisch sind diese Topic Ontologies. Damit haben sie ein Akzeptanzproblem – andere Personen mit abweichenden mentalen Modellen würden Topics vielleicht anders benennen, beschreiben oder taxonomisch/ontologisch sortieren.

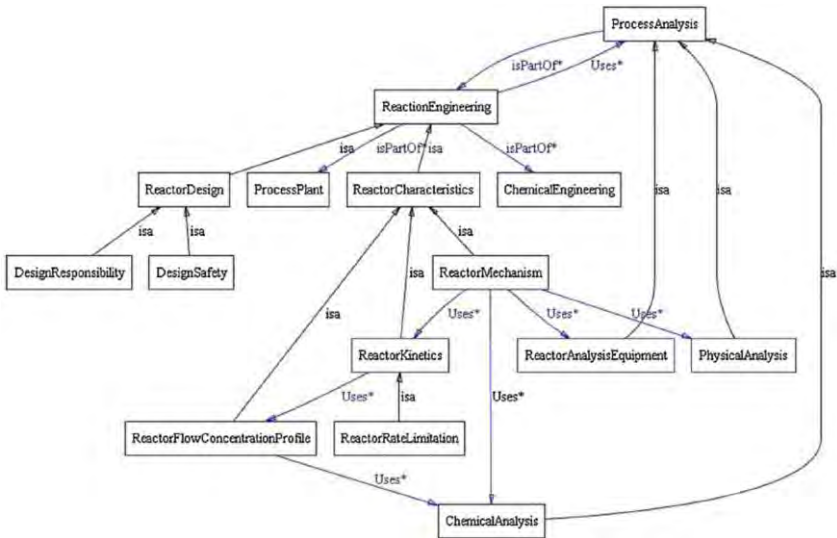


Abbildung 3: Auszug aus der Topic (Domain) Ontology von Bussemaker et al. (2017) zu einem Studiengang im Chemieingenieurwesen

So klassifizieren etwa Bussemaker et al. (2017) das Topic *Design Safety* über die Relation „isa“ (= „is a kind of“) als Unterklasse des Topics *Reactor Design*, da die „is-a“-Relation üblicherweise die Beziehung Unterklasse/Oberklasse kennzeichnet (Lehmann 1992). Damit wird das Thema *Design Safety* eine Art *Reactor Design*. Diese Klassifizierung mag im Kontext dieses spezifischen Curriculums sinnvoll sein, ist aber (ohne Kontext) eventuell für andere aufgrund des allgemeinen Charakters des Begriffs „Design Safety“ schwer nachvollziehbar.

Die in einer Ontologie verwendeten Konzepte bilden das Diskursuniversum (Gurino et al. 2009). Sogenannte *Upper Ontologies* (häufig auch *General* oder *Common Ontologies*) setzen dabei auf einem hohen Abstraktionsgrad an, um möglichst allgemeingültig zu sein. Dadurch kann das Diskursuniversum sehr groß sein, allerdings ist es eben auch nur sehr abstrakt beschrieben und einzelne Bereiche können nicht mit hoher Auflösung (vielen Konzepten) beschrieben werden, ohne die Anzahl der Begriffe im Diskursuniversum über ein handhabbares Maß hinaus zu erhöhen.

Allgemeingültigkeit und Abstraktion stehen einer Berücksichtigung des individuellen Kontextes entgegen: Abstraktion bedeutet eine Reduktion des situationsspezifischen Kontextes. Einzelne Wissensdomänen und Anwendungen haben daher häufig den Bedarf, ihr Diskursuniversum in höherer Auflösung zu modellieren, in sog. *Domain Ontologies* oder *Task Ontologies* (Gangemi et al. 2009). So kommt zum Beispiel der UNESCO Thesaurus der „(...) fields of science and technology“ mit knapp 2.500 Begriffen aus (UNESCO o. J.), während der Standard Thesaurus Wirtschaft des ZBW mit einem starken Fokus auf Begriffe der Wirtschaft 6.000 Begriffe (20.000 Begriffe inkl. Synonyme) für dieses begrenztere Diskursuniversum bereithält (ZBW – Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft o. J.).

Eine abstrakte Upper Ontology mag weite Akzeptanz finden, verfügt aber häufig nicht über den für eine spezielle Anwendung oder Domäne notwendigen Detaillierungsgrad. Eine sehr spezifische Domain Ontology ist nur für ein spezielles Diskursuniversum brauchbar und die Community, welche die Konzeptualisierung teilt, ist begrenzt.

Dieses Spannungsfeld verdeutlicht, wie schwierig es ist, das *eine* für alle Akteure brauchbare Vokabular zu finden.

3.3. Dritter Hindernis-Aspekt: Nutzen-Aufwand-Abwägungen

Aus den bisherigen Ausführungen wird ersichtlich, dass bereits ein maschineninterpretier- und querybares Mapping von lediglich Kompetenzen und Topics anhand standardisierter Vokabulare zwar sehr nutzenstiftend, aber auch mit erheblichem Aufwand verbunden ist.

Gleichzeitig – im Fall von einzelnen Institutionen, Studiengängen oder Akteuren – wäre das resultierende Mapping häufig eher eine statische Momentaufnahme mit begrenztem Kommunikationswert über die Grenzen der einzelnen Akteure hinaus, wenn es

- aufgrund von mangelnder/zu aufwändiger informationsarchitektonischer Anbindung kaum Chancen hat lauffähig zu sein oder
- aufgrund von (zu) kontextspezifischem Vokabular eine Insellösung für das betreffende Projekt wäre.

Dieser dritte Hindernis-Aspekt ergibt sich fast zwangsläufig aus den beiden vorgenannten Barrieren (Technologie-Barriere und fehlende Domain (Topic) Ontology).

4. Lösungsansatz: eine generische Syntax und übergeordnete Semantik zur Formulierung von Kompetenzen

Rezgui/Mhiri (2018, S. 5) kommen in ihrer Literaturrecherche zu Ansätzen zur Kompetenzmodellierung im Bereich technologieunterstützten kompetenzbasierten Lernens zu dem Schluss: Das fundamentale Problem standardisierter Kompetenzspezifikationen ist, dass die Semantik der zugrundeliegenden tatsächlichen Beschreibung der Kompetenz (z. B. Kurztitel und Beschreibung) nur durch Menschen interpretierbar ist. Damit die Bedeutung dieser Beschreibungselemente maschineninterpretierbar wird, muss sie mit zusätzlichen Informationen aus kontrollierten Vokabularen oder Ontologien angereichert werden.

Der folgende Lösungsansatz adressiert dieses Problem mithilfe einer generischen Syntax und übergeordneten Semantik zur Formulierung von Kompetenzen (Learning Outcomes).

Eine Kompetenz kann in einer Ontologie als zusammengesetztes Objekt dargestellt werden, indem konkrete Instanzen aus beliebigen Vokabularen den in der Ontologie vorhandenen Klassen (z. B. *Learning Verb*, *Topic*, etc.) zugeordnet werden (Abbildung 4).

„Die Studierenden“ (Subjekt) **„können benennen“** (Learning Verb) **„vier“** (Quantifikator) **„Organisationsformen“** (Topic) [des] **„Fabrikbetriebs“** (Kontext)

„Die Studierenden“ (Subjekt) **„können benennen“** (Learning Verb) **„Methoden“** (Qualifikator) [der] **„Produktentwicklung“** (Topic)

Abbildung 4: Eine Kompetenz kann in einer Ontologie als zusammengesetztes Objekt dargestellt werden (Quelle: eigene Darstellung)

Es ist unmittelbar einleuchtend, dass eine Kompetenz, welche mit einem wesentlichen Anteil an Ausdrucksmächtigkeit (Syntax, Semantik) der natürlichen Sprache formuliert ist, nur mit Mühe in einer stark reduzierten Syntax, wie der in Abbildung 4 skizzierten, abgebildet werden kann.

Ein (reales) Beispiel aus einem Modulhandbuch:

Lernziel 1: Die Studierenden kennen Organisationsformen *und* (^1) Prozesse des Fabrikbetriebs.

Lernziel 2: Die Studierenden kennen ganzheitliche Produktionssysteme *und* (^1) die wesentlichen Bereiche Produktentwicklung, (^1*) Arbeitsvorbereitung, (^1*) Auftragsmanagement *und* (^1) Produktion.

Lernziel 3: Die Studierenden kennen die Bedeutung von IK-Systemen und Ansätze deren Einsatzes *in den vorgenannten Bereichen* (^2).

Während sich die mit (^1) gekennzeichneten „und“-Verknüpfungen sowie die durch die Kommas delimitierte Aufzählung (^1*) noch relativ einfach in einzelne ontologie-konforme Lernziele auflösen lassen, z. B.

Lernziel 1.1.: Die Studierenden kennen Organisationsformen des Fabrikbetriebs (und)

Lernziel 1.2.: Die Studierenden kennen Prozesse des Fabrikbetriebs,

wird in Lernziel 3 oben über die Konstruktion „in den vorgenannten Bereichen“ (^2) ein Rückbezug formuliert, der auch wieder aufgelöst werden muss. Hinzu kommt, dass die Topics nicht immer aus einzelnen Begriffen bestehen, sondern z.T. noch ein komplizierterer Kontext formuliert wird, z. B. (Lernziel 3 umformuliert):

Lernziel 3*: Die Studierenden kennen *Ansätze des Einsatzes* von IK-Systemen im Bereich Produktentwicklung

Der Term *Ansätze* in Lernziel 3* könnte als Quantifikator oder Qualifikator gewertet werden, aber der Term *des Einsatzes* passt nicht in die in Abbildung 4 dargestellte einfache Lernzielontologie, da der Slot *Topic* bereits durch den das Topic kennzeichnenden Begriff *IK-Systeme* belegt ist. Oder gehört vielleicht vielmehr der Term *Produktentwicklung* in den Slot *Topic* und *IK-Systeme* ist der Kontext? Sind sowohl *IK-Systeme* als auch *Produktentwicklung* Topics? Vielleicht, aber sie sind nicht unabhängig voneinander, sondern stehen in einer Beziehung zueinander. Ungeachtet der Schwierigkeiten bei der Übersetzung in eine einfachere Syntax, wird diese auch noch für Menschen unschön und redundant zu lesen. Die drei durch Menschen einfach interpretierbaren Lernziele oben werden in der Form mit reduzierter Syntax zu 16 einzelnen Lernzielen. Zugleich birgt jedoch dieser sprachlich unschöne, redundante, explizite Übersetzungs-Zwischenschritt das Potenzial die Kluft zwischen natürlich-sprachlich formulierten Lernzielen und ontologie-basierten Darstellungen zu überbrücken.

Auf dem Weg von

(A) = Lernziele in natürlicher Sprache mit voller Ausdrucksmächtigkeit formuliert

zu

(C) = Lernziele in einer (einfachen) ontologie-basierten Darstellung, verknüpft bzw. verknüpfbar mit standardisierten Vokabularen, die es erlaubt, computerunterstützt interessante Perspektiven zu generieren

gibt es den Zwischenschritt

(B) = Lernziele in natürlicher Sprache mit einer reduzierten generischen Syntax und einer übergeordneten formalen Semantik.

Die formale Grammatik (B) regelt, welche syntaktischen Elemente es gibt, und deren mögliche Verknüpfungen. Die übergeordnete Semantik definiert, welche Bedeutung den einzelnen Syntaxelementen auf der Meta-Ebene zukommt, und annotiert die Syntaxelemente (z. B.: *Learning Verb, Topic*, etc.), sodass nicht normativ festgelegt wird, *was* ausgedrückt wird, sondern lediglich eine formale Festlegung getroffen wird, *wie* Kompetenzen formuliert werden.

Die formale Grammatik (B) kann so entwickelt werden, dass sie einen Anteil der in (A) formulierten Lernziele ohne Umformulierung abbilden kann⁵; (B) kann per Mausklick in die ontologie-basierte Darstellung (C) überführt werden, und mithilfe von Techniken der natürlichen Sprachverarbeitung könnten die für Menschen sehr explizit und redundant formulierten Kompetenzen in (B) in eine lesendenfreundlichere Form (A*) überführt werden. Unter Zuhilfenahme geeigneter Tools und Arbeitshilfen wäre es für Dozierende nicht viel aufwändiger, ihre Lernziele in (B) zu formulieren als in (A).

5. Kompetenz-Mapping im Unternehmenskontext

Aus Unternehmensperspektive entspricht der in Abschnitt 4 vorgeschlagene Lösungsansatz der Forderung nach *betriebsunabhängigen Kompetenzmodellen*. Betriebsunabhängige Kompetenzmodelle wurden und werden zwar z. B. in Form des Europäischen Qualifikationsrahmens (EQR) und seiner nationalen Umsetzungen (DQR für Deutschland) formuliert und zugänglich gemacht, allerdings ist die Dokumentation von Lernzielen (Kompetenzen) von Kompetenzentwickelnden in der Regel in natürlicher Sprache formuliert und somit nicht einfach computerunterstützt auswert- und verknüpfbar (Dahlmeyer et al. 2016, S. 11).

Angesichts der zunehmenden Vielfalt von Studiengängen und Fachrichtungen an Hochschulen erlauben auch Bildungsabschlüsse als Ganzes nicht mehr immer einen sicheren Rückschluss auf Kompetenzprofile. Dasselbe gilt für die in anderen kompetenzentwickelnden Kontexten vermittelten Kompetenzprofile.

Für Unternehmen in der Rolle als Kompetenznutzende (Kompetenz als Resource) wären die in Abschnitt 4 beschriebenen formal formulierten Kompetenzen transparenter und leichter verarbeitbar, womit auch die zunehmend diversen und spezialisierten Kompetenzprofile zugänglicher werden.

⁵ Lernziele nutzen ja i. d. R. nicht die vollständige Ausdrucksmächtigkeit natürlicher Sprache aus. Sie enthalten i. d. R. typische syntaktische Merkmale, wie z. B. den Beginn mit dem Subjekt (Die Studierenden), einem Lernverb, einem oder mehreren Topics und weiteren Elementen, je nachdem ob und wie welche Lernzielformulierungshilfen und Vorgaben beherzigt werden.

Die vorgeschlagene generische Syntax würde im Spannungsfeld aller Stakeholder (Abbildung 5) die Funktion einer Schnittstelle übernehmen: So entstünde ein mit anderen Stakeholdern kompatibles Kompetenzmodell, welches es erlaubt computerunterstützt Kompetenzen zu kommunizieren, welches aber explizit *nicht* vorschreibt, welche weiteren ordnungs- und perspektivenstiftenden Vokabulare zu Darstellungs- und Analysezielen damit verbunden werden. Im Gegenteil: An die gleiche Sammlung von Kompetenzen können über *namespaces* komfortabel unterschiedliche weitere Vokabulare andockt werden, sodass die Lernziele und Topics im Lichte unterschiedlicher Klassifikationen analysiert und dargestellt werden können. Dadurch können einzelne Unternehmen, aber auch Branchen, Cluster und Communities im Spannungsfeld der Stakeholder das für ihr jeweiliges Diskursuniversum passende Vokabular mit dem generischen formalen Kompetenzmodell verknüpfen.

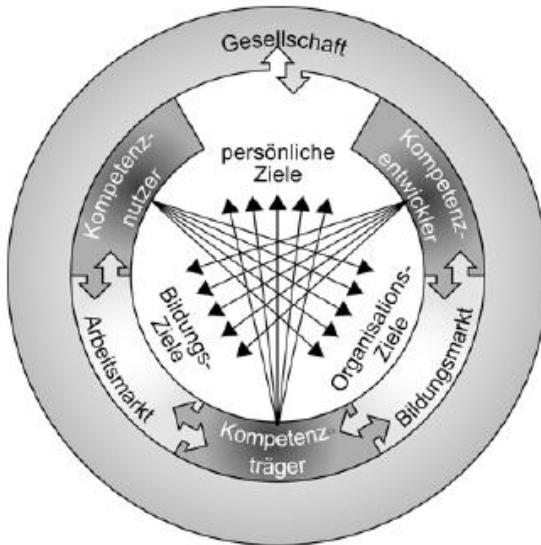


Abbildung 5: Kompetenzmanagement im Spannungsfeld aller Stakeholder
(Quelle: Dahlmeyer et al. 2016)

Speziell im Unternehmenskontext könnten die in Abbildung 4 als zusammengesetztes Objekt dargestellten Kompetenzen mit weiteren für den unternehmerischen Kontext relevanten Konzepten verknüpft werden, z. B. wie in Abbildung 6 skizziert, und mit beliebigen für den jeweiligen Kontext relevanten weiteren Vokabularen.

(Person) == [besitzt-Kompetenz] ==> (Kompetenz (Learning Outcome)),
 (Aufgabe/ == [erfordert-Kompetenz] ==> (Kompetenz (Learning Outcome),
 Projekt)

Abbildung 6: Ausschnitt aus für den Unternehmenskontext relevante zusätzliche Kompetenz Mappings (eigene Darstellung)

Beispiele für Queries über gemappte Kompetenzen im Unternehmenskontext sind:

- Abgleich von Anforderungsprofilen mit Kompetenzen potenzieller Kandidatinnen und Kandidaten.
- Zusammenführen von Personen in unterschiedlichen Fachbereichen, die (vielleicht unwissend voneinander) ähnliche Kompetenzprofile haben oder gemeinsam über seltene Kompetenzen verfügen, sodass hier ein Austausch fruchtbar sein könnte.
- Zusammenstellung von Teams für Projekte.
- Personalentwicklungs- und Weiterbildungsstrategie.

Beispiele für frühe ontologiebasierte Kompetenzkataloge im unternehmerischen Kontext finden sich bei (Schmidt et al. 2006) und bei (Reichenberger 2010, S. 100ff).

Eine generische Syntax mit einer übergeordneten Semantik, welche einzelnen syntaktischen Elementen eindeutige und formale Bedeutung zuordnet, würde die in den Kompetenzen heute meist natürlichsprachlich formulierten Informationsbausteine (Lernverben, Topics, weitere Kontextinformationen) einer einfacheren digitalen Weiterverarbeitung zugänglich machen und die Anschlussfähigkeit an für den unternehmerischen Kontext weitere relevante Handlungsfelder und Vokabulare erleichtern.

6. Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde der Bedarf an einem generischen, computerunterstützt auswertbaren und anschlussfähigen Kompetenzmodell adressiert. Dazu wurden Nutzen, Erfolge und Herausforderungen bei der Formalisierung von Kompetenzen im Hochschulbereich im Kontext des Curriculum Mappings vorgestellt. Während Ontologien zur Kontextualisierung von Kompetenzen in großen und stark normierten Fachbereichen bereits erfolgreich eingesetzt werden, sehen sich kleinere Akteure und einzelne Unternehmen in technischer und operativer Hinsicht

einerseits mit technologischen Herausforderungen konfrontiert, andererseits mangelt es an einem gemeinsamen Vokabular, sodass eventuelle technische Realisierungen von Kompetenz-Mappings zwar nutzenstiftend sein können – aufgrund mangelnder Interoperabilität mit anderen Akteuren im Spannungsfeld des Kompetenzmanagements aber häufig mit zu viel Aufwand für zu wenig Nutzen verbunden sind.

Als Lösungsansatz wurde in Abschnitt 4 eine generische Syntax mit übergeordneter Semantik vorgeschlagen, wodurch Kompetenzen, die bei Kompetenzentwickelnden die Rolle eines (zu bildenden) Produktes darstellen und für Unternehmen häufig als Ressource relevant sind, formalisiert werden können, ohne den beteiligten Akteuren eine bestimmte technische Umsetzung oder vorbestimmte inhaltliche Vokabulare aufzuzwingen. Dadurch kann die computerunterstützte Kommunikation über Kompetenzen und die Analyse von Kompetenzprofilen erleichtert werden. Mit diesem Ansatz verbindet sich auch die Hoffnung, dass sich anstelle des *einen*, allumfassenden Vokabulars für Kompetenzkataloge – welches aktuell unerreichbar erscheint – unterschiedliche für die jeweiligen Diskursuniversen in einzelnen Fachbereichen und Branchen gut geeignete Vokabulare herausbilden bzw. durchsetzen. Damit könnten diverse, interdisziplinäre und auch ganz neue Kompetenzprofile präziser beschrieben und gleichzeitig doch in einem interoperablen Format kommuniziert werden.

Im letzten Abschnitt (Abschnitt 5) wurde die generische Syntax in den Unternehmenskontext eingeordnet und der potenzielle Nutzen von Kompetenz-Mappings wurde anhand von exemplarischen Anwendungsfällen veranschaulicht.

Vergegenwärtigt man sich noch einmal die eingangs erwähnten aktuellen Entwicklungen

- zunehmend mehr neue, interdisziplinäre und auch spezialisierte Kompetenzprofile, Studiengänge, Spezialisierungsrichtungen und andere (Weiter-) Bildungsmöglichkeiten,
- Dynamik und Komplexität der Umfelder und
- die Notwendigkeit von lebenslangem Lernen und Weiterbildung, insbesondere vor dem Hintergrund der digitalen Transformation,

so wird deutlich, dass die computerunterstützte Darstellung von Kompetenzprofilen und Kommunikation von Kompetenzen nicht nur im Hochschulbereich nutzenstiftend sein kann, sondern auch im speziellen Bereich unternehmerischen Kompetenzmanagements.

Literatur

- Ahlers, O. (2018, Februar). Entwicklung und Kartierung lernerzentrierter, kompetenzbasierter medizinischer Curricula unter Berücksichtigung erforderlicher Ressourcen (Habilitationsschrift).
- Anderson, L. W. (2005). Objectives, evaluation, and the improvement of education. *Studies in Educational Evaluation*, 31(2–3), 102–113. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2005.05.004>.
- Antoniou, G./Antoniou, G. (Hrsg.). (2012). *A Semantic Web primer* (3rd ed.). Cambridge, Mass: MIT Press.
- Balzer, F. et al. (2015). Development and alignment of undergraduate medical curricula in a web-based, dynamic Learning Opportunities, Objectives and Outcome Platform (LOOP). *Medical Teacher*, 1–9. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2015.1035054>.
- Benning, A. et al. (2017). Anrechnung an Hochschulen: Organisation – Durchführung – Qualitätssicherung (Hochschulrektorenkonferenz, Hrsg.).
- Blaum, W. E. et al. (2013). Auf dem Weg zum Web 3.0: Taxonomien und Ontologien für die medizinische Ausbildung – eine systematische Literaturrecherche. *GMS Zeitschrift für Medizinische Ausbildung* 2013, 30(1). <https://doi.org/10.3205/zma000856>.
- Bussemaker, M. et al. (2017). An ontological approach to chemical engineering curriculum development. *Computers & Chemical Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2017.02.021>.
- Dafoulas, G. et al. (2012). Curriculum design tools: Using information modelling for course transformation and mapping. 2012 International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), 1–5. <https://doi.org/10.1109/ITHET.2012.6246064>.
- Dahlmeyer, M. et al. (2016). Die Zukunft des Kompetenzmanagements. gfwM THEMEN, (Spezial 2016). Abgerufen von <http://www.gfwm.de/fachlich/fachgruppen/kompetenzmanagement/die-zukunft-des-kompetenzmanagements/>.
- Dellmann, F. et al. (2018, Januar). Empfehlung zur Entwicklung und Umsetzung eines Fachqualifikationsrahmens in den Wirtschaftswissenschaften (Hochschulrektorenkonferenz, Hrsg.).
- Ellaway, R. H. et al. (2014). Curriculum inventory: Modeling, sharing and comparing medical education programs. *Medical Teacher*, 36(3), 208–215. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2014.874552>.
- Engelhardt, M. D. et al. (1956). *Taxonomy of educational objectives, handbook I: The cognitive domain*. (B. S. Bloom, Hrsg.). New York: David McKay.
- Franz, H./Ruschin, S. (2006). Modularisierung als Schlüsselinstrument der Studienreform. *Journal Hochschuldidaktik*; 17. Jahrgang 2006 Heft 1. <https://doi.org/10.17877/de290r-8486>.
- Gangemi, A. et al. (2009). Ontology Design Patterns. In *Handbook on ontologies* (2nd ed., S. 221–243). Berlin: Springer.
- Guarino, N. et al. (2009). What is an Ontology? In S. Staab & R. Studer (Hrsg.), *Handbook on ontologies* (2nd ed., S. 1–17). Berlin: Springer.
- Hendy-Isaac, S. (2014, März 31). *The Rough Guide to Curriculum Design – Course Design and Approval (Generic Version)* (Birmingham City University, Centre for Enhancement of Learning &

- Teaching (CELT), Hrsg.). Abgerufen von <http://jisdesignstudio.pbworks.com/w/page/36560187/T-SPARC%20Project>.
- Hochschulrektorenkonferenz. (2013). Kompetenzen im Fokus. Abgerufen von www.hrk-nexus.de.
- Johns-Boast, L. (2014). Curriculum drift: A multi-dimensional perspective. Proceedings of the 2014 Australian Association for Engineering Education (AAEE) Conference. Gehalten auf der Wellington, New Zealand. Abgerufen von https://openresearch-repository.anu.edu.au/bitstream/1885/18259/2/01_Johns-Boast_Curriculum_drift_A_2014.pdf.
- Lehmann, F. (1992). Semantic networks. *Computers & Mathematics with Applications*, 23(2–5), 1–50. [https://doi.org/10.1016/0898-1221\(92\)90135-5](https://doi.org/10.1016/0898-1221(92)90135-5).
- MERLIN. (o. J.). Abgerufen 25. März 2019, von MERLIN website: <http://www.merlin-bw.de/>.
- Meyer, M. P. (2006). Management von Ingenieurkompetenzen im Spannungsfeld beruflicher Arbeitsteilung. Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verl.
- Parundekar, R. et al. (2010). Linking and Building Ontologies of Linked Data. In P. F. Patel-Schneider, Y. Pan, P. Hitzler, P. Mika, L. Zhang, J. Z. Pan, ... B. Glimm (Hrsg.), *The Semantic Web – ISWC 2010* (Bd. 6496, S. 598–614). https://doi.org/10.1007/978-3-642-17746-0_38.
- Pereira, C. K. et al. (2018). Linked Data in Education: A Survey and a Synthesis of Actual Research and Future Challenges. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 11(3), 400–412. <https://doi.org/10.1109/TLT.2017.2787659>.
- Rawle, F. et al. (2017). Curriculum Mapping Across the Disciplines: Differences, Approaches, and Strategies. *Collected Essays on Learning and Teaching (CELT)*, 10, 75. <https://doi.org/10.22329/ce.lt.v10i0.4765>.
- Reichenberger, K. (2010). Kompendium semantische Netze / Konzepte, Technologie, Modellierung. Abgerufen von http://primoproxy.slub-dresden.de/cgi-bin/permalink.pl?TN_libero_mab214632181.
- Rezgui, K./Mhiri, H. (2018). Modeling Competencies in Competency-Based Learning: Classification and Cartography. 2018 JCCO Joint International Conference on ICT in Education and Training, International Conference on Computing in Arabic, and International Conference on Geocomputing (JCCO: TICET-ICCA-GECO), 1–8. <https://doi.org/10.1109/ICCA-TICET.2018.8726208>.
- Schaffert, S. et al. (2008). Underlying concepts and theories of learning with the semantic web. In M. Kalz, R. Koper, V. Hornung-Prähauer, & M. Luckman (Hrsg.), *Proceedings of the Technology Support for Self-Organized Learners Workshop (TSSOL 2008)* (S. 67–83). Abgerufen von <http://ceur-ws.org/Vol-349/schaffert.pdf>.
- Seering, J. et al. (2015). Mapping Outcomes in an Undergraduate Aerospace Engineering Program. Proceedings of the 2015 ASEE Conference and Exposition. Gehalten auf der ASEE Annual Conference & Exposition, Seattle, Washington. Abgerufen von <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/106654>.
- Shilling, T. (2013). Opportunities and Challenges of Curriculum Mapping Implementation in One School Setting: Considerations for School Leaders. *Journal of Curriculum and Instruction*, 7(2). <https://doi.org/10.3776/joci.2013.v7n2p20-37>.

- Spath, D. et al. (2015). Kompetenzentwicklung in der Industrie 4.0. In H. Meier (Hrsg.), *Lehren und Lernen für die moderne Arbeitswelt* (S. 113–124). Berlin: GITO.
- Uchiyama, K. P./Radin, J. L. (2009). Curriculum Mapping in Higher Education: A Vehicle for Collaboration. *Innovative Higher Education*, 33(4), 271–280. <https://doi.org/10.1007/s10755-008-9078-8>.
- UNESCO (o. J.). UNESCO SKOS nomenclature of the field of science and technology. Abgerufen 18. Juni 2019, von United Nations Educational Scientific and Cultural Organization website: <http://skos.um.es/unesco6/>.
- Willett, T. G. (2008). Current status of curriculum mapping in Canada and the UK. *Medical Education*, 42(8), 786–793. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2008.03093.x>.
- Winkler, M. et al. (2015). *Lebenslanges Lernen – Neue Ansätze für die Textilwirtschaft*. In H. Meier (Hrsg.), *Lehren und Lernen für die moderne Arbeitswelt* (S. 15–38). Berlin: GITO.
- ZBW – Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft (o. J.). Standard-Thesaurus Wirtschaft (STW): Home. Abgerufen 18. Juni 2019, von <http://zbw.eu/stw/versions/latest/about.de.html>.

Lernen und Kompetenzentwicklung in Arbeitssystemen mit künstlicher Intelligenz

Uta Wilkens, Dominik Lins, Christopher Prinz, Bernd Kuhlenkötter

1. Einleitung

Arbeitssysteme, in denen Lösungen durch das Zusammenwirken menschlicher und künstlicher Intelligenz (KI) erzeugt werden, gewinnen in Produktion, Dienstleistung und Versorgungssystemen erkennbar an Bedeutung. Unter KI versteht man intelligentes Problemlösen durch Maschinen – Computer, Roboter und digitale Assistenzsysteme – die ausgehend von großen Datenmengen mittels Algorithmen Entscheidungsalternativen und Lösungswege erarbeiten. Dabei wird nicht nur individuelle Intelligenz simuliert, sondern es entstehen maschinell erzeugte Selbstlernprozesse durch technische Rückkopplung unter Maschinen (Wisskirchen et al. 2017). KI impliziert eine sozio-technische Systementwicklung, weil die maschinell erzeugte Dynamik mit individuellen Entscheidungen, Arbeitshandlungen, Lernprozessen und Leistungskomponenten verbunden ist. Es entstehen Arbeitssysteme mit verteilter Intelligenz (Cobb 1998; Fischer 2001).

Durch KI gelangt eine mit der Technologie bislang nicht assoziierte Dimension in das Arbeitsgeschehen. Bis dato war Technologie ein Werkzeug, mit dem Menschen eine Arbeitshandlung besser und präziser ausführen können als ohne dieses Werkzeug. Nunmehr lernt auch die Technologie hinzu, findet eigene Wege der Optimierung und erzeugt so Dynamik und Veränderung. Dies betrifft das Individuum und die Systemebene der Organisation. Der Begriff des Lernens wird üblicherweise auf Individuen, Gruppen und Organisationen, also reflexive individuelle und kollektive Handlungssysteme bezogen (Wilkens 2009a), aber nicht auf die Technologie. Wenn auch die Technologie lernt, dann wird dies das sich wechselseitig beeinflussende Zusammenspiel aus Technologie, Mensch und Organisation (Orlikowski 1992) berühren. Dies kann die Lern- und Entwicklungspotenziale für Individuen und Organisationen erhöhen. Ob dies gelingt, ist allerdings eine Frage der sozio-technischen Systemgestaltung.

Gegenwärtig werden einerseits die besonderen Potenziale der KI herausgestellt, den Menschen zu trainieren und weiter zu qualifizieren. Es wird ein erweiterter Möglichkeitsraum für die Kompetenzentwicklung im Prozess der Arbeit (dazu Dehnbostel 2007) gesehen, weil die Technologie Lernimpulse während der Arbeitsausführung geben kann. Das besondere Potenzial liegt darin, dass KI nicht nur für die Entwicklung von Trainingstools genutzt werden, sondern auch eine

kontinuierlich lernförderliche Arbeitsumgebung schaffen kann. Andererseits ist dies nicht gleichbedeutend damit, dass durch den Einsatz von KI Arbeitssysteme entstehen, die zu einer Weiterentwicklung des Menschen führen. Hirsch-Kreinsen und ten Hompel (2017) stellen sowohl Szenarien der Höherqualifizierung als auch der De-Qualifizierung heraus. Letztere erscheinen gerade in Bereichen mit geringer Eingangsqualifikation wahrscheinlich, in denen Maschinen den Menschen die Denkleistung abnehmen und perspektivisch ihre Aufmerksamkeit bei der Ausübung von Tätigkeiten einschränken können (Wilkens/Artinger 2019).

Derzeit besteht hoher Forschungsbedarf sowohl hinsichtlich einer empirischen Fundierung als auch einer konzeptionellen Unterfütterung der im Arbeitssystem zusammentreffenden Lernprozesse seitens der Technologie, der Individuen und der Organisation. Eine konzeptionelle Herangehensweise setzt einen interdisziplinären Dialog hinsichtlich des Lernverständnisses voraus. Das Grundverständnis von Lernen ist in der KI-Forschung zum Beispiel anders angelegt als in der arbeitspädagogischen Forschung und den Arbeiten zum organisationalen Lernen. Mit dem Einsatz von KI im Arbeitskontext treffen diese Entwicklungsansätze aufeinander. In epistemologischer Hinsicht ist der Dialog zwischen den Disziplinen herausfordernd (Sanzogni et al. 2017), für die zukünftige Nutzung von KI in Arbeitssystemen aber notwendig.

Dieser Beitrag ist konzeptioneller Natur und spiegelt den Einsatz von KI aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Perspektiven wider, um darauf aufbauend Ansatzpunkte für die erfolgskritischen Bereiche des sozio-technischen Designs zu finden. Daraus ergibt sich eine Basis für spätere empirische Untersuchungen. Zugleich gibt der Beitrag an Beispielen guter Praxis Hinweise zur Ausgestaltung lernförderlicher KI-basierter Arbeitssysteme.

2. Auswahl wissenschaftlich konzeptioneller Zugänge auf den Einsatz von KI in arbeitsbezogenen Lernprozessen

2.1. KI und maschinelles Lernen in der Produktion

Für die Wissenschaft ist KI kein neues Thema (Gevarter, 1985; Duchessi et al. 1993), sondern erfährt derzeit eine Renaissance, die anders als in der ursprünglichen Welle aber mit einer stärkeren Durchsetzungskraft in der Praxis verbunden ist (acatech 2019). KI lässt sich weiter untergliedern nach „Artificial General Intelligence“, „Artificial Narrow Intelligence“ und „Artificial Super Intelligence“ (Kaplan/Haenlein 2018). Das Potenzial wird durch maschinelle Lernverfahren erschlossen.

Erste Ansätze des Einsatzes von KI sind in der Produktion bereits vorzufinden. Voraussetzung für die Anwendung der verschiedenen Methoden der KI ist das Vorhandensein von Daten in ausreichend großer Menge und in erforderlicher Güte. Je nach verwendetem Lernverfahren müssen die Daten in einem speziellen

Format vorliegen. Die Unterscheidung betrifft hier auf der einen Seite den Bereich des unüberwachten Lernens, bei dem ohne bekannte Zielgröße versucht wird, eine zusätzliche Informationsgewinnung aus den Daten zu erzeugen. Auf der anderen Seite steht das überwachte Lernen, bei dem die Daten jeweils eine bestimmte (klassierte) Zielgröße aufweisen müssen, mithilfe derer man einen Algorithmus trainieren kann. Durch Einsatz dieser Verfahren sind beispielsweise Vorhersagen im Kontext von Predictive Maintenance erschlossen worden. Auch die Logistikbranche nutzt KI in verstärktem Maße, wodurch zum Beispiel durch intelligente Datenanalyse der Warenfluss agiler und weniger störanfällig gestaltet werden kann (Fauland 2018). Diese Entwicklungen implizieren jedoch nicht, dass auch die Arbeitssysteme vollständig autonom durch die KI gesteuert werden. Die Menschen überwachen die Prozesse und stellen nach wie vor die letzte Instanz bei Entscheidungen dar. Sie handeln auf der Basis eigener Erfahrungen und Expertise.

KI erweitert die Nutzung von Expertensystemen. Expertensysteme stellen ganz grundsätzlich Systeme dar, die das Wissen und die Erfahrung von Experten in Wissensdatenbanken strukturiert abspeichern und auf diese Weise Entscheidungen auch automatisiert unterstützen können. Die anzulegenden Wissensdatenbanken werden überwiegend manuell durch den Menschen, ggf. teilautomatisiert erstellt und benötigen keinerlei Beispieldaten, um angelegt oder genutzt werden zu können. Entsprechend aufwändig sind die Systeme bei der Erstellung und Pflege. Anders ist dies beim Einsatz maschineller Lernverfahren. Hierbei nutzt das System eine Vielzahl von Trainingsdaten, um aus ihnen selbstständig Modelle zu erzeugen, die mit neuen Daten gefüllt werden können. Für das Selbstlernen der Systeme muss im Vorfeld ein geeignetes Lernverfahren ausgewählt werden. In produzierenden Unternehmen werden beide Wege verknüpft angewandt. Idealerweise werden Systeme nicht sich selbst überlassen, sondern mittels Expertensystemen wird zunächst eine Wissensdatenbank aufgebaut, auf deren Basis das Selbstlernsystem aufsetzen kann. Auf diese Weise werden selbstlernende Systeme integriert, welche die bereits vorhandene Wissensgrundlage und die neu erfassten Daten nutzen, um Modelle weiterzuentwickeln und als System selbst daraus zu lernen.

Aktuell hat der Einsatz von KI-Methoden in der Produktion durch Randbedingungen seine Grenzen. Es kann häufig nur Expertenwissen genutzt werden, da für die Schaffung einer ausreichenden Datenbasis eine Vielzahl an Sensoren für die Datengenerierung verbaut werden müssen. Deren Messwerte müssen aufbereitet (klassiert) und entsprechend abgelegt werden, um diese dann mithilfe von KI auszuwerten. Ist die Datenerfassung in der Fertigung aufgrund eines hohen Automatisierungsgrades oftmals schon relativ gut vorbereitet, ist insbesondere bei manuell ausgeführten Arbeitsprozessen mit geringem Automatisierungsgrad kaum Sensorik vorhanden (Bauer et al. 2016). Auch die Datenbasis ist in der Regel für Methoden der KI noch nicht nutzbar. Aus dem aktuellen Stand des Einsatzes von KI in der Produktion lassen sich mehrere Hypothesen aufstellen:

- (i) In der Praxis werden bei Prozessen nicht genügend Daten erfasst.
- (ii) Die erfassten Daten entsprechen häufig nicht der erforderlichen Klassifizierung oder sind zu ungenau.
- (iii) Die Prozesse, die mittels KI analysiert, überwacht, gesteuert oder optimiert werden sollen, sind häufig nicht im notwendigen Detaillierungsgrad bekannt oder nicht in einem feinen Granularitätsgrad beschrieben.
- (iv) Es sind Rahmenbedingungen erforderlich, die eine Strukturierung und ein Vorgehen zur Aufnahme von Daten, auch technologiespezifisch, festlegen.

2.2. Adaptive Systeme als lernende maschinelle Systeme

Ein besonderes Entwicklungs- und Umsetzungspotenzial für die Industrie liegt im Einsatz adaptiver Systeme (Günthner et al. 2017). Die Adaptivität eines Systems zeigt sich darin, dass dieses sich individuell und situationsgetreu auf aktuelle Erfordernisse einstellen und rechtzeitig auf Veränderungen sowie Randbedingungen reagieren kann. In einem Arbeitssystem wirken einzelne oder mehrere Akteure mit Arbeitsmitteln in einem eingegrenzten Arbeitsraum zusammen, um die Funktion des Systems entsprechend der Aufgabe zu erfüllen (DIN EN ISO 6385:2004). Eine mögliche Adaptivität von Arbeitssystemen erfordert eine ausreichende Datengrundlage, auf deren Auswertung und Analyse diese Systeme Entscheidungen treffen können. Hier greift also analog zu der oben beschriebenen Situation in der automatisierten Produktion der Einsatz von Methoden der KI und des Maschinellen Lernens, um auch im Bereich der eher manuell ausgestalteten Arbeitssysteme die beschriebene Adaptivität zu fördern. Neben klassischen Anwendungen in der Produktion kann sich ein Arbeitsplatz auf die handelnden Akteure im Arbeitssystem einstellen. Zum Beispiel adaptiert das Montagesystem automatisch, ob ein Mitarbeiter Rechts- oder Linkshänder ist, welche Armlänge respektive Reichweite oder auch Einschränkungen eine Person hat. Zur Mitarbeiterunterstützung kann zusätzlich auch die Tagesform und damit die aktuelle Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit des Mitarbeiters überprüft und ausgewertet werden. Somit erhält ein Mitarbeiter individuell und flexibel das passende Maß an Arbeitsassistenz und es kann eine durchgängig hohe Produktivität erzielt werden. Durch den Einsatz verschiedener KI-Methoden und Verfahren führt eine an den Voraussetzungen und Bedürfnisstrukturen des Menschen ausgerichtete Unterstützung zu Produktivitätserhalt oder auch Produktivitätssteigerung.

2.3. KI und kognitive Lernprozesse des Menschen

Bereits stärker erforscht ist der Einsatz von KI in den Teilbereichen der Lernforschung, die sich mit kognitiven Informationsverarbeitungsprozesse des Menschen befasst. Zum Beispiel werden Machine-Learning-Modelle genutzt, um Sprache beim Lösen einer strukturierten oder explorativen Aufgabe zu erkennen und daraus eine Ableitung für anweisende Unterstützungen zu generieren (Rummel et al.

2016). Andere KI-Modelle werden bei intelligenten Tutoren Systemen (ITS) verwendet, um Lernende beim Lernprozess step-by-step zu unterstützen und individuelle Anpassungen des Lerninhalts und der -methode vorzunehmen (Holstein et al. 2017). Andere Machine-Learning-Modelle dienen dazu, auf Basis von vergangenen Aktivitätsdaten von Lernenden, Vorhersagen über die zukünftige Performance von Lernenden zu treffen und dahingehend zu prüfen, ob Lerninhalte zu einer Unterforderung führen, um diese Inhalte dem Schwierigkeitsgrad anzupassen, damit ein möglichst hoher Lernerfolg erzielt werden kann (Mazziotti et al. 2015).

Holmes et al. (2018) haben eine Übersicht zu technologiegestütztem personalisiertem Lernen erstellt (s. Tabelle 1). Dabei wird die Unterstützung der einzelnen Werkzeuge auf das Personalisierungskontinuum bezogen. Es wird deutlich, dass sich diese Werkzeuge am häufigsten auf die Lerninhalte, den Weg des Lernens und die Geschwindigkeit des Lernens beziehen.

Type of tool (tag)	Personalisation continuum: Tool:	Aim	Ap- proach	Content	Group	Pathway	Pace
ITS and other adaptive technologies	Cognitive Tutor			X		X	X
	Assistments	X		X		X	X
	WriteToLearn	X		X		X	X
	Accelerated Reader			X		X	X
	Maths-Whizz			X		X	X
	IBM Watson			X		X	X
	Context			X		X	X
	Bettermarks			X		X	X
Learning network orchestrators	Busuu			X	X	X	
	Third Space Learning			X	X	X	
	Smart Learning Partner	X			X	?	?
ELEs	Crystal Island		X	X	X		
	iTalk2Learn		X		X		
Smart LMS	Spectra Secondary Schools			X		X	X
	Florida Virtual School			X	X		
	AltSchools			X		X	X
	Google Classroom				X	X	
	Kapiert.de			X		X	X
	Snappet			X		X	X
	DiLer	X	X	X	X	X	X

Tabelle 1: Technologisch verbesserte personalisierte Lernwerkzeuge, nach Art und Dimension der Personalisierung geordnet (Holmes et al. 2018)

Der Einsatz von KI zur Unterstützung von individuellen Lernprozessen ist in der kognitionswissenschaftlichen Lernforschung aufgegriffen worden und stützt sich auf Probandenstudien mit Kindern. Für komplexere Arbeits- und Organisationsprozesse, für die auch soziale Interaktionen von Relevanz sind, gibt es bislang keine vergleichbaren Untersuchungen im industriellen Umfeld.

2.4. KI und sozial-kognitive Lernprozesse im Arbeitshandeln

Arbeitsprozesse werden durch sozio-technische Systembedingungen beschrieben. Betrachtet man Lernen in sozialen Systemen, dann erkennt man Lernen daran, dass Individuen sich neue Verhaltensmuster aneignen oder bestehende Verhaltensmuster ändern (Trautner 1992). Dabei spielen kognitive und soziale Verarbeitungsprozesse gleichermaßen eine Rolle (Bandura 1986). Kognitionen, Fähigkeiten und Fertigkeiten werden erweitert oder Motivlagen und Einstellungen werden verändert (Lewin 1942; Wilkens 2009a). Der dahingehende Lernimpuls kann unterschiedlich stark formalisiert sein. Während Unterrichtungen, Übungen und Trainings als formales Lernen zu klassifizieren sind, bezeichnet man den Aufbau von Erfahrung in privaten und beruflichen Zusammenhängen als informelles Lernen (Dehnbostel et al. 2003; Rohs 2019). Geht es nicht nur um den Erwerb von Wissen in seiner inhaltlichen Komponente – darunter fasst man Wissen über Dinge (Faktenwissen), Wissen über Ereignisse (episodisches Wissen) oder Wissen über Zusammenhänge (prozedurales Wissen; Heideloff/Baitsch 1998) –, sondern um die Ausbildung von Kompetenz, dann spielt erfahrungsbasiertes Lernen durch allgemeine und berufliche Sozialisation eine besonders wichtige Rolle (Rohs 2019). Auf die Relevanz der „Kompetenzentwicklung im Prozess der Arbeit“ (Dehnbostel 2007) ist immer wieder hingewiesen worden.

Unter Kompetenz versteht man die situationsübergreifende Handlungs- und Problemlösungsfähigkeit eines sozialen Akteurs (Individuum, Gruppe, Organisation, Netzwerk), die sich in einer dem jeweiligen Kontext angemessenen Handlung offenbart (Sydow et al. 2003; Wilkens et al. 2006). Den Begriff der Kompetenz verwendet man, wenn man das Fähigkeitspotenzial auch bei sich ändernden Tätigkeiten hervorheben möchte. Kompetenz zeigt sich dabei an der Performance der Handlung und wird durch unterschiedliche Kompetenzfacetten näher bestimmt. Zwar unterscheiden sich die Systematisierungsansätze in ihrer Terminologie, zeigen aber darin Übereinstimmung, dass die Dimensionen jeweils zusammengekommen ein ganzheitliches Bild von der Handlungsfähigkeit ergeben (s. Tabelle 2). Bei der Kompetenz geht es um die Verhaltensdispositionen für den erfolgreichen Umgang mit ungewissen Handlungssituationen.

Erpenbeck/ Heyse 1999	Kauffeld 2002	Schreyögg/ Kliesch 2004	Wilkens/Kel- ler/Schmette 2006
Fachlich-metho- dische Komp. Sozial-kommuni- kative Komp. Aktivitäts- u. Umsetzungsori- entiertere Komp. Personale Komp.	Fach-Komp. Methoden- Komp. Sozial-Komp. Selbst-Komp.	Interpretations- vermögen Verknüpfungs- Know-how Kooperations- vermögen	Komplexitäts- bewältigung Selbstreflexion Kombination Kooperation

Tabelle 2: Systematisierungsansätze für individuelle Kompetenz

Die Reflexion wird dabei als wichtige Voraussetzung für den Kompetenzaufbau gesehen. Hierbei geht es um die subjektive Auswertung gesammelter Erfahrungen und die Verknüpfung eines neuen Inhalts mit den individuellen kognitiven Schemata. Danach ist es weniger der Handlungsvollzug als solcher, sondern die Auseinandersetzung mit der eigenen Handlung aus der Meta-Perspektive, durch die gelernt wird. Im Action Learning und After Action Review werden der Aufbau von Handlungserfahrung und die Reflexion über diese Erfahrung bewusst forciert, um Kompetenzentwicklung zu betreiben (Kolb 1984; Revans 1980; Pawlowsky et al. 2008). Durch Reflexion werden Handlungserfahrungen in Zusammenhang zu früheren Erfahrungen gebracht, womit sich die möglichen Handlungsalternativen erhöhen.

Resümiert man den Einsatz von KI im Arbeits- und Lernprozess aus der hier aufgezeigten lerntheoretischen Perspektive, so können ganz unterschiedliche kompetenzförderliche Impulse vermutet werden:

- Der Reflexionsprozess über die eigenen Handlungsvollzüge kann maschinell unterstützt und verstärkt werden.
- Es kann maschinell mittels Sensorik erkannt werden in welche Richtung individuelle Reflexion geht, um daraus Rückschlüsse für die Systemebene zu ziehen.
- Es kann maschinell erkannt werden, wo individuelle Handlungsvollzüge gehäuft fehlerbehaftet sind und optimiert werden sollten. Die Maschine wird zum Feedbackgeber.

- Digitale Tools können den Aufbau von Erfahrung forcieren, indem sie das Individuum mit seltenen Problemsituationen konfrontieren, sodass die Fähigkeit zur Bewältigung von Unsicherheit in kritischen Handlungssituationen gestärkt wird.

Es können aber auch kompetenzmindernde Effekte durch KI ausgelöst werden:

- Es kann vorkommen, dass Individuen Fertigkeiten nicht mehr beherrschen, weil sie in der Regel maschinell ausgeführt werden.
- Es kann vorkommen, dass Individuen weniger aufmerksam sind und die eigene Reflexion über den Prozess abschwächen, weil sie sich rein auf die maschinelle Rückkopplung verlassen.
- KI orientiert auf sachlogische Verknüpfungen, die sich aus Algorithmen ergeben. Sonst erforderliche soziale Kompetenzen oder Kooperationsvermögen werden hingegen kaum aktiviert, um zu einer Problemlösung zu gelangen. In der Folge können sie in den Hintergrund geraten.
- Insgesamt orientiert KI stark auf die kognitive Seite des Lernens, wohingegen soziale Facetten unterentwickelt bleiben.

Koppelt man diese Implikationen an die in Tabelle 2 aufgeführten Kompetenzdimensionen und Systematisierungsansätze rück, so beeinflusst KI die fachlich-methodische Kompetenz des Individuums, auch im Sinne von Verknüpfungs-Know-how, Komplexitätsbewältigung und Kombination, und kann ferner die Selbstreflexion verstärken. Ein Einfluss auf soziale Kompetenz, Kommunikationsfähigkeit und Kooperationsvermögen ist nicht erkennbar. Möglicherweise treten diese Dimensionen unbeabsichtigt in den Hintergrund.

2.5. KI und organisationale Lernprozesse

Mit organisationalem Lernen beschreibt man die Veränderung der organisationalen Wissensbasis als Ergebnis der Interaktion zwischen Organisation und Umwelt (Wilkens 2009b). Levitt und March (1988, S. 319) definieren organisationales Lernen als „encoding inferences from history into routines that guide behavior“. Von organisationalem Wissen spricht man demnach, wenn Wissen strukturell in der Organisation, z. B. in Routinen und Verfahren, verankert ist (Cyert/March 1963) oder über kollektive Deutungen und Interaktionssysteme erzeugt und in Handlung umgesetzt wird. Senge (1991) hebt in diesem Zusammenhang gemeinsam geteilte mentale Modelle hervor. Betriebliche Akteure spielen eine wichtige Rolle bei der Herausbildung organisationalen Wissens, da dieses durch die Organisationsmitglieder in einer Erfahrungsgemeinschaft konstruiert wird. Dies beschränkt sich nicht auf explizites Wissen, sondern schließt auch implizites Wissen ein, welches sich nicht in Expertensystemen verdichten lässt (Sanzogni et al. 2017).

In systematischer Weise wird der Übergang vom individuellen zum organisationalen Wissen durch Crossan, Lane und White (1999) beschrieben. Ihr 4-i-Modell zeigt entlang der vier Phasen Intuition, Interpretation, Integration und Institutionalisierung, wie aus individueller Erfahrung eine institutionalisierte organisationale Routine wird (s. Tabelle 3).

Lernebene	Lernprozess	Inputs	Outputs
Individuum	Intuition	individuelle Erfahrungen Images	persönliche Einsicht
	Interpretation	Sprache Metaphern	Dialog, gemeinsame Verständigung
Gruppe	Integration	Gruppennormen und Austauschregeln interaktive Systeme	Kognitive Landkarten
Organisation	Institutionalisierung	Routinen, Regeln u. Verfahren	Wissenssysteme

Tabelle 3: 4-i-Modell organisationalen Lernens (Quelle: Crossan et al. 1999)

Deutlich wird, dass sich Lernen und Wissen auch hier nicht auf kognitive Informationsverarbeitung reduzieren lässt und nicht objektivierbar ist, sondern ebenso die Werte, Normen und Ausdrucksformen eines Handlungssystems einschließt. Das Wissen wird als stark kontextbezogen beschrieben.

Darüber hinaus werden unterschiedliche Niveaustufen des organisationalen Lernens unterschieden, über die das Maß der Veränderung bei der Informationsverarbeitung angegeben wird. Argyris und Schön (1978; s. auch Argyris 2003) unterscheiden zwischen:

- Single-loop-learning – dies ist gleichbedeutend mit einer Verhaltensanpassung aufgrund von wahrgenommenen Soll-Ist-Abweichungen.
- Double-loop-learning – hier werden erhaltene Rückmeldungen so übersetzt, dass auch das Zielsystem der Organisation zur Disposition steht.
- Deutero-learning – hier wird auf einer Meta-Ebene das Deutungssystem, über das der Lernprozess erfolgt, verändert. Das dem Lernprozess zugrundeliegende Interpretationsschema wird selbst zum Gegenstand des Lernprozesses.

Die neuere Wettbewerbsforschung greift diese Überlegungen zum organisationalen Lernen auf. Folgt man dem ressourcenorientierten Ansatz, dann kann spezifisches organisationales Wissen, das im Laufe der Organisationsentwicklung institutionalisiert wurde, auch als Kernkompetenz verstanden werden, die der nachhaltigen Sicherung von Wettbewerbsvorteilen dient (Barney 1991; Hamel/Prahalad 1990). In Erweiterung beschreiben Eisenhardt und Martin (2000) organisationale Routinen zur Erneuerung der Ressourcenbasis als dynamische Fähigkeit der Organisation und sehen darin die Voraussetzung für den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit. Die organisationale Wissensbasis wird in diesem Sinne als dynamische Fähigkeit konzeptualisiert (Barney/Felin 2013), die dem Double-loop-learning dient. Diesbezüglich wurden organisationale Kompetenzen – analog zur Individuumsebene – näher spezifiziert. Sowohl Schreyögg und Kliesch (2004) als auch Wilkens et al. (2006) beziehen ihre Systematisierungsansätze auch auf die Organisationsebene. Nach Schreyögg und Kliesch (2004) kann dementsprechend von organisationalem Interpretationsvermögen, Verknüpfungs-Know-how und Kooperationsvermögen gesprochen werden. Wilkens et al. (2006) heben die Fähigkeit der Organisation zur Komplexitätsbewältigung, Selbstreflektion, Kombination und Kooperation hervor.

Resümiert man den Einsatz von KI im Lichte der Organisationsforschung zu organisationalem Lernen, dann zeigen sich ebenfalls lernförderliche und möglicherweise einschränkende Tendenzen.

KI hat ein besonderes Potenzial,

- um durch die Erfassung und systematische Auswertung individueller Handlungsvollzüge die Übersetzung in organisationales Wissen zu intensivieren,
- eine hohe Intensität und Reichweite organisationalen Lernens zu erzielen, da es nicht nur um Informationen, sondern auch um Sprache, Mimik, Blickführung u. ä., also unterschiedliche Ausdrucksformen geht, über die sich auch Emotionen und Normen erkennen und als Akzeptanz- und Befindlichkeitszustände an das Gesamtsystem rückkoppeln lassen.
- durch kontinuierliche Erfassung von Daten und Handlungsvollzügen das Single-loop-learning zu verstärken, indem Abweichungen in Echtzeit erkannt werden.
- unter Nutzung großer Datenmengen die impliziten Logiken organisationaler Handlungsabläufe zu erschließen und daraus Rückschlüsse für verwendete Deutungsmuster zu generieren bzw. Impulse für deren Erweiterung zu geben (Deutero-learning).

- alle kognitiven, reflexiven und kombinatorischen Fähigkeiten der Organisation zu stärken.

Grenzen der KI zeigen sich an folgenden Stellen:

- Die Möglichkeiten zur Verstärkung des Double-loop-learning bleiben begrenzt, weil sich eine Neuausrichtung von Zielsystemen weniger aus der intelligenten Auswertung des Vorhandenen ergibt, als vielmehr in Abgrenzung dazu entsteht und in der Regel mit implizitem Wissen verbunden ist.
- Kooperationsmuster werden allein durch KI nicht gestärkt. Es können zwar Plattformen aufgebaut werden. Diese funktionieren aber nicht ohne kooperativen Handlungswillen und diesbezügliche Interaktionsfähigkeiten.
- Möglicherweise kann auch auf Organisationsebene das sich Verlassen auf technische Prozesse die soziale Fähigkeit zur Kooperation in den Hintergrund treten lassen.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass KI organisationale Lernprozesse verstärken und intensivieren kann und auch aus dieser Betrachtung heraus sowohl als organisationale Kernkompetenz als auch als dynamische Fähigkeit zur Sicherung der Wettbewerbsstärke eingeordnet werden kann.

2.6. Resümee

KI beeinflusst in Arbeitssystemen die Lernprozesse und die Kompetenzentwicklung. Dabei begegnet KI dem Menschen auf zweierlei Weise, direkt im Sinne eines lernunterstützenden KI-Tools und indirekt im Prozess der KI-basierten Arbeitsumgebung. Durch KI kann formales und informelles Lernen gleichermaßen berührt sein. Es wurde herausgestellt, dass die informellen Lernprozesse im Arbeitsgeschehen besonders bedeutsam für die Kompetenzentwicklung sind. Daher ist besonderes Augenmerk auf die KI-basierten Arbeitsumgebungen zu richten.

Es ist ferner deutlich geworden, dass KI-basierte Arbeitssysteme ein hohes, wenngleich derzeit nicht ausgeschöpftes Potenzial zur Förderung individueller und organisationaler Lernprozesse aufweisen. Bezeichnend ist, dass KI die Handlungsfähigkeit nicht nur im Sinne einfacher Anpassungen, sondern auch im Sinne erweiterter Niveaustufen fördern kann. Es ist aber auch deutlich geworden, dass die lernförderliche Wirkung sich am ehesten in den Bereichen zeigt, in denen es um explizites Wissen und kognitive Fähigkeiten der Informationsverarbeitung, Komplexitätsbewältigung und Kombinatorik geht, wohingegen soziale Fähigkeiten und Kooperationsvermögen, beides zentrale Voraussetzungen für Handlungsfähigkeit, durch KI bislang nicht sichtbar ausgebaut werden können. Diese Facetten sind demzufolge durch weitere organisatorische Weichenstellungen und ergänzende Trainings und Maßnahmen sicherzustellen.

In Abbildung 1 werden die Niveaustufen herausgestellt, die durch KI-Einsatz entweder mittels gezielter Lerntools (formal und bewusst gestalteter Lernprozess) oder mittels KI-Arbeitsumgebungen (informell im Prozess der Arbeit) derzeit schon erreicht werden oder perspektivisch im Zuge von Implementierungsprozessen im Auge zu behalten sind. Es zeigen sich daran die Herausforderungen der sozio-technischen Systemgestaltung. Maßgeblich wird es sein, die technologisch gestützte, stark auf Kognitionen gerichteten Dimensionen des Lernens mit den sozialen Facetten des Lernens als Voraussetzung für eine menschenzentrierte Systementwicklung zu verzahnen.

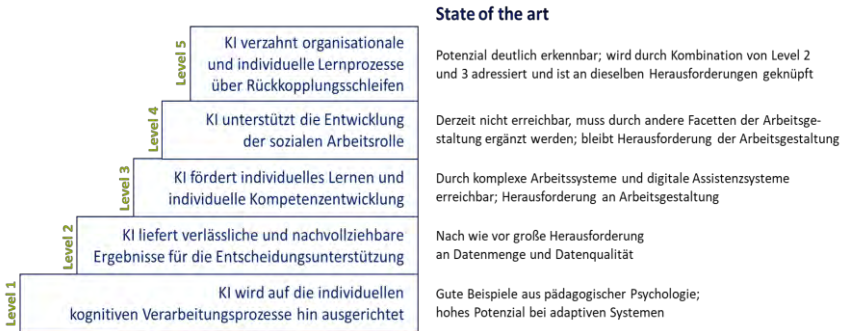


Abbildung 1: Taxonomie des KI-gestützten Lern- und Entwicklungspotenzials (eigene Darstellung)

3. Beispiele für die Nutzung des Befähigungspotenzials von KI

Auch wenn die Potenziale der KI zur Förderung individueller und organisationaler Lernprozesse bislang nicht ausgeschöpft sind, gibt es doch richtungsweisende Beispiele für die weitere Entwicklung. Diese sollen abschließend verdeutlicht werden.

3.1. Potenziale der KI für inhaltliches und prozedurales Wissen

Wie bereits erläutert kann KI für verschiedene Ausprägungen der Kompetenzentwicklung genutzt werden, die sich auf den Lernerfolg des Individuums und auf die Wissensbasis eines Unternehmens auswirken. So kann KI zur autonomen Generierung von allgemeinem Lern-Content genutzt werden und individuelle Anpassungen des Lernsystems bezogen auf die Bedürfnisse des Users vornehmen (Ullrich et al. 2015a).

Für die Kompetenzentwicklung sind Assistenzsysteme in der Produktion (Instandhaltung, Fertigung und manuelle Montage) ein mögliches Medium. Assistenzsysteme stellen Informationen zur Ausführung von Tätigkeiten bereit und ermöglichen die Vermittlung von prozeduralem Wissen, sodass hier ein Potenzial zur Befähigung von Mitarbeitenden angelegt ist (Ullrich et al. 2016). Assistenzsysteme, so wie sie derzeit in der Produktion zum Einsatz kommen, unterstützen den

Menschen kognitiv oder physisch. Als Beispiel für Assistenzsysteme sind Cobots zu nennen, die in MRK-Anwendungsszenarien für eine physische Unterstützung von Menschen in der manuellen Montage sorgen. Zusätzlich wird bei der MRK mittels KI die Menscherkennung im Bereich des maschinellen Sehens, welches unter dem Begriff der Human Pose Estimation zusammengefasst wird, eingesetzt. Im Fokus der Menscherkennung mit Methoden der KI stehen die Lokalisierung bestimmter Körperpunkte sowie die Rekonstruktion der menschlichen Haltung innerhalb eines Bildes. Mithilfe dieser Erkennung werden die Bahnplanungen und die Steuerung der Roboter erstellt bzw. optimiert (Lemmerz et al. 2019). Als kognitive Unterstützung sind Assistenzsysteme zu nennen, die bei manuellen Montageprozessen unterstützen und zu Instandhaltungsprozessen befähigen. In komplexen Lernszenarien sind die genannten Varianten in der Lern- und Forschungsfabrik (LFF) am Lehrstuhl für Produktionssysteme (LPS) der Ruhr-Universität Bochum zu finden (<https://www.lps.ruhr-uni-bochum.de/lernfabrik/>). Daran zeigt sich, dass die Einsatzmöglichkeiten für kognitive Assistenzsysteme in der Produktion sowohl Inhalte als auch prozedurales Wissen zur Ausübung von Tätigkeiten ermöglichen (Prinz et al. 2017) und der Entscheidungsunterstützung dienen können:

- 1) Prozedurales Wissen wird digital bereitgestellt zur Durchführung eines Prozesses
 - a. Situative Bereitstellung
 - b. Offene / allgemein zugängige Wissensdatenbank
- 2) Konzeptionelles und prozedurales Wissen wird bereitgestellt
 - a. Intrinsisch motiviert angeeignet
 - b. Zur Kompetenzerweiterung gezielt vermittelt
- 3) Wissen wird bereitgestellt zur Entscheidungsfindung

KI kann bei der automatischen Speicherung und Bereitstellung von prozeduralem Wissen genutzt werden. Dies bedingt im Bereich der Produktion allerdings einen sehr hohen Grad der Vernetzung, damit das KI-System auf eine möglichst große Anzahl von Daten zugreifen kann. Zu diesen Daten zählen u. a. auftragsbezogene Daten (z. B. aus dem MES, dem ERP), Maschinenzustandsdaten (z. B. Eingabeparameter durch den Nutzer), Maschinendaten (z. B. Funktionale Beschreibung, Geometrie der Maschine), Personendaten (z. B. Erfassung der Bewegung und Tätigkeit des Menschen). Diese Daten müssen von der KI interpretiert und anschließend als Wissensbausteine in einem geeigneten Format (z. B. bpmn) mit Content (z. B. Texten, Fotos, Videos, Sound, 3d-Animationen, Augmented-Reality-Visualisierung, etc.) als ausführbarer und für ein Assistenzsystem nutzbarer Code gespeichert werden.

Im Gegensatz zum Umgang von KI mit prozeduralem Wissen muss die KI bei Entscheidungsfindungen weit mehr Elemente erfassen und in Algorithmen berücksichtigen. Damit einher geht die notwendige Komplexität der Algorithmen

zur Analyse und ggf. Prädiktion, um z.B. dem Produktionsplaner und Steuerer Entscheidungshilfen zur Verfügung zu stellen.

KI kann ebenfalls eingesetzt werden, um organisationale Lernprozesse zu fördern, indem sie adaptiv, basierend auf personenbezogenen Daten und kontextsensitiv bezogen auf die Situation im Produktionssystem, aggregiertes, in den kollektiven Handlungsvollzügen erkennbares Wissen zur Verfügung stellt (Ullrich et al. 2015b). Hierbei müssen auch personenbezogene Daten (z. B. Lernverhalten, Alter, Geschlecht, Kompetenzen) erfasst werden. Dies stellt KI-Systeme daher vor eine große Herausforderung, da sie in der Regel mit sehr großen Datenmengen lernen müssen. Dies ist in der Produktion schwieriger, da eine mitarbeitende Person nicht kontinuierlich in einer KI-Arbeitsumgebung tätig ist. Folglich müssen in diesen Bereichen Experten-basierte Datensätze erstellt werden. Die Nutzung des Lernpotenzials ist entsprechend noch ausbaufähig.

3.2. Lernen über und mit KI in der Lern- und Forschungsfabrik (LFF)

Damit KI im industriellen Produktionsumfeld untersucht werden kann, wird es notwendig sein, Produktionsarbeitsplätze und die dazu gehörigen Produktionssysteme in einem hohen Grad zu vernetzen, um eine möglichst große Datenmenge zu erzeugen. Das Konzept für die LPS Lern- und Forschungsfabrik sieht vor, dass KI einerseits als Objekt bzw. Lerninhalt eines Seminars behandelt wird, andererseits aber auch für die Teilnehmenden als Methode genutzt wird, um diese im Lernprozess direkt zu unterstützen.

Als realitätsnahes Fabrikumfeld ist die Lernfabrik ein idealer Ort, um an dem vorhandenen Maschinenpark große Datenmengen der Maschinen zu sammeln, um dann mithilfe von KI Methoden für Predictive Maintenance zu demonstrieren. Teilnehmenden soll dabei der Weg der Daten aus den Maschinen über die Interpretation der Daten in einem KI-System und die dann daraus resultierende autonome Maschinenanpassung gezeigt werden. Als weiteres Anwendungsszenario in der Produktion werden ungelernete Probanden mithilfe eines Assistenzsystems und KI-Methoden Tätigkeiten durchführen, die sie vorher nicht kannten. Dabei soll das dazu notwendige Wissen autonom vom System selbst erstellt werden und gleichzeitig mit der Produktionsumgebung vernetzt sein, um prozessbegleitend die Durchführungsperformanz zu überprüfen und diese den Probanden als Feedback rückzukoppeln und so die Ausführung zu optimieren. In diesem Sinne lernen dann Individuen durch das System und die Organisation. In der LPS sind damit individuelle und organisationale Lernmöglichkeiten bereits erkennbar miteinander verzahnt.

Darüber hinaus bietet die komplexe Lernumgebung eine Grundlage, um in weiteren Untersuchungsansätzen auszuloten welche Weichenstellungen für die Entwicklung sozialer Arbeitsrollen erforderlich sind und inwieweit auch dies in die Technologieentwicklung als solche integrierbar ist.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Der vorliegende Beitrag hat das Potenzial der KI zur Förderung individueller und organisationaler Lernprozesse und einen Beitrag zur Verzahnung lerntheoretischer Perspektiven geleistet. Daraus hat sich auch eine Taxonomie der Nutzung der KI-gestützten Lern- und Entwicklungspotenziale ergeben. Auch wenn das beschriebene Potenzial derzeit nicht ausgeschöpft ist und bestehende Ansätze sich auf unteren Niveaustufen bewegen, so gibt es doch Beispiele guter Praxis, an denen sich Wege für die weitere Erschließung der Potenziale erkennen lassen. Es ist deutlich geworden, dass dies eine Aufgabe des sozio-technischen Designs ist.

Zugleich sollen die theoretisch-konzeptionellen Überlegungen dieses Beitrags eine Grundlage legen, um die lernförderlichen und -hinderlichen Wirkungen der KI auf Individuums- und Organisationsebene perspektivisch wie auch empirisch für Arbeitssysteme untersuchen zu können und dabei den Stand der Lernforschung angemessen zu reflektieren.

Literatur

- acatech (Hrsg.) (2019). *Lernende Systeme – Die Plattform für Künstliche Intelligenz. Künstliche Intelligenz und IT-Sicherheit – Bestandsaufnahme und Lösungsansätze*. München: PRpetuum.
- Argyris, C. (2003). A Life Full of Learning. *Organization Studies*, 24(7), 1178–1192.
- Argyris, C./Schön, D. A. (1978). *Organizational Learning – A Theory of Action Perspective*. Reading, Mass.: Addison Wesley.
- Bandura, A. (1986). *Social Foundations of Thought and Action. A Social Cognitive Theory*. Englewood Cliffs, NY: Prentice-Hall.
- Barney, J. B. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120.
- Barney, J. B./Felin, T. (2013). What Are Microfoundations?. *Academy of Management Perspectives*, 27(2), 138–155.
- Bauer, W. et al. (Hrsg.) (2016). *Leichtbauroboter in der manuellen Montage – Einfach einfach anfangen. Erste Erfahrungen von Anwenderunternehmen*. Stuttgart: Fraunhofer IAO.
- Cobb, P. (1998). Learning from distributed theories of intelligence. *Mind, Culture, and Activity*, 5(3), 187–204.
- Crossan, M. M. et al. (1999). An Organizational Learning Framework – From Intuition to Institution. *Academy of Management Review*, 24(3), 522–537.
- Cyert, R. M./March, J. G. (1963). *A behavioral theory of the firm*. Englewood Cliffs, NJ.
- Dehnbostel, P. (2007). *Lernen im Prozess der Arbeit*. Münster, New York: Waxmann.

- Dehnbostel, P. et al. (2003). *Informelles Lernen in modernen Arbeitsprozessen dargestellt am Beispiel von Klein- und Mittelbetrieben der IT-Branche*. Schriftenreihe der Senatsverwaltung für Wirtschaft, Arbeit und Frauen, Band 56: Berlin.
- DIN EN ISO 6385:2004-05. Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen.
- Duchessi, P. et al. (1993). A Research Perspective: Artificial Intelligence, Management and Organizations. *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 2(3), 151–159.
- Eisenhardt, K. M./Martin, J. A. (2000). Dynamic capabilities: What are they?. *Strategic Management Journal*, 21(10/11), 1105–1121.
- Erpenbeck, J./Heyse, V. (1999). *Kompetenzbiographie*. Münster: Waxmann.
- Fauland, J. (2018). Künstliche Intelligenz in der Logistik – Begriffe, Anwendungen und Perspektiven. In SSI Schäfer Whitepaper, IT Solutions GmbH (Hrsg.). Friesach.
- Fischer, G. (2001). Communities of Interest – Learning through the Interaction of Multiple Knowledge Systems. 24th Annual Information Systems Research Seminar in Scandinavia (IRIS'24), (Ulvik, Norway), 1–14. Bergen, Norway: Department of Information Science.
- Gevarter, W. B. (1985). *Intelligent machines: an introductory perspective of artificial intelligence and robotics*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Günthner W. et al. (2017). Adaptive Logistiksysteme als Wegbereiter der Industrie 4.0. In B. Vogel-Heuser, T. Bauernhansl, M. ten Hompel (Hrsg.), *Handbuch Industrie 4.0 Bd.4*. Springer Reference Technik (S. 99–125). Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Hamel, G./Prahalad, C. K. (1990). The Core Competence of the Corporation. *Harvard Business Review*, 68(3), 79–91.
- Heideloff, F./Baitsch, C. (1998). Wenn Wissen Wissen generiert: Erläuterungen rund um ein Fallbeispiel. In P. Pawlowsky (Hrsg.), *Wissensmanagement* (S. 67–83). Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Hirsch-Kreinsen, H./ten Hompel, M. (2017). Digitalisierung industrieller Arbeit: Entwicklungsperspektiven und Gestaltungsansätze. In B. Vogel-Heuser, T. Bauernhansl, M. ten Hompel (Hrsg.), *Handbuch Industrie 4.0, Bd. 3* (S. 357–376). Berlin: Springer Vieweg.
- Holmes, W. et al. (2018). Technology-enhanced Personalised Learning: Untangling the Evidence. Robert Bosch Stiftung GmbH, Stuttgart.
- Holstein, K. et al. (2017). Student learning benefits of a mixed reality teacher awareness tool in AI-enhanced classrooms. In C. Penstein Rosé et al. (Hrsg.), *Artificial Intelligence in Education Proceedings, Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 10947, S. 154–168), London: Springer, Cham.
- Kaplan, A./Haenlein, M. (2018). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*, 62(1), 15–25.
- Kauffeld, S. (2002). Das Kasseler-Kompetenz-Raster (KKR) – ein Beitrag zur Kompetenzmessung. In U. Clement, R. Arnold (Hrsg.), *Kompetenzentwicklung in der beruflichen Bildung* (S. 131–151). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kolb, D. A. (1984). *Experimental Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, NY: Prentice Hall.

- Lemmerz, K. et al. (2019). A Hybrid Collaborative Operation for Human-Robot Interaction Supported by Machine Learning. 2019 11th International Conference on Human System Interaction (HSI).
- Levitt, B./March, J.G. (1988). Organizational Learning. *Annual Review of Sociology*, 14, 319-340.
- Lewin, K. (1942). Feldtheorie des Lernens. In F. Baumgart (Hrsg.) (2001), *Entwicklungs- und Lerntheorien – Erläuterungen – Texte – Arbeitsaufgaben*, 2. durchges. Aufl. (S. 176–192). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Mazziotti, C. et al. (2015). Robust student knowledge: Adapting to individual student needs as they explore the concepts and practice the procedures of fractions. In M. Mavrikis et al. (Hrsg.), *Proceedings of the Workshops at the 17th International Conference on Artificial Intelligence in Education (Vol. 2, S. 32–40)*. New York: Springer International Publishing.
- Orlikowski, W. J. (1992). The Duality of Technology: Rethinking the Concepts of Technology in Organizations. *Organization Science*, 3(3), 398–427.
- Pawłowsky, P. et al. (2008). Auf dem Weg zur Hochleistung. In P. Pawłowsky, P. Mistele (Hrsg.), *Hochleistungsmanagement (S. 19–31)*. Berlin: Springer Verlag.
- Prinz, C. et al. (2017) Ein Assistenzsystem zur Mitarbeiterbefähigung in der Industrie 4.0. In N. Gronau (Hrsg.), *Industrial Internet of Things in der Arbeits- und Betriebsorganisation, WGAB (S. 141–154)*. Berlin: GITO mbH Verlag.
- Revans, R. W. (1980). *Action Learning. New Techniques for Management*. London: Blond & Briggs.
- Rohs, M. (2019). Informelles Lernen und berufliche Bildung. In R. Arnold et al. (Hrsg.), *Handbuch Berufsbildung (S. 1–14)*. Wiesbaden: Springer.
- Rummel, N. et al. (2016). Combining Exploratory Learning with Structured Practice to Foster Conceptual and Procedural Fractions Knowledge. In C. K. Looi, J. Polman, U. Cress, P. Reimann, (Hrsg.), *Transforming Learning, Empowering Learners: The International Conference of the Learning Sciences (ICLS) 2016*, 1, 58–65. Singapore: International Society of the Learning Sciences (ISLS).
- Sanzogni, L. et al. (2017). Artificial intelligence and knowledge management: questioning the tacit dimension. *Prometheus*, 35(1), 37–56.
- Schreyögg, G./Kliesch, M. (2004). Wie dynamisch können Organisationale Kompetenzen sein?. In S. A. Friedrich von den Eichen, H. H. Hinterhuber, K. Matzler, H. K. Stahl, *Entwicklungslinien des Kompetenzmanagements (S. 3–20)*. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Senge, P. (1991) *The fifth discipline, the art and practice of the learning organization*. *Performance + Instruction*, 30(5), 1–37.
- Sydow, J. et al. (2003). *Kompetenzentwicklung in Netzwerken*. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag/GWV Fachverlage.
- Trautner, H. M. (1992). Merkmale des Entwicklungsgeschehens. In F. Baumgart (Hrsg.) (2001), *Entwicklungs- und Lerntheorien – Erläuterungen – Texte – Arbeitsaufgaben*, 2. durchges. Aufl. (S. 20f.), Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

- Ullrich, C. et al. (Hrsg.) (2015a). Assistance- and Knowledge-Services for Smart Production. Proceedings of the 15th International Conference on Knowledge Technologies and Data-driven Business. (i-know), ACM, 2015.
- Ullrich, C. et al. (2015b). Assistenz- und Wissensdienste für den Shopfloor. Proceedings der Pre-Conference Workshops der 13. E-Learning Fachtagung Informatik-DeLFI 2015 (S. 47–55), München.
- Ullrich, C. et al. (2016). Unterstützung von arbeitsplatzintegriertem Lernen in der Produktion durch Assistenz- und Wissensdienste – Industrie 4.0 wird im Projekt APPSist Realität. IM+IO – Das Magazin für Innovation, Organisation und Management, 31(4), 76–81.
- Wilkens, U. (2009a). Lernen (Stichwortsammlung Personallexikon). In C. Scholz (Hrsg.), Vahlens Großes Personallexikon (S. 696–698). München: Beck [u. a.].
- Wilkens, U. (2009b). Organisationales Lernen (Stichwortsammlung Personallexikon). In C. Scholz (Hrsg.), Vahlens Großes Personallexikon (S. 812–814). München: Beck [u. a.].
- Wilkens, U./Artinger, F. (2019). Design Components of Clinical Work Environments with Computerized Decision Support Systems. In W. Karwowski, T. Ahram (Hrsg.), Intelligent Systems Integration 2019, IHSI Conference Proceedings (S. 137–141). Berlin: Springer.
- Wilkens, U. et al. (2006). Wirkungsbeziehungen zwischen Ebenen individueller und kollektiver Kompetenz. Theoriezugänge und Modellbildung. In G. Schreyögg, P. Conrad (Hrsg.), Managementforschung Band 16: Management von Kompetenz (S. 121–161). Wiesbaden: Gabler.
- Wisskirchen, G. et al. (2017). Artificial Intelligence and Robotics and Their Impact on the Workplace. IBA Global Employment Institute.

Wissenstransfer in Bildung und Weiterbildung: Der Beitrag Künstlicher Intelligenz

Gergana Vladova, Norbert Gronau, Sylvio Rüdian

1. Einführung in das Thema

Zum Begriff des Lernens existieren zahlreiche Theorien und Definitionen, es besteht jedoch Einigkeit darüber, dass Lernen zu einer Verhaltensänderung führt und sowohl vom Einzelnen als auch von der Umwelt abhängig ist. Lernen kann als ein Prozess der menschlichen Anpassung beschrieben werden, „it is a process whereby knowledge is created through the transformation of experience“ (Kolb 1984; Lewin 1951). Dies findet statt, wenn ein Lernender mit und in einer Umgebung interagiert oder durch diese stimuliert wird, wobei Erfahrung eine zentrale Rolle spielt (Jarvis 1987). Im Lernprozess können unterschiedliche Medien eingesetzt werden. Im Kontext der betrieblichen Weiterbildung hat die fortschreitende Digitalisierung die Lernziele und Lernintensität verändert sowie auch mit neuen digitalen Medien den Prozess des Lernens und der Wissensvermittlung bereichert. Die Bedeutung dieser Medien steigt kontinuierlich, wobei als einer der wichtigsten Trends die Digitalen Lernassistenten – Systeme, die Lernende in Dialogform in ihrem Lernprozess begleiten und unterstützen – gesehen werden, die sich als bedeutende Lernform etablieren werden (vgl. bspw. MMB 2019).

Im Kontext der betrieblichen Weiterbildung wird die spezielle Gruppe erwachsener Lernender in den Mittelpunkt gestellt. Diese unterscheiden sich weitgehend von jüngeren Lernenden, die im Rahmen der schulischen Bildung am Lernprozess beteiligt sind. Erwachsene werden beim Lernen viel mehr von ihren eigenen Vorstellungen dazu geleitet, was notwendig und bedeutsam für sie ist, und übernehmen dadurch viel deutlicher Verantwortung für ihr Lernen (Illeris 2002, S. 219). Dementsprechend ist es entscheidend, dass ihr Interesse geweckt wird und die Bedeutung oder Wichtigkeit der Lerninhalte erkennbar ist (ebd.).

Dies stellt die betriebliche Weiterbildung vor eine große Herausforderung, da die Bedürfnisse der Lernenden divers sein können und entsprechend erkannt und adressiert sein müssen. Illers (2003) unterscheidet drei Hauptgruppen von erwachsenen Lernenden, die jeweils spezifische Ausgangssituationen und Ziele für die Weiterbildung aufweisen:

- Erwachsene mit einer mehr oder weniger sicheren Position im Arbeitsleben, die ihre Kompetenzen weiterentwickeln müssen, mit dem Ziel des Erwerbs einer zusätzlichen Qualifikation im Kontext ihrer beruflichen Entwicklung;

- Erwachsene, die ihren Arbeitsplatz verloren haben oder verlieren werden, weil ein Arbeitsbereich veraltet war oder sie von der Entwicklung überholt wurden;
- Junge Menschen oder junge Erwachsene, die auf dem Weg ins Berufsleben sind und daher eine allgemeinere berufliche und persönliche Grundqualifikation benötigen.

In all diesen Fällen knüpft die berufliche Weiterbildung an die Erstausausbildung an und wird als bewusstes Erwerben neuer beruflicher Qualifikationen auf Basis von bereits vorhandenem Wissen definiert. Das berufliche Lernen findet formal in entsprechenden Aus- und Weiterbildungseinrichtungen, non-formal, z. B. in einem Seminar im Rahmen der allgemeinen Weiterbildung, oder auch informell durch das sogenannte Alltags- und Erfahrungslernen statt.

Die Betriebliche Weiterbildung wird vor diesem Hintergrund mit großen Herausforderungen konfrontiert, unter anderem insbesondere folgende:

Lernen muss personenbezogene Bedürfnisse adressieren, ohne jedoch die organisationalen Ziele zu vernachlässigen. Die Lerngruppe ist sehr heterogen. Dies betrifft u. a. Bedürfnisse, Vorwissen, Kenntnisse und Akzeptanz beim Umgang mit neuen Medien. Die Lernziele und -inhalte können sowohl als konkret definierbar als auch visionär und somit schwer fassbar und vermittelbar gesehen werden (vgl. Vladova et al. 2017). Chancen bieten sich jedoch durch den Einsatz neuer Lernmedien, wobei insbesondere Lernassistenten in Zukunft eine Rolle spielen wird (MMB 2019).

Dieser Beitrag nutzt diese Herausforderungen und Chancen als Ausgangspunkt und Rahmen für die Überlegungen zur Rolle von Künstlicher Intelligenz (KI) beim Transfer von Wissen in der Bildung und Weiterbildung. Wir fokussieren uns auf die Weiterbildung als strukturierten formalen oder informellen Lernprozess und betrachten ihn als Wissenstransfer- und Konversionsprozess (vgl. Nonaka/Takeuchi 1995), in welchem Interaktionen zwischen Sender und Empfänger stattfinden.

Diskutiert werden drei Thesen zum Einsatz von KI im Lernprozess, die zwei theoretische Modelle als Ausgangspunkt der Thesenformulierung und Diskussion verwenden:

- Wesentliche Elemente des Informationstransferprozesses basieren auf der Grundlage des klassischen Kommunikationsmodells (Sender-Empfänger-Modells) von Shannon und Weaver (1949).
- Diese theoretische Grundlage wird erweitert und die Unterschiede zwischen stillschweigendem Wissen und explizitem Wissen (Information) so-

wie die möglichen Wissenskonsationen zwischen diesen zwei Wissensarten werden anhand des Modells von Nonaka und Takeuchi (1995) erläutert.

Beide theoretischen Konzepte werden zunächst vorgestellt und ihre wichtigsten theoretischen Annahmen erläutert, um die Grundlage für die anschließende Diskussion von drei Thesen über Möglichkeiten, Grenzen und Herausforderungen des Wissens- und Informationstransfers mittels KI im Bildungs- und Lernkontext zu schaffen.

2. Kommunikationsmodell von Shannon und Weaver (1949)

Der Fokus des klassischen Kommunikationsmodells des Mathematikers und Telekommunikationsspezialisten (Shannon/Weaver 1949), auch Sender-Empfänger-Modell genannt, liegt auf der Optimierung des Kommunikationsprozesses. Das Modell beinhaltet sechs Elemente (vgl. Abbildung 1) und beschreibt im Wesentlichen die Übertragung eines Signals von einem Sender über einen Kanal an einen Empfänger. Auf der Seite des Senders und Empfängers sind jeweils ein Kodierer (Sendegerät), der das Signal kodiert, sowie ein Dekodierer (Empfängergerät), welcher diesen dekodiert, positioniert. Zu berücksichtigen ist ebenso das sechste Element – die mögliche Störung im Kanal, die die erfolgreiche Übertragung verhindert oder beeinträchtigt.

Die Beschreibung des Modells richtet sich an technische Übertragungsmittel und -kanäle und in diesem Zusammenhang auch an entsprechende Störungen wie Kanalrausch oder Tonverzerrungen. Wenn diese Interpretation auf die zwischenmenschliche direkte Kommunikation übertragen wird, können physische Störungen gemeint werden – wie die Schwierigkeit, jemanden zu verstehen, wenn es zu laut in der Umgebung ist, aber auch unterschiedliche mentale Fähigkeiten und Wissensniveaus oder unzureichende Motivation und fehlende Aufmerksamkeit (Rohner 2012).

Shannon und Weaver (1949, S.2) identifizieren drei große Kommunikationsebenen:

- 1) Das technische Problem: Wie genau kann die Botschaft übertragen werden?
- 2) Das semantische Problem: Wie genau wird die Bedeutung verstanden?
- 3) Das Impact-Problem: Wie effektiv beeinflusst die erhaltene Bedeutung das Verhalten des Empfängers?

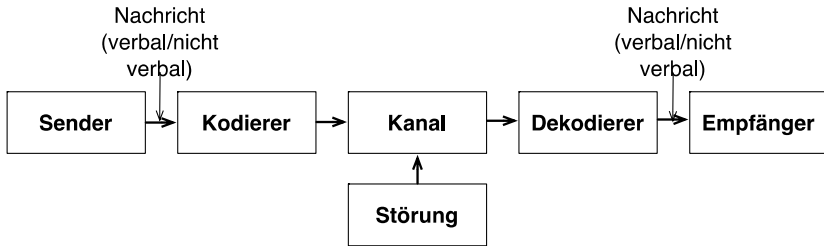


Abbildung 1: Kommunikationsmodell nach Shannon/Weaver (1949)

Im pädagogischen Kontext verweist das Modell auf die Bedeutung gemeinsamer Wissensstrukturen für Sender und Empfänger (semantische Ebene). Eine einfach nachvollziehbare Ausprägung hierzu ist das Vorhandensein einer gemeinsamen Sprache auf beiden Seiten. Weiterhin sind aber auch jegliche Unklarheiten, entstanden im Rahmen der Kodierung oder Dekodierung der Nachricht, als nachteilig für den Austausch von Wissen zu betrachten. Als weiterer Aspekt sollte die Bedeutung der Wahl eines geeigneten Lernmediums (Kommunikationskanal) als Einflussfaktor betrachtet werden. Die Messung des Lernergebnisses entspricht darüber hinaus dem Wirkungsproblem.

3. Wissenskonzersionen nach Nonaka und Takeuchi (1995)

Im Hinblick auf die Betrachtung von Weiterbildung als Wissenstransferprozess sollte das sehr einfache Kommunikationsmodell erweitert werden, indem der jeweilige Inhalt der Botschaft berücksichtigt wird. Hier stellt sich die Frage, was genau Wissen ist.

Eine häufig verwendete Definition von Wissenstypen in der wissenschaftlichen Literatur ist die von Polanyi (1966), die zwischen stillschweigendem Wissen (personengebunden) und explizitem Wissen (nicht personengebunden) unterscheidet. Personengebundenes Wissen ist nicht vollständig übertragbar, d. h. es ist damit weitgehend das Ergebnis des gezielten Umgangs mit der Umwelt und dient als Grundlage für die Entstehung von explizitem Wissen. Beide Arten von Wissen entstehen auf unterschiedliche Weise, erfordern unterschiedliche Methoden der Übertragung und sind auf unterschiedliche Weise messbar (Gronau/Grum 2019; Gronau et al. 2016).


Nonaka/Takeuchi (1995; 1997, S.74ff.) haben sich als erste mit dem Zusammenwirken beider Wissensformen – stillschweigend und explizit – befasst und die folgenden vier Formen der Wissensumwandlungen eingeführt, die entstehen, wenn die beiden Wissensformen aufeinander treffen, und ihren Übergang ineinander beschreiben (vgl. Tabelle 1). Das von beiden Wissenschaftlern entwickelte Modell der Wissensspirale setzt den Fokus auf die Wissensschaffung im Unternehmen. Es

wird als „eine neue Theorie“ (Nonaka/Takeuchi 1997, S. 39) hierzu verstanden. Dabei räumen sie eine besondere Bedeutung der historischen und nationalkulturellen Unterschiede im Kontext der Forschung und der Praxis bezüglich des Umgangs mit Wissen im Organisationskontext ein (Nonaka/Takeuchi 1997, S. 40). Insbesondere drei Hauptmerkmale des japanischen Denkens prägen die japanische Auffassung hierzu unterschiedlich im Vergleich zur westlichen:

- Einheit von Mensch und Natur,
- Einheit von Körper und Geist,
- Einheit von Ich und anderen.

Im selben Kontext und diesen Erkenntnissen folgend räumen sie in Anlehnung an Polanyi (1966) dem stillschweigenden Wissen eine besondere Rolle im Prozess der Wissensschaffung ein, was in ihrem Verständnis insbesondere die Einheit von Körper und Geist adressiert (Nonaka/Takeuchi 1997, S. 72):

Etwas zu erkennen heißt, durch stillschweigende Einfügung von Einzelheiten ein Gesamtbild zu schaffen. Um dieses wiederum als sinnvolles Ganzes zu begreifen, müssen wir unseren Körper in die Einzelheiten integrieren. Einfühlung löst also die Gegensätze zwischen Geist und Körper, zwischen Vernunft und Gefühl auf. Ein Großteil unseres Wissens entspringt zweckgerichtetem Handeln im Umgang mit der Welt.

Art der Konversion	Interpretation im Kontext des Lernens und der Bildung
<p>Sozialization (stillschweigend zu stillschweigend):</p>  <p>Erfahrungsaustausch, bei dem aus stillschweigendem Wissen ein neues stillschweigendes Wissen entsteht, wie beispielsweise gemeinsame mentale Modelle oder bestimmte Fähigkeiten. Der Erwerb erfolgt durch Beobachtung, Intuition und Praxis (Beispiel: Master-Trainee-Beziehung).</p>	<p>Die Sozialisation spielt im Kontext der allgemeinen und beruflichen Bildung eine besondere Rolle. Aus Sicht des Wissensmanagements ist diese Konversationsart die einzige, die die Möglichkeit bietet, stillschweigendes Wissen direkt zu teilen. Angesichts der unterschiedlichen mentalen Modelle von Lernenden und Lehrenden ist dieser Wissenstransfer jedoch immer mit einem Wissensverlust verbunden.</p>
<p>Externalisierung (stillschweigend zu explizit):</p>  <p>Artikulation, Kodierung und Dokumentation des individuellen stillschweigenden Wissens in explizite Konzepte. Metaphern, Analogien, Modelle usw. werden verwendet, um stillschweigendes Wissen in Konzepte umzuwandeln (Beispiel: Erstellung eines Lessons-Learned-Dokuments).</p>	<p>Durch den Prozess der Externalisierung können explizierbare Teile des stillschweigenden Wissens des Wissensträgers – im anvisierten Kontext des Lehrenden – weitergegeben und den Lernenden zugänglich gemacht werden.</p>
<p>Kombination (explizit zu explizit):</p>  <p>Diese Wissenskonversion bietet einen Rahmen, in dem bestehendes explizites Wissen verknüpft wird und dadurch ein</p>	<p>Die Kombination ist für die Erstellung von Lernmaterial unerlässlich. Dieser Prozess kann direkt vom Lehrenden, vom Lernenden oder automatisiert im Informationssystem durchgeführt werden.</p>


<p>neues explizites Wissen entsteht. Denkbar sind Prozesse wie Klassifizieren, Kombinieren, Sortieren, Zusammenstellen usw. (Beispiel: Erstellung eines neuen Dokuments durch Zusammensetzen von bereits existierenden Dokumenten).</p>	
<p>Internalisierung (explizit zu stillschweigend):</p>  <p>Integration von explizitem Wissen in individuelles stillschweigendes Wissen. Entscheidend sind hier die individuellen Fähigkeiten und Erfahrungen sowie die Fähigkeit, die Erfahrungen anderer zu verstehen (Beispiel: Das Lesen eines Vortrags und die Verknüpfung mit bereits gemachten eigenen Erfahrungen).</p>	<p>Gemessene Lernergebnisse können als typisches Beispiel für Internalisierungserfolg und -ergebnis gesehen werden.</p>

Tabelle 1: Wissenskonversionen im Lernkontext

4. Drei Thesen zum Einsatz Künstlicher Intelligenz im Lernprozess

Künstliche Intelligenz wird immer wichtiger und immer mehr Anwendungsgebiete zeichnen sich ab. Fragezeichen verbleiben allerdings bei der Qualität und möglichen Schwachstellen des Maschinellen Lernens, speziell in Bezug zu und im Vergleich mit menschlicher Intelligenz.

Die Potenziale vom Einsatz von KI sind vielschichtig und tangieren diverse Bereiche der Wissenschaft, Praxis und des alltäglichen Lebens. Dies findet Resonanz in der Ausrichtung von Forschungsaktivitäten, bei der Planung und Aufstellung von wirtschaftlichen Akteuren sowie unabdingbar auch im politischen Kontext. Das spiegelt sich z. B. in der 2018 von der Bundesregierung verabschiedeten nationalen Strategie zu dem Thema (Bundesregierung 2018, S. 6) sowie in den Prognosen über das wachsende Wertschöpfungspotenzial durch KI in Deutschland und seine starke Auswirkung auf die Steigerung des Bruttoinlandsproduktes (PricewaterhouseCoopers 2018, S. 4). Für Unternehmen eröffnen sich zahlreiche Möglichkeiten des Einsatzes von KI, die sowohl bestimmte Tätigkeiten im betrieblichen Kontext übernehmen und steuern können, als auch vermehrt intellektuelle Aufgaben ausführen und als menschliche Substitute mit problemlösungsbasierten Fähigkeiten und einer Funktionsweise, die den menschlichen Hirn- und Denkpro-

zessen stark ähnelt, betrachtet werden (Brynjolfsson/McAfee 2017, S. 4; Hildesheim/Michelsen 2019, S. 120). Vor diesem Hintergrund stellt sich auch vermehrt die Frage, welche Rolle KI in der Bildung und Weiterbildung spielen kann und was es dabei zu berücksichtigen gilt, wenn eine Maschine am Lernprozess beteiligt ist und somit als Wissensvermittler agiert.

Künstliche Intelligenz kann als Teilgebiet der Informatik eingeordnet werden (Buxmann/Schmidt 2019, S. 6). In früheren Definitionen wird Künstliche Intelligenz hauptsächlich als Simulation menschlicher Intelligenz durch eine Maschine eingeordnet und die Ähnlichkeit zu menschlichen kognitiven Prozessen wie Verstehen, Denken und Lernen in den Vordergrund gebracht (Buxmann/Schmidt 2019, S. 3; Pan 2016, S. 410). Spätere Definitionen betonen weiterhin die vorbildliche Funktion des Menschen und der menschlichen Kognition „Artificial intelligence (A.I.) is the study of how to make computers do things that people are better at“ (Rich 1985, S. 117; Ertel 2016, S. 4), wobei insbesondere Schlussfolgern, Problemlösen, Planen, Wissensrepräsentation, Lernen, Sprachverstehen und -produktion sowie Bildverstehen hervorzuheben sind (Schmid 2013, S. 45).

In diesem Beitrag wird explizit auf rechnerunterstützte Lehr-/Lernsysteme, die Maschinelles Lernen im Kontext der (Weiter-)Bildung nutzen, etwa im Bereich der Learning Analytics und des Educational Data Mining, fokussiert. Folgende Themen werden formuliert:

- These I: Im Bildungsprozess ist KI geeignet für die Strukturierung, Übermittlung und Evaluation des Lerninhaltes und des Lernergebnisses. Diese Aufgaben können als Wissenskonversionen (Kombination, Internalisierung und Externalisierung) mit explizitem Wissen (Information) als Input und Output angesehen werden.
- These II: KI eignet sich nicht für den Transfer stillschweigenden Wissens und für die Erzeugung/Simulation einer sozialen Lernumgebung (Maximierung der Fähigkeiten des Lernenden, mit anderen durch Diskussion, Zusammenarbeit und Feedback zu interagieren).
- These III: KI ist nicht dazu geeignet, die gesamte Umwandlung von explizitem in stillschweigendes Wissen (Internalisierung) im Rahmen eines Lernprozesses zu begleiten, und das (als Lernergebnis) erworbene stillschweigende Wissen kann nicht erfasst werden.

Im Beitrag werden diese Thesen aus technischer und anwendungsorientierter Perspektive diskutiert.

5. Diskussion der Thesen

Die Diskussion der Thesen erfolgt anhand von Online-Kursen als computerbasiertes Framework, auf welches die Lernenden Zugriff haben. In der Anfangszeit wurden Online-Kurse entwickelt, um den Lernenden lediglich den Zugang zu bestehenden Lernmaterialien zu ermöglichen. Später wurden die Online-Kurse durch weiterführende Lösungen ergänzt, um asynchrone Gruppen zu organisieren, individuelle Nachrichten zu ermöglichen und interaktive Echtzeit-Events zur Selbstbildung anzubieten. Dies hat den Kommunikationsprozess vereinfacht, insbesondere die asynchrone Kommunikation zwischen den Teilnehmenden sowie zwischen Lehrenden und Lernenden.

5.1. Diskussion These I: KI geeignet für die Strukturierung, Übermittlung und Evaluation des Lerninhaltes und des Lernergebnisses.

Laut Graham et al. (2001) kann ein Online-Kurs durch verschiedene Good Practices bewertet werden. Ein guter Online-Kurs ermutigt die Schüler mit klaren Richtlinien, Kooperationen, aktivem Lernen, Feedback, definierten Fristen und anspruchsvollen Aufgaben. Darüber hinaus werden dabei verschiedene Hintergründe – Stärken und Schwächen der Teilnehmenden – sowie der Einsatz unterschiedlicher Lernmethoden berücksichtigt. Das alles ist mit einer Personalisierung verbunden, in welchem die größten Vorteile von maschinellem Lernen zurzeit gesehen werden. Online-Kurse können personenbezogen kompetenzorientiert sein (Paquette et al. 2015), wobei das Lernverhalten oder der Lernstil angepasst werden kann (Tseng et al. 2008) mit dem Ziel, das Lernergebnis zu optimieren.

Mit der heutigen Technologie bieten sich diverse Möglichkeiten zur Strukturierung von Lernmaterial nach Inhalten (McAndrew et al. 2006). Dies kann durch eine Kombination aus Clustering und neurolinguistischer Programmierung (NLP) erreicht werden. Inhalte können als eine Reihe von Wörtern und Lernmaterialien betrachtet werden, die viele Wörter desselben Clusters teilen. Als Ergebnis kann eine hierarchische Struktur entstehen, bei der der Algorithmus den Inhalt selbst nicht verstehen muss (Vellido et al. 2011). Andere Ansätze nutzen Wortnetze, in denen Inhalte mit bestimmten Themen verknüpft werden können (Fellbaum 2012). Wortnetze sind meist manuell angepasst und ihre Herstellung erfordert Experten und viel menschlichen Einsatz. Ein computergestütztes System hat somit die Fähigkeit und den Vorteil, Lernmaterialien nach Inhalten schnell zu strukturieren.

Ein Online-Kurs selbst vermittelt Lernmaterial, das in der Regel von Dozenten erstellt wird. Aus technischer Sicht konzentrieren wir uns in diesem Übermittlungsprozess auf die Transportschicht im Sender-Empfänger-Modell (Shannon/Weaver 1949) und betrachten den Lehrenden als Versender und den Lernenden/Weiterbildenden als Empfänger. Innerhalb dieser Interaktion erweitert ein dritter, virtueller Agent das Modell. Dieser ermöglicht es innerhalb des

Lernsystems, direktes Feedback zu geben, wobei keine direkte Kommunikation zwischen dem Lernenden und dem Lehrenden erforderlich ist. Der Ersteller des Lernmaterials definiert auch die Musterlösungen, die das System mit den Antworten der Lernenden vergleichen kann, um Feedback zu geben. Die Technologie kann darüber hinaus die vom Lernenden erzielten Ergebnisse an den Lehrer vermitteln. Ein Schwerpunkt der Learning Analytics Community ist die Erforschung von Daten und die Erstellung von Dashboards, die den Lernprozess des Lernenden visualisieren. Diese helfen dabei, Daten zu aggregieren und aufzubereiten, um sie für Lehrer/Ausbilder nutzbar zu machen.

Abbildung 2 veranschaulicht die Kommunikation zwischen Lehrenden, Lernenden und dem virtuellen Agenten eines Online-Kurses.

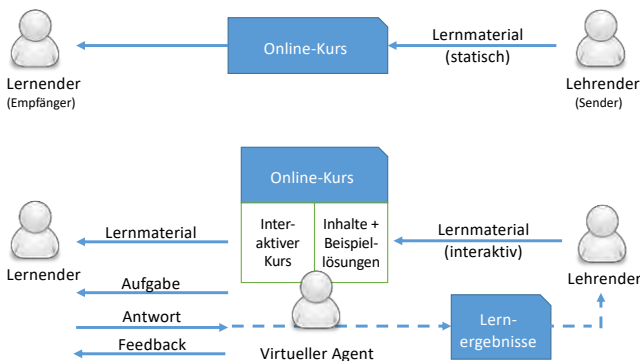


Abbildung 2: Virtuelle Agenten in Online-Kursen

In diesem Beitrag werden Lernergebnisse definiert als Wissen, das vom Lehrenden an den Lernenden weitergegeben wird und das als Leistung des Lernenden messbar ist (Samy/Naser 2012), mit Ausnahme anderer Variablen wie die Zufriedenheit des Lernenden oder das wahrgenommene Lernen. Lernerfolge und Lernergebnisse können durch Technologien des maschinellen Lernens auf der einen Seite (auch in Echtzeit) vorhergesagt werden (vgl. Rüdian et al. 2019). Am Ende des Lernprozesses müssen die Teilnehmenden Aufgaben wie einen Lückentext- oder Multiple-Choice-Test absolvieren oder offene Aufgaben mit natürlicher Sprache beantworten. Learning Analytics untersucht Metadaten für die Vorhersage von Lernergebnissen. Clickstream-Daten, die durch den Einsatz von interaktiven Lernmaterialien erzeugt werden, können dazu verwendet werden, die Aktivität des Lernenden in Bezug auf das Ergebnis zu strukturieren oder um Abbrüche vorherzusagen (Kloft et al. 2014). Darüber hinaus ist die Technologie in der Lage, gefährdete Schüler frühzeitig zu identifizieren, sodass Lehrer so schnell wie möglich eingreifen können (Zhang/Rangwala 2018), was auch als Teil der Optimierung

des Lernprozesses verstanden werden kann. Die Bewertung des wahrgenommenen expliziten Wissens (als erzielt Lernergebnis) kann durch geeignete Abschlussprüfungen im Vergleich zu anderen Online-Kursen prognostiziert werden. KI, die sich auf die Personalisierung in der Bildung konzentriert, kann helfen, das Lernen zu optimieren.

5.2. Diskussion These II: Die KI eignet sich nicht für den Transfer stillschweigenden Wissens und für die Erzeugung/Simulation einer sozialen Lernumgebung.

Die Forschung zur kognitiven und affektiven Zustandsmodellierung hat gezeigt, dass gesichts-basierte Detektoren des Geistes, die sich durch Aufgabenkontexte bewegen, bereits erfolgreich sind. Gemäß EDM (2017) können gesichts-basierte Parameter genutzt werden, um die Aufmerksamkeit beim Lesen oder Ansehen eines Films vorherzusagen. Dieser Ansatz könnte in einem sozialen Lernumfeld genutzt werden, um Menschen zu identifizieren, die nicht mehr motiviert sind, um sie wieder einzubeziehen. Es wird die Fähigkeit der Lernenden, miteinander zu interagieren, nicht maximieren, aber es könnte die Bereitschaft zur Teilnahme an einer Diskussion zeigen. Je mehr Teilnehmende die aktuelle Diskussion aufgrund von gedanklicher Ablenkung verlassen, desto problematischer wird der soziale Austausch. Da Gedankenwanderungen als Teil der Aufmerksamkeit erkannt werden können, kann diese Technologie den Prozess der Sozialisation verbessern. In einer sozialen Lernumgebung wird dieser Zustand rechtzeitig erkannt und die Nutzer werden durch Hinweise oder Motivation und Anregung zur Teilnahme beeinflusst. Neben der Erkennbarkeit ist die Technologie nach dem derzeitigen Stand der Wissensmanagementforschung nicht für den Transfer von stillschweigendem Wissen geeignet. Sie kann den Teilnehmenden helfen und sie unterstützen, indem sie eingreift, wenn diese sich an Bildungsaktivitäten nicht motiviert genug beteiligen.

Es ist zu beachten, dass stillschweigendes Wissen personengebunden ist, z. B. im Kopf eines Experten vorhanden ist (Polanyi 1966; Sternberg et al. 2000). Im Gegensatz zu explizierbarem und explizitem Wissen, das z. B. durch Fragebögen erfasst werden kann, erfordert die Erhebung von stillschweigendem Wissen die Fähigkeit, einen Experten und einen konkreten Wissensinhalt zu identifizieren. Parsaye et al. (1988, S. 365) haben drei Möglichkeiten gezeigt, um stillschweigendes Wissen zu erfassen: durch Befragung von Experten, durch eine Einführung oder Aufgabenanalyse, durch eine Beobachtung bei der Lösungssuche und -findung für ein bestimmtes Szenario- oder Musterproblem. Wir fokussieren uns auf die dritte Möglichkeit.

Aus technischer Sicht kann die Beobachtung von Fachleuten bei ihrer Suche nach der Lösung für ein bestimmtes Problem durch Technologie, wie z. B. Process Mining, erfolgen. Dazu muss eine Lernumgebung alle Werkzeuge bereitstellen, die

die Fachleute zur Lösungsfindung benötigen. Ein computergestütztes System ist in der Lage, alle Interaktionen zu erfassen und mit Verhaltensdaten zu kombinieren, die helfen können, um den Prozess von anderen Personen zu reproduzieren, ohne eine direkte Erklärung von Fachleuten zu bekommen. Zu diesem Zweck wurde jedoch das Wissen der Fachleute mithilfe von Technologie externalisiert und nicht durch Sozialisation weitergegeben.

Eine KI ist in der Lage, die Schritte im Interaktionsprozess der Fachleute während der Problemlösung zu bewerten und in zuvor definierten Klassen anzuordnen. Dadurch ist es möglich, zusätzlich zu identifizieren, wodurch sich Fachleute in ihren Handlungen von Nicht-Fachleuten unterscheiden. Auf diese Weise können Teile des stillschweigenden Wissens durch Technologie in explizites Wissen umgewandelt werden, unter der Voraussetzung, dass eine Lernumgebung alle Werkzeuge bereitstellt, die zur Lösung eines Problems notwendig sind, und der Prozess erfasst und von anderen genutzt werden kann.

5.3. Diskussion These III: Die KI ist nicht dazu geeignet, die gesamte Umwandlung von explizitem in stillschweigendes Wissen im Rahmen eines Lernprozesses zu begleiten.

Im Allgemeinen können Maschinen nur Aufgaben ausführen, für die sie erschaffen wurden (Chaminade et al. 2012). Dazu gehören Probleme, die vom Menschen beschrieben und gelöst werden können, meist unabhängig von computergestützten Aufgaben. Solange der Programmierer nicht weiß, wann das übermittelte explizite Wissen in stillschweigendes Wissen eines konkreten Lernenden überführt wird und es nicht explizit als Prozess mit unterschiedlichen Inputfaktoren beschreiben kann, kann auch ein computerbasiertes Programm diese Aufgabe nicht erfüllen. Um den Punkt der stattfindenden Konversion zu erkennen, ohne jedoch sie erklären zu können, müssen die maschinellen Lernalgorithmen den klar definierten Prozess der Wissenskonzersion beschrieben bekommen oder gesammelte Daten, die die Art des transferierten Wissens widerspiegeln, zur Verfügung haben.

Die Internalisierung kann mit der Erkennung von Mustern in Verbindung gebracht werden. Ein Hauptfeld der schwachen KI ist die Mustererkennung, die zur Analyse von Bildern oder beliebigen Datentypen verwendet wird. Überwachtes maschinelles Lernen („supervised learning“) erfordert Daten als Input (z. B. Bilder) und mindestens ein bekanntes Ausgabemerkmal pro Bild (z. B. eine Kategorie, zu der das Bild gehört (Tou/Gonzalez 1974)). Algorithmen wie neuronale Netze können diese Daten nutzen, um ein Modell zu trainieren. Während des Lernprozesses werden die Gewichte aller Neuronen in einem neuronalen Netzwerk optimiert, um bekannte Daten vorherzusagen. Das Modell, genauer gesagt die erlernten Gewichte, die die meisten verwendeten Daten zu bekannten Klassen einordnen, können als endgültiges Modell verwendet werden. Informatikerinnen und Informatiker verwenden Methoden, um die Daten in eine lernende und testende

Teilmenge zu überführen, um ein Modell mit Daten zu testen, die nicht verwendet wurden, um ein Modell zu lernen. Dies wird als Cross-Validierung bezeichnet (Krogh/Vedelsby 1995). Die erlernten Gewichte der Neuronen selbst können als mathematische Funktion betrachtet werden, bei der ein Signal auf das nächste Neuron übertragen werden kann. Der letzte Schritt eines solchen Algorithmus summiert alle verbleibenden Signale und liefert Klassen oder den Regressionswert des letzten Neurons. Dies kann als eine technische Art der Internalisierung interpretiert werden. Die Algorithmen des maschinellen Lernens erhalten explizites Wissen, in Form von Daten mit bereits bekannten Ergebnissen. Bei neuen Daten ist das Verfahren in einem nächsten Schritt in der Lage, ein Ergebnis zu liefern, ohne eine Erklärung dafür zu haben, warum und wie dieses zustande gekommen ist. Neuronale Netze können als Blackbox-Technologie betrachtet werden, die Muster erkennt, ohne sie zu zeigen. Aus der Perspektive der Internalisierung ist diese Art der Wissensanwendung für den Menschen tolerierbar, es stellt sich die Frage, wie dies auf Maschinen übertragbar ist, die die Fähigkeit haben, Millionen von Daten in kurzer Zeit zu verarbeiten.

Eine Methode der Internalisierung ist „learning by doing“. Diese Variante des Lernens findet sich oft bei Informatikerinnen und Informatikern, wenn z. B. eine Programmierungssprache durch Selbstbildung erlernt wird. Die Lernenden verwenden Codeausschnitte und wenden sie an, ohne zu wissen oder zu verstehen, was der Code wirklich tut. Diese Fachleute sind sich bewusst, dass sie ihr vorhandenes Wissen in Kombination mit Erfahrungen anderer nutzen, z. B. bei der Beantwortung von Fragen auf Plattformen oder Online-Foren, die Lösungen oder nur Teillösungen anbieten. An dem Punkt, an dem die Lernenden den komplexen Prozess hinter dem kopierten Quellcode verstehen, findet der Transfer von Wissen statt. In diesem Fall muss der Benutzer nicht unbedingt in der Lage sein, alle Details eines Codes zu erklären (als Teil seines stillschweigenden Wissens), aber er kann Artefakte verwenden, die aus der Erfahrung anderer entstehen.

Diesen Teil der Wissenskonzersion kann technologisch in einem Szenario gemessen werden, in welchem die Lernenden nicht in der Lage sind, das erworbene Wissen zu explizieren (erfassbar z. B. in einem Exit-Test mit fachspezifischen Fragen), aber gleichzeitig eine Aufgabe erfolgreich lösen können, bei welcher dieses Wissen angewendet wird. Da die Ergebnisse des Tests und der Anwendung während der Aufgabe erfasst und gemessen werden können, wäre die Phase der Internalisierung dadurch identifizierbar gemacht worden. Für dieses Szenario wird keine komplexe KI benötigt. Es erfordert die Erstellung eines Tests, bei dem die Benutzerinnen und Benutzer nicht erklären können, wie (A, explizit), aber es ihnen gelingt (B, stillschweigend) das Wissen zur Lösung einer Aufgabe anzuwenden. Diese beiden Metriken A und B können verglichen werden, wobei die Erfolgsrate von A niedrig und B hoch sein muss, mit der Einschränkung, dass A lösbar sein muss, wenn die Benutzerinnen und Benutzer einen Teil ihres (expliziten) Wissens nutzen können

und B die Anwendung erfolgreich ist, aber nicht die Erklärung desselben (stillschweigenden) Wissens.

In einem Testaufbau kann das explizite Wissen bestimmt werden, welches als Ausgangspunkt für die Konversion in stillschweigendes Wissen (Internalisierung) erforderlich ist. Die benötigte Lernumgebung beinhaltet die Metriken A und B innerhalb von verschiedenen Schritten eines Lernprozesses mit technologischer Unterstützung. Während des Online-Kurses müssen die Erfolgsraten der Teilnehmenden zwischen einigen Interaktionen, bei denen die Teilnehmenden etwas lernen, was von der Kursleiterin bzw. vom Kursleiter definiert und strukturiert wird, mehrmals erhoben werden. Der Bereich zwischen zwei Tests, in dem wir in der Lage sind, Internalisierung zu erkennen, wird das gelernte Material sein, das den Wissenstransfer beeinflusst hat. Dieser Ansatz ist in Abbildung 3 veranschaulicht.

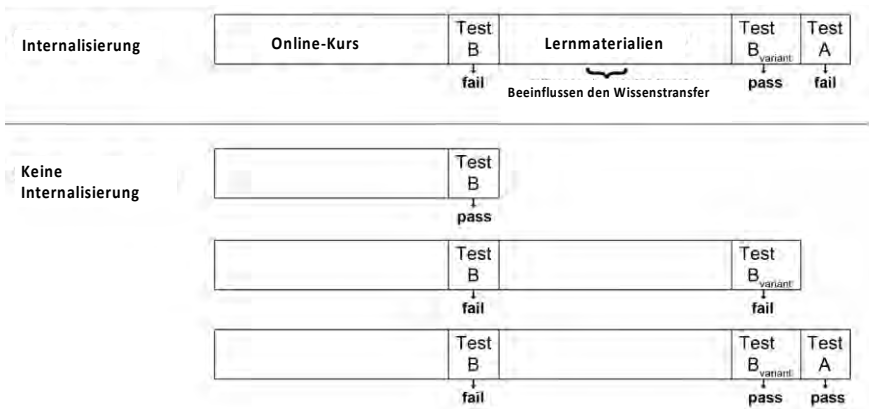


Abbildung 3: Experimenteller Ablauf zur Erfassung von Internalisierung in einem Lernprozess

Aus praktischer Sicht stellt eine solche Struktur eine große Herausforderung dar: Die Kennzahlen A und B müssen vergleichbare Ergebnisse liefern, ohne jedoch die gleichen Aufgaben und Fragen innerhalb des Kurses zu wiederholen. B muss mindestens zweimal vorhanden sein: 1) Am Anfang eines Kurses, um zu messen, dass die Teilnehmenden nicht in der Lage sind, die Aufgabe (B) zu lösen und 2) an dem Punkt, an dem die Teilnehmenden B_{variant} gelöst haben, aber immer noch nicht in der Lage sind, A zu lösen. An jedem Punkt, an dem die Internalisierung getestet wird, müssen verschiedene Versionen von B erstellt werden, wobei A nur folgt, wenn B zuvor gelöst wurde. Die Anzahl der B-Varianten kann dabei begrenzt werden, sodass das Testgebiet innerhalb eines Kurses für neue Teilnehmende Schritt für Schritt reduziert wird. Auf diese Weise erhalten wir die notwendigen Informationen, die verinnerlicht werden müssen, um eine spezifische Wissensbasis zu schaffen. Die Abschätzung, wo sich die optimalen Testpunkte befinden, kann mit algorithmischen Ansätzen erfolgen.

Der allgemeine Charakter des Experiments erfordert nicht unbedingt computer-gestützte Technologien, sie reduzieren jedoch den Aufwand für die Erfassung aller Interaktionen, die Anpassung des Testpunktes und die Durchführung dieser Aufgabe mit einer großen Anzahl von Personen.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Der Beitrag diskutiert mögliche Anwendungen Künstlicher Intelligenz im Kontext des Lernens und betrachtet Lernprozesse als Wissensumwandlungs- und Wissenstransferprozesse. Auf der Basis zweier theoretischer Modelle, des Sender-Empfänger-Modells von Shannon/Weaver (1949) sowie des Modells der Wissensumwandlungen von Nonaka/Takeuchi (1995) wurden drei Thesen zu Möglichkeiten, Grenzen und Herausforderungen des Einsatzes von KI analysiert. Ziel dabei ist es, zu einem besseren Verständnis des Konzeptes der Digitalisierung und der Mensch-Computer-Interaktion in der Bildung und Weiterbildung beizutragen.

Ohne den Anspruch zu erheben, alle bestehenden Fragen und Möglichkeiten vollständig adressiert zu haben, soll die Auseinandersetzung mit Lernen und Bildung unter Einbeziehung der KI, die für die Auswahl, Strukturierung und Vermittlung von Lerninhalten sowie für den Umgang mit und die angemessene Reaktion auf Lernergebnisse verantwortlich ist, angeregt werden. Aktuelle Entwicklungen im Bereich von Learning Analytics zeigen, dass die automatische Erstellung von Lernkursen für die Bildung und Weiterbildung an Bedeutung gewinnt. In einer denkbaren Vision wird die KI als Unterstützer für den Lehrer gesehen, um Lernergebnisse in Zukunft zu verbessern. Sie wird den Lehrenden nicht komplett ersetzen.

Obwohl dies immer noch eine Vision ist, hat unsere Diskussion über die These I gezeigt, dass das größte Potential der KI im Vergleich zur menschlichen Intelligenz im Umgang mit Daten und explizitem Wissen besteht. Darüber hinaus wurden zu den Thesen II und III weitere Argumente geliefert und Möglichkeiten bei der Erkennung von stillschweigendem Wissen diskutiert, eine Wissensart, die bisher nur als ein strikter Teil der menschlichen Intelligenz gesehen wird.

Der Lernprozess zwischen der KI und den Lernenden wird maßgeblich dadurch beeinflusst, dass es sich um unterschiedliche Wissensstrukturen beim Menschen und bei der Maschine handelt, wobei Menschen stillschweigendes Wissen besitzen und vielseitiger, unstrukturierter und dynamischer sein können. Maschinen dagegen sind dazu geeignet, Aufgaben auszuführen, für die sie geschaffen und programmiert wurden. Computergestützte Technologien sind in der Lage, eine Vielzahl von Aufgaben zu erfüllen, die auf eine bestimmte Anwendung beschränkt sind – das sogenannte Qualifikationsproblem in der KI.

Die in diesem Beitrag verwendeten theoretischen Modelle sollen um interdisziplinäre Erkenntnisse erweitert werden, z. B. aus den Bereichen der Philosophie, Ethik und Psychologie. Wichtige künftige Fragen adressieren z. B. den Begriff der

Intelligenz, die Arten von Intelligenz und ihre Einzigartigkeit, den Vergleich der Maschine mit dem menschlichen Intellekt und die mögliche Entwicklung neuer Kriterien, nach denen die Intelligenz von Maschinen gemessen werden sollte.

Die durch die Digitalisierung initiierten Veränderungen im Bildungs- und Weiterbildungsprozess sind besonders relevant, da sie sich auf den Wissenstransfer und den Kompetenzaufbau beim Menschen konzentrieren. Die KI bietet hierzu viele Möglichkeiten, die in diesem Beitrag ansatzweise für den Bereich der assistierten Online-Kurse diskutiert wurden. Bildung ist einer der wichtigsten Faktoren, um mit Ungleichheiten umzugehen und es jedem Einzelnen zu ermöglichen, die Umwelt mitzugestalten. Die einführenden Überlegungen zur Weiterbildung haben die spezifischen Merkmale von erwachsenen Lernenden verdeutlicht, insbesondere die Notwendigkeit, individuell und ergebnisorientiert zu lehren.

In einer Zukunft, in der nicht nur Wissen und Können, sondern auch Kommunikations- und Sozialkompetenzen von der KI beeinflusst werden können, ist eine Überarbeitung und Diskussion bestehender theoretischer Konzepte erforderlich.

Fördervermerk

Diese Arbeit wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert (Förderkennzeichen: 16DII116 – „Deutsches Internet-Institut“).

Literatur

- Brynjolfsson, E./McAfee, A. (2017). The Business of Artificial Intelligence: What It Can -- and Cannot -- Do for Your Organization. In: Harvard Business Review Digital Articles July, 3 – 11.
- Bundesregierung (2018). Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung – Stand: November 2018. https://www.ki-strategie-deutschland.de/home.html?file=files/downloads/Nationale_KI-Strategie.pdf. Zugegriffen am 20. Juni 2019.
- Buxmann, P./Schmidt, H. (2019). Grundlagen der Künstlichen Intelligenz und des Maschinellen Lernens. In: Buxmann, P., Schmidt, H. (Hrsg.) (2019). Künstliche Intelligenz, Springer: Berlin, Heidelberg, 3 – 19.
- Chaminade, T. et al. (2012). How do we think machines think? An fMRI study of alleged competition with an artificial intelligence in Towards a neuroscience of social interaction.
- Ertel, W. (2016). Grundkurs Künstliche Intelligenz: Eine praxisorientierte Einführung, Springer Vieweg: Wiesbaden.
- Fellbaum, C. (2012). WordNet. In: C. Chapelle (Ed.): The Encyclopedia of Applied Linguistics. Oxford: John Wiley and Sons.

- Hildesheim, W./Michelsen, D. (2019). Künstliche Intelligenz im Jahr 2018 – Aktueller Stand von branchenübergreifenden KI-Lösungen: Was ist möglich? Was nicht? Beispiele und Empfehlungen. In: Buxmann, P. Schmidt, H. (Hrsg.): Künstliche Intelligenz, Springer: Berlin, Heidelberg, 119 – 142.
- Graham, Ch. et al. (2001). Seven Principles of Effective Teaching: A Practical Lens for Evaluating Online Courses, Technology Source.
- Gronau, N. et al. (2016). A proposal to model knowledge in knowledge-intensive business processes. BMSD.-Rhodes, Greece, 16, 98-103.
- Gronau, N./Grum, M. (2019). Knowledge Transfer Speed Optimizations in Product Development Contexts. Berlin: Gito.
- Illeris, K. (2003). Workplace learning and learning theory. *Journal of workplace learning*, 15(4), 167-178.
- Illeris, K. (2002). The three dimensions of learning.
- Jarvis, P. (1987). *Adult learning in the social context*. New York, NY: Croom Helm.
- Kloft, M. et al. (2014). Predicting MOOC Dropout over Weeks Using Machine Learning Methods. *Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP 2014)*, 60–65.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Krogh, A./Vedelsby, J. (1995). Neural network ensembles, cross validation, and active learning. In *Advances in neural information processing* 7, 231-238, MIT Press: Cambridge MA.
- Lewin, K. (1951). *Field theory in social science*. New York, Harper and Row.
- McAndrew, P. et al. (2006). Patterns, designs and activities: unifying descriptions of learning structures. *International Journal of Learning Technology*, 2(2-3), 216–242.
- Mmb Institut (2019). *Mmb-Trendmonitor 2018/2019. Auf dem Weg zum Assisted Learning? Ergebnisse der 13. Trendstudie „mmb Learning Delphi“*. Online unter: <https://www.mmb-institut.de/downloads>.
- Nonaka, I./Takeuchi, H. (1995). *The knowledge creating Company – how japanese companies create the dynamic innovation*. Oxford University Press.
- Nonaka, I./Takeuchi, H. (1997). *Die Organisation des Wissens: Wie japanische Unternehmen eine brachliegende Ressource nutzbar machen*. Frankfurt/Main: Campus.
- Paquette, G. et al. (2015). Competency-based personalization for massive online learning. *Smart Learning Environments*. Springer Open access.
- Pan, Y. (2016). Heading toward Artificial Intelligence 2.0. In: *Engineering* 4, 2016, 409 – 413.
- Parsaye, K./Chignell, M. (1988). *Expert Systems for Experts*. Hoboken, NJ: Wiley.
- PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (2018). *Auswirkungen der Nutzung von künstlicher Intelligenz in Deutschland (Juni 2018)*. <https://www.pwc.de/de/business-analytics/sizing-the-price-final-juni-2018.pdf>. Zugegriffen am 20. Juni 2019.

- Rich, E. (1985). Artificial intelligence and the Humanities. In: *Computers and the Humanities* 2, 117 – 122.
- Roehner J./Schuetz, A. (2012). *Psychologie der Kommunikation (Basiswissen Psychologie)*. Springer VS.
- Rüdian, S. et al. (2019). Predicting culture and personality in online courses. In: *Supporting Lifelong Learning (SLLL / AIED)*. Chicago.
- Samy S./Naser, A. (2012). Predicting learners performance using artificial neural networks in linear programming intelligent tutoring system. *International Journal of Artificial Intelligence & Applications (IJIAA)*, Vol.3, No.2.
- Schmid, U./Funke, J. (2013). Kreativität und Problemlösen. In: Stephan, A., Walter, S. (Hrsg.): *Handbuch Kognitionswissenschaft*, J.B. Metzler: Stuttgart, 335 – 343.
- Shannon, C. E./Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press.
- Sternberg, R. J. et al. (2000). *Practical intelligence in everyday life*. Cambridge University Press.
- Stewart, A. et al. (2017). Generalizability of Face-Based Mind Wandering Detection Across Task Contexts. *Proceedings of the Proceedings of the 10th International Conference on Educational Data Mining (EDM 2017)*.
- Tou, J. T./Gonzalez, R. C. (1974). *Pattern recognition principles*. NASA.
- Tseng, J.C.R. et al. (2008). Development of an adaptive learning system with two sources of personalization information. In: *Computers & Education*, Volume 51, Issue 2, 776-786.
- Vellido, A. et al. (2010). *Handbook of Educational Data Mining: Chapter 6, Clustering Educational Data*, 75-92.
- Vladova, G. et al. (2017). Der Mensch im Umfeld von Industrie 4.0. In: Weinert, N., Plank, M., Ullrich, A. (Hrsg). *Metamorphose zur intelligenten und vernetzten Fabrik*, Springer-Vieweg, 23-30.
- Zhang, L./Rangwala, H. (2018). Early Identification of At-Risk Students Using Iterative Logistic Regression. *Proceedings of the 19th International Conference (AIED 2018) London, UK, June 27–30*.

Adaptive Assistenzsysteme als Antwort auf komplexe Produktionsprozesse und heterogene Belegschaften

Michael Schenk, Tina Haase, Dirk Berndt, Evelyn Fischer

1. Anforderungen der Produktion

Die Digitalisierung durchzieht immer mehr Unternehmensbereiche der produzierenden Industrie. Aktuelle Studien zufolge spiegelten sich die Fortschritte in der Digitalisierung jedoch bislang nicht ausreichend in der Arbeitsproduktivität von Maschinenbauunternehmen in Deutschland wider (Rammer et al. 2018). Obwohl der Maschinenbau als Vorreiter in der Umsetzung von digitalen Anwendungen gilt und hierdurch schon frühzeitig Produktivitätsgewinne erzielen konnte, seien 71% der Maschinenbauunternehmen bislang nicht über die Implementierung von digitalen Basisanwendungen hinausgekommen. Lediglich 13% wiesen die Bereitschaft für die Einführung von fortgeschrittenen Industrie 4.0-Technologien, wie z. B. cyber-physische-(Produktions-)Systeme, auf, die zur Erreichung wertschöpfungssteigernder Auswirkungen umfassende strukturelle Veränderungen voraussetzten (Lerch et al. 2016; Rammer et al. 2018). Vor dem Hintergrund steigender Unsicherheiten durch Nachfrageschwankungen auf dem Markt, Engpässen in der Verfügbarkeit von Produktionsressourcen bei gleichzeitiger Zunahme an Produktvariationen und einer Verkürzung individueller Produktlebenszyklen sind strukturelle Veränderungen in der produzierenden Industrie jedoch nicht länger vermeidbar (Schenk et al. 2013). Das bislang gängige Erfolgskonzept starker Spezialisierung in Markt und Branche sowie einer verschwendungsfreien, effizienten Produktion, wie sie mit dem Leanmanagement verfolgt wird, hält den gestiegenen Komplexitätsanforderungen einer hochdynamischen Wettbewerbsumwelt nicht mehr stand.

Konzepte zur Wandlungsfähigkeit von Industriebetrieben setzen an systemischer Planung, agiler Produktion und einer Optimierung von Betriebsprozessen und Ressourcen durch Innovation und Adaption an (Schenk et al. 2013; Claussen 2012). Die Bewältigung einer umfassenden Restrukturierung, wie sie unter dem Begriff der digitalen Transformation bekannt ist, stellt Industriebetriebe vor die Herausforderung, Aspekte der Organisation, des Menschen und der Technik gleichermaßen zu berücksichtigen, um eine positive Entwicklung der Arbeitsproduktivität zu gewährleisten. Das Fraunhofer IFF entwickelt kognitive Assistenz-

systeme, die den Digitalisierungsprozess in integrativer MTO-Betrachtung von informationstechnischer Assistenz, zu Wissenssystemen bis hin zu adaptiver Assistenz aktiv unterstützen (Schenk et al. 2016).

1.1. Mensch

Mit der Ablösung der Spezialisierungsstrategie in Markt und Branche, lösen sich auch Tätigkeitsprofile und Berufsbilder von Branchengrenzen. Bislang auf Spezialwissen gestützte Kompetenzanforderungen erweitern sich um die Notwendigkeit fachübergreifenden bzw. fachunabhängigen Kompetenzerwerbs. Überfachliche Kompetenzen zu u.a. selbstständigem Handeln, Kommunikation, Kooperation und Problemlösekompetenz gewinnen an Bedeutung (Spath et al. 2015, S. 121). Herausforderung ist es demnach, den Menschen mit seinen individuellen Qualitäten – von Helfern über Fachkräfte zu Spezialisten und Experten – (Burstedde/Risius 2017, S. 8) in das Produktionssystem zu integrieren und ihn hierin entwicklungsfähig zu halten. Vor dem Hintergrund des erwarteten Rückgangs in der erwerbsfähigen Bevölkerung um 2,7 Millionen bis 2035 (Deschermeier 2017), muss die soziodemographische Dimension in der Absicherung von Arbeitsproduktivität und Qualität besondere Berücksichtigung finden.

1.2. Technik

Im Rahmen der BMBF-Förderrichtlinie „Arbeit in der Digitalisierten Welt“ bündelt das Forschungs- und Entwicklungsprojekt TransWork in der Schwerpunktgruppe „Assistenzsysteme und Kompetenzentwicklung“ Vorhaben, die zwei zentrale Themen der digitalen Transformation adressieren: (1) Gestaltung von Assistenzsystem und deren Auswirkungen auf Arbeitsteilung und Arbeitsorganisation und (2) Kompetenzentwicklung im digitalen Wandel.

Die Vorhaben ArdiAS und StahlAssist (Haase et al. 2019b) untersuchen den Einsatz von Assistenzsystemen im industriellen Einsatz, mit dem Schwerpunkt auf der gesundheits- und lernförderlichen Gestaltung.

Das Projekt APRODI befasst sich unter anderem mit der Fragestellung, wie die Beteiligung der MitarbeiterInnen gestaltet werden kann, um eine möglichst gute digitale Unterstützung der Arbeitsprozesse technisch und organisatorisch zu gewährleisten (Schlick 2018). Außerdem beschäftigte sich das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Verbundprojekt ELIAS mit dem Thema Kompetenzentwicklung durch Assistenzsysteme (Senderek et al. 2015).

Das BMWi-Projekt APPSist nutzte über die genannten Assistenz- und Wissenssysteme hinaus Methoden der Künstlichen Intelligenz für ein arbeitsplatznahes Informations-, Wissens- und Expertisemanagement in cyber-physischen (Produktions-)Systemen (Ullrich et al. 2018).

1.3. Organisation

Assistenzsysteme bieten eine neue Möglichkeit der Kommunikation und damit des Erreichens und Verstehens neuer Adressatenkreise und bedrohen damit die bisherige Struktur und Kultur sowie die vorhandenen Arbeitsroutinen der vormals über Erfahrungsstufen zugänglichen Ausübung der Arbeitsschritte (Baecker 2017, S. 6). Insbesondere Bereiche, in denen bisher implizites Wissen oder das „Bauchgefühl“ relevant waren, werden systematisier- und messbar. Veränderungsfähige Arbeitsroutinen adressieren über den einzelnen Arbeitsplatz hinaus die übergeordnete Betrachtung von Arbeitssystemen. Arbeitssysteme definieren sich als Zusammenwirken von Mensch, Technik, Arbeitsaufgabe und Arbeitsobjekt. Mit Assistenzsystemen wird nicht nur personengebundenen Fachwissen und Expertise replizierbar, sondern auch ganze Wissens- und Tätigkeitsbereiche werden für die beteiligten Personen im Arbeitssystem durchlässiger (Suesskind/Suesskind 2015). Zur Erreichung einer höheren Arbeitsproduktivität in der Produktion sind demnach nicht nur die veränderte Tätigkeit und der Lernende, sondern auch das Arbeitssystem, z. B. eine Montagelinie einschließlich ihrer FacharbeiterInnen, wichtiges Gestaltungselement von adaptiver Assistenz. Als Teil des Arbeitssystems ermöglichen sie die Veränderungsfähigkeit von Arbeitsroutinen, Kundenorientierung und schnellere Innovationszyklen.

2. Adaptive Assistenzsysteme

Um den zunehmend flexiblen Produktionsprozessen, variantenreichen Produkten und heterogenen Zielgruppen in der produzierenden Industrie begegnen zu können, werden immer öfter arbeitsplatzintegrierte Assistenzsysteme eingesetzt, z. B. für die Unterstützung in der Kommissionierung (Poenicke et al. 2017), in der manuellen Montage oder bei der Durchführung von Instandhaltungstätigkeiten. Dabei werden zwei gegensätzliche Gestaltungsoptionen für Assistenzsysteme unterschieden: (1) Systeme, die die Handlungsfähigkeit der Beschäftigten einschränken und damit deren Entscheidungsmöglichkeiten stark reglementieren, und (2) fähigkeitsverstärkende Systeme, die die Flexibilität und den Handlungsspielraum erweitern (Niehaus 2017, S. 31). Eine Aussage, welche dieser Gestaltungsoptionen die bessere ist, kann jedoch nicht pauschal getroffen werden, sondern erfordert die Betrachtung konkreter betrieblicher Zielstellungen auf den unterschiedlichen funktionalen und hierarchischen Ebenen der Organisation sowie die Betrachtung der zu unterstützenden Tätigkeit und der Charakteristik der Mitarbeitenden, die durch das Assistenzsystem unterstützt werden sollen.

Die Gestaltung einer Assistenzlösung erfordert daher ein systematisches Vorgehen, das diese verschiedenen Gestaltungsebenen und Anforderungen berücksichtigt und die Inhalte und deren Darstellung entsprechend anpasst. In den folgenden Abschnitten wird daher zunächst beschrieben, welche betrieblichen Perspektiven Einfluss auf die Gestaltung nehmen, welche Adaptivitätskriterien unterschieden

werden können und welche Auswirkungen diese auf die Gestaltung des Assistenzsystems, aber auch des übergeordneten Arbeitssystems, haben.

2.1. Unterschiedliche betriebliche Perspektiven bei der Gestaltung von Assistenzsystemen

Die Zielstellung für die Einführung von Assistenzlösungen und der damit verbundene erwartete Nutzen unterscheiden sich in Abhängigkeit von der funktionalen Rolle im Unternehmen und erfordern eine separate Berücksichtigung bei der Gestaltung und Einführung. Es können drei grundlegend verschiedene Perspektiven unterschieden werden:

- Mitarbeitende auf dem industriellen Hallenboden, die durch das Assistenzsystem unterstützt werden, z. B. Monteure
- Arbeitsvorbereitung, verantwortlich für die Erstellung von Arbeitsabläufen und zugehörigen Assistenzinhalten, z. B. Erstellung von Montageanleitungen
- Management, verantwortlich für die Erreichung der Unternehmensziele, z. B. die fristgerechte Montage vorgegebener Stückzahlen in hoher Qualität.

Darüber hinaus gibt es weitere Funktionen im Unternehmen, deren Tätigkeiten mittelbar vom Einsatz eines Assistenzsystems beeinflusst werden, z. B. Mitarbeitende im Einkauf. Diese sollen hier jedoch nicht betrachtet werden.

Die Berücksichtigung dieser verschiedenen Perspektiven hat entscheidenden Einfluss auf die Akzeptanz und die Wirkungsweise des Assistenzsystems im Unternehmen. Daher sollte ein Bewusstsein für die verschiedenen Erwartungen und Ziele, die an die Einführung eines Assistenzsystems geknüpft sind, vorhanden sein oder geschaffen werden. Ein erfolgreiches Vorgehen zur Erhebung der zielgruppenspezifischen Erwartungen wird in Keller et al. (2019, S. 192) beschrieben. Die Erwartungen werden im Rahmen von Workshops durch den Einsatz der Methode des Wirkungsmonitorings (Baumfeld et al. 2015) gemeinsam erarbeitet und liefern im Ergebnis eine Prognose für den erwarteten mittelbaren und unmittelbaren Nutzen der verschiedenen Zielgruppen. Das sind z. B. die Reduktion von Fehlern und Reklamationen, die Verkürzung der Anlernphase, ein reduzierter Betreuungsaufwand in der Anlernphase oder der flexible Einsatz von An- und Ungelernten.

Es wird schnell deutlich, dass zur Erreichung dieser verschiedenen Zielstellungen unterschiedliche Gestaltungsanforderungen umgesetzt werden müssen. Während An- und Ungelernte eine hohe Informationsdichte benötigen, um ein Bauteil fehlerfrei, aber dennoch bereits produktiv montieren zu können, benötigt ein/e erfahrene/r Monteur/in nur sehr gezielte Informationen, die bedarfsgerecht abgerufen werden können. Das Assistenzsystem sollte also die Möglichkeit bieten, sich

an seinen Anwender anpassen zu können (adaptiv) oder von ihm/ihr angepasst zu werden (adaptierbar).

Unter Adaptivität versteht man in diesem Kontext einerseits die Fähigkeit eines Assistenzsystems, nutzerspezifisch eine dynamische inhaltliche Unterstützung anzubieten, die andererseits aber auch im Format und der Darbietung des Inhalts vom Nutzenden verstanden und angenommen wird.

Im Folgenden werden relevante Adaptivitätskriterien vorgestellt, die Einfluss auf die Gestaltung eines Assistenzsystems haben.

2.2. Adaptivitätskriterien

Adaptivitätskriterien beschreiben, welche Faktoren Einfluss auf die Gestaltung der Assistenzlösung nehmen. Dabei kann zwischen persönlichen und tätigkeitsspezifischen Rahmenbedingungen unterschieden werden.

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsvorhabens LeARn4Assembly¹ (FKZ 01PV18007A), das durch das Fraunhofer IFF koordiniert wird, wird für die Erarbeitung dieser Kriterien eine Morphologie entwickelt, in der die relevanten Kategorien und mögliche Ausprägungen dieser Kategorien systematisiert werden, siehe Abb. 1 (vgl. Schmucker et al. 2015, S. 351). Die Charakteristik der Tätigkeit beschreibt z. B. den Grad der Flexibilität und bestimmt die Grenzen einer Assistenzlösung im Sinne einer reglementierenden oder fähigkeitsverstärkenden Wirkung. Darauf nimmt ebenfalls die Definition des Lernziels Einfluss: ist es ausreichend, dass der Mitarbeitende weiß, was zu tun ist (in diesem Fall ist ein instruktionales Vorgehen ausreichend) oder soll der Mitarbeitende in die Lage versetzt werden, Zusammenhänge zu verstehen und auf ähnliche Problemstellungen übertragen zu können (dann ist ein fähigkeitsverstärkendes Assistenzsystem erforderlich).

¹ LeARn4Assembly – Didaktische und lernförderliche Gestaltung VR-/AR-basierter Lern- und Assistenzsysteme für komplexe (De-)Montagetätigkeiten in der Produktion.



Abbildung 7: Persönliche und organisationale Rahmenbedingungen

Die Morphologie wird in der Planungsphase des Assistenzsystems angewendet und für den IST- (ohne Assistenzsystem) und SOLL-Zustand (mit Assistenzsystem) erarbeitet (siehe Abb. 2). Dabei werden ggf., je nach zu unterstützender Tätigkeit, weitere Kategorien ergänzt und die zutreffenden Ausprägungen dokumentiert. Dies erfolgt unter Berücksichtigung der zuvor ermittelten Zielsetzungen.

Das Beispiel in Abb. 2 zielt darauf ab, dass der Mitarbeitende unter Einsatz des Assistenzsystems in der Lage ist, neben der Montage auch die Prüfung vorzunehmen. Das System soll einen flexibleren Einsatz von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ermöglichen, sodass ein Einsatz an mehreren Arbeitsplätzen bzw. die Montage verschiedenartiger Baugruppen realisiert werden kann. Um das zu ermöglichen und die Vorgehensweisen auf ähnliche Komponenten übertragen zu können, soll das Assistenzsystem das Verstehen von Prozessen und Funktionszusammenhängen fördern.

Während die tätigkeitsbezogenen Kategorien in der Regel einen eher statischen Charakter haben, sich also innerhalb eines Arbeitsprozesses nicht grundlegend verändern, unterscheiden sich die personenbezogenen Kategorien in der individuellen Ausprägung von Vorwissen/Erfahrung, physischen und psychischen Merkmalen sowie situativen Merkmalen. Das Vorwissen und die Erfahrung können sich mit Bezug zu einer bestimmten Tätigkeit bei entsprechender Wiederholung verändern und es erforderlich machen, die Inhalte an das aktuelle Qualifikationsniveau anzupassen. Diese Anpassung kann durch den Mitarbeitenden selbst erfolgen, was die Fähigkeit zur Selbsteinschätzung erfordert, oder über regelbasierte Adaptivitätsregeln durch das Assistenzsystem. Die mehrfache erfolgreiche Durchführung einer Aufgabe in einem bestimmten Zeitfenster kann dann automatisch zur Anpassung des Qualifikationsniveaus und damit zu einer weniger detailreichen Anzeige von Assistenzinformationen führen.

3. Gestaltungsdimensionen des Arbeitssystems

Nachdem der erwartete Nutzen des Einsatzes einer Assistenzlösung erarbeitet ist und die angestrebten Zielkriterien definiert sind, stellt sich die Frage, mit welchen Gestaltungsmitteln diese Ziele erreicht werden können und wie sich die Gestaltungsdimensionen in Abhängigkeit von den zuvor erarbeiteten Rahmenbedingungen verändern. Wie unterscheiden sich Inhalt und Darstellung von Assistenzinhalten für einen An- und Ungelernten gegenüber einem Experten? Welche Anpassungsmöglichkeiten bietet eine Assistenzlösung und wie können diese automatisiert generiert werden?

Um sich diesen und weiteren Fragestellungen zu nähern, wird im Projekt LeARn4Assembly eine Morphologie für die Gestaltungsdimensionen einer Assistenzlösung (in diesem Fall für die Tätigkeit der manuellen Montage) entwickelt. Abb. 3 zeigt zur Veranschaulichung der geplanten Vorgehensweise beispielhafte Gestaltungsdimensionen eines Assistenzsystems und mögliche Ausprägungen der jeweiligen Kategorien.

IST-Zustand (ohne Assistenzsystem):



SOLL-Zustand (mit Assistenzsystem):

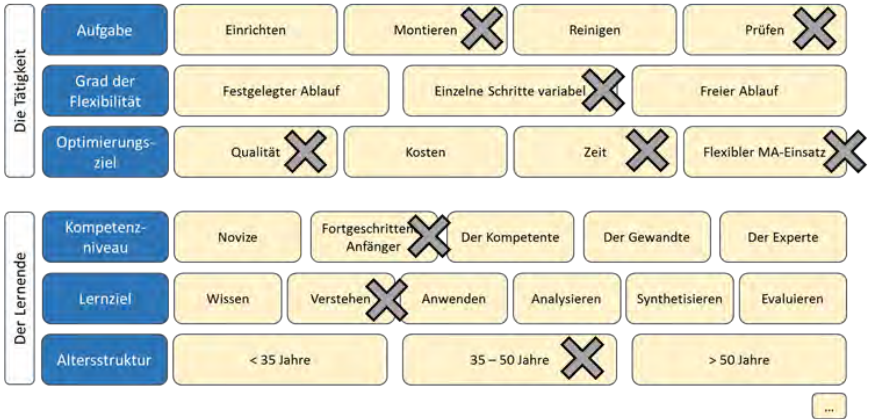


Abbildung 8: Rahmenbedingungen IST und SOLL

Es ist grundsätzlich zu entscheiden, welche Technologien sinnvoll eingesetzt oder kombiniert werden können. Dabei beschreibt „sinnvoll“ sowohl die Eignung für das Erreichen der festgelegten Ziele als auch die entstehenden Kosten, die sich sowohl aus der Anschaffung erforderlicher Hardware als auch aus dem Aufwand für die Erstellung der Inhalte ergeben.

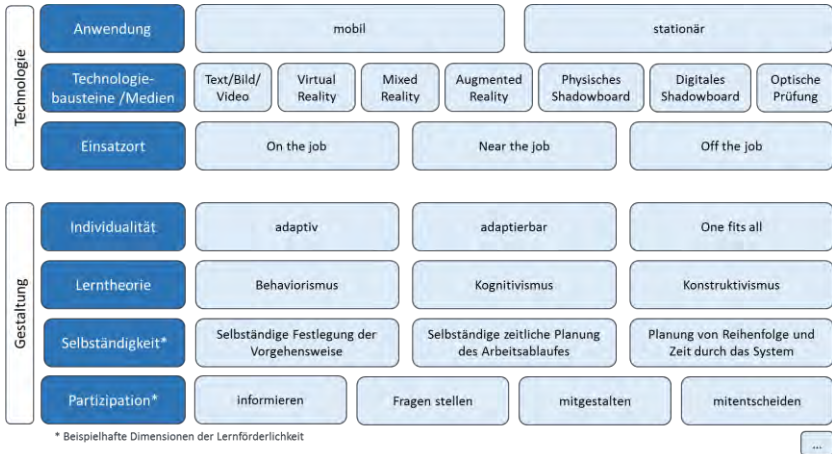


Abbildung 9: Gestaltungsdimensionen eines Assistenzsystems

Neben der Entscheidung für eine technologische Lösung sind Gestaltungsprinzipien für das Assistenzsystem und dessen Einsatz im Arbeitssystem erforderlich. Dies schließt z. B. Fragen einer didaktischen und lernförderlichen, ggf. auch gesundheitsförderlichen Gestaltung ein und leitet sich aus den zuvor erhobenen Rahmenbedingungen, z. B. den Lernzielen, ab.

Im folgenden Kapitel wird dieses Vorgehen anhand eines ausgewählten Beispiels detaillierter beschrieben.

3.1. Beispiel: Gestaltung eines Assistenzsystems in der Montage von Flugsteuerungssystemen

Im Rahmen des vom BMWi geförderten Forschungsprojektes DEPOT² (FKZ: 20X1731E), in dem das Fraunhofer IFF als Technologiepartner und als Partner für die Arbeitsgestaltung und Evaluation tätig ist, wird in einem Konsortium ein Montageassistenzsystem entwickelt, das die MonteurlInnen bei der Montage bspw. eines Drehantriebes unterstützt. „Montageanleitungen und technische Zeichnungen auf Papier sollen der Vergangenheit angehören. Stattdessen ist die durchgängige Nutzung digitaler Modellinformationen aus der Produktentwicklung für eine effiziente und teil-automatisierte Montageplanung, Assistenzsystemplanung, Prüfplanung und Dokumentation der Arbeitsergebnisse vorgesehen“ (Haase et al. 2019a).

2 DEPOT – Digitale Entwicklung, Produktion, Logistik und Transport – Digital vernetzte Werkzeuge für eine effiziente und informationsgesteuerte Flugzeugmontage.

Die Erwartungen der Mitarbeitenden an das Assistenzsystem variieren in Abhängigkeit von ihrer Funktion im Unternehmen und ihrer Erfahrungsstufe und sollten bei der Gestaltung berücksichtigt werden. Im Folgenden wird das dazu gewählte Vorgehen vorgestellt.

3.2. Workshops zur rollenspezifischen Zielbestimmung

Um die vielfältigen Anforderungen bei der Systemgestaltung berücksichtigen zu können, wurden zunächst einstündige Workshops mit Mitarbeitenden der Montage, der Arbeitsvorbereitung und des Managements durchgeführt, wobei die Zielgruppen getrennt voneinander interviewt wurden, um allen Perspektiven den erforderlichen Raum zu geben. Die TeilnehmerInnen wurden jeweils nach dem erwarteten Nutzen durch den Einsatz der Assistenzlösung befragt und wurden gebeten, bereits eine erste Einschätzung zur Eignung geplanter Technologiebausteine zu geben.

(1) MonteurInnen

Für die MonteurInnen als unmittelbare AnwenderInnen des Assistenzsystems wurde deutlich, dass der erwartete Nutzen und damit auch die Ziele, die dem System zugesprochen werden, sich mit der Erfahrungsstufe verändern. Der unmittelbare Nutzen wird bei Mitarbeitenden gesehen, die sich in der Anlernphase befinden und die mit der Montage des Drehantriebes bisher keine Berührungspunkte hatten.

Erfahrene MonteurInnen sehen vor allem die Prozessabsicherung mit optischer Prüfung ausgewählter Arbeitsschritte, deren Rückbau z. B. besonders zeit- und kostenintensiv wäre, als unmittelbaren Nutzen. Darüber hinaus übernehmen die erfahrenen MonteurInnen bisher die Betreuung der weniger Erfahrenen in der Anlernphase. Hier sehen sie zum einen eine Reduktion des Aufwandes und zum anderen eine Förderung der Selbständigkeit der An- und Ungelernten. Während der schnellste Weg bei Unsicherheiten bisher das Fragen des betreuenden Mitarbeiters war, muss sich der Mitarbeitende in der Anlernphase jetzt selbständig mit der Anleitung auseinandersetzen und Zusammenhänge herleiten.

(2) Arbeitsvorbereitung

Langfristig sind für die Mitarbeitenden der Arbeitsvorbereitung die größten Veränderungen zu erwarten. Sie werden die Assistenzinhalte für das Assistenzsystem erstellen und müssen dazu den Umgang mit dem neuen System erlernen. Vor diesem Hintergrund blicken sie vor allem auf den zu erwartenden Aufwand bei der Erstellung der Anleitung und den Nutzen, der sich daraus für die MonteurInnen ergibt. Bisherige Arbeitsabläufe sollten daher adaptiert und weiterentwickelt werden, redundante Eingaben in mehreren Systemen sind unbedingt zu vermeiden.

Für die Akzeptanz dieser Zielgruppe ist es wichtig, auch der Gestaltung des Autosystems zur Erstellung der Assistenzinhalte eine hohe Aufmerksamkeit zu schenken.

(3) Management

Im Fokus des Managements steht eine Steigerung der Produktivität sowie der Effizienz und Effektivität („Das Richtige richtig tun.“). Außerdem sehen sie im Einsatz das Potenzial, die Anlernzeiten zu verkürzen und damit der hohen Fluktuation der MonteurInnen entgegenzuwirken. Da der Bedarf an Fachkräften am Markt derzeit nicht gedeckt werden kann, werden die Aufgaben zunehmend durch An- und Ungelernte wahrgenommen. Es wird erwartet, dass die Qualifikationslücke durch den Einsatz eines lernförderlichen Assistenzsystems geschlossen oder zumindest in großen Teilen überwunden wird.

Als Fazit lässt sich herausstellen, dass bei der Gestaltung des Assistenzsystems alle Ebenen berücksichtigt werden sollten und es sich positiv auswirkt, wenn der erwartete Nutzen (auch der Nutzen der anderen Akteure) transparent kommuniziert wird.

4. Auswahl geeigneter Technologiebausteine

Für die Umsetzung des Assistenzsystems wurden verschiedene Technologiebausteine entwickelt und kombiniert. Sie werden im weiteren Projektverlauf in der Evaluationsphase hinsichtlich der ermittelten nutzerspezifischen Zielkriterien erprobt und evaluiert. Dabei kommt der Auswahl und Gestaltung geeigneter Medien eine besondere Rolle zu (Haase 2017, S. 146ff.) Im Folgenden wird ein Überblick über die Technologiebausteine, den erwarteten Nutzen und Abschätzungen zum Erstellungsaufwand gegeben.

Technologie: Text und Bild
Beschreibung: Die Arbeitsschritte werden detailliert beschrieben und durch fotografische Abbildungen illustriert.
Bewertung: Das Potenzial der Verwendung von Text und Bild liegt in der hohen Informationsdichte, die vor allem in der Anlernphase erforderlich ist. Der Erstellungsaufwand ist relativ hoch, entspricht aber weitestgehend dem heutigen Aufwand und Vorgehen zur Erstellung von Benutzerhandbüchern für den Kundenservice. Die fotografischen Abbildungen erfordern eine Nachbildung aller relevanten Arbeitssituationen an der realen Baugruppe. Die in den Workshops befragten MonteurInnen sehen vor allem in der Anlernphase einen Nutzen, für die erfahrenen MonteurInnen wird eine sehr geringe Nutzungsdauer prognostiziert, was auf den erhöhten zeitlichen Aufwand der Informationsverarbeitung zurückzuführen ist: „Auf eine Kombination von Text und Bild

sollte verzichtet werden, wenn der Lernende ausreichend Vorwissen und kognitive Fähigkeiten hat, um den Sachverhalt aus nur einer Informationsquelle zu verstehen“ (Niegemann et al. 2008, S. 233).

Technologie: Video des realen Arbeitsschrittes

Beschreibung: Von jedem relevanten Arbeitsschritt wird ein Video (Beobachtung des realen Montageablaufs einer erfahrenen Monteurin bzw. eines erfahrenen Monteurs) gedreht und nachbearbeitet.

Bewertung: Videos, die den Montageablauf am realen Bauteil zeigen, haben ihr Potenzial vor allem in der Visualisierung spezifischer manueller Handhabungsprozesse, die in einer computergenerierten Animation nur mit viel Aufwand nachzustellen sind.

Erste Erfahrungen der MonteurInnen zeigen, dass gerade die Usability von Videos oft als hinderlich wahrgenommen wird, weil die Informationen „durchlaufen“ und ggf. ein erneutes Anschauen des Videos erforderlich ist. Außerdem werden die Details der realen Arbeitsumgebung als ablenkend empfunden. Der Erstellungsaufwand eines Videos ist vergleichsweise hoch, da jeder Arbeitsschritt gefilmt und nachbearbeitet werden muss. In der Vorbereitung müssen der zu filmende Arbeitsplatz und die Umgebung für den Dreh vorbereitet werden und individuelle Erfordernisse wie das Tragen der persönlichen Schutzausrüstung berücksichtigt werden. Das Videomaterial ist für eine standardisierte Dokumentation von Serviceaufgaben nicht geeignet.

Die Verwendung von Videos wird daher sehr gezielt in Abhängigkeit vom zu unterstützenden Arbeitsschritt erfolgen. Angepasste Steuerungsmöglichkeiten des Videos, z. B. über einen Schieberegler, können sich positiv auf die Usability auswirken.

Technologie: Interaktives 3D-Modell und Animationen

Beschreibung: Der Montagefortschritt einer Baugruppe wird für jeden Arbeitsschritt dreidimensional anhand der 3D-CAD-Daten visualisiert. Interaktive Elemente können das Zoomen und Drehen eines 3D-Modells sein oder das Abrufen von Metainformationen, z. B. Stücklistenbezeichnungen. Bei Vorhandensein von Informationen über die Montagerichtungen der Bauteile können Animationen des Montageschritts erstellt werden.

Bewertung: Sofern digitale Informationen in Form von 3D-CAD-Modellen der Montagebaugruppe, Stücklisten und ein Montagevorranggraph verfügbar sind, ist der Aufwand für die Erstellung der Assistenzinhalte relativ gering. Der erwartete Nutzen wird als hoch eingeschätzt, da sich die Assistenz auf das – für eine korrekte Ausführung der Montageoperation – Wesentliche beschränkt.

Technologie: Optische Prüfung

Beschreibung: Die optische Prüfung prüft die korrekte Ausführung eines Montageschrittes mit einer automatischen Bild-/Datenauswertung. Die Sollsituation wird – bei Vorhandensein digitaler Produktdaten – automatisch durch eine Prüfsimulation berechnet (Berndt/Sauer 2018).

Bewertung: Die Erstellung eines Prüfprogramms kann effizient und hochflexibel auf Basis eines digitalen Produktmodells erfolgen. Sofern die relevanten Prüfmerkmale prozesssicher erfasst werden können und eine Prüfverfahrensqualifikation erfolgreich durchgeführt worden ist, wird der Nutzen als sehr hoch eingeschätzt. Die optische Prüfung dient als Quality Gate und sichert Montageabschnitte ab. Aufwendige Untersuchungen an Testständen zur Funktionsprüfung der fertig montierten Baugruppe können ggf. entfallen. Optische Prüfungen ermöglichen zusätzlich eine Bildokumentation der jeweiligen Montagezustände und gelten bei Reklamationen als revisionssicher.

Technologie: Digitales Shadowboard

Beschreibung: Über das digitale Shadowboard (Abb. 4a) wird die Position von Bauteilen und Hilfsmitteln auf die Arbeitsfläche projiziert. Im Assistenzsystem werden die projizierten Konturen z. B. für die Markierung des aktuell zu montierenden Bauteils verwendet. Es ist geplant, die digitalen Schatten interaktiv zu gestalten, sodass sie von den MonteurInnen auf dem Arbeitsplatz nutzerindividuell platziert werden können.

Bewertung: Das Digitale Shadowboard bietet eine Assistenzfunktion, die sich nahtlos in den Arbeitsprozess integrieren lässt und großes Potenzial einer nutzerindividuellen und lernförderlichen Gestaltung bietet. Werden z. B. in einem digitalen Schatten mehrere Schrauben des gleichen Typs zusammengefasst, so kann die Anzahl der entnommenen oder noch verfügbaren Schrauben als Zusatzinformation projiziert werden. Darüber hinaus können daraus Rückschlüsse auf den aktuellen Montageschritt und damit auf die erforderlichen Assistenzinformationen gezogen werden.

Technologie: Physisches Shadowboard

Beschreibung: Das physische Shadowboard (Abb. 4b) umfasst ein systematisches Ablagesystem von Bauteilen, Lehren, Werkzeugen, u. a. m., wobei jeder Ablageplatz mit einem Sensor zur Erfassung der Anwesenheit ausgestattet ist. Die Sensorsignale werden über IoT-Schnittstellen an eine Kommunikationseinheit übermittelt, verarbeitet und dem Assistenzsystem zur Verfügung gestellt.

Bewertung: Mittels eines geeigneten Autorensystems sind für jeden relevanten Montageschritt Anwesenheitszustände des Ablagesystems zu definieren. Auf dieser Grundlage kann das Assistenzsystem automatisch Handlungsoperatio-

nen (Entnahmen und Wiederablagen) erfassen und mit den definierten Montageschritten logisch verknüpfen. Die logische Verknüpfung von digitalem Arbeitsablauf (siehe Montagevorranggraph) und Handlungsoperationen ermöglicht eine kontextsensitive Bereitstellung von Assistenzfunktionen. Die Interaktion des Nutzers kann intuitiver gestaltet werden (das Assistenzsystem arbeitet im Hintergrund und stellt Informationen bedarfsorientiert zur Verfügung). Zusätzlich kann das physische Shadowboard zur Absicherung von Arbeitsabläufen genutzt werden.

5. Adaptivität als lernförderliches Gestaltungskriterium

Damit die gewählten Technologiebausteine das Lernen im Arbeitsprozess unterstützen können, sind diese entsprechend didaktisch und lernförderlich zu gestalten (siehe Abb. 3) und an die erarbeiteten Zielstellungen anzupassen. Dies beinhaltet sowohl die mediale Aufbereitung, z. B. mit Fragestellungen der didaktischen Aufbereitung verschiedener Medien (vgl. Niegemann et al. 2008), aber auch die lernförderliche Gestaltung der Assistenz und des umgebenden Arbeitssystems sowie die adaptive Gestaltung. Die Ausführungen dieses Abschnittes basieren auf Auszügen des Beitrags (Haase et al. 2019, S. 5ff.).

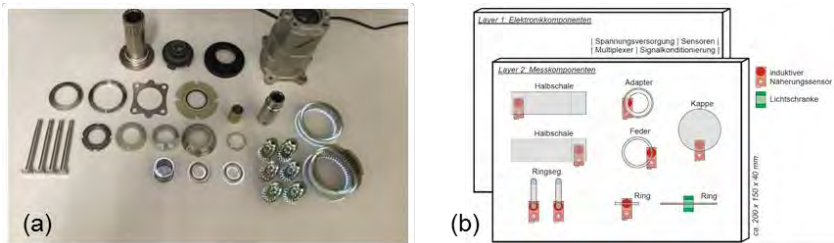


Abbildung 10: (a) Digitales Shadowboard (b) Physisches Shadowboard

„Lernförderlichkeit beschreibt die Bedingungen von Tätigkeiten, die im Arbeitsalltag bei der Arbeitsausführung Lernprozesse begünstigen bzw. lerngünstige Voraussetzungen schaffen“ (Bigalk 2006, S. 38).

Für die Beschreibung der Lernförderlichkeit haben (Frieling et al. 2006) das Lernförderlichkeitsinventar entwickelt, das sieben grundlegende Kategorien beschreibt: (1) Selbständigkeit, (2) Partizipation, (3) Variabilität, (4) Komplexität, (5) Kommunikation/Kooperation, (6) Feedback und (7) Zeitdruck. Die Förderung der Selbständigkeit durch den Einsatz eines Assistenzsystems soll beispielhaft beschrieben werden. Der Erhalt der Selbständigkeit des Nutzers ist ein wichtiges Element während der Ausübung einer Arbeitsaufgabe und bei gleichzeitiger Nutzung eines Assistenzsystems. In unserem Beispiel kann der Nutzer des Assistenzsystems die Lage der Bauteile und Werkzeuge auf seinem Arbeitsplatz frei und intuitiv wählen. Das Assistenzsystem merkt sich diese Raumlagen und projiziert bei der nächsten

zu montierenden Baugruppe mit einem Projektionssystem die Außenkontur der Bauteile auf dem Montagetisch (Technologie „digitales Shadow-Board“, siehe Abb. 4). Sie stellt den MonteurInnen eine Hilfestellung für die jeweilige Ablageposition der Bauteile zur Verfügung. Über eine kamerabasierte Bauteilerfassung wird die Anwesenheit der Bauteile am vorgesehenen Ablageplatz überprüft. Diese Technologie wird durch eine zweite, das „physische Shadow-Board“, ergänzt. Es besteht aus einem Sensornetzwerk, das die Anwesenheit von bspw. Werkzeugen in dafür vorgesehenen Ablagen erfasst und an eine intelligente Datenanalysebox weitergibt.

Die beiden zuvor genannten Technologien, das digitale und das physische Shadow-Board, ermöglichen die Erhaltung der Selbständigkeit des Nutzers auch dadurch, dass sie die Analyse von Kontextinformationen ermöglichen. Anhand der zeitlichen und räumlichen Analyse der Anwesenheit von Bauteilen und Werkzeugen kann das Assistenzsystem selbständig den jeweils vom Nutzer in Bearbeitung befindlichen Montageschritt ermitteln. Das ermöglicht ein selbständiges Arbeiten des Nutzers ohne lästiges Weiterschalten der Assistenz von Montageschritt zu Montageschritt. Sollte der Nutzer aber eine Unterstützung benötigen, weiß das Assistenzsystem immer, an welchem Montageschritt sich der Nutzer gerade befindet und kann Assistenzfunktionen ad hoc bereitstellen. Auch die Lernförderlichkeit ist sehr individuell verschieden und erfordert daher eine Anpassung an die Person und an den Kontext der Tätigkeit. Die adaptive Gestaltung erfordert eine didaktisch-methodische Aufbereitung der digitalen Inhalte sowie geeignete Regeln und Vorgehensweisen einer dynamischen Unterstützung. Voraussetzung einer dynamischen bedarfsorientierten Unterstützung bilden zwei Grundfunktionalitäten:

1) Erkennen des aktuellen Arbeitsschrittes

Es muss erkannt werden, in welchem Montageschritt die Monteurin bzw. der Monteur aktuell arbeitet und ob dieser Teilschritt, oder aber eine Summe an Teilschritten, korrekt ausgeführt wurden. Dies stellt in der betrieblichen Praxis eine besondere Herausforderung dar, da zur Erkennung des aktuellen Arbeitsschrittes digitale Informationen in Form von Sensordaten, abgeleitet aus Maschinendaten oder aus körpergetragener Sensorik, erforderlich sind.

2) Erkennen von Abweichungen zum optimalen Prozess

Die zweite Grundfunktionalität einer dynamischen Unterstützung adressiert das Erkennen von Abweichungen von einem „Normalverhalten“. Bisher wurde betont, dass Adaptivität die für den Nutzer „passende“ Assistenz zur Verfügung stellt. Neben der reinen Assistenz werden auf dem Wege aber auch konkrete Lehr-Lerninhalte bereitgestellt, die die Monteurin bzw. der Monteur bedarfsgerecht abrufen kann.

Beispiel: Der Mitarbeitende wird entlang der Assistenzschritte aufgefordert, zu verbauende Teile mit einer definierten Menge zu fetten. Hier kann dann eine kurze Lernsequenz gestartet werden, die erläutert, warum dies an der Stelle notwendig ist und warum dieses spezielle Fett verwendet wird. Diese Lernsequenz kann auch als Reaktion auf Fehler in diesem Arbeitsschritt genutzt werden und der Monteurin bzw. dem Monteur das richtige Vorgehen noch einmal veranschaulichen. Außerhalb der Anlernphasen würden solche Lehr-/ Lerninhalte on top nach Beendigung der Assistenz aufgezeigt und dem Nutzenden angeboten.

So angelegte Assistenzsysteme haben also nicht zum Ziel, das Anforderungsniveau für Tätigkeiten noch weiter herunterzusetzen. Vielmehr soll die zunehmende Komplexität von Tätigkeiten beherrschbar werden und bleiben. Die Nutzenden sollen durch die gezielte arbeitsplatzintegrierte Assistenz einerseits die Interaktion mit dem zusehends digitalisierten Arbeitsplatz positiv annehmen und gleichzeitig einen gezielten Lernzuwachs erfahren. Fehler dürfen gemacht werden und Performance-Schwächen sind erlaubt, da sie vom System aufgegriffen und gezielt mit dem Nutzenden verändert werden. Im Gegensatz zu einer Begleitung durch den Menschen ist das System mit „digitaler Geduld“ ausgestattet und hat die Zielsetzung, mit dem Menschen ein ideales und belastbares Arbeitsergebnis abzuliefern.

6. Zukunftsszenario „Selbstoptimierende Assistenz“

Bisher wurde die Adaptivität der Assistenzsysteme als durch den Menschen abrufbare Unterstützung beschrieben und zwar gemäß individueller Tätigkeitsanforderungen und den Gegebenheiten des Arbeitssystems. Agile Produktionsprozesse setzen proaktive Vorbereitung, schnelle Reaktionsfähigkeit und optimierte Wirtschaftlichkeit voraus (Rabitsch/Ramsauer 2015). Wie Abbildung 5 illustriert, entspreche dies dem Anspruch der echtzeitfähigen Aktualisierbarkeit der Assistenzinhalte. In Bezug auf die Wandlungsfähigkeit der Tätigkeitsanforderungen und der individuellen Leistungsvoraussetzungen der MitarbeiterInnen, wird das Assistenzsystem sich zukünftig z. B. stets in der Aufgabe der Prozessabsicherung verorten, jedoch in unterschiedlichem Maß qualifizieren, abhängig von der Erfahrungsstufe. Die erfolgreiche Durchführung einer Arbeitsaufgabe wird durch das Assistenzsystem erkannt und kann in einer Aktualisierung der Qualifikationsmatrix resultieren. Die Personaleinsatzplanung kann damit auf Basis hochaktueller Daten, die unmittelbar aus dem Arbeitsprozess kommen, erfolgen (vgl. Schenk 2014, S. 275 f.).

Für die Verarbeitung komplexer Dateninputs könnten neuronale Netze hinzugezogen werden, die eine skalierbare Entscheidungsunterstützung auf strategischer, taktischer und operativer Ebene ermöglichen. So wären z. B. Verlaufsdaten der Produktionsanforderungen hilfreich, um frühzeitig Produktionsmengen je Typ prognostizieren und die erforderlichen Arbeitsprozesse auf allen Ebenen schnell darauf abstimmen zu können.

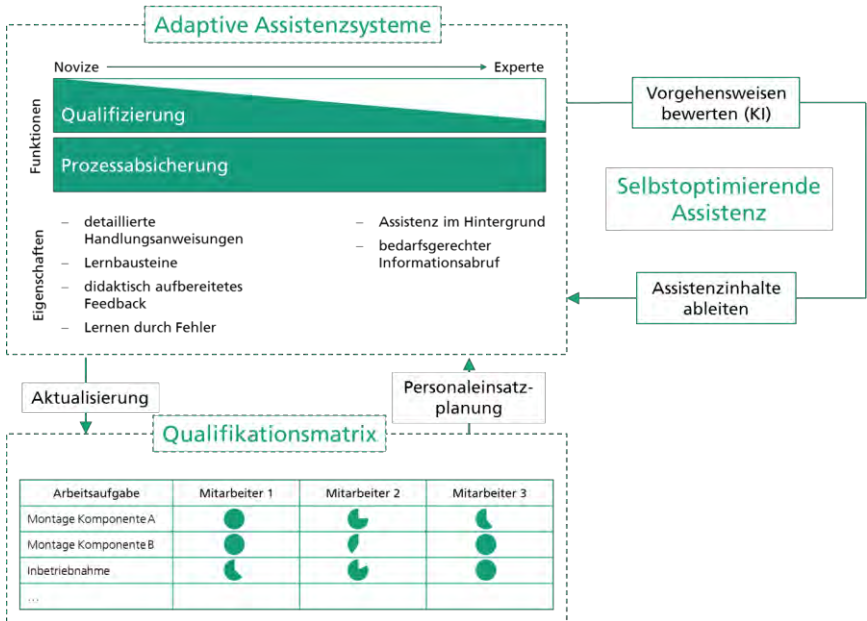


Abbildung 11: Selbstoptimierende Assistenz

Nicht mehr die Vermeidung von Störgrößen, sondern ihre Handhabung steht dabei im Vordergrund. Zielvision dieses Szenarios ist allerdings nicht allein die Selbstoptimierung des Assistenzsystems auf Basis von Mustererkennung und lernenden Algorithmen, sondern auch nach wie vor die lernförderliche Gestaltung der Informationsdarstellung für den Menschen. Er bleibt auch in diesem Fall wesentliches Korrektiv in der KI-Nutzung, der als Bestandteil eines intelligenten Arbeitssystems selbst über die Fähigkeit der Mustererkennung verfügen können muss. Darüber hinaus nimmt die Reflexionskompetenz mit der Nutzung digitaler Medien im Arbeitsprozess, wie sie spätestens mit der Einführung von Wissenssystemen relevant wurde, weiterhin zu. Um als Organisation zu lernen, benötigt es Transparenz über die Wechselwirkungen unterschiedlicher Fachbereiche in Form von beispielsweise wiederkehrenden Störgrößen, die sich oft als Schnittstellen unterschiedlicher Fachbereichsdynamiken entlarven. Hierzu zählen z. B. starke Schwankungen in der Ressourcenverfügbarkeit, ungeplante Produktionsstopps und Personalplanungsprozesse. Diese Transparenz kann KI-Unterstützung bieten und die Entscheidung, an welcher Stellschraube in geeigneter Weise zu drehen ist, befördern.

Literatur

- Baecker, D. (2017). Wie verändert die Digitalisierung unser Denken und unseren Umgang mit der Welt?. In: Gläß R., Leukert B. (eds) Handel 4.0. Springer Gabler, Berlin, Heidelberg.
- Baumfeld, L. et al. (2015). Instrumente systemischen Handelns: Eine Erkundungstour. Springer-Verlag.
- Berndt, D./Sauer, S. (2018). Technologien für Assistenzfunktionen; QZ 04/2018; Carl Hanser Verlag, München, Jahrgang 63 (2018) 04, ISSN 0720-1214.
- Bigalk, D. (2006). Lernförderlichkeit von Arbeitsplätzen – Spiegelbild der Organisation? Eine vergleichende Analyse von Unternehmen mit hoch und gering lernförderlichen Arbeitsplätzen (Vol. 3). kassel university press GmbH.
- Burstedde, A./Risius, P. (2017). Fachkräfteengpässe in Unternehmen. Regionale Fachkräftesituation und Mobilität. Hg. v. Institut der deutschen Wirtschaft Köln. Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung. Köln (Studie 2/2017).
- Claussen, P. (2012). Die Fabrik als soziales System. Wandlungsfähigkeit durch systemische Fabrikplanung und Organisationsentwicklung – ein Beispiel aus der Automobilindustrie. Wiesbaden, Springer Gabler Verlag.
- Deschermeier, P. (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.
- Frieling, E. et al. (2006). Lernen durch Arbeit. Waxmann Verlag.
- Haase, T. et al. (2019a). Anforderungen an die lernförderliche Gestaltung arbeitsplatzintegrierter Assistenzsysteme. lernen & lehren, 35(19). Im Druck.
- Haase, T. et al. (2019b). Didaktische Gestaltung und arbeitswissenschaftliche Evaluierung von Assistenzsystemen in der Stahlindustrie – ein interdisziplinärer Forschungsansatz. In Arbeit interdisziplinär analysieren-bewerten-gestalten–65. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. GfA-Press, Dortmund.
- Haase, T. (2017). Industrie 4.0: Technologiebasierte Lern- und Assistenzsysteme für die Instandhaltung. Bielefeld 2017.
- Keller, A. et al. (2019). Instandhalter sind Mitgestalter ihres Assistenzsystems. In: wt Werkstattstechnik online, Jahrgang 109, VDI Fachmedien GmbH & Co. KG 2019. Düsseldorf.
- Lerch, C. et al. (2016). I4.0-Readiness – Baden-Württemberg auf dem Weg zur Industrie 4.0? Studie im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg.
- Niegemann, H. M. et al. (2008). Kompendium multimediales Lernen. Springer Science & Business Media.
- Niehaus, J. (2017). Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0. Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle. Düsseldorf.

- Poenicke, O. et al. (2017). Mobile Assistenzlösungen in manuellen Prozessen. Einsatz der Wearables RFID-Armband und SmartGlasses. In Gronau, N. (Hrsg.). *Industrial Internet of Things in der Arbeits- und Betriebsorganisation*. Berlin, GITO mbH Verlag, S. 61-72.
- Rabitsch, C. et al. (2015). Operationalisierung der Agilität. Agilitätsdimensionen und Stellgrößen. In: *Industrie 4.0 Management* 31 (4), S. 44–48.
- Rammer, C. et al. (2018). Produktivitätsparadoxon im Maschinenbau. IMPULS-Stiftung für den Maschinenbau, den Anlagenbau und die Informationstechnik. Mannheim, Karlsruhe.
- Schenk, M. et al. (2016). Herausforderungen der Mensch-Technik-Interaktion für die Gestaltung zukünftiger Arbeitssysteme. Schlick, C. (Hg.): *Megatrend Digitalisierung. Potentiale der Arbeits- und Betriebsorganisation*. neue Ausgabe. Berlin: Gito (Schriftenreihe der Wissenschaftliche Gesellschaft für Arbeits- und Betriebsorganisation (WGAB) eV, 1), 131-140.
- Schenk, M. (2014). Industrie 4.0–Wege und Lösungsbeispiele. In Kersten, W.; Koller, H.; Lööding, H. (Hrsg.). *Industrie 4.0 Wie intelligente Vernetzung und kognitive Systeme unsere Arbeit verändern*. Berlin, GITO mbH Verlag, S. 267-278.
- Schenk, M. et al. (2013). *Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige, vernetzte und ressourceneffiziente Fabrik*. Springer-Verlag.
- Schlick, C. et al. (2018). *Arbeitswissenschaft*. 4. Auflage, Springer Vieweg.
- Schmucker, U. et al. (2015). *Digital Engineering and Operation*. In *Produktion und Logistik mit Zukunft* (pp. 283-375). Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.
- Senderek, R. et al. (2015). Demografiesensibles Kompetenzmanagement für die Industrie 4.0. In *Exploring Demographics* (pp. 281-295). Springer Spektrum, Wiesbaden.
- Spath, D. et al. (2015). *Kompetenzentwicklung in der Industrie 4.0. Lehren und Lernen für die moderne Arbeitswelt*, 113-124.
- Suesskind, R./Suesskind, D. (2015). *The future of the professions: How technology will transform the work of human experts*. New York: Oxford University Press.
- Ullrich, C. et al. (2018). Assistenz und Wissensvermittlung am Beispiel von Montage- und Instandhaltungstätigkeiten. In *Zukunft der Arbeit–Eine praxisnahe Betrachtung* (pp. 107-122). Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.

Weiterbildung mit digitalen Wartungsassistenzsystemen

Axel Friedewald, Robert Rost, Nikolaj Meluzov, Henrik Schröder, Hermann Lödding

1. Einleitung

Um den reibungslosen Betrieb von komplexen Anlagen sicherzustellen, sind Wartungs- und Instandhaltungsaufgaben sowohl vom Servicepersonal der Hersteller als auch von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Anlagenbetreiber durchzuführen. Zum Erwerb des notwendigen Wissens bieten die Hersteller zum Teil Weiterbildungskurse für die komplexen Einzelsysteme an, wie z. B. die Antriebsmotoren eines Schiffes, zum Teil vertrauen die Anlagenbetreiber auf „Learning by doing“. Allerdings sind für alle wesentlichen Komponenten Wartungsanleitungen – meist in Papierform – verfügbar.

Eine neue Entwicklung im Umfeld von Industrie 4.0 und der Entwicklung von digitalen Zwillingen sind digitale Wartungsassistenzsysteme. Diese können das Personal des Anlagenbetreibers bei typischen Aufgaben mithilfe von Augmented Reality (AR) anleiten. Der vorliegende Beitrag zeigt auf, wie ein Gesamtsystem gestaltet werden kann, das sich durch einen modularen Aufbau sowohl für die Weiterbildung und Lernkontrolle eignet als auch die Wartung selbst unterstützt. Dadurch wird ein durchgängiger und aufwandsarmer Einsatz erreicht.

2. Stand der Technik

2.1. Herkömmliche Weiterbildungsangebote

Sollen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für neue Aufgaben geschult werden oder neue Eigenschaften einer Anlage erlernen, können dazu klassische Weiterbildungsmaßnahmen genutzt werden. Dazu zählen vor allem Standard- oder Aufbaukurse beim Anlagenhersteller, in denen die Funktionsweise und verschiedene Wartungsaufgaben der Komponenten erklärt werden, z. B. Standard-Wartungsaufgaben (wie Motorüberwachung und Troubleshooting) und erweiterte Instandhaltungstätigkeiten (wie Zylinder- oder Turbolader-Aus- und Einbau). Die ein- oder mehrtägigen Kursangebote umfassen sowohl eine Vermittlung von Schulungsinhalten im Frontalunterricht als auch die Demonstration und Durchführung von praktischen Tätigkeiten. Darüber hinaus existiert eine große Bandbreite von eLearning-Angeboten, die von einfachen Arbeiten (wie z. B. täglichen Wartungsaufgaben) bis mehrere Module umfassende Kurse (z. B. über Treibstoff- oder Schmiermit-

teleigenschaften) reichen. Zielgruppen der Schulungsmaßnahmen sind Maschinenbediener/innen, Service-Ingenieure/innen, Supervisor/innen bzw. Senior-Service-Ingenieure/innen, Chefingenieure/innen und vergleichbare Funktionen. Die zu erlernenden Fertigkeiten können in den Deutschen Qualifikationsrahmen (Bund-Länder-Koordinierungsstelle 2013) eingeordnet werden, der einheitliche Anforderungsniveaus zur Definition von Kompetenzen und Fertigkeiten beschreibt.

2.2. Wissensvermittlung mit virtuellen Technologien

Moderne Schulungsmethoden setzen vermehrt Techniken der virtuellen Realität (VR) ein, um als verstärkenden Lerneffekt das reale Verhalten simulieren zu können. Das reicht von der Schulung von Montagetätigkeiten mit VR-Brillen oder Projektionsanlagen (Schröder et al. 2017) bis zur Maschinenbedienung in VR-Simulatoren (z. B. Liebherr 2018). Einer breiteren Anwendung steht bisher im Weg, dass jeweils spezifische Schulungsszenarien entwickelt werden müssen.

Auch die Technik der erweiterten Realität wird als Augmented Learning für unterschiedliche Lernszenarien untersucht. Darunter fallen z. B. die Erklärung der Funktionsweise von Druckmaschinen (Fehling/Hagenhofer 2015) oder die Erläuterung von Wartungsaufgaben einer Turbolader-Baureihe (Menn et al. 2018) mit eigens zu diesem Zweck entwickelten AR-Systemen. Um Wartungsaufgaben für ungeübte Personen zu veranschaulichen, werden ebenfalls die für Servicetechniker entwickelten, in der Praxis eingesetzten Systeme genutzt, die die einzelnen Demontage- und Montageschritte anzeigen (z. B. Tionio 2019). Eine Lernerfolgskontrolle ist in diesen Systemen nicht implementiert.

Bisher mangelt es jedoch an einer durchgängigen Lösung mit einem einheitlichen System, das sowohl für systematische Trainings genutzt werden kann als auch in die digitalisierten Unternehmensprozesse der Wartung und Instandhaltung eingebunden ist.

Für diese Integration soll im Folgenden zunächst verdeutlicht werden, welche Unternehmensprozesse adressiert werden müssen, bevor im nächsten Abschnitt der Aspekt der Weiterbildung mit einem Praxissystem behandelt wird.

2.3. Digitales Wartungsassistenzsystem DIA

Folgt man einer arbeitsprozessorientierten Beschreibungslogik, werden zunächst – vergleichbar der auftragsunabhängigen Arbeitsplanung – die Wartungs- und Instandhaltungsanleitungen erstellt. Für jeden Wartungsauftrag werden Werkzeuge, Bauteile und Informationen bereitgestellt, die ggfs. während der Durchführung weiter angereichert werden, und zwar sowohl in der Befundung als auch bei der Ausführung der Wartungsmaßnahmen. Den Abschluss bildet die Protokollierung

und Rückmeldung des Auftrags. Alle angeführten Arbeitsprozesse können mit einem modular aufgebauten digitalen Assistenzsystem (DIA) unterstützt werden (Abbildung 1).

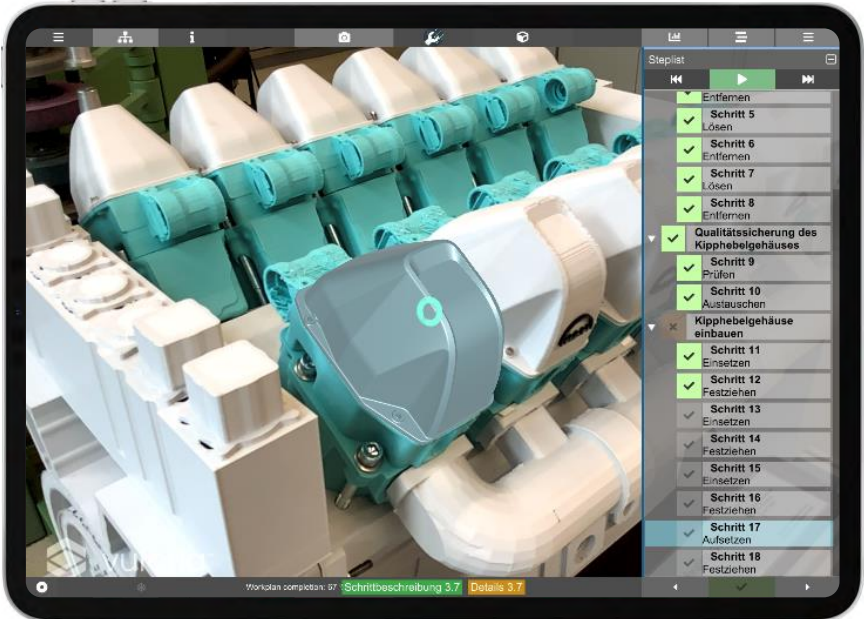


Abbildung 1: Digitales Assistenzsystem DIA zur Wartung

Das zugrunde liegende Datenmodell (Abbildung 2) bildet im Kern die einzelnen Arbeitsschritte der Wartungs- und Instandhaltungsdurchführung ab und ordnet diesen umfangreiche Metadaten zu, z. B.:

- Arbeitsschrittbezeichnungen und -beschreibungen
- Vorgabezeiten
- betroffene Bauteile (bzw. Baugruppenelemente)

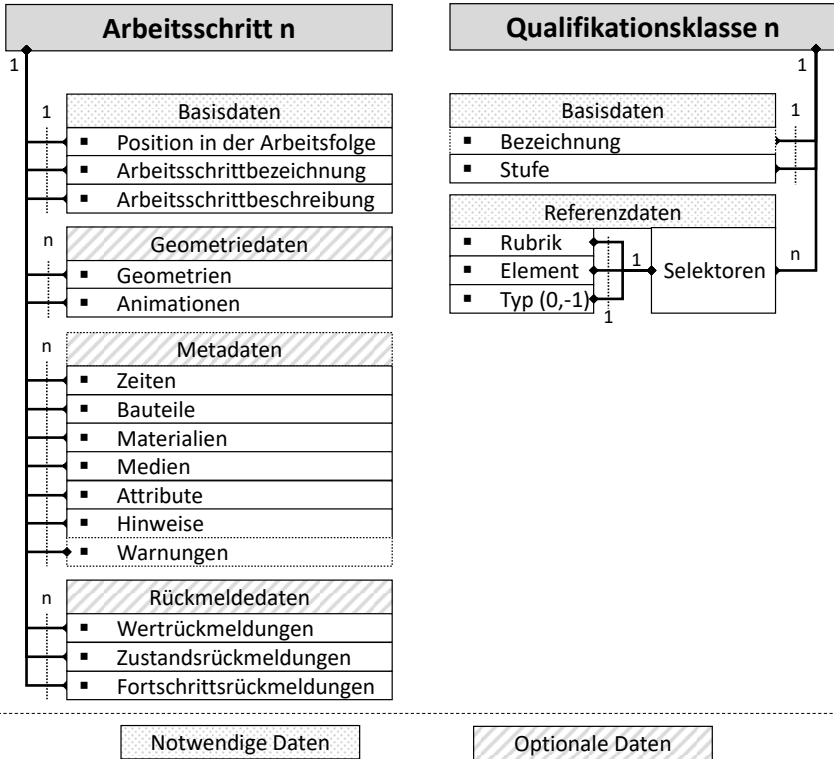


Abbildung 2: Datenmodell

- 3D-Modelle und Bewegungsanimationen
- Warnhinweise
- Werkzeuge, Hilfsmittel und Verbrauchsmaterial
- einzuhaltende Richtlinien und -werte (z. B. Anzugsdrehmomente)
- mögliche notwendige Qualifikationsstufen zur Durchführung
- Reihenfolge der Arbeitsschritte

Die Erstellung der Wartungspläne erfolgt mit dem sog. Creator hauptsächlich in einer Desktop-Umgebung. Neue Anleitungen können – mit deutlich geringerem Aufwand als in den üblichen technischen Redaktionssystemen – direkt aus dem

CAD-Modell abgeleitet werden. Darüber hinaus kann das System bestehende Wartungsunterlagen importieren und automatisiert in Arbeitsfolgen umwandeln (Meluzov et al. 2019). Um besonders komplexe Schritte anschaulich darzustellen, kann die technische Redaktion mit dem ergänzenden VR-Creator mit vergleichsweise geringem Aufwand Animationen entweder mit einer VR-Brille oder an einer Wandprojektion (z. B. bei einer Diskussion mit mehreren Experten) erstellen. Der VR-Creator kann auch zur Simulation bzw. Kontrolle aller Arbeitsschritte in der virtuellen Umgebung genutzt werden.

Die Schnittstelle zur Unternehmens-IT bildet der sog. Director, der für die Inhaltsorganisation, also z. B. die Verwaltung der Templates zur Erstellung und der freigegebenen Wartungspläne, aber auch für die Organisation der Rückmeldungen zur Verfügung steht.

Der sog. Visualizer zeigt dem Wartungspersonal die einzelnen Arbeitsschritte entweder auf einer Tablet-Oberfläche oder über eine AR-Brille an. Dabei wurde das in früheren Entwicklungen (Friedewald et al. 2016) bewährte Prinzip beibehalten, dem Anwender zur Vorbereitung (abseits des Einsatzortes) einen CAD-Modus zur Verfügung zu stellen und für die eigentliche Durchführung der Arbeiten den AR-Modus mit einer individualisierbaren Oberfläche zu nutzen. Die Intensität der Unterstützung durch Hinweise und Animationen ist abhängig vom Qualifikationsprofil des Nutzers. Die über die Benutzeroberfläche oder über angeschlossene Messgeräte oder Sensoren erfassten und ggfs. mit tagbaren Fotos erweiterten Rückmeldeinformationen werden automatisiert zu einem strukturierten Report zusammengeführt.

In Abbildung 3 ist diese modulare Struktur des Gesamtsystems dargestellt. Welche ergänzenden Funktionen über das Modul „Trainer“ bereitstehen, um das Assistenzsystem zur Weiterbildung mit Lernerfolgskontrolle einsetzen zu können, wird im folgenden Abschnitt erörtert.

3. Erweiterung um Weiterbildungsfunktionalität

Die Erstellung von spezifischen Lehrangeboten mit VR- oder AR-Technologie erfordert bislang einen hohen Aufwand (vgl. Abschnitt 2.1). Um diesen Aufwand, der in der Regel von spezialisierten Dienstleistern erbracht wird, zu minimieren, soll stattdessen das in den Unternehmen bereits vorhandene digitale Assistenzsystem für Lernanwendungen befähigt werden. Die Integration von Schulungs- und Wartungsassistenzsystem bietet viele Vorteile:

- Die Nutzerinnen und Nutzer können in der Schulung und im späteren Einsatz das gleiche System verwenden.

tribuierung erweitert. Die einzelnen Arbeitsschritte lassen sich mit einer arbeitsprozessorientierten Beschreibungsmethode von beruflichen Handlungsfeldern (Abbildung 4, Howe/Knutzen 2017) zunächst mit notwendigen Fach- und Methodenkompetenzen attribuieren, die in Zukunft um die dem Modell immanenten Merkmale der Sozialkompetenz und Selbständigkeit erweitert werden sollen. Über die entsprechenden Merkmalswerte ergibt sich die Einordnung in den deutschen Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen (Bund-Länder-Koordinierungsstelle 2013).

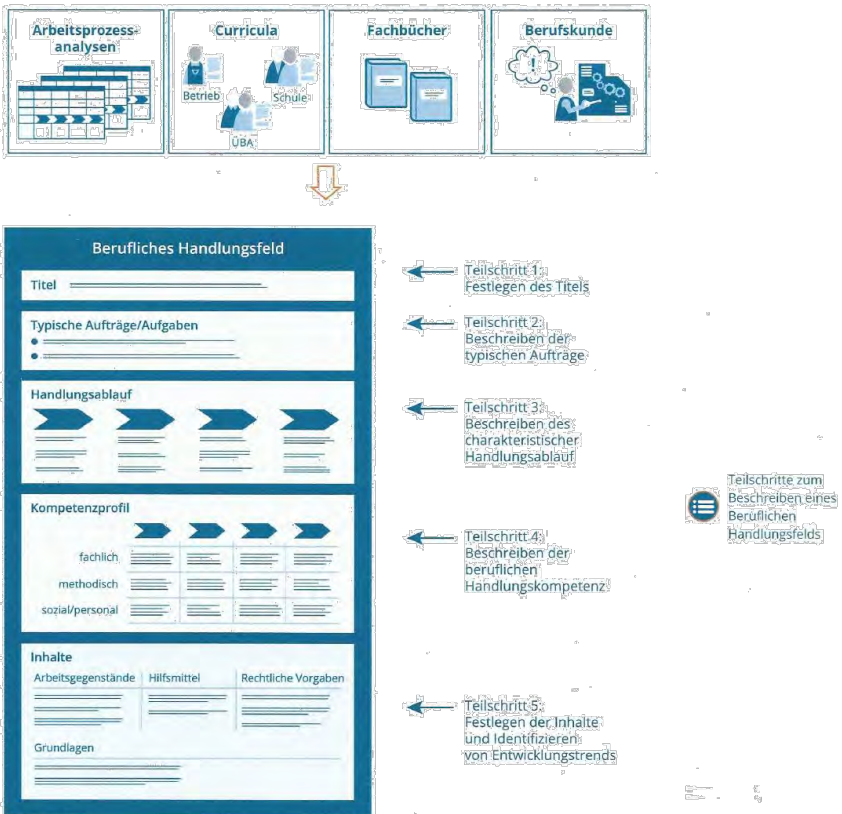


Abbildung 4: Beschreiben von beruflichen Handlungsfeldern (Howe/Knutzen 2017)

Für die Unterscheidung, ob Instandhaltungswissen für ein Grundmodell oder nur für modifizierte Anlagenvarianten erworben werden soll, wird auf die Baugruppenstruktur und Revisionshistorie der Anlagenvarianten zurückgegriffen. Die Attribuierung der Arbeitsschritte und verknüpften Metainformationen erlaubt es,

Werte, die von den Standardwerten abweichen und deswegen in der Schulung besonders visualisiert werden müssen, zu markieren.

3.2. Erstellung der Lerninhalte

Da die Weiterbildungsmaßnahmen in einer ersten Entwicklungsstufe vor allem die notwendigen Arbeitsabläufe schulen sollen, liegt im Wartungsassistenzsystem die Anleitung bereits als Soll-Arbeitsfolge vor, die befundungsabhängig aus Teilaufgaben der Wartung und Instandhaltung besteht. Die wesentliche Herausforderung für den Ersteller der Trainingsanweisungen besteht nun zunächst darin, geeignete Schulungsaufgaben zu definieren, also ob beispielsweise eine vollständige Wartung/Instandhaltung einschließlich Befundung durchgeführt werden soll, ob Teilschritte definiert werden sollen, z. B. nur die Durchführung von Demontage und Montage oder nur die Befundung, oder ob typische, immer einzuhaltende Werte (Standard-Drehmoment für eine Klasse von Schraubverbindungen) oder zu befolgende Warnhinweise beim Lernenden abgefragt werden sollen, um das Bewusstsein für das Gefährdungspotenzial typischer Aufgaben zu schärfen. Diese Tätigkeit unterscheidet sich prinzipiell nicht von einer klassischen Zusammenstellung von Schulungsaufgaben, wird aber operativ durch die Struktur des Wartungsassistenzsystems unterstützt, was die Arbeit wesentlich erleichtert: Der Erstellende der Trainingsszenarien kann auf den bereits modular aufgebauten, befundungsabhängigen Wartungs- und Instandhaltungsplan (Friedewald et al. 2017) zurückgreifen. Einzelne Instandhaltungsschritte müssen nur noch zu einer Übungsaufgabe zusammengefasst werden. Direkt übernehmbare Arbeitsfolgen können zusätzlich als mögliche Übungsaufgabe gekennzeichnet werden.

Je nach Gestaltung der Übungsaufgabe kann der zu erlernende Plan mit oder ohne Warnungen abgearbeitet werden, d. h. die Basis-Übungsaufgabe enthält nur die De-/Montageschritte, die später für ein erfolgreiches Lernen abgeprüft werden sollen, oder es werden auch Sicherheitsaspekte behandelt, die dann abgefragt werden können.

Für die Abfrage von ergänzenden Informationen (z. B. einzuhaltende Drehmomente) sind weitere Fragenklassen implementiert, die sich ebenfalls in den strukturierten Fragenkatalog einfügen lassen.

Schließlich sind ggfs. noch die vom Lehrenden zugelassenen Ausführungstoleranzen (Schröder et al. 2017) einzugeben, die ebenfalls mit den vorhandenen Metainformationen zusammenhängen. Der Trainer muss hier festlegen, wann die Aufgabe als bestanden gewertet werden kann, und definiert dazu Werte für einzelne Kriterien wie z. B. die zulässige Zahl von Reihenfolgefehlern und die korrekten Attributwerte.

Wie für die Erstellung der Instandhaltungsanleitungen wird auch für die Konfiguration der Übungsaufgaben und die Formulierung von Fragen das Creator-Modul

eingesetzt. Es hält dazu Lerntemplates bereit, die zu der Gesamtaufgabe zusammengestellt werden können (Abbildung 5) bzw. noch einen Eintrag der relevanten Attribute in die Vorlage erfordern (Abbildung 6).

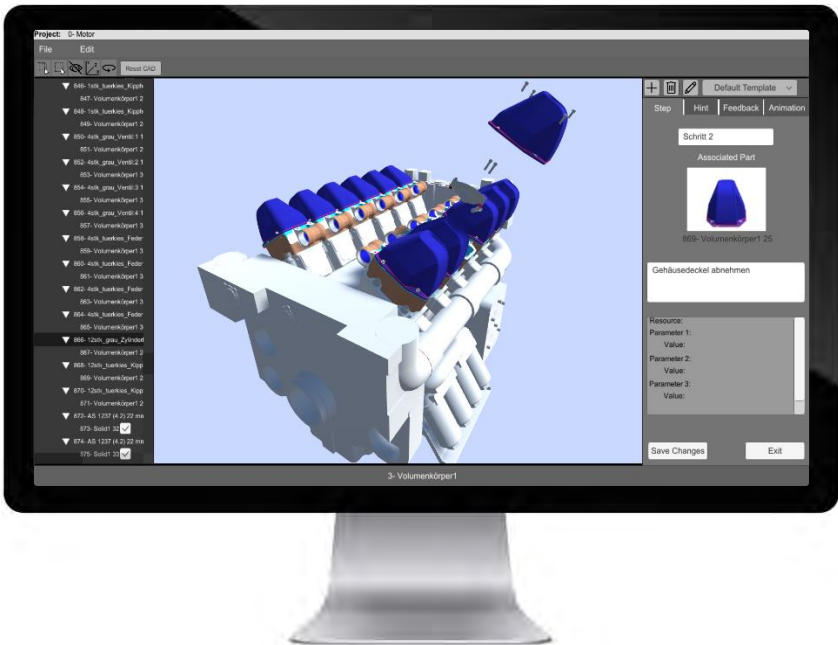


Abbildung 5: Erstellung von Lernaufgaben mit dem Creator

Die so erzeugten Schulungsaufgaben werden im Director-Modul gespeichert und stehen dann für Übungsaufgaben zur Verfügung, d.h. sie werden analog zu den auftragspezifischen Instandhaltungsinformationen auf die verfügbaren Geräte aufgespielt. Um eine Weiterbildung für verschiedene Personen zu ermöglichen, wurde die Systemverwaltung um entsprechend einstellbare Nutzerprofile erweitert. Mögliche Einsatzalternativen, die die verfügbaren Ressourcen vor Ort berücksichtigen, werden im folgenden Abschnitt erläutert.

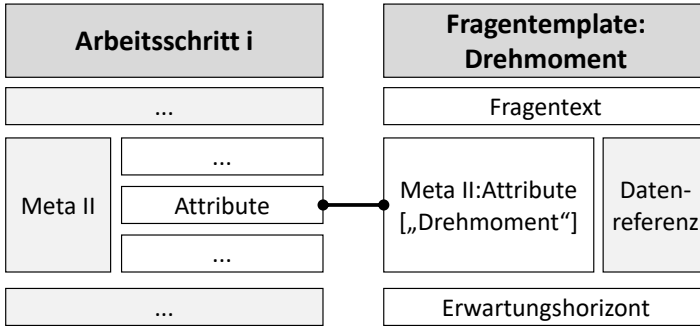


Abbildung 6: Verlinkung der im Datenmodell enthaltenen Attributwerte mit Fragmentemplates im Creator

3.3. Durchführung des Lernprozesses

Das Lernen mit dem digitalen Wartungsassistenzsystem kann je nach verfügbarer Hardware mit drei alternativen Systemkonfigurationen erfolgen: Am realen Objekt kann die AR-Version genutzt werden in einer ähnlichen Weise, wie dies auch beim praktischen Einsatz des Assistenzsystems eines Instandhaltungsauftrags geschieht. Das System unterstützt dabei sowohl AR-Brillen (Microsoft HoloLens) als auch Tablets und Smartphones als Endgeräte. Wenn kein reales Objekt (oder kein Foto des Objekts) am Übungsort verfügbar ist, kann das System auch im CAD-Modus genutzt werden. Darüber hinaus kann mit der aus dem VR-Creator verfügbaren Visualisierungsfunktion die Immersion einer VR-Brille genutzt werden, um den räumlichen Eindruck gegenüber dem CAD-Modus des Tablets zu verbessern.

Alle Alternativen zeichnen sich durch ein ähnlich einfaches Bedienkonzept aus. Statt einer sowohl am Tablet als auch mit der Brille mühsamen Texteingabe von Arbeitsanweisungen wählen die Lernenden die Objekte in der von ihnen als richtig angesehenen Demontage- bzw. Montage-Reihenfolge aus (Abbildung 7) oder selektieren Befundungsoperationen aus einem Menü.

Alle Eingaben werden vom System protokolliert, um in der Lernerfolgskontrolle (siehe 3.5) die Richtigkeit und Zielgerichtetheit der Operationen prüfen zu können (Schröder et al. 2017).

Wie bei der Nutzung des Assistenzsystems im Wartungsfall können im Lernmodus insbesondere auf dem AR-System ergänzende oder erklärende Hinweise eingeblendet werden. Allerdings kann die Anzeige so eingestellt werden, dass in höheren Kompetenzeinstufungen bestimmte einfache Hinweise vom Lernenden nicht aufgerufen werden können.



Abbildung 7: Schulung mit Augmented Reality

Im VR-Modus können die Objekte zur Festlegung der Reihenfolge ebenfalls ausgewählt und wegen der einfachen Bedienbarkeit der Controller auch bewegt werden (Abbildung 8). Da keine feinmotorischen Fähigkeiten geschult werden sollen, wird die Positionierung in der Endposition durch eine Fangfunktion vereinfacht und je nach Vorgabe des Lehrenden genaue Lageprüfungen unterdrückt (Schröder/Friedewald 2018). Wollen die Lernenden eine Übungssitzung beginnen, müssen sie sich zunächst einloggen. Dies dient dazu, das System auf den Nutzer vor einzustellen, insbesondere auf die vorliegenden Kompetenzen. Dabei werden die „Startbedingungen“ für das Lernsystem derzeit noch manuell vorgegeben. Durch die Festlegung eines Nutzerprofils ist bekannt, welche Kompetenzen vorliegen und welche Aufgaben für die Erweiterung dieser Kompetenzen zur Verfügung stehen. Dabei kann das Nutzerprofil entweder von den Lehrenden angelegt werden oder der Lernende führt dies aufgrund einer Selbsteinschätzung durch.

Die Profile können entweder individuell erzeugt oder über eine Grobklassifizierung bestimmter Zielgruppen (z. B. Bordpersonal) fest zugeordnet werden.

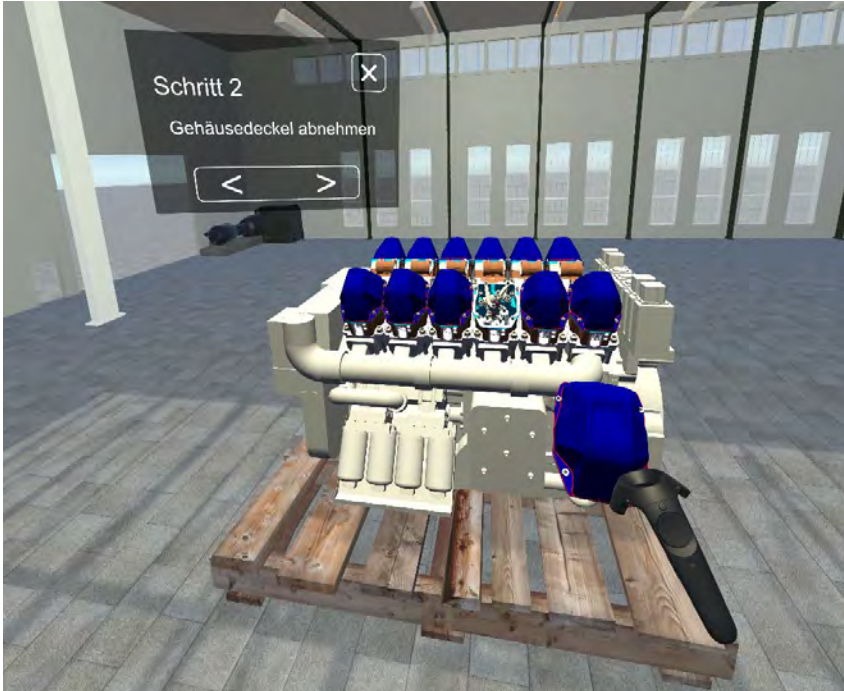


Abbildung 8: Schulung im VR-Modus

3.4. Lernerfolgskontrolle

Lernerfolgskontrollen sollen es ermöglichen, die von den Lernenden erzielten Fortschritte und die verbleibenden Defizite zu erkennen und anschließend zu bewerten (Termath/Kumetz 2010). Deshalb erhalten die Lernenden am Ende einer Übungssitzung eine Auswertung über erfolgreich und weniger erfolgreich abgelegte Übungsschritte. Die zugrunde liegende Lernerfolgskontrolle des Trainer-Moduls führt dazu einen Vergleich der Ist-Daten der Übung mit den Soll-Daten aus dem hinterlegten Instandhaltungsplan durch. Dazu wird das Sitzungsprotokoll herangezogen und die Übereinstimmung der Reihenfolge der Instandhaltungsschritte und der eingegebenen Werte mit den Daten und Metadaten der Vorlage berechnet. Unter Verwendung der oben beschriebenen zulässigen Toleranzen kann der Lernerfolg ermittelt und ausgegeben werden. Das Ergebnis kann gespeichert werden und steht dann für Folgeübungen (Wiederholungen) zur Verfügung, um einen sequentiellen Lernfortschritt zu ermitteln.

Für standardisierte Prüfungen des Lernerfolgs können Testaufgaben durchgeführt werden, mit denen der Wartungserfolg beurteilt und die Wartungszeit gemessen werden kann. Die Überprüfung erfolgt anhand der vom Lehrenden festgelegten

wesentlichen Lernaspekte wie Korrektheit der Befundung, Vollständigkeit, Auswahl der geeigneten Prozessparameter usw.

Die Funktionsweise wird anhand einer Weiterbildungsmaßnahme für unerfahrenes Personal an Bord eines Schiffes im folgenden Kapitel erläutert.

4. Einsatz im Schulungsbetrieb

Um eine Schulungsmaßnahme durchzuführen, muss zunächst der erforderliche Schulungsinhalt bestimmt werden. Soll beispielsweise Bordpersonal in der Bedienung geschult werden, das mit einer Anlage, z. B. einem Kompressor, bisher nicht vertraut ist, wird im Director-Modul des digitalen Assistenzsystems die Schulung für das zugehörige Nutzerprofil freigegeben und vom Server auf das Endgerät heruntergeladen, an dem sich der Lernende dann mit seinem Account anmelden kann. Die Auswertung für den Lernenden geschieht dabei zur Selbstkontrolle lokal und kann nach Abschluss der Weiterbildungsmaßnahme auf den Server zurückgemeldet werden.

Die Schulung des Bedienpersonals soll dazu befähigen, eine Anlage zu bedienen und Störungen ohne Hinzuziehen von Servicepersonal des Komponentenherstellers kurzfristig beheben zu können. Dazu ist zunächst eine Befundung erforderlich, aber auch die Kenntnis grundsätzlicher Sicherheitshinweise, bevor dann die eigentlichen Instandhaltungsarbeiten auszuführen sind.

Die Mitarbeiterin bzw. der Mitarbeiter muss also zunächst im Rahmen seiner regelmäßigen Überwachung der Anlage Fehler erkennen und ggfs. weitere Befundungsschritte durchführen, d. h. wesentliche Symptome des Schadens erfassen und dazu Messwerte ablesen oder Ausprägungen optischer Merkmalswerte, wie z. B. Verschleißbilder, angeben. Wird die Schulung am realen Objekt durchgeführt, muss der Lernende zunächst die Objekte identifizieren, d. h. mit dem Tablet z. B. den Druckanzeiger der ersten Stufe eines Druckluftkompressors selektieren (Abb. 9). Daraufhin gibt das Tablet einen von der Trainerin bzw. vom Trainer vordefinierten fehlerhaften Wert und je nach Gestaltung der Schulung den Sollwert aus. Diese sind vom Lernenden zu interpretieren und in geeignete Handlungen zu überführen. Im vorgestellten Anwendungsbeispiel eines zu niedrigen Drucks nach der ersten Kompressorstufe wären das gemäß Handbuch die anschließende Prüfung des Saug-Druckventils, des Ansaugfilters und des Entwässerungsventils. Bei einem auffälligen Befund sind die Komponenten zu reinigen oder auszutauschen. Es können dann automatisiert Fragen nach notwendigen Sicherheitsmaßnahmen eingeblendet werden, die bei einer Nutzung des Assistenzsystems in der normalen Wartungsunterstützung als zu quittierende Hinweise angezeigt würden. Die Einblendung dieser Fragen soll das Bewusstsein des Lernenden für typische Gefahren sensibilisieren.



Abbildung 9: Selektieren von Bauteilen und Symptomanzeige im Schulungsbetrieb

Im Folgenden wählt der Lernende weitere zu demontierende und ggfs. auszutauschende Bauteile aus und erzeugt so schrittweise die Bearbeitungsreihenfolge aus Befundungs- und De-/Montagevorgängen (Abbildung 10). Da mit den meisten Objekten typische Arbeitsschritte wie „Demontieren/Montieren“ oder „Prüfen“ eindeutig verknüpft sind, kann in den meisten Fällen zur Vereinfachung der Bedienung auf die Auswahl der korrekten Arbeitsschrittbezeichnung aus vorgegebenen Templates (analog der Creator-Systematik zur Arbeitsplanerstellung) verzichtet werden. Das Assistenzsystem wertet nach Abschluss der Schulungsaufgabe die so erzeugte Reihenfolge von Demontage- und Montageschritten aus und überprüft, ob die während der Aktionen eingegebenen Parameter den Sollwerten entsprechen. Das Ergebnis wird als Soll-Ist-Vergleich ausgegeben und gespeichert und steht als Input für weitere Schulungssitzungen oder eine Auswertung auf dem Server zur Verfügung.

Das System wurde in einer Voruntersuchung von Ingenieursstudierenden hinsichtlich Nutzbarkeit und Verständlichkeit erprobt und wird derzeit von maritimen Anwendern in mehreren Szenarien evaluiert.

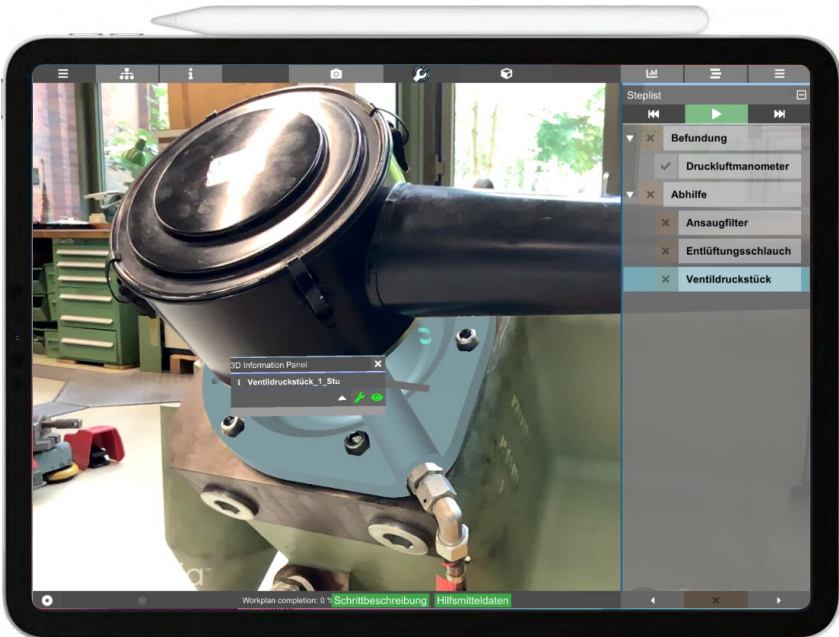


Abbildung 10: Erstellung von Instandhaltungsschritten im Schulungsbetrieb

5. Zusammenfassung

Das Institut für Produktionsmanagement und -technik hat ein modulares, AR-basiertes Assistenzsystem entwickelt, das Anwenderinnen und Anwender durch eine Wartungs- oder Instandhaltungsaufgabe führt und dazu schrittweise Bauelemente und erforderliche Metainformationen einblendet. Durch die Ergänzung einer Lernerfolgskontrolle kann das System auch zur Weiterbildung von Servicetechnikern und -technikerinnen sowie Bedienpersonal eingesetzt werden. Besonderer Wert wurde auf ein durchgängiges Informationssystem gelegt, das es erlaubt, Instandhaltungsinformationen und Schulungsaufgaben aufwandsarm zu erstellen und gleichzeitig die Schulung von Lern- und Arbeitsaufgaben an den in der Praxis eingesetzten Assistenzsystemen durchzuführen.

Danksagung

Das Projekt WASSER (Wartung und Service von Schiffen mit erweiterter Realität) wird gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestags.

Literatur

- Bund-Länder-Koordinierungsstelle für den Deutschen Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen (Hrsg.) (2013): Handbuch zum Deutschen Qualifikationsrahmen.
- Fehling, C. D./Hagenhofer, T. (2015): Die Erweiterung von Lernräumen durch Augmented Reality am Beispiel des Social Augmented Learning. In: Pongratz, H.; Keil, R. (Hrsg.) DeLFI 2015 – Die 13. E-Learning-Fachtagung Informatik, Lecture Notes in Informatik (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 241-252.
- Friedewald, A. et al. (2016): Die Produktivitätswirkung von Augmented Reality in der Unikatfertigung. In: Schlick, C. M. (Hrsg.): Megatrend Digitalisierung – Potenziale der Arbeits- und Betriebsorganisation. Wissenschaftliche Gesellschaft für Arbeits- und Betriebsorganisation (WGAB) e.V. GITO-Verlag, Berlin, S. 141-162.
- Friedewald, A. et al. (2017): Potentials of Augmented Reality in Aircraft Assembly and MRO. In: Estorff, O. v.; Thielecke, F. (Hrsg.): 6th International Workshop on Aircraft System Technologies (AST 2017). Proceedings, Shaker Verlag, Aachen, S. 295-306.
- Howe, F./Knutzen, S. (2017): Berufliche Handlungsfelder beschreiben. Kompetenzwerkstatt, Band 3. Handbücher für die Ausbildungspraxis (Bundesinstitut für Berufsbildung BiBB (Hrsg.). Christiani-Verlag Konstanz, 2. Aufl. 2017.
- Liebherr-MCCtec-Rostock GmbH: LiSIM – Liebherr Simulations. Solutions for Maritime Cranes, Rostock.
- Meluzov, N. et al. (2019): Aufwandsarme Erstellung von Augmented-Reality-Anleitungen für die maritime Instandhaltung. In: Lukas, U. v. et al. (Hrsg.). Go-3D 2019, Tagungsband, Fraunhofer-Verlag.
- Menn, J. P. et al. (2018): Learning process planning for special machinery assembly. 8th Conference on Learning Factories 2018 – Advanced Engineering Education & Training for Manufacturing Innovation, Procedia Manufacturing 23 (2018) S. 75-80.
- Schröder, H. et al. (2017): Virtual Reality for the Training of Operators in Industry 4.0. In: Lödging, H. et al. (Hrsg.): Advances in Production Management Systems (APMS 2017). Proceedings, Part I, S. 330-337.
- Schröder, H./Friedewald, A. (2018): A Didactical Approach for the Training with Virtual Reality. In: Amor, R.; Dimyadi, J. (Hrsg.): 18th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality (CONVR 18). Proceedings, Auckland, S. 375-384.
- Termath, W./Kumetz, S. (2010): Aus- und Weiterbildung des Instandhaltungspersonals. In: Schenk, M. (Hrsg.): Instandhaltung technischer Systeme, Springer-Verlag, Berlin.
- Tionio, T.: BVG – Virtueller Lehrmeister hilft bei der Reparatur von Bussen. <https://www.heise.de/brandworlds/zukunftsmacher/bvg-virtueller-lehrmeister-hilft-bei-der-reparatur-von-bussen/?source=bwt>. Zuletzt aufgerufen am 17. Juni 2019.

Arbeitswelt im Wandel: Qualifizierung zu resilienzfördernder Führung

Sascha Stowasser, Anika Peschl

1. Resiliente Beschäftigte und Organisationen in der digitalen Transformation

Gerade in Zeiten von digitalen Transformationsprozessen ist es wichtig, den damit einhergehenden Herausforderungen in der Arbeitswelt zu begegnen und handlungsfähig zu bleiben. Um das zu ermöglichen, ist eine gewisse Widerstandsfähigkeit und Flexibilität seitens der Beschäftigten und Unternehmen erforderlich. Sie sollten also die Fähigkeit besitzen, trotz Turbulenzen und Rückschlägen wie ein Stehaufmännchen immer wieder zu ihrer Ursprungsposition zurückzukehren und mit Unsicherheiten in einer komplexen, nicht vollständig vorhersehbaren Umwelt umgehen zu können. Dieses Phänomen wird als Resilienz bezeichnet und kann sogar dazu führen, dass Menschen oder Organisationen aus Krisen gestärkt herausgehen und sich dadurch positiv weiterentwickeln. Resilienz wirkt sich nicht nur positiv auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Individuen aus, sondern auch auf die Stabilität ganzer Organisationen. Deswegen ist es sinnvoll, dass Unternehmen sich zum Ziel setzen, die individuelle und organisationale Resilienz in ihrem Betrieb zu stärken. Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekts STÄRKE wurden Maßnahmen zur Stärkung von individueller und organisationaler Resilienz entwickelt, in Unternehmen evaluiert und in dem Praxisleitfaden „Resilienzkompass“ dokumentiert (ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. et al. 2018). Für die Umsetzung dieser Entwicklungsmaßnahme spielen Führungskräfte als treibende Kräfte eine tragende Rolle. Deswegen werden in diesem Beitrag, bezugnehmend auf die Ergebnisse des Forschungsprojekts, Möglichkeiten aufgezeigt, wie Unternehmen Führungskräfte dazu befähigen können, bei der Förderung von Resilienz im Unternehmen zu unterstützen.¹

¹ Der vorliegende Beitrag lehnt sich – mit Genehmigung des Herausgebers – in Teilen an folgende Veröffentlichung an: Peschl, A. (2019). Arbeitswelt im Wandel – Maßnahmen zur Unterstützung resilienzfördernder Führung. Leistung & Entgelt, 1, S. 3-45.

1.1. Individuelle Resilienz

Der Begriff „Resilienz“ leitet sich von dem englischen Wort „resilience“ („Spannkraft, Elastizität, Strapazierfähigkeit“; lat. „resilere“ = abprallen) ab. Resiliente Individuen verfügen über eine höhere psychische Widerstandsfähigkeit gegenüber äußeren Einwirkungen (z. B. Schicksalsschläge, Misserfolge, turbulente Zeiten, betriebliche Umstrukturierungs- und Transformationsmaßnahmen). Dabei bedeutet Resilienz nicht Immunität gegenüber allen Widrigkeiten. Vergleichbar mit einem Stehaufmännchen besitzen resiliente Menschen allerdings die Fähigkeit, bei Rückschlägen oder Niederlagen wieder aufzustehen bzw. in ihre Ursprungsposition zurückzukehren (Wellensiek 2011). Ob Individuen mehr oder weniger resilient sind, hängt davon ab, wie gut sie neue Lebenssituationen, Herausforderungen und Schicksalsschläge meistern können. Resilienten Menschen fällt es leichter, schwierige Situationen zu meistern. Welche Konsequenzen hat das?

Resilienz kann zu einem Erhalt der psychischen Gesundheit beitragen und im Arbeitskontext die Arbeits- und Leistungsfähigkeit von Beschäftigten positiv beeinflussen (Mourlane et al. 2013; Schlett et al. 2018). Zudem konnte ein positiver Zusammenhang zwischen Resilienz von Beschäftigten und deren Arbeitszufriedenheit festgestellt werden (Mourlane et al. 2013; Schlett et al. 2018), weshalb sie sich häufig als produktive und zuverlässige Arbeitskräfte auszeichnen.

Resilienz ist durch die Arbeit an dem eigenen Verhalten erlernbar, wobei sie auch in einem gewissen Maße angeboren sein kann. Diese Annahme ergibt sich z. B. aus der Resilienzstudie von Werner (2000), bei der die Resilienzentwicklung vom Kindes- bis ins Erwachsenenalter beobachtet wurde. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass das Vorhandensein von protektiven Schutzfaktoren die Ausprägung von Resilienz trotz schwieriger Lebensumstände fördern kann. Es gibt verschiedene Formen von Schutzfaktoren, welche sich auf personaler, familiärer und sozialer Ebene befinden (z. B. eine positive Lebenseinstellung, stabile Beziehung der Eltern, guter Kontakt zu sozialen Gruppen; Wustmann 2005). Positiv zu vermerken ist, dass viele der protektiven Schutzfaktoren durchaus förder- und veränderbar sind. Damit besteht die Möglichkeit durch gezielte Trainings und Übungen die persönliche Resilienz über das gesamte Leben weiterzuentwickeln.

Gerade im Zusammenhang mit einer sich ständig wandelnden Arbeitswelt kann die Stärkung der individuellen Resilienz von enormer Bedeutung für die Gesundheit und damit die Arbeits- und Leistungsfähigkeit von Beschäftigten sein. Resilienz als Gesundheitskompetenz kann gezielt entwickelt werden, da sich das Konzept auch als veränderliche situative Verhaltensstrategie zur Bewältigung von Krisen (Coping-Strategien) definieren lässt (Soucek et al. 2015). Die Berücksichtigung von Resilienztrainings in der Personal- und Organisationsentwicklung kann zu einer widerstandsfähigeren Belegschaft führen, was einen Wettbewerbsvorteil für Unternehmen darstellen kann. Nach dem Resilienz-Modell für die Arbeit nach

Soucek et al. (2015; Abbildung 1) haben Menschen ein unterschiedliches Ausmaß an personalen Ressourcen von Resilienz (Selbstwirksamkeit, Optimismus und Achtsamkeit), die bei einer hohen Ausprägung resilientes Verhalten fördern können. Folglich wird hier davon ausgegangen, dass Menschen nicht unbedingt resilient *sind*, sondern sich vielmehr resilient *verhalten* (Was wird unternommen, um eine Krise oder Veränderung zu bewältigen?). Dieses Verhalten ist erlernbar und umfasst emotionale Bewältigung (konstruktiver Umgang mit den eigenen emotionalen Reaktionen), positive Umdeutung (z. B. schwierige Situationen als positive Herausforderung wahrnehmen), umfassende Planung (rational und wohlüberlegt vorgehen) und fokussierte Umsetzung (starke Lösungsorientierung ohne Ablenkung). Mit der Umsetzung von resilientem Verhalten soll erreicht werden, dass mögliche negative Auswirkungen der sich verändernden Anforderungen an die Beschäftigten reduziert werden und die Handlungsfähigkeit erhalten bleibt (Soucek et al. 2015).

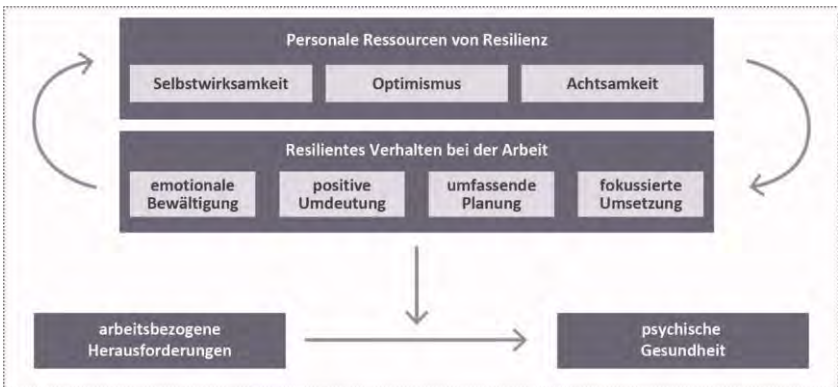


Abbildung 1: Das Resilienzmodell für die Arbeit nach Soucek et al. (2015)

Im betrieblichen Kontext wird nicht nur die individuelle Resilienz der Beschäftigten berücksichtigt, sondern auch Teams und gesamte Organisationen können resilient sein (Soucek et al. 2016).

1.2. Organisationale Resilienz

Resiliente Organisationen gehen konstruktiv und produktiv mit Krisen um. Sie antizipieren kritische Umweltereignisse, treffen Entscheidungen dezentral, nutzen das vielfältige vorhandene Wissen der Belegschaft, kommunizieren rasch und effizient, haben die Bereitschaft und Fähigkeit, neue Vorgehensweisen zu entwickeln und integrieren Prüfmechanismen. Es gibt unterschiedliche gefährdende Situationen, die Resilienz erfordern können. Die Bedrohung kann von außen kommen und nicht steuerbar sein (z. B. Naturkatastrophen oder Kriege), aber auch inner-

halb der Organisation entstehen (z. B. Fehlentscheidungen, menschliches Versagen oder Konflikte; Hoffmann 2016). Nach Hollnagel (2010) zeichnen sich resiliente Organisationen durch vier Fähigkeiten aus:

1. Antizipation zukünftiger Ereignisse in der Unternehmensumwelt wie zum Beispiel technologische Innovation, veränderte Kundenbedürfnisse oder veränderte Gesetzgebung (ability to anticipate).
2. Identifikation von potenziellen Gefährdungen außerhalb und innerhalb der Organisation, bevor sie zu einer echten Gefahr werden, und kontinuierliche Überprüfung der Unternehmensperformanz (ability to monitor).
3. Reaktion auf unvorhergesehene Ereignisse und Störungen, aber auch auf neue Chancen und Möglichkeiten (ability to respond).
4. Fähigkeit, aus Herausforderungen und Ereignissen zu lernen, um sich positiv weiterzuentwickeln (ability to learn).

Diese exemplarisch vorgestellten Facetten organisationaler Resilienz verdeutlichen, dass bei organisationaler Resilienz weniger besondere Eigenschaften von Organisationen im Vordergrund stehen, sondern vielmehr die Prozesse zur Bewältigung von Krisen und Veränderungen.

Der Nutzen liegt dabei bei der Schaffung von Ressourcen zur Bewältigung von Herausforderungen, die Fähigkeit zur Improvisation (durch Kreativität und Produktivität) und gleichzeitig Konzentration auf das Wesentliche. Resiliente Unternehmen sind flexibel, reagieren schnell, wobei sie von den verschiedenen Blickwinkeln und Fähigkeiten ihrer Belegschaft profitieren und Vielfalt in ihren Entscheidungsprozessen bewusst einsetzen. Diversität kann eine wichtige Rolle für die Stärkung der organisationalen Resilienz spielen, da bei bspw. unerwarteten Ereignissen auf einen größeren Ressourcenpool zurückgegriffen werden kann – vorausgesetzt die Vielfalt wird richtig gemanagt (Duchek et al. 2019). Wie vielfaltsbewusst ein Unternehmen ist, kann mit dem Selbstbewertungsinstrument INQA-Check „Vielfaltsbewusster Betrieb“ erfasst werden (siehe auch: www.arbeitswissenschaft.net/fileadmin/Downloads/Angebote_und_Produkte/Broschueren/Check_Diversity_ifaa_2018_2106_Web.pdf).

Gefährdende Signale werden in resilienten Unternehmen – auch durch den Einbezug von vielfältigen Blickwinkeln – erkannt und Organisationen werden auf den „Worst Case“ vorbereitet. Lösungsorientierung und Sinnstiftung geben den Beschäftigten Stabilität in kritischen Situationen (Philipsen/Ziemer 2013). Auch wenn sich hier der Resilienzgedanke auf die Organisation bezieht und folglich von organisationaler Resilienz gesprochen werden kann, sind es die Individuen in der Organisation, die sich für bestimmte strategische Ausrichtungen entscheiden und die Maßnahmen umsetzen. Gleichzeitig zeichnen sich resiliente Organisationen

dadurch aus, dass sie ein resilienzförderliches Umfeld für Individuen schaffen. Führungskräfte übernehmen gerade in Zeiten des Wandels wichtige Funktionen, so auch bei der Ausbildung einer resilienten Organisation mit resilienten Beschäftigten.

2. Maßnahmen zur Unterstützung einer resilienzfördernden Führung

2.1. Resilienzfördernde Führung

Nicht selten sind Wandel und Veränderung mit Unsicherheiten und Ängsten seitens der Beschäftigten verbunden. Auch wenn jede Mitarbeiterin und jeder Mitarbeiter im Grunde für sein Befinden und die Kontrolle seiner Sorgen und Ängste selbst verantwortlich ist, können Führungskräfte in gewisser Weise (positiven) Einfluss auf ihre Beschäftigten nehmen. Das kann erreicht werden, indem Führungskräfte beispielsweise als Vorbild agieren, denn das Handeln von Führungskräften prägt wesentlich Einstellungen (z. B. den Umgang mit Veränderungen aufgrund des Einsatzes von neuen Technologien) und die Kultur (z. B. den Umgang miteinander, Vielfaltsbewusstsein) in einem Unternehmen. Führungskräfte können zudem als Vermittler von Werten auftreten, aber auch in Konfliktfällen als Mittler eingesetzt werden. Dazu gehört auch ein gesunder Umgang mit Fehlern und deren Betrachtung als Möglichkeit zur Weiterentwicklung. Zudem geben Führungskräfte häufig die strategischen Entscheidungen der Geschäftsführung an die Beschäftigten weiter und gestalten die Rahmendbedingungen und Beziehungen (Spreiter 2013). Darüber hinaus kann es hilfreich sein, wenn Führungskräfte von ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern als Unterstützung in Zeiten des Wandels wahrgenommen werden, indem sie beispielsweise Orientierung bieten sowie Vertrauen und Sicherheit vermitteln. Das kann mit einer persönlichen Aufgeschlossenheit gegenüber Neuem gelingen sowie durch die Berücksichtigung der individuellen Fähigkeiten und Lebenssituationen der Beschäftigten. Diese Aspekte spielen eine bedeutende Rolle, weil dadurch ein guter Umgang mit Herausforderungen im gesamten Unternehmen geschärft werden kann.

Vor diesem Hintergrund gehören zu den Prinzipien resilienzfördernder Führung neben der eigenen Resilienz und Veränderungsbereitschaft (z. B. Umgang mit neuen Technologien), ein Bewusstsein über das eigene Führungsverhalten und Authentizität (Führungsstil), die Förderung von Flexibilität durch z. B. Berücksichtigung von Diversität bzw. Vielfalt in der Belegschaft (z. B. durch situative Führung, Führung nach Mitarbeitertypen), Transparenz und Gerechtigkeit (konstruktiver Umgang mit Fehlern) und die Schaffung eines guten sowie stabilen Arbeitsklimas (u. a. Umgang mit Konflikten) sowie Verdeutlichung von Sinnhaftigkeit der Arbeit (z. B. über die Unternehmensstrategie; Drath 2016). Somit haben resilienzfördernde Führungskräfte ihre eigene Resilienz, die Resilienz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie die resilienzfördernden bzw. hemmenden Rahmenbedingungen in der Organisation auf organisationaler und individueller Ebene im Blick.

2.2. Das Projekt STÄRKE und der Resilienzkompass

Im Projekt STÄRKE – Starke Beschäftigte und starke Betriebe durch Resilienzkonzepte wurde das Ziel verfolgt, ein Konzept zu entwickeln, welches kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) dazu befähigt, ihre Resilienz und Zukunftsfähigkeit zu messen und zu steigern. Die Umsetzung erfolgte in Kooperation von vier wissenschaftlichen Partnern und vier kleinen und mittelständischen Pilotunternehmen. Dazu wurde zunächst die individuelle und organisationale Resilienz in den Unternehmen analysiert, die Ergebnisse priorisiert und aus den identifizierten Handlungsbedarfen praxistaugliche Maßnahmenkonzepte entwickelt. Die Ergebnisse des Projekts werden auch anderen Unternehmen zur Stärkung von Resilienz in Form eines Handlungsleitfadens, dem Resilienzkompass, zur Verfügung gestellt. Zu den im Projekt STÄRKE entwickelten Maßnahmen zählen u. a. das Resilienztraining, ein Workshop zu Neuen Technologien sowie Workshops zur Entwicklung eines Unternehmensleitbildes und zu Führungsgrundsätzen. Einige der Maßnahmen unterstützen die Entwicklung und Qualifizierung zu einer resilienzfördernden Führung. Diese werden im Folgenden beschrieben.

2.3. Maßnahme A: Resilienztraining für Führungskräfte

Führungskräfte können eine Vorbildfunktion einnehmen – auch hinsichtlich des Verhaltens in schwierigen Zeiten (Spreiter 2013). Eine Führungskraft, die den Anschein erweckt, Herausforderungen nicht gewachsen zu sein, wird auch bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern wahrscheinlicher ein Gefühl der Hilflosigkeit erzeugen. Resiliente Führungskräfte besitzen ausreichend Ressourcen, um den eigenen Arbeitsanforderungen gerecht werden zu können, aber auch um ihre Beschäftigten bei der Bewältigung ihrer Herausforderungen zu unterstützen. Zur Stärkung von Resilienz im Unternehmen ist es deshalb empfehlenswert, dass Organisationen ihre Führungskräfte zunächst dabei unterstützen, ihre persönliche Resilienz aufzubauen. Dank dieser Hilfestellung können sie ihre Vorbild-, Vermittlungs- und Unterstützungsfunktion in Sachen Resilienz noch besser wahrnehmen. Als geeignete Maßnahme bietet sich die Durchführung von Resilienztrainings an, die im Folgenden erläutert werden.

Zur Sensibilisierung für das Konzept der Resilienz und für die Durchführung konkreter Übungen zur Stärkung resilienten Verhaltens, wurde im Rahmen des Projekts STÄRKE ein Workshopkonzept für Beschäftigte und Führungskräfte entwickelt, dessen Struktur sich an den vier Facetten resilienten Verhaltens nach Soucek et al. (2015) orientiert (siehe Abbildung 1). Grundsätzlich sind die Resilienztrainings für alle Beschäftigten konzipiert. Es ist allerdings ratsam, diese für Führungskräfte und Beschäftigte getrennt durchzuführen

Das Training besteht aus zwei aufeinander aufbauenden Modulen. Für ein Modul sind in etwa vier Stunden einzuplanen und die Teilnehmeranzahl von 15 sollte

nicht überschritten werden. Bei der Durchführung des Resilienztrainings im Unternehmen ist es ratsam, eine Person zu bestimmen, die den Workshop durchführt und moderiert. In dieser Rolle hat sie die Aufgabe Wissen zu dem Thema Resilienz zu vermitteln (z. B. mittels Präsentationsfolien oder eines Flipcharts), die Übungen zu erläutern und die Zeit im Blick zu behalten. Ziel des Resilienztrainings sollte sein, dass Führungskräfte sich Strategien für resilientes Verhalten aneignen, die sie im Arbeitsalltag umsetzen können, um ihre eigene Gesundheit und Leistungsfähigkeit zu erhalten, aber auch um die Stärkung von Resilienz in der Organisation unterstützen zu können.

1. Modul: Wissensvermittlung, Identifikation von Ressourcen und positive Umdeutung

Im Rahmen des ersten Moduls erhalten die Teilnehmenden ein Verständnis darüber, was Resilienz – gerade am Arbeitsplatz – bedeutet. Nach der Sensibilisierung für das Thema Resilienz erlernen die Führungskräfte Strategien und Techniken zur besseren Lenkung der persönlichen Gedanken und des eigenen Verhaltens.

Ziel der ersten Übung ist es, die Verhaltensweise „emotionale Bewältigung“ zu stärken. Dazu können sich die Teilnehmenden ihrer persönlichen Stressoren und Ressourcen sowohl im Privat- als auch Berufsleben bewusst werden, indem sie ihre persönliche „Stresslandkarte“ erstellen. Dabei identifizieren sie Bereiche und Aufgaben in ihrem Leben, die persönliche Ressourcen oder Stressoren darstellen. Damit wird ein Bewusstsein dafür geschaffen, welche Aspekte im eigenen Leben reduziert und welche gefördert werden sollten.

In einer weiteren Übung werden die Teilnehmenden hinsichtlich der Verhaltensweise „positive Umdeutung“ geschult. Hier geht es primär darum, dass es verschiedene Wege gibt, Dinge wahrzunehmen, zu bewerten und zu interpretieren (Abbildungen 2 und 3). Dadurch wird verdeutlicht, dass jeder selbst für seine Gedanken verantwortlich ist und herausfordernde Situationen auch als Möglichkeit der persönlichen Stärkung und Weiterentwicklung betrachtet werden können.



Abbildung 2: Erster Weg: Reaktion auf einen Reiz



Abbildung 3: Zweiter Weg: Positive Umdeutung eines Reizes

2. Modul: Ressourcenaufbau und Umgang mit Krisen

Der Schwerpunkt des zweiten Moduls liegt auf dem expliziten Ressourcenaufbau und der Bereitstellung von Hilfestellungen im Umgang mit Krisen. Die Wissensvermittlung zu den Themen Ressourcen- und Krisenarten bereitet die Teilnehmenden auf die Übungen vor, die sowohl in Einzel- als auch in Gruppenarbeit durchgeführt werden. Vor der ersten Übung sollte erläutert werden, welche Arten von Ressourcen (z. B. persönliche, soziale und materielle Ressourcen) es gibt, und Beispiele (z. B. ein hilfsbereiter Arbeitskollege/Sparringspartner, Freundschaft zu einer bestimmten Person, bestimmtes Hobby) sollten dazu genannt werden.

Bei der sogenannten ABC-Übung überlegen sich die Teilnehmenden für jeden Buchstaben des Alphabets eine persönliche Ressource und schreiben diese nieder. Dies dient der Bewusstmachung eigener Ressourcen, auf die die Beschäftigten im Falle einer herausfordernden Situation oder einer Krise zu deren Bewältigung zurückgreifen können. Abschließend machen sich die Führungskräfte darüber Gedanken, wie sie ihre Ressourcen noch weiter ausbauen und stärker zur (emotionalen) Bewältigung belastender Situationen heranziehen können.

In einer zweiten Übung reflektieren die Teilnehmenden, welche Krisen sie an ihrem Arbeitsplatz bereits erlebt haben und wie sie damit umgegangen sind. Ziel der Übung ist es, das Gespür für erlebte (vergangene oder präsen) Krisen zu schärfen. Im Tandem (Zweiterteams) werden hierzu Fragen zu erlebten Krisen und dem Umgang damit diskutiert. Diese Übung unterstützt den persönlichen Umgang mit Krisen am Arbeitsplatz.

Im Anschluss legen die Teilnehmenden fest, welche Ressourcen zur Bewältigung möglicher Krisen und Herausforderungen zukünftig ausgebaut werden sollen. Definiert wird der Ausbau der Ressourcen anhand der SMART-Kriterien (SMART = spezifisch – messbar – attraktiv – realistisch – terminiert) für gute Ziele (Doran 1981). Die Festlegung der Zielsetzung hilft nicht nur dabei, die persönlichen Ressourcen zu stärken, sondern zeigt auch auf, dass es wichtig ist, Ziele zu haben und diese umfassend zu planen (dritte Facette resilienten Verhaltens). Die Umsetzung der festgelegten Ziele erfolgt eigenverantwortlich.

Zur Umsetzung der vierten Facette resilienten Verhaltens „fokussierte Umsetzung“ wird den Teilnehmenden abschließend die sogenannte Fish!-Philosophie vorgestellt. Dabei handelt es sich um ein Motivationskonzept inspiriert durch das Verhalten und die Einstellung von Verkäufern auf dem Pike Place Fish Market in Seattle. Dieses umfasst vier Motivationstipps (Lundin et al. 2001):

1. Wähle deine Einstellung zu deiner Arbeit.
2. Habe Freude bei deiner Arbeit.
3. Mache anderen eine Freude und trage zu einer guten Arbeitsatmosphäre bei.
4. Sei präsent und fokussiert bei der Erledigung deiner Aufgaben.

Diese Aspekte können dabei helfen, die persönlichen Ziele fokussiert umzusetzen und auch Herausforderungen oder schwierige Aufgaben als weniger belastend zu empfinden. Führungskräften sollte an dieser Stelle noch einmal bewusst gemacht werden, dass sich das eigene Verhalten und die eigene Einstellung auch auf das Verhalten und die Leistung der Beschäftigten übertragen kann (siehe auch Frost/Sandrock 2017) und sie auch im Hinblick auf Resilienz eine Vorbildfunktion wahrnehmen.

2.4. Maßnahme B: Veränderungsbereitschaft stärken mit dem Workshop zu neuen Technologien

Veränderungsprozesse im Zuge der digitalen Transformation bringen Herausforderungen und neue Anforderungen mit sich, die seitens der gesamten Belegschaft bewältigt werden müssen. Viele Beschäftigte stehen Veränderungen nicht immer positiv gegenüber, da dadurch Unsicherheiten erzeugt werden. Führungskräfte spielen eine zentrale Rolle im Veränderungsmanagement (BSP Business School Berlin GmbH 2017). Als Vorbild, Vermittler und Unterstützer haben Führungskräfte häufig die Aufgabe, die Umsetzung der Veränderung zu unterstützen. Deswegen kann es bei Veränderungsprozessen in einem ersten Schritt hilfreich sein, die Führungskräfte von dessen Notwendigkeit zu überzeugen und deren Akzeptanz und Commitment sicherzustellen (Güttel/Wize 2017). Das kann unterstützt werden, indem eine Maßnahme zu dem Einsatz von neuen Technologien durchgeführt wird. Ursprünglich wurde der Workshop für alle Beschäftigten eines Betriebs entwickelt, um deren mögliche Sorgen und Ängste hinsichtlich des Einsatzes neuer Technologien zu reduzieren. Um die tatsächliche Umsetzung nachhaltig zu gestalten, ist es allerdings wichtig, dass auch die Führungskräfte teilnehmen.

Ziel der Maßnahme ist es, ein Bewusstsein dafür zu schaffen, dass es möglich ist, trotz der Veränderungen im Zuge der Digitalisierung und damit verbundenen neuen Anforderungen handlungsfähig zu bleiben. Die Maßnahme besteht aus zwei aufeinander aufbauenden Modulen, die an zwei verschiedenen Tagen stattfinden sollten und für die jeweils ca. vier Stunden einzuplanen sind. Es ist sinnvoll, dass Beschäftigte aus verschiedenen Abteilungen und Hierarchieebenen an der Maßnahme teilnehmen und diese nicht getrennt nach Führungskräften und Beschäftigten durchgeführt wird. Dies ermöglicht die Berücksichtigung unterschiedlicher Perspektiven und Führungskräfte erhalten einen Eindruck davon, was ihre Beschäftigten im Hinblick auf die zunehmende Digitalisierung beschäftigt bzw. was ihnen Sorgen bereitet.

1. Modul: Digitale Hilfsmittel am eigenen Arbeitsplatz

Im ersten Modul geht es um die Digitalisierungsmöglichkeiten am eigenen Arbeitsplatz. Eine Person stellt in ihrer Rolle als Moderator die wesentlichen technischen Möglichkeiten zur Vernetzung und Digitalisierung in der Produktion über Werkerassistenzsysteme vor (siehe Abbildung 4; z. B. der Einsatz von Tablets, Exoskeletten, Datenbrillen). Damit erhalten die Teilnehmenden eine Vorstellung darüber, welche Unterstützungsmöglichkeiten die Digitalisierung bei der alltäglichen Arbeit bieten kann.

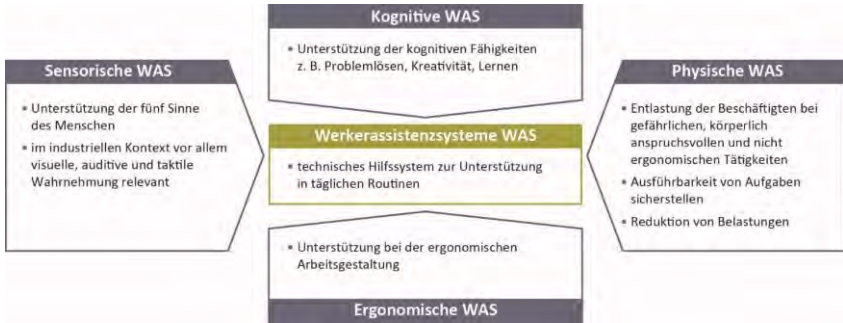


Abbildung 4: Arten von Werkerassistenzsystemen (WAS)

Im Anschluss erfolgt die Besichtigung des jeweiligen Arbeitsplatzes mit den jeweiligen Tätigkeiten der Teilnehmenden. Die erste Übung wird in Kleingruppen durchgeführt, in denen diskutiert wird, wie bestimmte Tätigkeiten (z. B. Anlöten der Gewinde oder Stückzahlkontrolle) aktuell durchgeführt werden und wie diese durch den Einsatz neuer Technologien einfacher und effizienter erledigt werden könnten. Die Ergebnisse der Kleingruppenarbeiten werden auf einer Flipchart visualisiert und von den Teilnehmenden vorgestellt. Ziel des Moduls ist es, die Beschäftigten in Veränderungsprozesse einzubeziehen und damit deutlich zu machen, dass neue Technologien keine Bedrohung, sondern eine Bereicherung darstellen.

2. Modul: Verwaltung und Umgang mit Daten

Im zweiten Modul steht das Thema „Datenverwaltung“ im Fokus. Zu Beginn wird über die technischen und rechtlichen Grundsätze in der Datenverwaltung und über die Arten von Mitarbeiterdaten, die möglicherweise erfasst werden, informiert.

Auf dieses Wissen aufbauend erfolgt die Durchführung der ersten Gruppenübung des zweiten Moduls. Die Teilnehmenden haben die Aufgabe, sich in der Gruppe nacheinander in eine von vier Rollen hineinzuversetzen (Geschäftsführung, Mitglied des Betriebsrats, technikaffine Mitarbeiterin, besorgter Mitarbeiter). Aus der Perspektive der jeweiligen Person, diskutiert die Gruppe nun, wie diese zu dem Thema „Datenverwaltung“ steht und welche Chancen und Risiken sie damit in Verbindung bringt. Die Ergebnisse werden abermals auf einer Moderationswand visualisiert und diskutiert.

Im Anschluss werden die Teilnehmenden über das Thema „Akzeptanz“ im Zusammenhang mit neuen Technologien und Werkerassistenzsystemen informiert. Gerade für die Geschäftsführung und Führungskräfte relevant, werden insbesondere beispielhafte Maßnahmen zur Steigerung der Motivation und Akzeptanz hinsichtlich des Einsatzes neuer Technologien (Werkerassistenzsysteme) vorgestellt

(Abbildung 5). Führungskräfte können zum Beispiel die Akzeptanz seitens der Beschäftigten unterstützen, indem sie dazu beitragen, die Mitarbeitenden für Technik zu begeistern (oft reicht schon die eigene Begeisterung dafür und diese zu kommunizieren) und den persönlichen Nutzen aufzuzeigen (bspw. im Rahmen von Mitarbeitergesprächen).

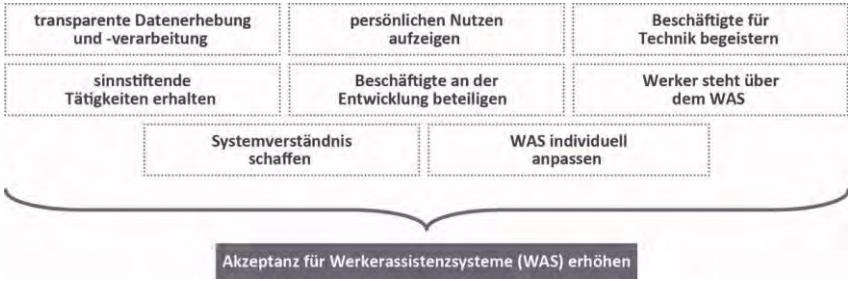


Abbildung 5: Erhöhung der Akzeptanz für Werkerassistenzsysteme (WAS)

2.5. Maßnahme C: Mit dem Führungsverhalten Diversität berücksichtigen und Eigenverantwortung fördern

Eine resilienzfördernde Führung bedeutet auch, sich des Einflusses des eigenen (Führungs-)Verhaltens auf die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bewusst zu sein. Je nach Situation, Umständen und Beschäftigtentyp können resilienzfördernde Führungskräfte ihr Verhalten anpassen und so Sicherheit und Orientierung – auch in herausfordernden Situationen – bieten. D. h., sie besitzen eine gewisse Flexibilität, da sie z. B. die Diversität im Unternehmen berücksichtigen. Der bewusste und zielgerichtete Einsatz von vielfältigen Blickwinkeln und Fähigkeiten der Belegschaft ermöglicht es gerade in turbulenten Zeiten und Situationen, die Innovationen erfordern (z. B. die digitale Transformation), schneller zu reagieren. Außerdem sollte in diesem Zusammenhang berücksichtigt werden, dass das Belastungsempfinden subjektiv ist und die Führungskräfte möglichst entsprechend der individuellen physischen und psychischen Voraussetzungen der Beschäftigten fördern und fordern sollten. Gleichzeitig sollte das Verhalten der Führungskräfte auch in schwierigen Situationen wie Krisen und bei anstehenden Veränderungen mit dem Führungsstil und den Unternehmenswerten übereinstimmen (Drath 2016). Um das gewährleisten zu können, empfiehlt es sich, dass die Geschäftsführung gemeinsam mit den Führungskräften des Unternehmens Führungsrichtlinien entwickelt, mit denen sich alle Beteiligten identifizieren können. Dazu wurde im Rahmen des Projekts STÄRKE ein Workshop entwickelt.

Im ersten Schritt werden den Teilnehmenden die eigenen Führungsrollen und das eigene Führungsverhalten bewusst gemacht. Dabei soll auch für das Thema Diversität sensibilisiert werden, indem auf Führungstipps bei verschiedenen Mitarbei-

tertypen und dem situativen Führungsstil entsprechend des Reifegrads der Beschäftigten eingegangen wird. Ziel der Maßnahme in Form eines Workshops ist es, ein einheitliches Verständnis über die Führungskultur zu erlangen, den Führungskräften Orientierung zu geben und deren Flexibilität zu fördern. Der Workshop besteht aus zwei Modulen, für die jeweils vier Stunden einzuplanen sind. Es ist gut, wenn sowohl die Geschäftsführung als auch möglichst alle Führungskräfte des Unternehmens an der Maßnahme teilnehmen.

1. Modul: Reflexion von Führungsrollen und Führungsverhalten

Im ersten Modul reflektieren die Führungskräfte ihren eigenen Führungsstil, ihre Rollen und die damit verbundenen Aufgaben. Dabei wird berücksichtigt, dass es hilfreich sein kann, das Führungsverhalten von den unterschiedlichen Mitarbeiter-typen abhängig zu machen, da die Beschäftigten individuelle Bedürfnisse haben und unterschiedliche Formen von Unterstützung und Unterweisung benötigen. Die Führungskräfte machen sich zunächst über ihre Rollen und die damit verbundenen Aufgaben Gedanken. Zur Orientierung kann die Moderatorin oder der Moderator beispielhaft über die Führungsrollen nach Mintzberg (1971; Abbildung 6) informieren und weist gleichzeitig darauf hin, dass es noch weitere denkbare Rollen gibt (z. B. Staehle 2013). Folgende Fragen können die Selbstreflexion der Führungskräfte unterstützen: Welche Rollen muss ich als Führungskraft erfüllen? Was würde ich als Führungskraft gern mehr, intensiver, häufiger tun und was würde ich gerne seltener oder gar nicht mehr tun?



Abbildung 6: Führungsrollen nach Mintzberg (1971)

Nachdem sich die Führungskräfte Antworten überlegt haben, notieren sie, welche Aufgaben sie zukünftig abgeben bzw. delegieren (wollen), mit dem Ziel eigene

Ressourcen für unerwartete Ereignisse und neue Herausforderungen zu schaffen. Das hilft nicht nur dabei, die eigene Resilienz zu stärken, sondern schafft auch Kapazitäten zur Unterstützung der Beschäftigten bei der Bewältigung neuer Herausforderungen. Die Ergebnisse können im Plenum zur Diskussion gestellt werden.

Im Rahmen der zweiten Übung machen sich die Teilnehmenden (kritisch) Gedanken über ihr eigenes Führungsverhalten. Als Ergebnis sollten die Teilnehmenden in der Lage sein, ihren eigenen Führungsstil mit drei Begriffen zu beschreiben. Die Führungskräfte erhalten Informationen über unterschiedliche Typen von Beschäftigten, um dann folgende Frage beantworten zu können: Welches Führungsverhalten passt Ihrer Meinung nach zu den verschiedenen Mitarbeiter Typen? Als Hilfestellung können im Anschluss beispielhaft die in Tabelle 1 dargestellten Führungstipps in Abhängigkeit vom Mitarbeiter Typ herangezogen werden (weitere Mitarbeiter Typen und entsprechende Verhaltensempfehlungen können darüber hinaus identifiziert werden). Damit soll den Führungskräften bewusst gemacht werden, dass die Beschäftigten über verschiedene Eigenschaften, Bedürfnisse sowie Stärken und Schwächen verfügen. Eine Berücksichtigung dieser im Rahmen der Führung kann dazu beitragen, dass die Potenziale einer vielfältigen Belegschaft, gerade auch zur Bewältigung von Herausforderungen oder zur Unternehmensentwicklung hin zur Resilienz, genutzt werden.

Typ	Kennzeichen	Führungstipps
Idealist	Sind einfallsreich, individuell und werden durch ihre eigenen Werte angetrieben.	Erkennen Sie die hohe Kreativität und das Potenzial Ihrer idealistischen Mitarbeitenden, geben Sie ihnen Aufgaben, die sie einzigartig erfüllen können.
Analytiker	Wollen Dinge genau durchleuchten und analysieren, andere Menschen beeinflussen. Herausfordernde Tätigkeiten gefallen ihnen.	Sagen Sie Ihren analytischen Mitarbeitenden, dass es offenbar keine Lösung gibt, und sie werden Ihnen das Gegenteil beweisen.
Integrativer	Möchten gern gefallen und bevorzugen harmonisches, kooperatives Umfeld.	Geben Sie Ihren integrativen Mitarbeitenden ein klar strukturiertes Umfeld, ein gut funktionierendes Team und einen klaren Ablauf.
Macher	Arbeiten hart, übernehmen gerne die Führung, sind sehr ordentlich und gewissenhaft.	Übergeben Sie den Machern eine Aufgabenliste mit klaren und konkret definierten Zielen; zeigen Sie ihnen Karriereöglichkeiten auf.
Planer	Introvertiert, jedoch nicht isoliert. Wollen genau verstehen, wie und was sie bei einem Projekt beisteuern und wie erfolgreich es ist.	Erläutern Sie den Planern, wie sehr der Erfolg bei bestimmten Aufgaben von ihnen abhängt; geben Sie ihnen detaillierte Projektpläne.
Expressiver	Spontan und energiegeladen, herzlich und sehr gesprächig. Es gefällt ihnen, im Mittelpunkt zu stehen.	Lassen Sie Ihre expressiven Mitarbeitenden bei ihrer Arbeit spontan sein und Aufgaben so erledigen, wie es ihnen passend und am besten erscheint.

Tabelle 1: Führung nach Mitarbeiter Typen

Abschließend tauschen sich die Führungskräfte in rotierenden Tandems (bis zu fünf Wechsel nach je drei Minuten Gesprächszeit) zu folgender Frage aus: Wo sehen Sie noch ungenutzte Möglichkeiten für sich als Führungskraft, und wo sehen Sie Ihre Grenzen als Führungskraft?

2. Modul: Entwicklung von Führungsgrundsätzen

Im zweiten Modul lernen die Teilnehmenden verschiedene Führungsstile kennen, woraus Führungsgrundsätze abgeleitet werden. In den folgenden Ausführungen handelt es sich um beispielhafte Führungstheorien, die auch durch weitere Konzepte ergänzt werden können (siehe z. B. Frost/Sandrock 2017). Zunächst stellt der verantwortliche Beschäftigte die klassischen Führungstheorien (autoritär-autokratisch, demokratisch-kooperativ und laissez-faire) nach Lewin und Kollegen (1939) vor. Die unterschiedlichen Führungsstile haben Einfluss auf das Verhalten der Führungskräfte. Ergänzt wird die theoretische Wissensvermittlung durch den situativen Führungsstil von Hersey et al. (2007). Demnach sollte jeder Beschäftigte unter Berücksichtigung seines Reifegrads geführt werden, um seine Potenziale optimal im Unternehmen einbringen zu können. Folglich beeinflussen und gestalten die Beschäftigten den angemessenen Führungsstil durch ihre Verhaltensweisen und Eigenschaften. Hier ist es hilfreich, wenn die Führungskraft das Vielfaltsbewusstsein und die Flexibilität besitzt, je nach Kompetenz und Selbstvertrauen des Beschäftigten zu agieren und das Führungsverhalten bei sich verändernden Bedingungen anzupassen. Abhängig von dem Reifegrad der Beschäftigten wird zwischen verschiedenen Führungsstilen unterschieden (Abbildung 7).



Abbildung 7: Reifegrad-Modell (Hersey et al. 2007)

Im Anschluss wird auf das Konzept des Self-Leaderships von Manz und Sims (1991) eingegangen. Bei diesem Führungsstil befähigen Vorgesetzte ihre Beschäftigten, sich selbst zu führen. Die damit verbundene Stärkung der Eigenverantwortung der Beschäftigten kann zur Förderung von sowohl persönlicher Resilienz als auch von Resilienz auf Unternehmensebene beitragen.

Anhand der zuvor erlangten Informationen werden in einer abschließenden Übung vier bis sechs Führungsgrundsätze abgeleitet. Die Zielsetzung soll sein, Verhaltensempfehlungen für die Zusammenarbeit der Beschäftigten im Unternehmen zu entwickeln. Dadurch entsteht eine einheitliche Grundlage für das gewünschte Führungsverhalten, welches inhaltlich mit dem Unternehmensleitbild abgestimmt werden soll. Abschließend wird darauf hingewiesen, dass die Berücksichtigung von Vielfalt sowie die Stärkung von Eigenverantwortung im Führungsverhalten resilienzförderlich sein kann.

2.6. Maßnahme D: Orientierung geben mit dem Unternehmensleitbild

Die Führungsgrundsätze sollten an dem Unternehmensleitbild ausgerichtet sein, um den Beschäftigten Sicherheit und Stabilität zu vermitteln. Folglich kann es förderlich sein, Führungskräfte auch an der Entwicklung des Unternehmensleitbildes zu beteiligen (Drath 2016). Zudem spielen Führungskräfte eine wichtige Rolle bei der tatsächlichen Umsetzung des Leitbildes, da sie die Aufgabe haben, die Unternehmensvision und strategischen Ziele an die Beschäftigten zu vermitteln und in ihrer Funktion als Vorbild die Werte des Unternehmens vorzuleben. Deswegen kann ein klar formuliertes Unternehmensleitbild resilienzfördernde Führung unterstützen.

Um Orientierung zu schaffen, können Betriebe, die noch nicht über ein Leitbild verfügen, einen Workshop zu dessen Entwicklung durchführen. Auch kann es sinnvoll sein, ein jahrelang bestehendes Leitbild auf seine Aktualität und tatsächliche Umsetzung zu überprüfen. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass es auf aktuelle Trends wie z. B. die Digitalisierung ausgerichtet ist. Grundsätzlich ist es wichtig, dass sich möglichst viele Beschäftigte mit dem Unternehmensleitbild identifizieren können. Ein Workshop, der in den Pilotunternehmen des Projekts STÄRKE durchgeführt wurde, wird im Folgenden vorgestellt.

In der ersten Übung machen sich die Teilnehmenden über die Vergangenheit des Unternehmens Gedanken, indem über dessen Meilensteine diskutiert wird. Im Anschluss wird eine SWOT-Analyse durchgeführt, bei der sich die Teilnehmenden zu den Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken des Unternehmens austauschen, um dessen IST-Zustand zu erfassen. Diese Ergebnisse werden priorisiert, kombiniert und zu Strategien ausformuliert.

Im Anschluss wird das Unternehmensleitbild entwickelt. Deutlich sollte werden, dass dieses aus den drei Elementen Vision, Mission und Werte besteht. Sie informieren über die langfristigen Ziele und den Zweck des Unternehmens und sorgen für langfristige Orientierung bei den Beschäftigten (siehe Abbildung 8).



Abbildung 8: Elemente eines Unternehmensleitbildes

In den folgenden Übungen erarbeiten die Teilnehmenden die drei Elemente des Leitbilds für ihr Unternehmen. Zunächst setzen sich die Beschäftigten mit der Mission auseinander. Es sollte dafür gesorgt werden, dass alle Teilnehmenden ein einheitliches Verständnis davon haben, was unter der Mission im Unternehmenskontext genau zu verstehen ist und wie sie sich von der Vision unterscheidet. Primär sollte durch die formulierte Mission klar werden, wofür die Firma bei ihren Kunden angesichts ihres eigenen Anspruchs (z. B. Qualität, Termintreue, Service, persönliche Betreuung, Kostenvorteile) stehen möchte. Beispielhafte Missionen aus anderen Unternehmen können zu einem besseren Verständnis beitragen. Zur Entwicklung der eigenen Mission beantworten die Teilnehmenden folgende zwei Fragen:

1. Wofür will die Firma bei ihren Kunden stehen?
2. Was davon passt zur eigenen Firma und könnte übernommen werden, was davon passt gar nicht?

Im nächsten Schritt wird der Blick in die Zukunft gerichtet und in zwei Gruppen die Vision des Unternehmens erarbeitet. Helfen kann dabei die Beantwortung folgender Frage: Wo sollte unser Unternehmen im Jahr 2030 stehen? Die Ergebnisse werden im Anschluss an einer Flipchart visualisiert und im Plenum diskutiert. Die Vorstellung und Diskussion beispielhafter Visionen aus anderen Unternehmen

kann dabei helfen, die treffendste Vision für das eigene Unternehmen zu formulieren.

Zur Erleichterung des konkreten Ausbaus der Unternehmensvision können folgende zwei Fragen beantwortet werden:

1. Welche der zuvor erarbeiteten Ergebnisse bilden am besten ab, wie unser Unternehmen in Zukunft sein soll? Bitte identifizieren Sie maximal fünf Visionsbestandteile.
2. Was müssen wir ändern, was kann bleiben, wie es ist, worauf wollen wir aufbauen?

Nachdem die Teilnehmenden eine Vorstellung von einer geeigneten Vision haben, sollen sie sich weiter über die Werte Gedanken machen, die im Unternehmen zukünftig gelebt werden und Orientierung bieten sollen:

1. Welche Werte sind für das Unternehmen wichtig?
2. Welche Werte braucht die Firma in Zukunft?

Die Ergebnisse werden anschließend im Plenum diskutiert und priorisiert, um ein Wertetableau erstellen zu können. Es ist wichtig, die Erkenntnisse und Ergebnisse aus dem Workshop für eine Zeit ruhen zu lassen und dann einen weiteren Workshop durchzuführen, in dem die erarbeiteten Ergebnisse nochmals überdacht werden und das Unternehmensleitbild festgelegt wird. Nach Finalisierung des Unternehmensleitbildes ist es wichtig, dieses im Unternehmen zu verbreiten und alle Beschäftigten darüber zu informieren. Zudem sollten alle Beschäftigten daran arbeiten, die formulierten Vorsätze und Verhaltensweisen umzusetzen. Das sollte insbesondere auch von den Führungskräften motiviert und vorgelebt werden. Dadurch wird es möglich, dass die Grundsätze im Unternehmensleitbild und in der Unternehmensstrategie auch in schwierigen Zeiten dazu beitragen können, den Beschäftigten Orientierung und Sicherheit zu geben. Gerade bei Unsicherheiten können sich die Beschäftigten auf die gelebten Werte im Unternehmen besinnen.

3. Fazit

Insgesamt spielen Führungskräfte eine wichtige Rolle, wenn es um die Entwicklung sowohl von individueller als auch organisationaler Resilienz in Unternehmen geht. Zum einen können diese einen Einfluss auf ihre Beschäftigten nehmen, zum anderen können sie die Umsetzung von Maßnahmen auf organisationaler Ebene steuern und fördern. Genauso wie es wichtig ist, Führungskräfte bei Veränderungsprozessen (zum Beispiel im Zusammenhang mit Digitalisierung) miteinzubeziehen und diese dafür zu gewinnen, ist es hilfreich, wenn sie auch ein Verständnis für die Bedeutung von Resilienz haben und in die Prozesse zur Stärkung der Resilienz im Unternehmen eingebunden werden. In ihrer Vorbildfunktion sind sie

selbst resilient und können die Beschäftigten in herausfordernden Situationen unterstützen. Sie gehen offen mit Veränderungen und neuen Technologien um, berücksichtigen – soweit möglich – individuelle Bedürfnisse und Fähigkeiten der Beschäftigten in ihren Führungsaufgaben und vermitteln das Unternehmensleitbild, das im besten Fall einen positiven Blick in die Zukunft richtet, auch wenn diese nicht vollständig vorhersehbar sein mag. Mit ihrem Führungsverhalten fördern sie Autonomie und Eigenverantwortung der Beschäftigten und beziehen vielfältige Blickwinkel und Sichtweisen gezielt ein. Folglich kann es aufgrund des großen Einflusses der Führung auf die Beschäftigten und Prozesse im Unternehmen zur Resilienzförderung hilfreich sein, bei der Weiterqualifizierung von Führungskräften anzusetzen. Neben den Maßnahmen, die in diesem Beitrag vorgestellt wurden, gibt es noch weitere denkbare Möglichkeiten, eine resilienzfördernde Führung auszubauen. Gerade Konflikte aufgrund von Diversität in der Belegschaft können die interne Stabilität beeinträchtigen, was die Resilienzentwicklung hemmen kann. Deswegen ist es über die zuvor genannten Maßnahmen hinaus relevant, ein Konfliktmanagement im Unternehmen zu etablieren, welches von den Führungskräften umgesetzt wird (Peschl 2019). Auch ein konstruktiver Umgang mit Fehlern seitens der Führungskräfte und seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern kann helfen, kritische Situationen zu antizipieren (Peschl 2019).

Literatur

- BSP Business School Berlin GmbH (2017). Leitlinien für Führungskräfte in Zeiten des digitalen Wandels. Berlin: Mittelstand-Digital.
- Doran, G. T. (1981). There's a SMART way to write management's goals and objectives. *Management Review*, 70(11), 35-36.
- Drath, K. (2016). Resilienz in der Unternehmensführung- und Arbeitshilfen online: Was Manager und ihre Teams stark macht. Freiburg: Haufe-Lexware GmbH & Co. KG.
- Duchek, S. et al. (2019). The role of diversity in organizational resilience: a theoretical framework. *Business Research*, 1-37.
- Frost, M. C./Sandrock, S. (2017). Motivation und Führung – Potenziale durch Digitalisierung? *Leistung & Entgelt*, 1, 3-45.
- Güttel, W. H./Wize, C. (2017). Change Management. Erfolgreich in turbulenten Zeiten: Impulse für Leadership, Change Management & Ambidexterity, Augsburg, München: Rainer Hampp Verlag.
- Hersey, P. et al. (2007). *Management of Organizational Behavior: Leading Human Resources*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Hoffmann, G. P. (2016). *Organisationale Resilienz*. Wiesbaden: Springer.

- Hollnagel, E. (2010). How resilient is your organisation? An introduction to the resilience analysis grid (RAG). Sustainable transformation: Building a resilient organization. Toronto, Canada.
- ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. et al. (Hrsg.) (2018). Resilienzkompass zur Stärkung der individuellen und organisationalen Resilienz in Unternehmen. Düsseldorf. https://www.arbeitswissenschaft.net/fileadmin/Bilder/Forschung_und_Projekte/Resilienzkompass.pdf.
- Lewin, K. et al. (1939). Patterns of aggressive behavior in experimentally created “social climates”. The Journal of social psychology, 10(2), 269-299.
- Lundin, S. et al. (2001). Für immer Fish! Wie Sie die Fish!-Philosophie verankern und Ihre Motivation frisch halten. München: Redline Verlag.
- Manz, C. C./Sims Jr., H. P. (1991). Superleadership: Beyond the myth of heroic leadership. Organizational dynamics, 19(4), 18-35.
- Mintzberg, H. (1971). Managerial work: Analysis from observation. Management science, 18(2), 97-110.
- Mourlane, D. et al. (2013). Studie „Führung, Gesundheit & Resilienz“. Frankfurt am Main: Bertelsmann Stiftung, Gütersloh & mourlane management consultants.
- Peschl, A. (2019). Arbeitswelt im Wandel – Maßnahmen zur Unterstützung resilienzfördernder Führung. Leistung & Entgelt, 1, 3-45.
- Philipsen, G./Ziemer, F. (2013). Resilienzentwicklung in Organisationen: Wie geht resiliente Führung?. Vortrag auf der „Zukunft Personal“, Köln.
- Schlett, C. et al. (2018). Der Einfluss von Resilienz auf qualitative Formen der Arbeitszufriedenheit. Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie A&O, 62(4), 202-223.
- Soucek, R. et al. (2015). Entwicklung eines Fragebogens zur Erfassung resilienten Verhaltens bei der Arbeit. Wirtschaftspsychologie, 17(4), 13-22.
- Soucek, R. et al. (2016). Resilienz im Arbeitsleben—Eine inhaltliche Differenzierung von Resilienz auf den Ebenen von Individuen, Teams und Organisationen. Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO), 47(2), 131-137.
- Spreiter, M. (2013). Burnoutprävention für Führungskräfte – mit Arbeitshilfen online: Konkret, praktisch, wirksam. Freiburg: Haufe-Lexware.
- Stahle, W. H. (2013). Handbuch Management: Die 24 Rollen der exzellenten Führungskraft. Wiesbaden: Springer-Verlag.
- Wellensiek, S. K. (2011). Handbuch Resilienz-Training. Widerstandskraft und Flexibilität für Unternehmen und Mitarbeiter. Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- Werner, E. E. (2000). Protective factors and individual resilience. In J. P. Shonkoff & S. J. Meisels (Hrsg.), Handbook of early childhood intervention (S. 115-132). Cambridge: Cambridge University Press.
- Wustmann, C. (2005). Die Blickrichtung der neueren Resilienzforschung. Wie Kinder Lebensbelastungen bewältigen. Zeitschrift für Pädagogik, 51(2), 192-206.

Qualifizierung von Führungskräften für die digitale Ökonomie

Ein Erfolgsfaktor erfolgreicher Geschäftsmodellinnovationen

Wolfgang Kersten, Florian Dörries, Sebastian Lodemann, Marius Indorf, Merlin Müller

1. Einleitung

Schon vor der vierten industriellen Revolution wurden die Wertschöpfungsprozesse in vielen Unternehmen mithilfe neuer Technologien und Organisationsprinzipien immer wieder neu gestaltet und an das zunehmend dynamische Unternehmensumfeld angepasst. Produktion und Logistik entwickelten sich zugleich zu einem wesentlichen Element der Unternehmensstrategie (z. B. Wildemann 1986; Hayes et al. 2005).

Industrielle Geschäftsmodelle wurden in dieser Zeit vielfach im Hinblick auf Erfolgsfaktoren wie Qualität, Kosten und Lieferzeit optimiert sowie zusätzlich um Serviceleistungen ergänzt, blieben im Grundsatz jedoch unverändert. Wie die Beispiele aus der Handels-, Musik- und Mobilitätsbranche zeigen, ermöglicht die Digitalisierung jedoch eine weitreichende Neugestaltung bestehender Geschäftsmodelle, die zudem vielfach mit einem „First Mover“-Vorteil verbunden ist. Geschäftsmodellpioniere kommen dabei eher aus dem IT- und Dienstleistungsbereich als aus den etablierten Branchen selbst.

Christensen hat bereits 1997 auf das sog. Innovator's Dilemma hingewiesen, nach dem etablierten Unternehmen häufig der Mut fehlt, ein erfolgreiches und einträgliches Geschäftsmodell selbst radikal zu verändern (Christensen 2016). Dies lässt sich aktuell durch die Beobachtung ergänzen, dass vielen Unternehmen die Vorstellungskraft fehlt, wie innovative Geschäftsmodelle, die die Potenziale der Digitalisierung nutzen, überhaupt aussehen können. Gerade bei mittelständischen Unternehmen schlägt sich dies in einem sehr niedrigen Prozentsatz von Unternehmen nieder, die bislang ein digitales Geschäftsmodell umgesetzt oder zumindest geplant haben (Kersten et al. 2017).

Umfangreiche und erprobte Modelle zur Geschäftsmodellinnovation wie der Business Model Canvas (Osterwalder/Pigneur 2010) oder der St. Galler Geschäftsmodellnavigator (Gassmann et al. 2013) liegen bereits vor. Das Management von Geschäftsmodellinnovationen wurde als wesentliche Führungsaufgabe identifiziert (Chesbrough 2010). Dies bedeutet allerdings nicht, dass Führungskräfte in-

novative Geschäftsmodelle allein entwickeln müssen – sie müssen jedoch zumindest im Unternehmen einen geeigneten Rahmen dafür schaffen (Kersten et al. 2017). Dem steht entgegen, dass Führungskräfte altersbedingt eher „Digital Immigrants“ als „Digital Natives“ sind. Während sie die bestehenden Spielregeln ihrer eigenen Branche genauestens analysieren können, sind ihnen die Wirkmechanismen digitaler Ökonomien häufig noch fremd. Erfahrung haben sie zudem eher mit klassischen als mit agilen Managementmethoden gesammelt.

Dieser Beitrag geht deshalb von der Hypothese aus, dass die gezielte Qualifizierung von Führungskräften eine wesentliche Voraussetzung für erfolgreiche Geschäftsmodellinnovationen im Rahmen der digitalen Transformation ist. Hierzu wird untersucht, welche Qualifikationselemente wichtig sind und wie diese vermittelt werden können. Die Spannweite reicht von technologischem Wissen über agile Führungsprinzipien bis hin zu einem Gesamtverständnis digitaler Ökonomien. Hinzu kommen methodische Kompetenzen für die Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle. Der Beitrag operationalisiert den Begriff des Geschäftsmodells, leitet aus den aktuellen technologischen Veränderungen und Rahmenbedingungen in den Unternehmen Schulungsbedarfe ab und zeigt exemplarisch konkrete Lösungsansätze auf. Methodisch basieren die Aussagen auf Literaturanalysen, empirischen Ergebnissen sowie Beispielen und praktischen Erfahrungen im Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hamburg.

2. Geschäftsmodelle: Dreh- und Angelpunkt für den unternehmerischen Erfolg

2.1. Geschäftsmodellbegriff

Das Geschäftsmodell ist zentraler, erfolgskritischer Bestandteil eines jeden Unternehmens, da es sich dabei um das Konzept handelt, wie das Unternehmen Werte schafft, diese an seine Kunden leitet und dabei Erträge erzielt (Teece 2010, S. 191). Gassmann et al. (2017, S. 8) zufolge kann ein Geschäftsmodell durch vier Elemente beschrieben werden: Wer sind die Kunden des Unternehmens, was für Produkte oder Services bietet dieses Unternehmen an, wie werden diese hergestellt und wie werden damit Erträge erzielt. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie lehnt seine Definition der immer populärer werdenden digitalen Geschäftsmodelle an diese vier Dimensionen an – mit dem Unterschied, dass ein digitales Geschäftsmodell in jeder der vier Dimensionen mithilfe digitaler Technologien Informationen erzeugt und sammelt sowie diese weiterverarbeitet und analysiert (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2017, S. 5).

Sowohl herkömmliche als auch digitale Geschäftsmodelle stellen das Bindeglied zwischen der operativen und der strategischen Ebene eines Unternehmens dar. Unternehmensstrategie und Geschäftsmodell stehen in engem Zusammenhang, müssen aber eindeutig voneinander abgegrenzt werden (Al-Debi et al. 2008, S. 5).

Das Geschäftsmodell beschreibt, wie das Unternehmen zu einem bestimmten Zeitpunkt Werte schafft und diese weitergibt (DaSilva/Trkman 2014, S. 383). Die Unternehmensstrategie hingegen gibt Auskunft darüber, wie ein Unternehmen in Zukunft sein möchte, und ist für die Schaffung dynamischer Fähigkeiten zuständig. Folglich besitzt jedes Unternehmen ein Geschäftsmodell, muss aber nicht zwingend eine Unternehmensstrategie vorweisen. Die richtige Unternehmensstrategie ist langfristig ausgerichtet und kann auf mögliche Veränderungen im Unternehmensumfeld mit Anpassungen des Geschäftsmodells reagieren (Casadesu-Masanell/Ricart 2010, S. 205). Um Geschäftsmodelle erfolgreich zu innovieren, ist laut Giesen et al. (2007, S. 1) die richtige Strategie und eine starke Durchsetzung dieser notwendig.

2.2. Geschäftsmodellinnovation

Ein statisches Geschäftsmodell kann in einem dynamischen Unternehmensumfeld langfristig nicht erfolgreich sein. Denn auch Geschäftsmodelle haben ihren eigenen Lebenszyklus, der nach Neuerung verlangt (Arbussa et al. 2017, S. 273). Laut Gassmann et al. (2017, S. 5) hängt die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen in Zukunft stärker von innovativen Geschäftsmodellen ab. Somit müssen Unternehmen in der Lage sein, effektive Strategien zur Anpassung ihrer Geschäftsmodelle zu entwickeln (DaSilva/Trkman 2014, S. 386). Der Prozess des Innovierens, Anpassens oder Neuentwickelns von Geschäftsmodellen kann als Geschäftsmodellinnovation beschrieben werden und zielt auf den Aufbau und die Sicherung von Wettbewerbsvorteilen ab (Teece 2010, S. 173).

Schwer zu kopierende und sich von anderen Unternehmen abgrenzende Geschäftsmodelle führen zu Möglichkeiten, Wettbewerbsvorteile zu generieren (Teece 2010, S. 180). Dies kann beispielsweise durch das kreative Imitieren branchenfremder Geschäftsmodelle geschehen (Gassmann et al. 2017, S. 23). Geschäftsmodellinnovationen können Unternehmen gegen Geschäftsmodellimitation von Wettbewerbern schützen, aber auch zukünftige Quellen der Wertschaffung enthüllen (Amit/Zott 2010, S. 5).

Der Prozess einer Geschäftsmodellinnovation ist aufwendig und mit langfristigem Handeln verknüpft (Icks et al. 2017, S. 53). Vielen etablierten und vor allem älteren Unternehmen fällt es daher schwer, neue Geschäftsmodelle zu entwickeln und oft werden Potenziale und Risiken von neuen Technologien und Geschäftsmodellen unterschätzt (Kranzusch et al. 2017, S. 13; Nielen et al. 2017, S. 32).

3. Veränderung von Technologien und Geschäftsmodellen in der digitalen Ökonomie

Die Digitalisierung verändert die einzel- und gesamtwirtschaftlichen Grundlagen und Strukturen der Weltwirtschaft sowie der einzelnen Volkswirtschaften nachhaltig. Damit ändert sich der Rahmen, in dem die Unternehmen ihre Geschäftstätigkeit ausüben und für den sie neue bzw. angepasste Geschäftsmodelle entwickeln müssen, um wirtschaftlich erfolgreich zu sein. Für eine erfolgversprechende Gestaltung wirtschaftlicher und technologischer Entwicklungen ist es essenziell, ein fundiertes Verständnis für dieses neuartige gesamtwirtschaftliche Umfeld und seine Zusammenhänge zu entwickeln. Dies schließt einerseits ein Verständnis für die neuen Technologien als Treiber und Enabler für Veränderungen sowie andererseits ein Verständnis für die damit verbundenen ökonomischen Strukturen wie z. B. Daten- und Plattformökonomien ein. Nur wenn Führungskräfte beide Aspekte verstehen, können sie erfolgversprechende neue bzw. angepasste Geschäftsmodelle entwickeln.

3.1. Technologische Entwicklung

Geschäftsmodelle wurden auch in der Vergangenheit weiterentwickelt, doch vor dem Hintergrund neuer digitaler Technologien werden Geschäftsmodellinnovationen wichtiger denn je für Unternehmen (Lindgren 2018, S. 285). Mit Beginn des digitalen Zeitalters wurden ganze Industrien digitalisiert und die Menge an verfügbaren Daten im Unternehmensumfeld stieg gravierend an (Chaudhary et al. 2015, S. 259). Allein im Jahr 2011 wurden mehr Daten generiert als in der gesamten Menschheitsgeschichte zuvor. Das World Wide Web, Bild- und Video-Applikationen oder Sensoren generieren weltweit mehr als 2,5 Trillionen Byte pro Tag und Datenbanken, mit denen sich Unternehmen auseinandersetzen müssen, erreichen langsam Exabyte-Größe (10^{18} Byte; Sedkaoui 2018, S. 8 f.). Dies birgt für Unternehmen sowohl neue Möglichkeiten der Wertschöpfung als auch Herausforderungen dahingehend, ihre Wettbewerbsvorteile zu halten und auszubauen.

Die Datenmengen und ihre Verfügbarkeit können mit dem heute viel genutzten Begriff Big Data beschrieben werden, der sich über drei Dimensionen abgrenzen lässt: den Umfang der Datenmengen (volume), die Geschwindigkeit der Datengenerierung und -verarbeitung (velocity) und die Vielfalt an Datentypen (variety). Konventionelle Möglichkeiten der Datenverarbeitung mussten angepasst werden, um diese Datenmengen zu bewältigen und Informationen zu gewinnen sowie diese für die Entscheidungsfindung einzusetzen. Dies führte zu einem Anstieg neuer digitaler Technologien, die unter dem Bereich Data Analytics subsumiert werden können (Chaudhary et al. 2015, S. 256 f.).

Obleich es auch andere zu berücksichtigende Faktoren gibt, stellen neue Technologien eine der zentralen treibenden Kräfte von Geschäftsmodellinnovation dar

Kanäle zum Kunden durch webbasierte Kommunikationsplattformen und mobilen Datenzugriff erweitert werden und so automatische Bestellungen und individuelle Konfiguration gewährleistet werden. Hier sind beispielsweise Webshops und Online Ordering Systeme als Technologien zu nennen. Durch die Analyse der Daten können Kundenbedürfnisse besser vorhergesagt und es kann auf diese eingegangen werden und durch personalisierte, ortsabhängige Werbung können dem Kunden relevante Produkte und Services angeboten werden (Chaudhary et al. 2015.; Müller/Hundahl 2018; Kersten et al. 2017).

Im Rahmen der Produkt-/Servicedimension (welche Produkte/Services bietet das Unternehmen an?) bieten sich Unternehmen Individualisierungsmöglichkeiten. Weiter kann die Transparenz von Produktion und Lieferung durch Lokalisierungstechnologien, RFID, Warehouse-Management-Systeme oder Fahrerlose Transportsysteme verbessert werden. Ferner können durch IT-Services wie Software as a Service (SaaS) oder Platform as a Service (PaaS) ganze Ökosysteme mit Anwendungsprogrammen und Serviceleistungen für Kunden geschaffen werden (Chaudhary et al. 2015.; Müller/Hundahl 2018; Kersten et al. 2017).

In der Produktion- oder Wertschöpfungsdimension (wie werden Produkte/Services hergestellt?) können digitale Technologien eine Verlagerung der Schlüsselressourcen ermöglichen. Durch eine Aufrüstung von Anlagen durch Sensoren können Zustandsdaten in Echtzeit analysiert und gegebenenfalls kann auf Anomalien reagiert werden (Chaudhary et al. 2015, S. 262). Technologien wie Roboter, fahrerlose Transportsysteme, 3D-Druck oder Augmented Reality schaffen viel Raum für Innovationen innerhalb der Leistungserstellung. Externe Partner wie IT-Unternehmen, Infrastrukturbetreiber oder Cloud-basierte Dienstleister werden für Unternehmen immer interessanter und verändern die Wertschöpfungskette hin zu einem Wertschöpfungsnetzwerk. Digitale Technologien können zudem die Schlüsselaktivitäten eines Unternehmens in hohem Maße verändern. Nicht nur die Erfassung und Auswertung interner sondern auch externer Daten ist ein wichtiger Bestandteil, um Anlagen, Maschinen oder Transportmittel möglichst effizient zu nutzen. Zudem können Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durch den mobilen Datenzugriff orts- und zeitunabhängig arbeiten (Chaudhary et al. 2015.; Müller/Hundahl 2018; Kersten et al. 2017).

In der letzten Dimension (wie werden Erträge erzielt?) können durch digitale Technologien zusätzliche Einnahmequellen erschlossen werden. Dies kann beispielsweise durch das Angebot zusätzlicher Services geschehen. Neue und einfachere Wege der Bezahlung, wie „Mobile Pay“, können Kaufbarrieren für Kunden reduzieren. Zugleich können aber auch die Produktivität des Unternehmens gesteigert und Kosten reduziert werden (Chaudhary et al. 2015.; Müller/Hundahl 2018; Kersten et al. 2017).

Die große Vielfalt digitaler Technologien eröffnet innovative, vielfach sogar disruptive Gestaltungsmöglichkeiten in jeder einzelnen Dimension von Geschäftsmodellen. Führungskräfte müssen Wege finden, diese Potenziale als Weiterentwicklung in bestehende Geschäftsmodelle zu integrieren oder für gänzlich neue Geschäftsmodelle nutzbar zu machen. Dazu müssen Führungskräfte nicht jedes technische Detail durchdringen, aber Implikationen für das eigene Geschäftsmodell ableiten können. Eine klare Vision der digitalen Strategie sowie konkrete Leistungskennzahlen als Wegweiser können dafür sorgen, dass der Innovationsprozess erfolgreich verläuft (Sousa/Rocha 2019, S. 259).

3.2. Geschäftsmodelle in digitalen Ökonomien

Obwohl das Konzept der Industrie 4.0 in Deutschland seinen Ursprung hat und zahlreiche damit verbundene technologische Entwicklungen hier vorangetrieben werden, steht die Einführung digitaler Geschäftsmodelle insb. im Mittelstand noch weitgehend am Anfang. Nicht nur digitales Know-how und erforderliche Ressourcen fehlen, sondern vielfach auch die Vorstellungskraft, wie das eigene Geschäftsmodell mithilfe digitaler Technologien und Prozesse ergänzt oder weiterentwickelt werden kann. Insofern sind Erfolgsbeispiele gefragt, die als Denkanstöße dienen können. Nachfolgend sollen exemplarisch drei datengestützte und plattformgestützte Geschäftsmodelle dargestellt werden.

(1) Datenanalysen für Windenergieanlagen

Im Rahmen der digitalen Transformation treten vielfach neue Wettbewerber auf und erfordern Veränderungen des Geschäftsmodells. Beispielsweise musste General Electric (GE) zu Beginn dieses Jahrzehnts befürchten, dass wichtige Kunden zur Optimierung ihrer Anlagen auf Basis der Analyse großer Datenmengen auf branchenfremde Wettbewerber wie IBM und SAP sowie Start-up-Unternehmen zurückgreifen würden. GE erkannte die Gefahr für das eigene hardwarebasierte Geschäftsmodell und begegnete dieser Situation im Rahmen der „Industrial Internet“-Initiative. Maschinen wurden mit Sensoren ausgerüstet und mit einer Cloud-basierten Plattform verbunden. Gleichzeitig wurden über Kooperationen und Beteiligungen Fähigkeiten zur Datenanalyse aufgebaut (Iansiti/Lakhani 2014, S. 91 f.; Schallmo/Rusnjak 2017, S. 12 f.). Kunden konnten auf dieser Basis neue datengestützte Dienstleistungen angeboten werden. Beispielsweise wurden in E.ON-Windparks Sensoren installiert, um mithilfe von Echtzeitanalysen der Daten eine effizientere Nutzung der Windenergieanlagen zu ermöglichen. Die Ertragsmechanik des zugehörigen digitalen Geschäftsmodells beruht darauf, dass GE über sog. Contractual Service Agreements einen prozentualen Anteil des durch Umsatzsteigerung bzw. Kostenreduzierung entstehenden Kundennutzens erhält (Obermaier 2016, S. 27). Dieses datengestützte Geschäftsmodell ist insoweit revolutionär, als es die vorrangig auf Hardware-Verkauf ausgerichtete dominante Branchenlogik durchbricht. Durch den konsequenten Aufbau entsprechender Fähigkeiten zur

Software-Entwicklung und Datenanalyse konnte dieses Geschäftsmodell auch in anderen Geschäftsbereichen implementiert werden (Iansiti/Lakhani 2014, S. 94 ff.). Dass solche Geschäftsmodellinnovationen auch in erfolgsgewohnten Traditionsunternehmen wie GE dringend erforderlich sind, zeigen die Turbulenzen des Unternehmens in der letzten Zeit. Diese gehen u. a. auf Probleme und Altlasten in Traditionsbereichen wie der Kraftwerkssparte zurück.

(2) Datengestützter Kundenservice in der Intralogistik

In der Intralogistik werden aktuell Flurförderfahrzeuge nicht nur um Smart Services wie Indoor-Navigation oder betriebliche Reporting-Module erweitert, sondern zunehmend auch Verträge abgeschlossen, in deren Rahmen Nutzungs- und Verschleißdaten direkt beim Kunden erfasst und über das Internet an den Hersteller übermittelt werden. Auf dieser Basis können z. B. gezielt Wartungs- und Instandhaltungsdienstleistungen, aber auch ein komplettes Flottenmanagement für Flurförderfahrzeuge angeboten werden. Nutzerunternehmen profitieren davon über geringere Stillstands- und Ausfallzeiten, höhere Transparenz sowie ggf. Kostensicherheit durch Full-Service-Verträge. Intralogistikanbieter steigern dadurch die Kundenbindung, können besser planen und erhalten auf diese Weise zudem Daten, die für eine kundenorientierte Weiterentwicklung von Produkten und Dienstleistungen hilfreich sind. Diese Geschäftsmodellinnovation kann als evolutionär charakterisiert werden und bewegt sich noch weitgehend innerhalb der dominanten Branchenlogik. Gleichwohl wird wichtige Erfahrung zu digitalen Geschäftsmodellen aufgebaut, um zukünftig erfolgreich neuartige Dienstleistungen entwickeln und anbieten zu können.

(3) Serviceplattform im Werkzeugmaschinenbau

Parallel zum klassischen Verkauf von Werkzeugmaschinen hat der Werkzeugmaschinenhersteller und Laserspezialist TRUMPF mit dem Aufbau eines Technologiedaten-Marktplatzes ein innovatives plattformgestütztes Geschäftsmodell implementiert. Ausgangspunkt war die Erfahrung, dass für die jeweilige Material- und Bearbeitungssituation optimierte Prozessparameter wie Vorschubgeschwindigkeit und Laserleistung die Wirtschaftlichkeit des Fertigungsprozesses erhöhen und zu einer verbesserten Nutzung der installierten Anlagenkapazität führen. Üblicherweise sind hierzu vom Anlagenbetreiber selbst durchzuführende spezifische Versuchsreihen oder langjährige Erfahrungen erforderlich. TRUMPF hat diesen Bedarf nach anwendungsspezifischen Technologiedaten identifiziert und sich mit dem Aufbau des Technologiedaten-Marktplatzes ein zweites geschäftliches Standbein geschaffen. Der Logik einer digitalen Service-Plattform folgend, bietet TRUMPF weiteren Marktteilnehmern die Möglichkeit, sich zu registrieren und über die Plattform anderen Unternehmen die von ihnen für spezifische Anwendungsfälle optimierten Prozessparameter zur Verfügung zu stellen. TRUMPF verdient anteilig an den für den jeweiligen Datensatz vom Datenanwender an den Datenanbieter zu

entrichtenden Gebühren (Grünert/Sejdic 2017, S. 38-42). TRUMPF hat den Technologiedaten-Marktplatz unter dem Namen AXOOM als eigenständiges Start-up ausgegründet. Mittlerweile ist bereits eine umfangreiche digitale Service-Plattform entstanden, die neben den Technologiedaten sowohl vertikale Maschinen-Cloud-Anbindung als auch horizontale Prozessvernetzung ermöglicht. Zudem werden unterschiedliche Analyse-Apps für den Maschinenbetrieb angeboten. Ziel ist es, ein spezifisches Ökosystem für die digitale Transformation der produzierenden Industrie zu entwickeln. Die Plattform ist deshalb sowohl für Anwenderunternehmen aus der produzierenden Industrie als auch für andere Anbieter offen. Partner werden gezielt danach ausgewählt, ob sie für den Endkunden einen Nutzen bringen (Barnitzke 2019). Insgesamt verändert auch diese Geschäftsmodellinnovation die Branchenlogik deutlich.

Führungskräfte müssen die Bausteine und die Logik daten- und plattformgestützter Geschäftsmodelle sowie die zugehörige Ertragsmechanik verstehen. Dazu gehören auch „first mover“-Vorteile und Kooperationen mit Wettbewerbern mit dem Ziel schnell wachsender und attraktiver digitaler Ökosysteme.

4. Qualifikationsbedarfe bei Führungskräften im Kontext digitaler Ökonomien

4.1. Die Rolle der Führungskraft bei der digitalen Transformation

Eine Studie des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Hamburg von 2017 kommt zu dem Schluss, dass die Digitalisierung in KMU vor allem durch die Unternehmensführung bzw. das Führungspersonal getrieben ist. Dabei steuern Führungskräfte im Kontext der digitalen Transformation auf grundlegende Veränderungen, steigende Anforderungen und neue Arbeitsweisen zu. Beispielsweise sind die drei häufigsten Antworten zum Wandel der Führung im digitalen Zeitalter in einer Studie aus dem Jahr 2017 (1) *mehr Selbstführung*, (2) *mehr Führung auf räumliche Distanz* und (3) *mehr Führung über Identifikation und Ziele*, was einer deutlichen Veränderung gegenüber der klassischen Führung entspricht (Genner et al. 2017, S. 17). Ein anderes Beispiel ist der für die Umsetzung der Industrie 4.0 als Herausforderung geltende *Qualifikationsbedarf der Mitarbeiter* (Koch et al. 2014, S. 37). Einerseits ist es die Aufgabe der Führung, die Weiterbildung im Unternehmen zu koordinieren, andererseits sind die Führungskräfte selbst zu qualifizieren und zu sensibilisieren (acatech 2016, S. 27 ff.; Stahl-Rolf et al. 2018, S. 6).

Durch die Einführung digitaler Lösungen fallen viele administrative Tätigkeiten der Führung weg, wohingegen die Intensität von Aufgaben aus eher strategischen Bereichen zunimmt. Insbesondere die *Entwicklung von Perspektiven* und die *Steuerung des Wandels* werden zu zentralen Führungsaufgaben bei der Transformation hin zu digitalen Ökonomien (von See/Kersten 2018, S. 12). Dabei stellt die Entwicklung von Perspektiven eine wiederkehrende Aufgabe dar, die auf die Identifikation und

Bewertung von technologischen Trends abzielt, welche einen Einfluss auf das Unternehmen haben können. Erkennt die Führungskraft hierbei bspw., dass ein technologischer Trend einen positiven Einfluss auf das Unternehmen haben könnte, so hat sie im Rahmen ihrer Steuerungsfunktion die Aufgabe zu prüfen, ob die Technologie ganz oder zumindest testweise in das Unternehmen eingeführt werden sollte.

Dieses Aufgabenbeispiel verdeutlicht, dass hierfür Wissen aus verschiedenen Bereichen benötigt wird. Können der Entwicklung von Perspektiven eher Kompetenzen wie *Entscheidungsfähigkeit*, *fachübergreifende Kenntnisse* und *Gestaltungswille* zugeordnet werden, bedarf es für die Steuerung des Wandels eher Fähigkeiten wie *Kommunikations-*, *Organisations-* und *Dialogfähigkeit*. Eine Aussage, welche Kompetenzen eine Führungskraft für ihre spezifischen Aufgaben benötigt, ist jedoch pauschal nicht möglich, sondern erfordert stets eine individuelle Betrachtung. Dennoch lassen sich grundlegende Führungskompetenzen identifizieren.

Im Rahmen eines Workshops der Hamburger Dialogplattform Industrie 4.0¹ wurde die Fragestellung nach wichtigen Führungskompetenzen ausführlich diskutiert und es konnten 26 Kompetenzen festgehalten werden, welche eine besondere Bedeutung für Führungskräfte im digitalen Wandel haben (Tabelle 1).

Führungskompetenzen		
Glaubwürdigkeit	Normativ-ethische Einstellung	Schöpferische Fähigkeit
Offenheit für Veränderung	Mitarbeiterförderung	Humor
Ganzheitliches Denken	Lernbereitschaft	Ergebnisorientiertes Handeln
Innovationsfreudigkeit	Entscheidungsfähigkeit	Gestaltungswille
Initiative	Zielorientiertes Führen	Lernfähigkeit
Analytische Fähigkeiten	Organisationsfähigkeit	Systematisch methodisches Vorgehen
Fachübergreifende Kenntnisse	Konzentrationsstärke	Beziehungsmanagement
Konfliktlösungsfähigkeit	Integrationsfähigkeit	Problemlösungsfähigkeit
Kooperationsfähigkeit	Dialogfähigkeit	

Tabelle 1: Führungskompetenzen

¹ Arbeitsgruppe 4 – Auswirkungen auf Qualifikation, Beschäftigung und Organisation; www.industrie40.hamburg/mittelstand40nord.

Nicht alle der aufgeführten Kompetenzen sind jedoch im Hinblick auf die Geschäftsmodellinnovation von gleicher Bedeutung. Aus der Grundgesamtheit stehen neun Kompetenzen heraus, die als besonders gewinnbringend bei der Weiterentwicklung des eigenen Geschäftsmodells gelten. Diese sind in Abbildung 2 aufgeführt. Dennoch ist nicht davon auszugehen, dass es ausreichend ist, diese Kompetenzen mit Bravour zu beherrschen, um die Fortentwicklung des eigenen Geschäftsmodells sicherzustellen. Weitere Themen müssen durch Führungskräfte beherrscht werden. Beispielsweise muss, um die Geschäftsmodellinnovation spezifisch auf die aufkommenden digitalen Ökonomien auszurichten, neben der stetigen Aktualisierung des Fachwissens und der Verbesserung der gerade genannten Kompetenzen ebenfalls der Blick auf zwei für die digitale Transformation besonders bedeutsame Kompetenzfelder gerichtet werden: *Fast Failure Skills* und *IT-Kenntnisse* (diese Skills sind natürlich auch für Mitarbeiter von Vorteil; Kersten et al. 2017).

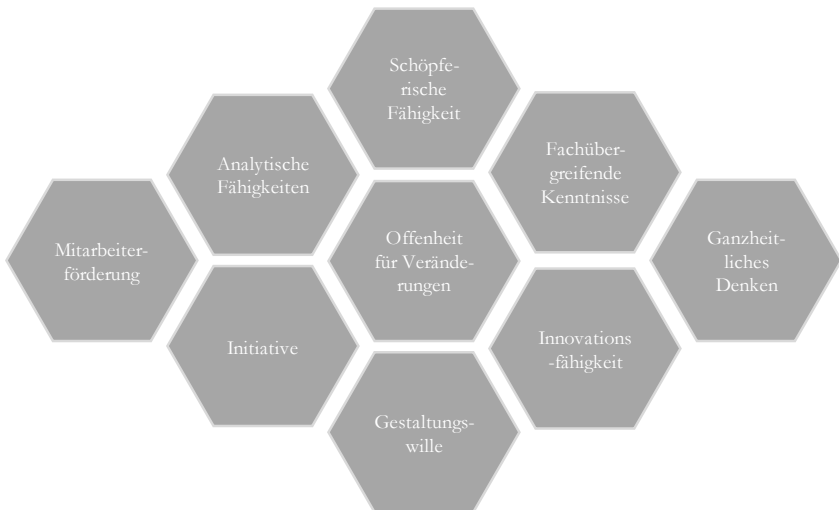


Abbildung 2: Allgemeine Kompetenzen zur Geschäftsmodellinnovation

Fast Failure Skills sind u. a. bei Geschäftsmodellinnovationen zuträglich, da sie es sowohl den Führungskräften als auch den Mitarbeitern ermöglichen, agiler als bisher zu arbeiten. So erlauben und fördern sie es – dank des positiven Umgangs mit Fehlern –, neue Lösungswege auszuprobieren und helfen somit den Umsetzern dabei, von den häufig fest eingefahrenen Strukturen und Prozessen abzuweichen. Darüber hinaus gelten sie als Enabler, um mit der Geschwindigkeit der Digitalisierung schritthalten zu können. IT-Kenntnisse sind für Führungskräfte eher im Sinne eines intuitiven Umgangs mit IT und modernen Kommunikationsmedien notwendig, um – neben der eigenen Nutzung von IT – neue Technologien und

Trends sowie sich daraus ergebende Möglichkeiten für das eigene Unternehmen und Geschäftsmodell bewerten zu können. Umfangreiche Programmierkenntnisse oder methodische Fähigkeiten zur Analyse großer Datenmengen bleiben dagegen ein Thema für Spezialisten (Abb.3).

Qualifikationen
Zukünftig benötigte Schlüsselkompetenzen

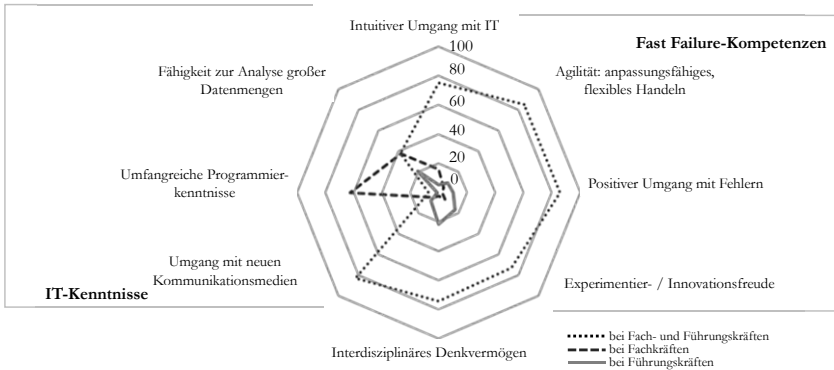


Abbildung 3: Zukünftig benötigte Schlüsselkompetenzen für die digitale Transformation (eigene Darstellung in Anlehnung an Kersten et al. 2017)

Um in der digitalen Transformation als Führungskraft erfolgreich zu bleiben, sollten weitere Bereiche Berücksichtigung finden. Neben den genannten Kompetenzverschiebungen kommt es bspw. zu Veränderungen in den beiden Bereichen *Führungsstil* und *-rolle*. Die in der Vergangenheit vorherrschenden Führungsstile waren i. d. R. autoritär und/oder patriarchalisch geprägt. Entscheidungen wurden durch die Vorgesetzten getroffen, ohne oder nur mit sehr geringer Einbindung der Mitarbeiter. Nicht erst seit der Digitalisierung verlieren diese Führungsstile an Bedeutung. Die Partizipation der Mitarbeiter hat deutlich zugenommen und kooperative bzw. delegative Führungsstile gewinnen an Bedeutung. Da Führung aber nur angepasst an die vorherrschende Situation mit ihren spezifischen Rahmenbedingungen funktioniert, ist die exklusive Nutzung eines einzigen Stils nicht erfolgversprechend (Franken 2016, S. 29 ff.). Erfolgreiche Führung erfordert demnach eher ein situatives Führungskonzept und somit eine auch im Hinblick auf den Führungsstil flexible Führungskraft.

Im Hinblick auf die Führungsrolle geht es weniger um einen grundlegenden Wandel als vielmehr um zusätzliche Rollen, welche eine Führungskraft bedienen sollte. Die Autoren Rump, Zapp und Eilers (2017, S. 44 f.) fassen bspw. neun *Aufgaben- bzw. Rollenprofile* zusammen: Die Führungskraft muss (1) Gestalter des *operativen Tagesgeschäfts*, (2) *strategischer Partner*, (3) *normativer Bewahrer*, (4) *Change Agent*, (5) *Personalentwickler*, (6) *Coach*, (7) *Manager der Diversität*, (8) *Protagonist zur Gestaltung der*

Work-Life-Balance und (9) *Manager in eigener Sache* sein. Das Anforderungsgefüge für Führungskräfte wird somit deutlich breiter und feingliederiger.

Wird die Digitalisierung im Unternehmen in einem zeitlichen Kontext betrachtet, lassen sich zwei verschiedene, aber voneinander abhängige Leitlinien ausmachen. Steht ein Unternehmen am Anfang der eigenen digitalen Transformation, so muss die Führungskraft erstens zunächst den Weg *in die* Digitalisierung begleiten. D. h., es müssen die benötigten Grundlagen geschaffen werden, um eine erfolgreiche digitale Transformation zu beginnen. Beispiele hierfür sind *Einführung neuer Technologien* und *Veränderung der Organisation*. Während die Intensität dieser Aufgabe mit steigendem Erfüllungsgrad abnimmt, wird zweitens die Führung *in der* Digitalisierung wichtiger. Diese bezieht sich u. a. auf die Veränderungen durch *neues Arbeiten* (bspw. mehr Vertrauen und mehr Freiräume für Mitarbeiter) und *neue Führungsrollen bzw. -stile* (bspw. „Coach statt Kommandant“).

Diese gravierenden Veränderungen innerhalb der Führung erschweren einen direkten Wandel von der bisherigen hin zur zukünftigen Führung. Nicht nur die Aneignung des Wissens, sondern auch die Nutzung der neuen Kompetenzen, eines neuen Stils etc. erfordern auch bei erfahrenen Führungskräften Zeit und Übung. Weiter gilt es, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf diesem Weg ebenfalls Schritt für Schritt mitzunehmen, um zu verhindern, dass der Wandel u. a. aufgrund von internen Widerständen scheitert. Hierfür empfiehlt sich ein Veränderungsprozess mit stufenweiser Anpassung der Führung mithilfe von PDCA-Zyklen. Wie in der zusammenfassenden Abbildung 4 dargestellt, gilt es vom Status quo aus, eine passende Maßnahme zu planen, diese umzusetzen und bei Erfolg diesen Vorgang als neuen Standard zu definieren. Dieser neue Status quo dient dann wiederum als Ausgangspunkt für die nächste Anpassung usw.

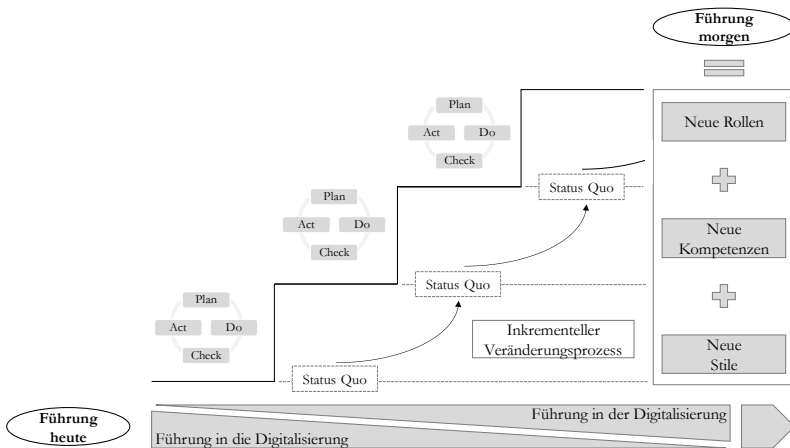


Abbildung 4: Weiterentwicklung zur Führung von morgen

Der Qualifikationsbedarf von Führungskräften im Rahmen der digitalen Transformation besteht auch ohne das Ziel der Geschäftsmodellinnovation. Letzteres fordert allerdings eine gezielte Qualifikation in bestimmten Bereichen. Wie beschrieben existieren diverse Kompetenzen, welche die Geschäftsmodellinnovation unterstützen. Wird gleichzeitig das Ziel verfolgt, Geschäftsmodelle in der digitalen Ökonomie zu erschaffen, so ist es eine weitere maßgebliche Grundlage, ebenfalls im Bereich von technologischen Entwicklungen und Trends Wissen zu besitzen.

4.2. Führungskräftequalifikation für Geschäftsmodellinnovationen

Bashir und Verma (2019, S. 270) identifizieren Führung im Kontext von Geschäftsmodellinnovationen als zentralen, aber in der bisherigen Literatur zu selten berücksichtigten Faktor. Erfolgreiche Führung für Innovation in Unternehmen ist generell mit spezifischen Fähigkeiten und Eigenschaften verbunden (Deschamps 2005, S. 31 f.). Die Unterscheidung von „Leadership“ und „Management“ findet sich im Deutschen so nicht wieder. Am treffendsten wäre möglicherweise eine Abgrenzung von Leitung/Führung zu Verwaltung/Handhabung. Dieser Abgrenzung unterliegt jedoch eine essenzielle Nuancierung des Führungsbegriffs: In Zeiten massiver wirtschaftlicher und politischer Umbrüche sowie neu entstehenden Marktteilnehmern und Konkurrenten ist das proaktiv handelnde „Leadership“ oft erfolversprechender als ein eher reagierendes „Management“. Dies bedeutet nicht, dass reiner Aktionismus empfehlenswert ist oder „First Mover“ pauschal die beste Strategie verfolgen, sondern lediglich, dass in komplexen, schnell wandelnden Systemen generell initiatives Vorgehen eine zentrale Kompetenz darstellt. So stellen bspw. Grin et al. (2018, S. 2168) fest, dass entschlossfreudige und einbindende Führungsphilosophien wie relationale oder transformative Führung besonders für intern und extern variable Unternehmenskontexte erfolgsrelevante Faktoren darstellen. Für erfolgreiche Geschäftsmodellinnovation ist daher ein aktives und offenes Führungsverhalten im Sinne von „Leadership“ erfolversprechend.

Das breite Spektrum an Qualifikationen, die für erfolgreiche Geschäftsmodellinnovationen notwendig sind, lässt den Schluss zu, dass es nur bedingt möglich ist, diese vollumfänglich in einer Person zu vereinen. So plädieren bspw. Liao et al. (2018, S. 96) für die Anwendung verteilter Führung („Distributed Leadership“), um den Interdependenzen komplexer Innovationsprozesse Rechnung zu tragen und die notwendigerweise kollaborative Natur einer oft fundamentalen Geschäftsveränderung hervorzuheben. Die holistische Perspektive eines Führungsteams ermöglicht es oft erst, Geschäftsmodellinnovationen voranzutreiben, im Gegensatz zu kleinteiligeren Prozess- oder Produktinnovationen, die ggfs. auch von operativer Seite initiiert werden können (Bashir/Verma 2019, S. 270). Diese Perspektive erfordert Meta-Führungskompetenzen wie die ganzheitliche Wahrnehmung des Unternehmensumfelds oder die Schaffung und Erhaltung einer einheitlichen Denkweise innerhalb dieses Führungsteams (Doz/Kosonen 2010, S. 371). Unter der Voraussetzung, dass das Top-Management-Team eine agile Einheit bildet,

kann dieses gemäß Bashir/Verma (2019, S. 270) eine Geschäftsmodellinnovation auf drei verschiedene Weisen fördern: (1) durch Ressourcenkoordination und Allokation, (2) durch die Wissenskoordination und die Interaktion mit dem Firmenumfeld und (3) durch die Kombination interner und externer Ressourcen zugunsten von Geschäftsmodellinnovationen.

Trotz der Bedeutung der Unternehmensführung für den Geschäftsmodellinnovationsprozess darf hierbei keineswegs die Rolle der nachgeordneten Führungsebenen sowie der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter unterschätzt werden. Wie Deschamps (2005, S. 33) beschreibt, finden ideengetriebene und durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter initiierte „Bottom-up“-Innovationen sowie visionsgetriebene und durch das Management initiierte „Top-down“-Innovationen in der Praxis oft kombinierte Anwendung. Gerade im Rahmen der digitalen Transformation ist dies auch bei Geschäftsmodellinnovationen sinnvoll. Jüngere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter können als Digital Natives digitales Prozess- und Technologie-Know-how einbringen, das die strategischen Kompetenzen der meist älteren oberen Führungskräfte gut ergänzt. Die Unternehmensführung ist hier also insbesondere als Moderator gefragt, um Raum zu geben, Chancen und Risiken zu erkennen und die neuen Ideen den internen und externen Stakeholdern zu vermitteln.

Besonders KMU sind aufgrund der Komplexität des Geschäftsmodellinnovationsprozesses und der meist hohen operativen Einbindung der Unternehmensleitung von einem reaktiven Geschäftsmodellinnovationsverständnis geprägt (Lindgren 2012, S. 53). Unter anderem aus diesem Grund hat sich das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hamburg die Förderung des Verständnisses von Geschäftsmodellinnovationen und die Entwicklung erforderlicher Kompetenzen im Rahmen der digitalen Transformation zu einem wesentlichen Ziel gemacht.

5. Adäquate Qualifikationsprogramme und Methoden als Erfolgsfaktor

Im folgenden Kapitel wird der Einsatz von Schulungen und Methoden in der Praxis der digitalen Transformation thematisiert. Zum einen wird ein für die Schulung von Führungskräften eines Hamburger KMUs entwickeltes Qualifizierungsprogramm vorgestellt und zum anderen wird eine innovations- und kreativitätsfördernde Methode erläutert, welche im Rahmen der Arbeit des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Hamburg Anwendung findet.

5.1. Qualifikationsprogramm für Führungskräfte

Für die Qualifikation von Führungskräften sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern steht den Unternehmen ein großes Angebot verschiedener Anbieter zur Verfügung. Je nach Interesse der Unternehmen werden diese Qualifikationsmaßnahmen mehr oder weniger bei Dritten eingekauft, sofern die Schulungsinhalte nicht intern dargestellt werden können. In diesem Zusammenhang besteht teilweise die

Schwierigkeit abzuschätzen, was das Unternehmen tatsächlich benötigt bzw. welche Inhalte in welcher Form vermittelt werden sollten. Vor allem die Beantwortung der Frage nach den passenden Inhalten ist herausfordernd, da viele angebotene Qualifikationsformate einen eher allgemeingültigen Charakter besitzen und nicht auf das jeweilige Unternehmen zugeschnitten sind. In ebendieser Situation befand sich im Jahr 2017 – wie vermutlich viele KMU – die SITRA Spedition GmbH² aus Hamburg bei der Suche nach einer passenden Digitalisierungsschulung für ihre Führungskräfte sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (vgl. Dörries et al. 2019).

Das Unternehmen hatte bereits früh mit der Digitalisierung seiner Geschäftsprozesse begonnen und dabei erkannt, dass eine erfolgreiche Digitale Transformation nur möglich ist, wenn sowohl Führungskräfte als auch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter hierbei mit geeigneten Qualifikationsformaten unterstützt werden. Darüber hinaus wurde als Hürde für Führungskräfte speziell in KMU identifiziert, dass nur wenige überhaupt eine spezifische Qualifizierung für ihre Führungsaufgaben erhalten haben. Im Regelfall erfolgte der Aufstieg zu mehr Verantwortung durch Fachwissen und/oder Betriebszugehörigkeit. Darüber hinaus liegen bei vielen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern die Lernphasen lange zurück und Freistellungen für mehrwöchige Schulungen sind häufig aufgrund des operativen Geschäfts nicht möglich. Diese Voraussetzungen kollidierten mit dem am Markt erhältlichen Schulungsangebot und die Suche nach geeigneten Formaten blieb erfolglos.

Da die Problemstellung weiterhin bestand, hat das Unternehmen einen alternativen Weg eingeschlagen und nach einem Partner für den Aufbau einer Digitalisierungsschulung gesucht. Die Suche war erfolgreich und Anfang 2018 startete die gemeinsame Entwicklung einer Schulung unter dem Titel *edu.DIGITAL*. Um das Grundkonzept der entwickelten Schulung weiter zu verbessern, wurde dieses darüber hinaus noch mit Experten aus der IT und mit wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Technischen Universität Hamburg im Rahmen ihrer Tätigkeit im Projekt Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hamburg in Feedbackgesprächen diskutiert. Dies diente der Sicherstellung, dass die Schulung allen Anforderungen entspricht und die Anwendbarkeit in anderen KMU gegeben ist. Insgesamt wurden folgende Punkte innerhalb der Konzeptphase berücksichtigt: (1) Erhebung der inhaltlichen sowie didaktischen Anforderungen, (2) Unterteilung der fachlichen Inhalte in Ausbildungsabschnitte, (3) Einbindung moderner Unterrichtsformen wie *Blended Learning* und (4) Ausrichtung der Schulung auf die Teilnehmenden zur Sicherstellung des Lernerfolges. Innerhalb eines Quartals wurde die Konzeptphase abgeschlossen und die Pilotschulung gestartet.

² SITRA Spedition GmbH ist ein Unternehmen aus der Logistikbranche, wurde 1994 gegründet und hat 28 Mitarbeiter und 8 Auszubildende.

Das Ergebnis ist ein Schulungsprogramm, welches die Führungskräfte (und im Anschluss ebenfalls die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter) auf die digitale Arbeitswelt vorbereitet. Es ist in fünf Ausbildungsabschnitte gegliedert (*Führung, IT, Kommunikation, Managementtechniken* und *Soziales im Kontext der Digitalisierung*), welche in drei Qualifikationsstufen (*Basic, Intermediate* und *Advanced*) aufeinander aufbauen. Die fünf Abschnitte und drei Stufen verfolgen die Ziele, eine ganzheitliche Betrachtung des Veränderungsprozesses der digitalen Transformation zu ermöglichen und autodidaktisches Lernen zu fördern. Dieses Programm soll dem Unternehmen damit als Grundstein dienen, um den digitalen Wandel erfolgreich zu bestreiten (siehe Abb. 5).

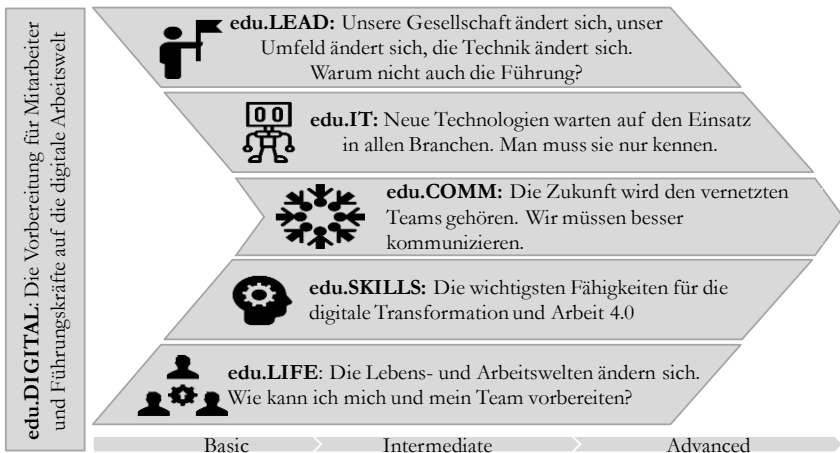


Abbildung 5: Schulungsprogramm edu.DIGITAL

Der volle Umfang der Schulung beinhaltet 144 Unterrichtseinheiten à 45 Minuten. Die Pilotenschulung, welche im Juni 2018 startete, ist noch nicht vollständig abgeschlossen, dennoch lassen sich bereits erste Erfahrungen hieraus festhalten:

- Die in der Schulung genutzten Beispiele aus der Praxis verdeutlichen den Teilnehmenden die Relevanz der Themen und verbessern das Verständnis.
- Der ganzheitliche Ansatz hilft dabei, Zusammenhänge zu verstehen und so das Gesamtverständnis zu verbessern. Beispielsweise wird diskutiert, warum es wichtig ist, an gewissen Stellen im Unternehmen Daten zu sammeln, ohne dass es sich für jeden Mitarbeiter sofort erschließt, welcher Nutzen daraus erwächst.
- Die zeitliche Verteilung der Schulungseinheiten ermöglicht es, Gelerntes zwischen zwei Terminen auszuprobieren und so die Neuerungen zeitnah in das tägliche Arbeiten zu überführen.

- Die Erhöhung der Motivation und ein stärker eigenständiges Aufarbeiten von Digitalisierungsthemen konnte bei den Teilnehmenden erreicht werden. Bspw. wurde durch die geschulten Führungskräfte selbst ein firmeninternes Format gegründet, in welchem Digitalisierungsthemen aufgearbeitet und an Kolleginnen und Kollegen weitergegeben werden.

Diese Momentaufnahme bestärkt die Grundidee, dass die gezielte und ganzheitliche Qualifikation von Führungskräften zur Digitalisierung einen Vorteil für das Unternehmen darstellt. So hilft es den Führungskräften aus dem Beispielunternehmen, dank der Schulungsinhalte zu den Bereichen Führung, IT, Kommunikation, Managementtechniken und Soziales im Kontext der Digitalisierung ihr Gesamtverständnis der digitalen Transformation sowie ihre tägliche Führungsarbeit zu verbessern und eigene Ideen zu entwickeln. Dabei dürfte gerade die Anregung zur Eigeninitiative ein wichtiger Erfolgsfaktor für die Geschäftsmodellinnovation sein.

5.2. Innovations- und kreativitätsfördernde Methoden zur Mitarbeiterbindung

Vielfach ist es zur Verbesserung der Führungskompetenzen nicht ausreichend, lediglich Wissen aufzunehmen, zu behalten und in entscheidenden Momenten wiederzugeben. Bei Betrachtung der in Abschnitt 4.1 aufgezählten Kompetenzen stehen in diesem Kontext bspw. *Innovationsfreudigkeit*, *schöpferische Fähigkeit*, *Mitarbeiterförderung* und *ganzheitliches Denken* heraus. Diese vier erfordern im Gegensatz zu anderen, bspw. den *fachübergreifenden Kenntnissen*, auch Methodenkompetenzen, welche ebenfalls durch die Führungskräfte zu erlernen sind oder – alternativ – durch Dritte in ein Unternehmen eingebracht werden können.

Im Rahmen der Arbeit des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Hamburg wird ebendiese methodische Unterstützung angeboten. Konkret wird u. a. die LEGO® SERIOUS PLAY®-Methode (im Folgenden LSP genannt) in Workshops genutzt. Diese kann, dank ihrer Flexibilität, für diverse Fragestellungen in Unternehmen eingesetzt werden. Die LSP-Methode wird durch einen speziell ausgebildeten Moderator begleitet, welcher die Teilnehmenden (i. d. R. vier bis acht) durch den klar definierten LSP-Prozess führt. Besonders geeignet ist die LSP-Methode für Fragen, welche innovative und kreative Lösungen erfordern. Sie hilft, komplexe Sachverhalte zu modellieren, Prototypen zu erstellen und neue Lösungen zu gestalten. Die Vorteile sind, dass jeder Teilnehmende aktiv teilnimmt und seine Meinungen sowie Ideen einbringt, die Kommunikation verbessert, ein gemeinsames Verständnis geschaffen und die Entscheidungsfindung unterstützt wird. Maßgeblich hierfür ist der im Folgenden erläuterte LSP-Prozess, welchen die Teilnehmenden abhängig von der gewählten Fragestellung mehrfach durchlaufen: Zunächst stellt der Moderator eine Aufgabe. Anschließend bauen die Teilnehmenden ihre Antwort

darauf mithilfe des LSP-Materials. Den Abschluss bilden das gegenseitige Vorstellen und Diskutieren der Ergebnisse. Entwickelt wurde die Methode durch LEGO SYSTEM A/S (vgl. Lego 2017). Beispiele für konkrete Einsatzgebiete sind:

- Entwicklung einer gemeinsamen Vision oder Strategie,
- Teamentwicklung,
- Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses.

Die bisher häufigsten Einsatzgebiete im Rahmen der Arbeit des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Hamburg sind die Visions-, die Strategie- und die Geschäftsmodellentwicklung mit anschließenden Workshops zur konkreteren Planung. Abbildung 6 zeigt beispielhaft ein Ergebnis eines Workshops, welcher sich mit dem Problem der Letzten-Meile-Zustellung auseinandergesetzt hat.



Abbildung 6: Die Logistikkanone für die Letzte-Meile-Zustellung

Warum sich die Methode nicht zuletzt hervorragend für die Geschäftsmodellinnovation eignet, liegt u. a. an folgenden Punkten:

1. **Teilnehmende:** Bei der Planung eines Workshops müssen u. a. die Teilnehmenden ausgewählt werden. Hier besteht die Möglichkeit, gezielt ein interdisziplinäres Team zusammenzustellen, um diverse Sichten aus dem eigenen Unternehmen einzubringen und Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einzubinden.
2. **Workshop-Material:** Die Materialvielfalt regt die Vorstellungskraft an und es können relativ einfach dreidimensionale Modelle der Ideen der Teilnehmenden erstellt werden.
3. **LSP-Prozess:** Der Prozess räumt jedem Teilnehmenden Platz für die Vorstellungen der eigenen Gedanken ein und führt zum Austausch untereinander.

4. Hand-Hirn-Verbindung: Die Arbeit mit den Händen führt zur Aktivierung besonders vieler Hirnregionen, was als innovations- und kreativitätsfördernd gilt.
5. Workshop-Umgebung: Die Methode und der spezielle Prozess erzeugen für die Teilnehmenden eine geschützte Umgebung, in welcher auch unkonventionelle Ideen einfach eingebracht und diskutiert werden können. Zudem wird das Denken außerhalb bekannter Muster der Teilnehmenden unterstützt.

6. Fazit

Die erfolgreiche digitale Transformation eines Unternehmens und die Ergänzung, Veränderung oder sogar Neukonzeption des eigenen Geschäftsmodells ist eine große Herausforderung für alle Führungskräfte. Neue digitale Technologien kommen nicht nur in großer Zahl und mit hoher Geschwindigkeit auf die Unternehmen zu, sondern verändern auch die Spielregeln des Wettbewerbs grundlegend. Neue Wettbewerber finden als „Quereinsteiger“ Marktzutritt und definieren Geschäftsprozesse und Kundenzugang völlig neu. Marktmechanismen und Veränderungsdynamik aus dem Bereich digitaler Entwicklung greifen auf etablierte Branchen über, in denen deutsche Unternehmen traditionell ihre Stärken haben. Datengetriebene und plattformgestützte Geschäftsmodelle etablieren sich neben oder als Ersatz zu bestehenden Geschäftsmodellen. Kunden wenden sich mit hoher Geschwindigkeit den neuen Angeboten und Möglichkeiten zu, wenn sie ihnen zusätzlichen Nutzen versprechen, und passen ihre Präferenzen entsprechend an. Zugleich verschieben sich die Werte und Erwartungshaltungen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Richtung einer modernen wertschätzenden und agilen Führung.

Dies alles passiert zeitgleich und in beeindruckender Geschwindigkeit. Trotzdem ist absehbar, dass die etablierten Geschäftsmodelle nicht schlagartig obsolet werden. Vielmehr wird es eine je nach Branche unterschiedlich lange Phase geben, in der neue, angepasste und bestehende Geschäftsmodelle parallel erfolgreich sein können. Insofern ist es nicht zu spät, aber sehr dringlich, dass sich Führungskräfte für diesen grundlegenden Wandel qualifizieren. Dies erfordert weder ein tiefgehendes Verständnis jeder einzelnen Technologie noch detaillierte Kenntnisse in Programmiersprachen oder Methoden der Datenanalyse. Vielmehr ist v. a. ein Überblick über die technologischen Veränderungen sowie ein Gesamtverständnis der digitalen Ökonomie mit ihren Spielregeln erforderlich. Führungskräfte müssen ihr Mindset für die anstehenden Veränderungen öffnen und ein Gespür für die Chancen und Risiken digitaler Geschäftsmodelle entwickeln, wie sie es in ihrem angestammten Wettbewerbsumfeld bereits besitzen. Zudem müssen sie lernen, mit agilen Vorgehensweisen umzugehen, diese in ihre Strategien einzubinden und ihren Führungsstil an den Wertekanon der nachrückenden Mitarbeiterinnen und

Mitarbeiter anzupassen. Dass dies auch für kleine und mittelständische Unternehmen mit überschaubarem Aufwand erreichbar ist, zeigen die erfolgreichen Beispiele des Schulungsprogramms edu.DIGITAL und der Workshops mit der LEGO® SERIOUS PLAY®-Methode.

Literatur

- acatech (Hrsg.) (2016): *Kompetenzen für Industrie 4.0. Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze* (acatech POSITION), München: Herbert Utz Verlag.
- Al-Debi, M. M. et al. (2008): *Defining the Business Model in the New World of Digital Business*. Toronto: Americas Conference on Information Systems (AMCIS), Proceedings. 300 (Proceedings of the Fourteenth Americas Conference on Information Systems).
- Amit, R./Zott, C. (2010): *Business model innovation: Creating value in times of change*. In: IESE Business School-University of Navarra, IESE Working Paper. Online verfügbar unter <http://www.iese.edu/research/pdfs/DI-0870-E.pdf>.
- Arbussa, A. et al. (2017): *Strategic agility-driven business model renewal: the case of an SME*. In: *Management Decision* 55 (2), S. 271–293.
- Barnitzke, A. (2019): *Axoom: „Cloud-Anbindung dauert nur eine Fußball-Halbzeit“*, Interview mit Tom Tischner, Geschäftsführer Axoom GmbH. Online verfügbar unter: <https://automationspraxis.industrie.de/industrie-4-0/axoom-cloud-anbindung-dauert-nur-eine-fussball-halbzeit/>.
- Bashir, M./Verma, R. (2019): *Internal factors & consequences of business model innovation*. In: *Management Decision* 57 (1), S. 262–290.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2017): *Digitale Geschäftsmodelle. Themenheft Mittelstand-Digital*. Berlin (Mittelstand-Digital).
- Casadesus-Masanell, R./Ricart, J. E. (2010): *From Strategy to Business Models and onto Tactics*. In: *Long Range Planning* 43 (2-3), S. 195–215.
- Chaudhary, R. et al. (2015): *Business model innovation through big data*. In: *Green Computing and Internet* 08.10.2015, S. 259–263.
- Chesbrough, H. (2010): *Business Model Innovation: Opportunities and Barriers*, in: *Long Range Planning* 43, S. 354-363.
- Christensen, C. M. (2016): *The Innovator's Dilemma. When New Technologies Cause Great Firms to Fail*, reprint, Boston.
- DaSilva, C. M./Trkman, P. (2014): *Business Model: What It Is and What It Is Not*. In: *Long Range Planning* 47 (6), S. 379–389.
- Demont, A./Paulus-Rohmer, D. (2017): *Industrie 4.0-Geschäftsmodelle systematisch entwickeln*, in: Schallmo, D. et al. (Hrsg.): *Digitale Transformation von Geschäftsmodellen. Grundlagen, Instrumente und Best Practices*, Wiesbaden, S. 97-125.

- Deschamps, J.-P. (2005): Different leadership skills for different innovation strategies. In: *Strategy & Leadership* 33 (5), S. 31–38.
- Dörries, F. et al. (2019): Wie bereite ich Führungskräfte auf die digitale Transformation vor?. In: *Wissenschaft trifft Praxis* 11, S.12-19.
- Doz, Y. L./Kosonen, M. (2010): Embedding Strategic Agility. In: *Long Range Planning* 43 (2-3), S. 370–382.
- Franken, S. (2019): Führen in der Arbeitswelt der Zukunft – Instrumente, Techniken und Best-Practice-Beispiele. Springer Gabler. Wiesbaden.
- Gassmann, O. et al. (2013): Geschäftsmodelle entwickeln: 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator, München.
- Gassmann, O. et al. (2017): Geschäftsmodelle entwickeln. München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.
- Genner S. et al. (2017): IAP Studie 2017. Der Mensch in der Arbeitswelt 4.0. Zürich: IAP Institut für Angewandte Psychologie der ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.
- Giesen, E. et al. (2007): Paths to success. Three ways to innovate your business model. Somers: IBM Institute for Business Value. Online verfügbar unter http://www.businessmodelcommunity.com/fs/Root/8v2kj-Paths_to_Success_paper.pdf.
- Grin, John et al. (2018): Transformative Leadership and Contextual Change. In: *Sustainability* 10 (7), S. 2159–2173.
- Grünert, L./Sejdic, G. (2017): Industrie 4.0-getriebene Geschäftsmodellinnovationen im Maschinenbau am Beispiel von TRUMPF, in: Seiter, M.; Grünert, L.; Berlin, S. (Hrsg.): Betriebswirtschaftliche Aspekte von Industrie 4.0, ZfBf-Sonderheft 71/17, S. 29-45.
- Hayes, R. et al. (2005): *Operations, Strategy, and Technology. Pursuing the Competitive Edge*, Hoboken NJ.
- Hu, H. et al. (2014): Toward scalable systems for big data analytics: A technology tutorial. *IEEE access*, 2, 652-687.
- Iansiti, M./Lakhani, K. R. (2014): Digital Ubiquity: How Connections, Sensors, and Data Are Revolutionizing Business, in: *Harvard Business Review* Vol. 92, No. 11, pp. 90–99.
- Icks, A. et al. (2017): Digitalisierungsprozesse von KMU im Verarbeitenden Gewerbe. Bonn: IfM Institut für Mittelstandsforschung Bonn (IfM-Materialien, Nr. 255).
- Kersten, W. et al. (2017): Trends und Strategien in Logistik und Supply Chain Management. Chancen der digitalen Transformation. Bremen.
- Koch, V. et al. (2014): Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. PWC. Online verfügbar unter: <https://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industrie-4-0.pdf>.
- Kranzusch, P. et al. (2017): Innovation und Wachstum als Herausforderung für den Mittelstand. Update der Unternehmensicht 2017. Bonn: Institut für Mittelstandsforschung Bonn (IfM-Materialien, Nr. 260).

- LEGO: Open-source/: <Introduction to LEGO(R) SERIOUS PLAY(R)>. Online verfügbar unter: https://www.lego.com/r/www/r/seriousplay/-/media/serious%20play/pdf/2017/lego_serious_play_opensource_14mb.pdf?l.r2=423213558.
- Liao, S. et al. (2019): Investigate the role of distributed leadership and strategic flexibility in fostering business model innovation. In: *Chinese Management Studies* 13 (1), S. 93–112.
- Lindgren, P. (2012): Business Model Innovation Leadership: How Do SME's Strategically Lead Business Model Innovation? In: *IJBM* 7 (14), S. 53–66.
- Lindgren, P. (2018): Disruptive, Radical and Incremental Multi Business Model Innovation. In: 2018 Global Wireless Summit (GWS) IEEE, S. 282–287.
- Müller, S./Hundahl, M. (2018): IT-Driven Business Model Innovation. In: *International Journal of E-Business Research* 14 (2), S. 14–38.
- Nielsen, S. et al. (2017): Disruptive Innovationen: Chancen und Risiken für den Mittelstand. Bonn: Institut für Mittelstandsforschung Bonn (IfM-Materialien, Nr. 259). Online verfügbar unter: <http://hdl.handle.net/10419/167642>.
- Obermaier, R. (2016): Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe: strategische und operative Handlungsfelder für Industriebetriebe, in: Obermaier, R. (Hrsg.): *Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe. Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen*, Wiesbaden, S. 3-34.
- Osterwalder, A./Pigneur, Y. (2010): *Business model generation. A handbook for visionaries, game changers, and challengers* (Strategyzer series), Hoboken NJ.
- Rump, J. et al. (2017) „Erfolgsformel: Arbeiten 4.0 und Führung 4.0“, Institut für Beschäftigung und Employability IBE, Ludwigshafen. Online verfügbar unter: http://www.ibe-ludwigshafen.de/download/arbeitschwerpunkte-downloads/digitalisierung/Erfolgsformel-Arbeiten-4.0-und-FuCC88hrung-4.0_NEU_2.pdf. Zugriff am: Jul. 30 2018.
- Schallmo, D./Rusnjak, A. (2017): Roadmap zur Digitalen Transformation von Geschäftsmodellen, in: Schallmo, D. et al. (Hrsg.): *Digitale Transformation von Geschäftsmodellen. Grundlagen, Instrumente und Best Practices*, Wiesbaden, S. 1.-31.
- Sedkaoui, S. (2018): *Data analytics and big data*. Hoboken, London, UK: John Wiley & Sons Inc; ISTE Ltd (Information systems, web and pervasive computing series).
- Stahl-Rolf, S. et al. (2018): Digitalisierung weiterdenken – Qualifizierungsbedarfe von KMU erkennen und im Netzwerk Fachkräfte für die Region sichern. Bundesministerium für Arbeit und Soziales.
- Sousa, M. J./Rocha, Á. (2019): Skills for disruptive digital business. In: *Journal of Business Research* 94, S. 257–263.
- Teece, D. J. (2010): Business Models, Business Strategy and Innovation. In: *Long Range Planning* 43 (2-3), S. 172–194.
- Vilminko-Heikkinen, R./Pekkola, S. (2019). Changes in roles, responsibilities and ownership in organizing master data management. *International Journal of Information Management*, 47, 76-87.
- Wildemann, H. (1986): Strategische Investitionsplanung für neue Technologien in der Produktion, in: *ZfB-Ergänzungsheft* 1/1986, S. 1-47

von See, B./Kersten, W. (2018): Arbeiten im Zeitalter des Internets der Dinge: Wie Qualifikation, Organisation und Führung digital transformiert werden. In: *Industrie 4.0 Management*, Nr. 3, S. 8–12.

Mensch und digitale Technologie: Eine Roadmap für die digitale Transformation einer Alpenregion

Ergebnisse des Interreg Italia-Österreich Projektes A21 Digital Tyrol Veneto

Dominik T. Matt, Guido Orzes, Giulio Pedrini, Mirjam Beltrami, Erwin Rauch

1. Einführung

In den letzten Jahrzehnten führte die Digitalisierung zu erheblichen Veränderungen in der Wirtschaft, den Arbeitsbedingungen, der Gesellschaft und der Bildung (Curran 2018). Demzufolge stieg das Interesse von Wissenschaftlern, Unternehmern und politischen Entscheidungsträgern an diesem Phänomen.

Da die Bedeutung der digitalen Transformation immer weiter in den Vordergrund rückt, haben die AkademikerInnen vermehrt Anstrengungen unternommen, die Grenzen dieser Transformation zu gestalten und ihre Herausforderungen, Risiken und Chancen zu beleuchten (z. B. Alcacer et al. 2016; Farrington/Alizadeh 2017; Frishammar et al. 2018). Die Literatur zur Digitalisierung hat sich jedoch seltener mit der Entwicklung der Digitalisierung in verschiedenen Kontexten beschäftigt. Typischerweise sind unternehmerische Ökosysteme und regionale Innovationssysteme bei der Entwicklung ihrer digitalen Strategien mit spezifischen Umweltbedingungen konfrontiert. Um moderne unternehmerische Ökosysteme und regionale Innovationssysteme zu verstehen, ist es daher wichtig zu erkennen, wie die Digitalisierung die Wertschöpfung in solchen Kontexten gestaltet (Nambisan et al. 2017; Yoo et al. 2012).

Darüber hinaus befassen sich die meisten der vorliegenden Studien mit Clustern oder Regionen, die als führend in der Digitalisierung gelten (z. B. das Silicon Valley). Wie auch in der F&E und Innovation (Foray et al. 2009) kann es mehrere zu betrachtende Alternativen zu Digitalisierungssystemen geben. Während sich einige dieser Systeme auf die Entwicklung zukünftiger Mehrzwecktechnologien für die vierte industrielle Revolution spezialisieren können, werden andere Qualitäts- und Produktivitätsprobleme in der Wirtschaft lösen. Daher steht jede Region vor spezifischen Herausforderungen, um die operative Effizienz und die Produktqualität zu verbessern. Dies benötigt Forschung und Entwicklung, Fähigkeiten und Innovation. Ortsbezogen müssen geeignete Strategien entwickelt werden, um den idiosynkratischen Herausforderungen der Digitalisierung gemäß der jeweiligen „regionalen Wissensdomäne“ zu begegnen (Cooke 2001). Angenommen, die

Einführung der Digitalisierung unterscheidet sich zwischen den europäischen Regionen erheblich, so verdienen die moderat innovativen Regionen Europas, die zur Diversifizierung des „industriellen Wissensvorkommens“ beitragen, spezielle Aufmerksamkeit. Hierzu bedarf es mehrstufiger ortsbezogener Maßnahmen, um die idiosynkratischen Trends der Digitalisierung anzugehen (z. B. Coenen et al. 2017; Schmidt et al. 2018).

Ziel dieses Artikels ist es, relevante Zukunftsstrategien zu Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung in einer moderat innovativen europäischen Makro-Region (Tirol, Südtirol und Venetien) zu identifizieren und den Politikern und Entscheidungsträgern Empfehlungen zu geben, wie sie den digitalen Wandel ortsspezifisch meistern können.

Der Artikel ist wie folgt aufgebaut. Abschnitt 2 gibt einen Überblick über die Literatur zur Digitalisierung und hebt ortsbezogene Strategien zur Bewältigung der idiosynkratischen Herausforderungen hervor. Abschnitt 3 stellt den Forschungsrahmen vor. Abschnitt 4 behandelt die Methodik. Abschnitt 5 fasst die Ergebnisse zusammen und diskutiert sie. Abschnitt 6 beinhaltet abschließende Bemerkungen.

2. Literaturrecherche

In den letzten Jahrzehnten hat sich die wissenschaftliche Literatur zunehmend mit der Digitalisierung und ihren Auswirkungen auf die Unternehmen, die Wirtschaftssysteme und die Gesellschaft beschäftigt. Eine Stichwortsuche in Scopus und Thomson Reuters Web of Science veranschaulicht, dass 87% der Veröffentlichungen zur Digitalisierung in den Jahren 2017 und 2018 publiziert wurden bzw. derzeit in Druck sind.

Einige Artikel betrachten die Digitalisierung als eine soziale, wirtschaftliche und kulturelle Veränderung (Stone et al. 2017; Simonsson/Magnusson 2018) oder als eine Reihe von Transformationen des techno-ökonomischen Umfelds und der sozio-organisatorischen Abläufe, die durch digitale Kommunikation und digitale Anwendungen hervorgerufen werden (Katz/Koutroumpis 2013).

Andere Publikationen betrachten die Digitalisierung als Motor für Produkt- und Marketinginnovationen (Plesner et al. 2018; Stone et al. 2017; Simonsson/Magnusson 2018), als Chance zur Effizienz- und Produktivitätssteigerung (Li et al. 2009), als Ansatz für strategisches Marketing und für die Schaffung von Unternehmenswachstum (Quinton et al. 2018) oder als Treiber für die Entwicklung von innovativen Produkten und Geschäftsmodellen (Matzler et al. 2018). Weitere heben zudem die Integration zwischen verschiedenen Technologien, Prozesstechnologien und Prozessen hervor (Eling/Lehmann 2018; Buer et al. 2018; Srari et al. 2018) oder fokussieren sich auf die Digitalisierung als Ursprung von Veränderungen am Arbeitsmarkt (Ilsøe 2017).

Ein zweiter Sachverhalt umfasst die Schlüsseltechnologien der Digitalisierung. Diese können verwendet werden, um digitale Varianten von Produkten oder Dienstleistungen zu erstellen, um die Kommunikation und Interaktion zwischen

Maschinen, Menschen und Objekten zu ermöglichen, um die industriellen Prozesse zu automatisieren, standardisieren und verbessern und um neue Produkte zu entwickeln. Manche Technologien weisen vergleichbare Merkmale auf und können in homogene Kategorien eingeteilt werden. Culot et al. (2018) haben hierfür eine Klassifizierung vorgeschlagen, die auf den operativen Charakteristiken und der jeweiligen Rolle der Technologie basiert und haben 14 Technologien und vier Kategorien identifiziert: i) Physische/digitale Schnittstellentechnologien, einschließlich des Internet der Dinge, sogenannten „Wearables“, Sensoren, Virtuelle Realität; ii) Netzwerktechnologien, einschließlich Cloud Computing, Blockchain-Technologie; Interoperabilitätslösungen und Breitband; iii) Datenverarbeitungstechnologien, einschließlich Big Data Analytics, Simulation und Modellierung, Künstliche Intelligenz, vorausschauende Instandhaltung; iv) Physische/digitale Prozesstechnologien, einschließlich 3D-Druck, Advanced Robotics und Smart Grids. Weitere Klassifizierungen finden sich in der Praxisliteratur (z. B. Boston Consulting Group 2015; Roland Berger 2015; McKinsey 2013).

Ein dritter Themenbereich befasst sich mit den wichtigsten Herausforderungen der Digitalisierung. Wenn auch die Art dieser Herausforderungen vielfältig ist, so ist es möglich, sie in drei Makrokategorien einzuteilen: (i) Marktherausforderungen, (ii) organisatorische Herausforderungen und (iii) wirtschaftliche und gesellschaftliche Herausforderungen. Zu den Marktherausforderungen zählen die Transformation von Geschäftsmodellen (Echterfeld/Gausemeier 2018; Matzler et al. 2018; Frishammar et al. 2018), insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung der Servitization (Lerch/Gotsch 2015; Coreynen et al. 2017; Simonsson/Magnusson 2018; Vendrell-Herrero et al. 2017), die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Lieferketten (Lanz/Tuokko 2017; Caputo et al. 2018) und die Beziehungen zwischen Hersteller und Kunde (Fremont et al. 2018; Von Leipzig et al. 2017; Stone et al. 2017; Rajasekera 2013). Organisatorische Herausforderungen betreffen vor allem das Wissensmanagement, das auf der Zugänglichkeit von Dokumenten und Informationsplattformen basiert (Schmitt 2018; Wilkesmann/Wilkesmann 2017; Yoo et al. 2010).

Ein vierter Themenbereich befasst sich mit den Hauptfaktoren, die in Unternehmen und dem umgebenden System entwickelt werden sollen, um die Vorteile von neuen digitalen Paradigmen zu nutzen. Hierzu zählt die interne Reorganisation des Unternehmens, wie z. B. die Entwicklung von neuen Kompetenzen, die auf die digitale Transformation zugeschnitten sind (Butschan et al. 2018; Saarikko et al. 2017; Coreynen et al. 2017), der kulturelle Wandel, der eine digitalisierungsorientierte Strategie unterstützt (Heavin/Power 2018; Alos-Simo et al. 2017; Sjödin et al. 2018), das richtige Personalmanagement für den Umgang mit der Digitalisierung in der industriellen Wertschöpfungskette (Carlsson 2018; Valenduc/Vendramin 2017) und ein verbessertes „Change Management“ (Schlüter/Sommerhoff 2017; Amit/Han 2017; Grover/Kohli 2013; Quinton et al. 2018). Zum Zweiten beziehen sich externe Faktoren, die sich mit den zwischenbetrieblichen Beziehungen beschäftigen, auf die Vermarktung von Innovationen auf neuen digitalen

Marktplätzen. Sie alle haben gemeinsam, dass die Digitalisierung die Lieferkette verändert hat, indem sie die Wertschöpfung auf Unternehmensgrenzen und zwischenbetriebliche Beziehungen konzentriert (Caputo et al. 2018; Sommer et al. 2017; Farrington/Alizadeh 2017), während die digitale Transformation oftmals eine offene Innovationsdynamik erfordert (Firshammar et al. 2018; Ranganathan et al. 2011; Scuotto et al. 2018). Eine Gruppe von Publikationen befasst sich mit dem institutionellen Wandel als Faktor für die digitale Transformation, sowohl im Hinblick auf die Neuregulierung von Wirtschaftstätigkeiten und von Arbeitsmärkten (Valenduc/Vendramin 2017; Neirotti/Pesce 2018) als auch die Entwicklung angepasster Bildungs- und Ausbildungseinrichtungen wie Kompetenzzentren und FabLabs (Santos et al. 2017).

Die Literatur diskutiert die wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen der Digitalisierung eingehend, insbesondere jene auf die Arbeitswelt (Kaivo-Oja et al. 2017; Dengler/Matthes 2017; Upchurch 2018). Auch diskutiert werden die Auswirkungen auf die ökologische Nachhaltigkeit. Diese hängt stark mit der Ressourceneffizienz zusammen (Beier et al. 2017; Schlegel et al. 2017; Tiefenbeck et al. 2018).

Die oben genannte Literatur weist einige bedeutende Forschungslücken auf. Situationsbasierte Forschungsarbeiten, welche Maßnahmen der Digitalisierung nach Merkmalen der Arbeitskräfte, der Unternehmensstruktur oder den spezifischen Umweltbedingungen von Unternehmen differenzieren, halten sich in Grenzen. Hierzu wäre es sinnvoll, die Besonderheiten von unterschiedlichen regionalen Innovationssystemen zu untersuchen, um geeignete ortsbezogene Strategien zur Bewältigung der idiosynkratischen Herausforderungen der Digitalisierung zu entwickeln.

Die Literatur hat das Digitale Ökosystem als ein selbstorganisierendes, skalierbares und nachhaltiges System bestehend aus heterogenen digitalen Entitäten und deren Zusammenhänge definiert (Li et al. 2012, S. 119), hat aber keine Kontingenztheorie geliefert, die sie nach Merkmalen unterscheidet. Bis dato hat sie keine differenzierten Pläne für die Digitalisierung regionaler Innovationssysteme nach ihren Merkmalen entwickelt. Angesichts dieser Lücke und unter der Annahme, dass die Digitalisierung den horizontalen Wissensaustausch und Interaktionen, die das Ökosystem stärken, erleichtert (Thompson et al. 2017; Goswami et al. 2017), erfordert die Heterogenität der europäischen Regionen ortsbezogene Ansätze, um die Prioritäten und Maßnahmen für jedes System zu identifizieren und einen regionalen Plan zu definieren.

3. Forschungsrahmen

Die Digitalisierung ermöglicht die Sammlung und Verbreitung von Wissen, das sich aus den idiosynkratischen Wechselwirkungen zwischen den Wirtschaftsakteuren ergibt. So bieten regionale Produktionssysteme einen wesentlichen Speicher für Wissen. Dementsprechend muss jedes regionale System die idiosynkratischen

Herausforderungen der Digitalisierung angehen, indem es die verschiedenen Dimensionen der Wissensbildungsprozesse im jeweiligen lokalen Kontext nutzt, um nachhaltig wettbewerbsfähig zu bleiben. Die Erforschung von Wissen verlangt maßgeschneiderte systemische Handlungen, die in der Lage sind, virtuose Produktionszyklen, die Anhäufung und den Austausch von immateriellen Vermögenswerten auszulösen. Die regionalen Akteure müssen hier die Zusammenarbeit und Koordination forcieren (Rutten/Boekema 2007).

Die Grundlage hierfür bildet das Triple Helix Model (Etzkowitz/Leydersdorff 2000) angepasst an die lokale Skala (Leydersdorff/Fritsch 2006), mit dem Ziel, auf regionaler Ebene einen einheitlichen Rahmen für technologische und nicht-technologische Möglichkeiten zu entwickeln. Die Grundidee ist, dass Innovation sowohl innerhalb der Unternehmen als auch an den Schnittstellen zwischen drei Kategorien von Akteuren stattfindet: Universitäten und Bildungseinrichtungen, Industrie und Regierungsbehörden, deren Synergie als entscheidend für die Stärke eines Innovationssystems angesehen werden kann (Fritsch 2004). Langjährige Forschungsanstrengungen betrachten Unternehmen als Organisationen, deren Fähigkeit darin liegt, ihr Wissen zu erneuern und zu managen, um einen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil in einem dynamischen Umfeld zu schaffen und zu erhalten. Bildungseinrichtungen, insbesondere Universitäten, können als Wissensbereitsteller betrachtet werden. Auf lokaler Ebene nehmen sie unterschiedliche Rollen ein. Einige Universitäten tendieren dazu, sich am Markt zu orientieren, nach dem Vorbild der „Unternehmerischen Universität“ (Etzkowitz 2003). Lokale Regierungen sind normalerweise verantwortlich für die Bereitstellung von Berufsbildungsprogrammen, welche auf die Nachfrage der lokalen Unternehmen reagieren, sowie für Subventionen und Anreize für Unternehmen, die neu eingestellte Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer direkt ausbilden (Batt/Osterman 1993). Lokale Produktionssysteme können so zu „kognitiven Multiplikatoren“ werden. Durch die Vielfältigkeit von Wissen bewahren sie durch kollektives Lernen generierte Fähigkeiten und den Austausch von Wissen, indem sie einen institutionellen Rahmen definieren, der die Wissensverbreitung in dem System erleichtert und reguliert (Bramanti/Salone 2009). Das Ergebnis dieses Prozesses wird Teil des regionalen Wissens und bildet die Grundlage für Lernen und Innovation in Unternehmen. Diese Säulen müssen integriert werden, um die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen und des gesamten lokalen Systems zu entfalten. Unter der Voraussetzung, dass territoriale Besonderheiten ein wesentlicher Faktor für die Entwicklung dieses Systems sind, müssen die lokalen Regierungen eine konsequente Politik verfolgen. Sowohl rechtliche als auch soziale Normen tragen zusammen mit Organisationsformen und -routinen dazu bei, wirtschaftliche und soziale Wechselwirkungen zu bestimmen und immaterielle Infrastrukturwerte aufzubauen, die den innersystemischen Wissensfluss steuern. Dieses System trägt nicht nur zur Innovation bei, sondern es betont auch die Rolle von Sozialkapital und die Förderung formeller und informeller Netzwerke (Asheim 2012).

Der Verweis auf ein „System“ verlangt die Auswahl von Akteuren aus den drei Hauptkategorien (Universitäten und Bildungseinrichtungen, Industrie und Regierungsbehörden), die empirisch fundierte Identifizierung ihres möglichen Kooperationsbereichs (und der Beziehungen zwischen ihnen und den Institutionen) und geeignete digitale Strategien auf regionaler Ebene (Abbildung 1).

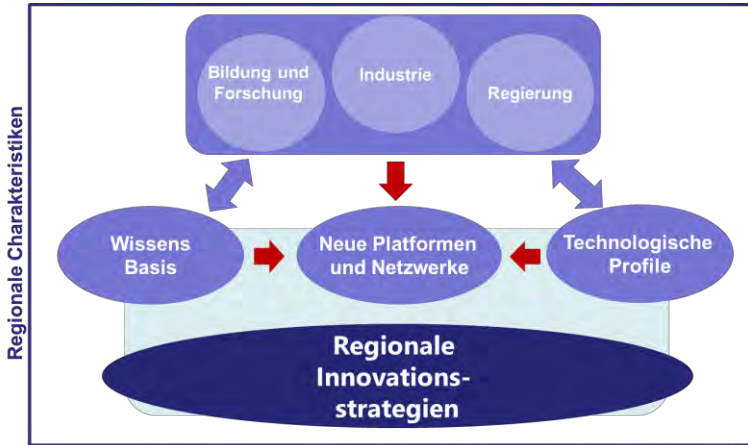


Abbildung 1: Angepasstes Triple Helix Rahmenkonzept

4. Methodik

Basierend auf unserem Forschungsrahmen verfolgt die empirische Untersuchung einen Multi-Stakeholder-Ansatz und besteht aus halbstrukturierten Interviews mit den Interessengruppen aus dem Triple-Helix-Modell, insbesondere Unternehmen, Universitäten und Bildungseinrichtungen sowie Regierungsbehörden. Berücksichtigt wird die Makro-Region Tirol, Südtirol und Venetien.

Wir haben 60 Interessensvertreter aus Industrie, Regierungsbehörden, Bildung und Forschung (Tabelle 1) ausgewählt. Aufgrund der führenden Rolle des Industriesystems beim Einsatz digitaler Technologien ist diese Gruppe in der Stichprobe stärker vertreten (58%), während auf staatliche und Bildungseinrichtungen 27% bzw. 15% entfielen. Ihre geografische Verteilung über die Makro-Region ist, mit einer leichten Dominanz der in Südtirol ansässigen Interessengruppen, insgesamt homogen.

	Tirol	Südtirol	Venetien
Industrie	9	13	13
Öffentliche Verwaltung	3	8	5
Bildung und Forschung	3	4	2
Gesamt	15	25	20

Tabelle 1: Aufteilung der Interessengruppen nach Regionen und Kategorien

Auf der Grundlage der Literaturrecherche haben wir eine Liste möglicher Digitalisierungstechnologien und Herausforderungen definiert.

Jede/r Befragte wurde gebeten, die Wichtigkeit der einzelnen Technologien für die Makro-Region auf einer Likert-Skala von 1-4 zu bewerten. Dann wurde sie/er gebeten, die Herausforderungen zu identifizieren, die die digitale Transformation in der Makro-Region voranbringen. Schließlich wurde jede/r Befragte gebeten, spezifische Maßnahmen zu deren Bewältigung vorzuschlagen.

Zusätzlich führten wir 15 Interviews mit einer Expertengruppe (Region Bayern) für Digitalisierung durch, um die Herausforderungen der Digitalisierung sowie den Maßnahmenkatalog zu validieren. Abschließend haben wir die vorgeschlagenen Maßnahmen, die Wichtigkeit der einzelnen Technologien und die Herausforderungen für die Gestaltung einer dynamischen Roadmap für die Digitalisierung in der Makro-Region analysiert.

5. Ergebnisse und Diskussion

5.1. Technologien und Herausforderungen in der Makro-Region

In Tabelle 2 wird das von den Befragten zugewiesene Potenzial und der Handlungsbedarf jeder digitalen Technologie dargestellt (Anzahl und Anteil der Befragten, die die spezifische Technologie ausgewählt haben, um weitere Maßnahmen vorzuschlagen).

Im Durchschnitt besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Potenzial und dem Handlungsbedarf (siehe z. B. Big Data, Smart Factory, Remote/Predictive Maintenance und Artificial Intelligence). Manche Interessensvertreter der Makro-Region Tirol nehmen andere Lücken wahr als andere (führende) Regionen. So wird beispielsweise Cloud Computing als die Technologie mit dem dritthöchsten Potenzial betrachtet, der Handlungsbedarf ist jedoch relativ gering. Andere Technologien wie kollaborative Robotik gelten als weniger relevant für die industrielle Zusammensetzung der Makro-Region, aber 10% der Interessensvertreter sehen hier Handlungsbedarf.

Diese Erkenntnisse nutzen wir auch zur Erstellung des Fahrplans für die Makro-Region. Jene Technologien, die eine Kombination aus hohem Potenzial und hohem Bedarf an spezifischen Investitionen aufweisen, platzieren wir in den ersten Jahren unserer Timeline (Abbildung 2).

Technologie	Relevante Interessensvertreter	N	Potenzial		Bedarf an spez. Maßnahmen	
			Ø	Std. Abw.	Abs.	Rel.
Big Data	Ind, Reg, Bildung	55	3.51	0.81	14	26%
Smart Factory	Ind	26	3.31	0.90	6	24%

Remote/Predictive Maintenance	Ind	27	3.52	0.69	5	20%
Künstliche Intelligenz	Ind, Reg, Bildung	55	3.33	1.03	11	20%
Internet of Things	Ind, Reg, Bildung	53	3.32	1.12	6	12%
Virtual Reality	Ind, Reg	40	2.97	1.21	4	11%
Kollaborative Robotik	Ind, Bildung	33	2.70	1.23	3	10%
Blockchain	Ind, Reg	40	2.81	1.21	3	8%
Cloud Computing	Ind, Reg, Bildung	56	3.45	0.80	5	8%
Rapid Prototyping	Ind	23	3.35	1.04	1	4%
Energieeffizienz	Ind, Reg	44	3.25	1.15	1	3%
3D-Druck	Ind	26	2.84	1.14	0	0%
Wearables	Ind	24	2.55	1.29	0	0%

Tabelle 2: Digitale Technologien in der Makro-Region und Maßnahmen (Ind = Industrie, Reg = Öffentliche Verwaltung, Bildung = Bildung und Forschung)

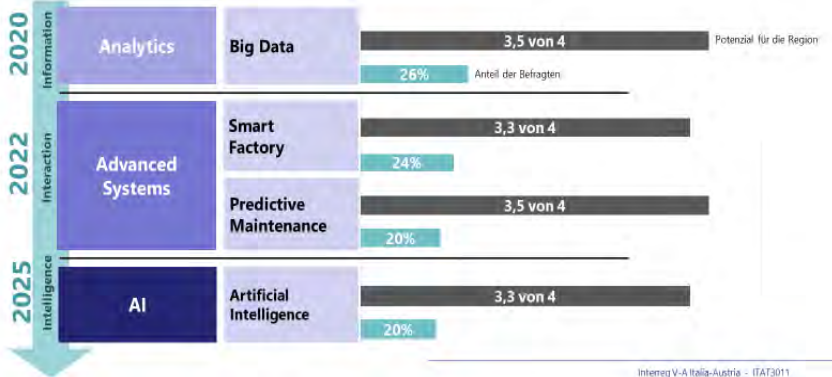


Abbildung 2: Investitionsschwerpunkt im Makrobereich für digitale Technologien

Ähnlich haben wir die Herausforderungen mit dem größten Potenzial und Handlungsbedarf für die Makro-Region bewertet (Tabelle 3).

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse haben wir unsere Liste der bisherigen Herausforderungen für die Makro-Region definiert (Abbildung 3).

Herausforderung	Relevante Interessensvertreter	N	Potenzial		Bedarf an spez. Maßnahmen	
			Ø	Std. Abw.	Abs.	Rel.
Neue Geschäftsmodelle	Ind	32	3.40	0.91	4	12%
Online Kundenbeziehungen	Ind	31	3.35	0.82	2	5%
Partnerschaften	Ind, Reg, Bildung	29	3.49	0.88	17	59%
Digitale Fähigkeiten	Ind, Reg, Bildung	30	3.77	0.56	16	53%

Echtzeit Zugang zu öffentl. Dienstleistungen	Bildung, Reg	24	3.71	0.87	7	29%
E-Learning	Ind, Reg, Bildung	30	3.30	0.97	5	17%
Papierlose Prozesse	Bildung, Reg	25	3.60	0.58	3	12%
Organisationsstruktur	Bil, Reg	9	3.56	0.69	1	10%
Veränderungen am Arbeitsmarkt	Ind, Reg, Bildung	50	3.16	1.01	9	18%
Smarte Mobilität	Ind, Reg	436	3.00	1.28	7	19%
Nachhaltigkeit	Ind, Reg, Bildung	53	3.18	1.10	2	4%

Tabelle 3: Digitale Herausforderungen für die Makro-Region und Maßnahmen (Ind = Industrie, Reg = Öffentliche Verwaltung, Bildung = Bildung und Forschung)

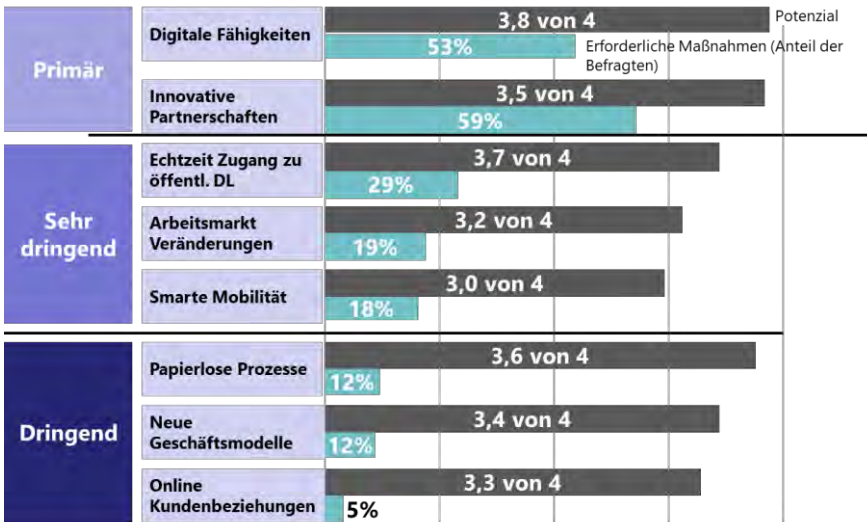


Abbildung 3: Wichtige Herausforderungen in der Makro-Region

Die dringendsten Maßnahmen betreffen die Entwicklung digitaler Fähigkeiten und die Entwicklung innovativer Partnerschaften, gefolgt vom Echtzeitzugang zu öffentlichen Dienstleistungen, den Veränderungen auf dem Arbeitsmarkt und der intelligenten Mobilität.

5.2. Interventionsbereiche (Maßnahmen)

Die von den Befragten vorgeschlagenen Maßnahmen wurden in drei Makrobereiche von Interventionen eingeteilt, die auf der qualitativen Analyse der Einzelinterviews und auf einer quantitativen Analyse der Textdaten basieren. Insbesondere haben wir zwei Hauptdimensionen identifiziert, organisatorische Grenzen (intern vs. extern) und produktive Faktoren (technologische Vermögenswerte vs. Humankapital), und drei Makrobereiche von Interventionen: 1) Daten und Vernetzung, 2) Bildung und 3) Smart Region.

1) Daten und Konnektivität befinden sich an der Schnittstelle zwischen den Unternehmensgrenzen (intern und extern). Die wichtigsten Maßnahmen betreffen die Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) – Infrastruktur, die von 22% der Interessengruppen in der Makro-Region angegeben wurde, den Erwerb und die gemeinsame Nutzung großer Datenmengen (Big Data) (23%) und die Verbesserung der Informationsflüsse entlang der Lieferkette (20%).

2) Bildung und Kompetenzen bündeln die unternehmensübergreifenden Aktionen, die sich auf das Humankapital konzentrieren. Diese Maßnahmen beziehen sich auf die Einführung neuer Bildungs- und Ausbildungsprogramme in Einklang mit den Veränderungen auf dem Arbeitsmarkt und der Ausweitung der Programme für lebenslanges Lernen. Eine zweite Gruppe von Maßnahmen betrifft den strategischen Ansatz der in der Region ansässigen Unternehmen, vor allem einen tiefgreifenden kulturellen Wandel sowie eine Neugestaltung ihrer Organisationsstruktur. Weitere Maßnahmen befassen sich damit, die Gemeinschaft über die Chancen und Risiken der Digitalisierung zu informieren.

3) Smart Region bezieht sich auf Maßnahmen, die primär auf zwischenbetrieblicher Zusammenarbeit und Humankapital basieren. Diese sollten die Verbreitung von Informationen über internationale Projekte und Leistungen fördern. Ein zweites Maßnahmenpaket zielt auf die Vernetzung und Ko-Kreation in der Region (Messen und Veranstaltungen). Eine dritte Gruppe von Maßnahmen soll junge talentierte Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer und innovative Unternehmen, insbesondere Start-ups, anziehen.

Tabelle 4 fasst die wichtigsten Maßnahmen zusammen, die für jedes der Makrointerventionsgebiete in jedem geografischen Gebiet der Region durchzuführen sind. Die Investitionen in die IKT-Infrastruktur (**Daten und Konnektivität**) müssen laut Befragung große ländliche und Berggebiete, die durch das Breitbandnetz nicht ausreichend erreicht werden, berücksichtigen. Andererseits führt die relativ geringe Bevölkerung des Gebietes mit seiner grenznahen Lage zu einer starken Nachfrage für grenzüberschreitende Kooperationsprojekte. Die Nutzung der Digitalisierung betrifft auch immaterielle Infrastrukturen. Hier ist die Industrie der Region von Bedeutung. Der Ruf nach Big Data-Sharing Infrastrukturen auf regionaler Ebene ist mit Möglichkeiten für die Tourismusindustrie verbunden, während der Bedarf an Informationsaustausch entlang der Lieferkette durch die Konzentration von Unternehmen aus der Automobil- und Transportindustrie gesteuert wird.

	Tirol	Südtirol	Veneto	Ø
Daten und Konnektivität				
IKT Infrastruktur	20%	32%	10%	22%
Datenaustausch	20%	36%	10%	23%
Informationsaustausch	13%	20%	25%	20%
Bildung und Kompetenzen				
Digitale Kompetenzen	27%	60%	85%	60%
Digitale Strategie	53%	24%	45%	38%

Informationskampagnen & Diskussionsforen	33%	28%	5%	22%
Smart Region				
Benchmarking	20%	16%	5%	13%
Netzwerke	67%	28%	55%	43%
Attraktivität	20%	24%	15%	20%

Tabelle 4: Makrobereiche von Interventionen und Hauptaktionen

Der Makrobereich **Bildung und Kompetenzen** betont das Potenzial des regionalen Systems, die digitale Transformation in das regionale kulturelle, soziale und institutionelle Umfeld zu integrieren. Hierbei sind die Wichtigkeit der Nachhaltigkeit und die damit verbundenen Hochschulprogramme und ad-hoc-Ethikakurse zu erwähnen. In der Mechatronik bspw. werden jene Fähigkeiten für Berufe forciert, die die Wettbewerbsfähigkeit des regionalen Unternehmertums erhalten sollen. Schließlich spiegelt das Interesse am dualen Ausbildungssystem und an der Beteiligung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am digitalen Wandel eine wichtige Rolle, um die Ergänzungen zwischen den institutionellen Teilsystemen auf regionaler Ebene zu nutzen und eine Atmosphäre des gegenseitigen Vertrauens zu schaffen, um Konflikte anzugehen und Ressourcen anzuziehen.

Im Makrobereich **Smart Region** befasst sich eine Maßnahme mit unterschiedlichen Regierungsebenen, die jeweils für relativ kleine Gebiete zuständig sind. Dies führt zu vielen fragmentierten Initiativen. Daher wird vorgeschlagen, die Ressourcen auf gemeinsame Initiativen mit hohem Potenzial zu konzentrieren. Weiters besteht die Notwendigkeit spezifischer Instrumente zur Generierung und Verbreitung von Wissen im gesamten regionalen Wirtschaftssystem. Dem folgt der Hauptvorschlag für die Schaffung von Technologieclustern und digitalen Plattformen für junge als auch bestehende Unternehmen. Schließlich geht das Maßnahmenpaket zur Steigerung der regionalen Attraktivität auf ein „Braindrain“-Phänomen in der Makro-Region Tirol-Venetien zurück. Dieses Bewusstsein erhöht die Nachfrage nach spezifischen Maßnahmen, die die regionalen Annehmlichkeiten und die hohe Lebensqualität nutzen, um die Rückkehr von Fachkräften, die derzeit im Ausland leben, zu begünstigen und dem Brain-Drain junger Absolventen, die in der Makro-Region leben, entgegenzuwirken.

Die oben genannten Ergebnisse wurden durch eine Reihe von Interviews mit 15 internationalen Experten bestätigt, die überwiegend in benachbarten Regionen mit hoher Innovationsleistung (Bayern und Wien) agieren. Anhand eines einheitlichen Interviewprotokolls wurden die Experten gebeten, eine Reihe von Maßnahmen zur Unterstützung und Verbesserung der digitalen Transformation in der Makro-Region Tirol-Venetien vorzuschlagen. Die Antworten zeigen eine weitgehende Übereinstimmung zwischen den von den regionalen Akteuren vorgeschlagenen Makrobereichen der Interventionen und den von den globalen Experten identifizierten Bereichen (Tabelle 5).

	Regional	Global	Differenz
Daten und Konnektivität			
IKT Infrastruktur	22%	27%	5%
Datenaustausch	23%	27%	4%
Informationsaustausch	20%	31%	11%
Bildung und Kompetenzen			
Digitale Kompetenz	60%	38%	-22%
Digitale Strategie	38%	56%	18%
Informationskampagnen & Diskussionsforen	22%	25%	3%
Smart Region			
Benchmarking	13%	7%	-6%
Netzwerke	43%	20%	-23%
Attraktivität	20%	40%	20%

Tabelle 5: Makrobereiche von Interventionen und Hauptmaßnahmen

5.3. Fahrplan für die Makro-Region

Hier werden der Fahrplan für die Digitalisierung (Abbildung 4), der in drei Phasen unterteilt ist, und die wichtigsten Herausforderungen (hervorgehoben in den Abschnitten 5.1 und 5.2) über 5-10 Jahre gezeigt. Der Fahrplan entspricht den Zielen der vorgeschlagenen Maßnahmen zur Anwendung der digitalen Technologien (McKinsey 2019): (i) Informationen (2019-2021), (ii) Interaktion (2022-2024), (iii) Informationen (2025-).



Abbildung 4: Wichtige Herausforderungen in der Makro-Region

Die erste Phase des Fahrplans umfasst Maßnahmen, die eine fortgeschrittene Entwicklung und Nutzung digitaler Technologien erfordern zur Verbesserung des Informationsflusses und für das Bewusstsein der damit verbundenen Risiken und

Chancen. Dazu gehören die Modernisierung der IKT-Infrastrukturen, Informationskampagnen für KMU und die Bevölkerung sowie das Benchmarking internationaler Projekte zur Digitalisierung. Diese drei sind vollständig in der ersten Phase abzuschließen, da sie die Voraussetzung für die weiteren Schritte sind. Die erste Phase beinhaltet drei weiteren Maßnahmen. Dazu gehören jene zur Entwicklung digitaler Fähigkeiten, welche sich über den gesamten Zeitplan erstrecken, sowie jene, die darauf abzielen, Qualifikationsprofile dem technischen Wandel anzupassen. So sollte beispielsweise das duale Ausbildungssystem zu Beginn eingeführt werden, um die Kompetenzen am Arbeitsplatz auf den neuesten Stand zu bringen. Andere Maßnahmen sollten mit der Weiterentwicklung der digitalen Technologien und dem damit verbundenen Wandel in Arbeit und Beruf einhergehen, wie z. B. die Einführung neuer Hochschullehrpläne. Ebenso sollten die Maßnahmen zur Verbesserung der regionalen Attraktivität in der ersten und in der zweiten Phase stattfinden, da sie sich entsprechend der Bedürfnisse der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer sowie der Unternehmen entwickeln müssen, die bereit sind, in die Makro-Region zurückzukehren.

Die zweite Phase stellt den Datenaustausch in der Makro-Region und die vollständige Nutzung der Informationsflüsse entlang der Lieferkette dar. Als Begleitmaßnahme gilt es, die Vernetzung und Ko-Kreation innerhalb der Region zu verbessern.

6. Fazit

Der erfolgreiche Umgang mit der Digitalisierung erfordert mehrdimensionale Maßnahmen, die über die technologische Innovation hinausgehen. Jene Maßnahmen sollten sich in den Besonderheiten jeder Region wiederfinden und gleichzeitig die lokalen Stärken in Bezug auf Wissen und Unternehmertum sowie soziale und kulturelle Ressourcen hervorheben. Die Fähigkeit der lokalen Systeme, die Wirtschaftstätigkeit in einem ortsgebundenen kulturellen, sozialen und institutionellen Umfeld zu verankern, ist das Herzstück der wirtschaftlichen Entwicklung und kann endogen nachhaltige Wettbewerbsvorteile schaffen und stärken. Dementsprechend sollte jedes regionale Innovationssystem auf seinem „regionalen Wissensbereich“ und den damit verbundenen spezifischen Fähigkeiten und Ressourcen aufbauen, um die Voraussetzungen für die Nutzung der Vorteile der digitalen Transformation zu schaffen. Durch die Annahme einer ortsbezogenen Perspektive und auf der Grundlage eines angepassten Triple Helix-Rahmenkonzepts identifiziert dieser Artikel die wichtigsten Digitalisierungsherausforderungen, die zugrundeliegenden Technologien und die erforderlichen Maßnahmen, um sie in der Makro-Region Tirol-Venetien anzugehen.

Unsere empirischen Erkenntnisse zeigen, dass sich die Makro-Region derzeit an einem digitalen Scheideweg befindet, der die einzigartige Chance hat, das Wirtschaftswachstum und die Schaffung von Arbeitsplätzen voranzutreiben. Dieser Weg sollte durch die „regionale Wissensdomäne“ gefördert werden, insbesondere

durch die Zusammenarbeit von Regierung, Industrie und Bildungs- und Forschungseinrichtungen. Viele Merkmale der Makro-Region, die in vielen anderen europäischen Regionen zu finden sind, vermitteln den Eindruck, dass einzelne Maßnahmen nicht in der Lage sind, das technologische und industrielle Umfeld ausreichend zu verändern und auf dem digitalen Markt wettbewerbsfähig zu bleiben. Zu diesen Merkmalen gehören die geringe Größe der Region, die Berge und abgelegenen Gebiete sowie eine industrielle Struktur, die sich auf die verarbeitende Industrie mittlerer Technologie (Verkehr und Tourismus) konzentriert. Dieses Bewusstsein zieht eine regionale Agenda zur Mobilisierung aller regionalen Akteure und ihrer Interaktion in drei klar definierten Makrobereichen von Interventionen mit sich: Daten und Vernetzung, Bildung und Kompetenzen, Smart Region. In jedem Bereich haben wir sowohl Maßnahmen zur Verbesserung der bestehenden technologischen Ausstattung, insbesondere zur Entwicklung hochwertiger und erschwinglicher Breitbandinfrastrukturen, als auch zur Bewältigung nicht-technologischer Herausforderungen wie die Entwicklung digitaler Fähigkeiten und den Wettlauf um innovative Partnerschaften aufgenommen.

Förderung

Diese Studie ist Teil des Projekts „A21DIGITAL TYROL VENETO“ (I-TAT3011), das durch das Programm Interreg V-A Italia-Österreich gefördert wird.

Literatur

- Alcacer, J. et al. (2016). Internationalization in the information age: A new era for places, firms, and international business networks? *Journal of International Business Studies*, 47, 5, 499-512.
- Alos-Simo, L. et al. (2017). How transformational leadership facilitates e-business adoption", *Industrial Management & Data Systems*, 117 (2), 382-397.
- Amit, R./Han, X. (2017). Value Creation through Novel Resource Configurations in a Digitally Enabled World *Strat. Entrepreneurship J.*, 11: 228–242.
- Asheim, B. (2012). The changing role of learning regions in the globalizing knowledge economy: A theoretical re-examination, *Regional Studies*, 46(8), 993-1004.
- Batt, R./Osterman, P. (1993). *A National Policy for Workplace Training. Lessons from State and Local Experiments*. Public Interest Publications, Arlington.
- BCG (2015). *How to Jump-Start a Digital Transformation*. 2016. Digitizing Europe.
- Beier, G. et al. (2017). Sustainability aspects of a digitalized industry—A comparative study from China and Germany. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 4(2), 227-234.

- Bramanti, A./Salone, C. (Eds.) (2009). *Lo sviluppo territoriale nell'economia della conoscenza: teorie, attori, strategie*. F. Angeli.
- Buer, S.V. et al. (2018). The data-driven process Improvement cycle: Using Digitalization for Continuous Improvement.
- Butschan, J. et al. (2019). Tackling hurdles to digital transformation. The role of competences for successful industrial internet of things (IIoT) implementation, *International Journal of Innovation Management*, doi: 10.1142/S1363919619500361.
- Caputo, A. et al. (2018). From the boundaries of management to the management of boundaries: Business processes, capabilities and negotiations, *Business Process Management Journal*, <https://doi.org/10.1108/BPMJ-11-2017-0334>.
- Coenen, L. et al. (2017). Advancing regional innovation systems: What does evolutionary economic geography bring to the policy table?. *Environment and Planning C: Politics and Space*, 35(4), 600-620.
- Carlsson, C. (2018). Decision analytics mobilized with digital coaching, *Intell Sys Acc Fin Mgmt*. 25, 3–17.
- Cooke, P. (2001). Regional innovation systems, clusters, and the knowledge economy. *Industrial and Corporate Change*, 10(4), 945–974.
- Coreynen, W. et al. (2017). Boosting servitization through digitization: Pathways and dynamic resource configurations for manufacturers, *Industrial Marketing Management*, 60, 42-53.
- Curran, D. (2018). Risk, innovation, and democracy in the digital economy. *European Journal of Social Theory*, 21(2), 207-226.
- Deloitte (2017). *Rewriting the Rules for the Digital Age – Human Capital Trends*.
- Dengler, K./Matthes, B. (2018). The impacts of digital transformation on the labour market: Substitution potentials of occupations in Germany. *Technological Forecasting and Social Change*, 137, 304-316.
- Echterfeld, J./Gausemeier, J. (2018), Digitising product portfolios, *International Journal of Innovation Management*, 22, (5), 1-27.
- Eling, M./Lehmann, M. (2018). The Impact of Digitalization on the Insurance Value Chain and the Insurability of Risks, *The Geneva Papers*, 43, 359–396.
- Emily, H. et al. (2015). *The Shape of Digital Transformation: A Systematic Literature Review*.
- Etzkowitz, H./Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research policy*, 29(2), 109-123.
- Etzkowitz, H. (2003). Research groups as ‘quasi-firms’: the invention of the entrepreneurial university. *Research policy*, 32(1), 109-121.
- European Commission (2018). *Digital Innovation Scoreboard*, European Commission, Bruxelles.
- Farrington, T./Alizadeh, A. (2017). On the Impact of Digitalization on R&D, *Research-Technology Management*, 60:5, 24-30.

- Foray, D. et al. (2009). Smart specialisation – the concept. *Knowledge economists policy brief*, 9(85), 100.
- Fremont, V. H. J. et al. (2018) Interaction through boundary objects: controversy and friction within digitalization, *Marketing Intelligence & Planning*, <https://doi.org/10.1108/MIP-04-2018-0135>.
- Frishammar, J. et al. (2018). Opportunities and challenges in the new innovation landscape: Implications for innovation auditing and innovation management, *Decision Support Systems* 108, 34–44.
- Fritsch, M. (2004). Cooperation and the efficiency of regional R&D activities, *Cambridge Journal of Economics*, 28 (6), 829–84.
- Goswami, K. et al. (2018). Accelerator expertise: Understanding the intermediary role of accelerators in the development of the Bangalore entrepreneurial ecosystem. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 12(1), 117-150.
- Grover, V./Kohli, R. (2013). Revealing your hand: caveats in implementing digital business strategy, *Mis Quarterly*, 655-662.
- Heavin, C./Power, D. J. (2018). Challenges for digital transformation – towards a conceptual decision support guide for managers, *Journal of Decision Systems*, 27, sup1, 38-45.
- Heilig, L. et al. (2017). Digital transformation in maritime ports: analysis and a game theoretic framework, *Netnomics*, 18, 227-254.
- Inkinen, T. et al. (2018). Variations in adoptions and willingness to use e-services in differentiated urban areas, *European Planning Studies*, 26 (5), 950-968.
- Ilsoe, A. (2017). The digitalisation of service work – social partner responses in Denmark, Sweden and Germany. *TRANSFER – European Review of Labour and Research*, 23(3), 333-348.
- Kaivo-Oja, J. et al. (2017). Futures of robotics. Human work in digital transformation. *International Journal of Technology Management*, 73(4), 176-205.
- Katz, R.L./Koutroumpis, P. (2013). Measuring digitalization. A growth and welfare multiplier, *Technovation*, 33, 314-319.
- Lanz, M./Tuokko, R. (2017). Concepts, methods and tools for individualized production, *Prod. Eng. Res. Devel.*, 11, 205–212.
- Lerch, C./Gotsch, M. (2015). Digitalized Product-Service Systems in Manufacturing Firms: A Case Study Analysis, *Research-Technology Management*, 58 (5), 45-52.
- Leydesdorff, L./Fritsch, M. (2006). Measuring the knowledge base of regional innovation systems in Germany in terms of a Triple Helix dynamics. *Research Policy*, 35(10), 1538-1553.
- Li, J. et al. (2009). Business process digitalization and new product development: an empirical study of small and medium-sized manufacturers, *International Journal of E-Business Research*, 5 (1), 49-64.
- Li, W. et al. (2012). Digital ecosystems: challenges and prospects. In *proceedings of the international conference on management of Emergent Digital EcoSystems*. ACM.
- Matzler, K. et al. (2018). The crusade of digital disruption, *Journal of Business Strategy*, 39 (6), 13-20.

- Mc Kinsey Global Institute (2013). Disruptive technologies. Advances that will transform life, business, and the global economy.
- Mc Kinsey Global Institute (2019). Notes from the AI frontier. Tackling the Europe's gap in digital and AI.
- Nambisan, S. et al. (2017). Digital innovation management: Reinventing innovation management research in a digital world. *MIS Quarterly*, 41(1), 223–238.
- Neirotti, P./Pesce, D. (2018). ICT-based innovation and its competitive outcome: the role of information intensity", *European Journal of Innovation Management*, <https://doi.org/10.1108/>.
- Parviainen, P. et al. (2017). Tackling the Digitalization Challenge: How to Benefit from Digitalization in Practice. *International Journal of In-formation Systems and Project Management* 5(1): 63–77.
- Quinton, S. et al. (2018). Conceptualising a digital orientation: antecedents of supporting SME performance in the digital economy, *Journal of Strategic Marketing*, 26 (5), 427-439.
- Rajasekera, J. (2013). Challenges to Toyota caused by recall problems social networks and digitalization, *Asian Academy of Management Journal*, 18 (1), 1 –17.
- Ranganathan, C. et al. (2011). Web-enabled supply chain management: Key antecedents and performance impacts. *International Journal of Information Management*, 31(6), 533-545.
- RolandBerger (2015). The digital transformation of Industry.
- Rutten, R./Boekema, F. (2007). Regional social capital: Embeddedness, innovation networks and regional economic development. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(9), 1834-1846.
- Saarikko, T. et al. (2017). The Internet of Things: Are you ready for what's coming?, *Business Horizons* (2017) 60, 667—676.
- Santos, G. et al. (2018). Fabrication laboratories: The development of new business models with new digital technologies, *Journal of Manufacturing Technology, Management*, Vol. 29 Issue: 8, pp.1332-1357.
- Schlegel, A. et al. (2017). Developing and harnessing the potential of SMEs for eco-efficient flexible production. *Procedia Manufacturing*, 9, 41-48.
- Schlüter, N./Sommerhoff, B. (2017). Development of the DGQ role bundle model of the Q occupations, *International Journal of Quality and Service Sciences*, 9 (3/4), 317-330.
- Schmidt, S. et al. (2018). Open Region: Creating and exploiting opportunities for innovation at the regional scale. *European Urban and Regional Studies*, 25(2), 187-205.
- Schmitt, U. (2018). Rationalizing a Personalized Conceptualization for the Digital Transition and Sustainability of Knowledge Management Using the SVIDT Method, *Sustainability*, 10, 839-865.
- Scuotto, V. et al. (2017). A multiple buyer–supplier relationship in the context of SMEs' digital supply chain management. *Production Planning & Control*, 28(16), 1378-1388.
- Simonsson, J./Magnusson, M. (2018). Collaboration challenges in digital service innovation projects, *International Journal of Automation Technology*, 12 (4), 499-506.

- Sjödín, D. R. et al. (2018). Smart Factory Implementation and Process Innovation, *Research-Technology Management*, 61 (5), 22-31.
- Sommer, A. F. et al. (2017). Leveraging Virtual Experimentation and Simulation to Improve R&D Performance, *Research-Technology Management*, 60 (5), 31-42.
- Srai, J.S. et al. (2016). Distributed manufacturing: scope, challenges and opportunities. *International Journal of Production Research*, 54 (23). pp. 6917-6935.
- Stone, M. et al. (2017). How platforms are transforming customer information managementmm *The Bottom Line*, 30 (3), 216-235.
- Thompson, T. A. et al. (2018). How entrepreneurial ecosystems take form: Evidence from social impact initiatives in Seattle. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 12(1), 96-116.
- Tiefenbeck, V. et al. (2018). Overcoming Salience Bias: How Real-Time Feedback Fosters Resource Conservation. *Management Science*, 64(3), 1458-1476.
- Upchurch, M. (2018). Robots and AI at work: the prospects for singularity. *New Technology, Work and Employment*, 33(3), 205-218.
- Valenduc, G./Vendramin, P. (2017). Digitalisation between disruption and evolution, *Transfer*, doi: 10.1177/1024258917701379.
- Vendrell-Herrero, F. et al. (2017). Servitization, digitization and supply chain interdependency, *Industrial Marketing Management*, 60, 69–81.
- von Leipzig, T. et al. (2017). Initialising customer-orientated digital transformation in enterprises, *Procedia Manufacturing*, 8, 517 – 524.
- Wilkesmann, M./Wilkesmann, U. (2018). Industry 4.0 – organizing routines or innovations?, *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*, 48 (2), 238-254.
- Yoo, Y. et al. (2012). Organizing for innovation in the digitized world. *Organization Science*, 23(5), 1398–1408.

Planung, Gestaltung und Steuerung effizienter Produktionssysteme begreifen – Das interaktive und modulare Schulungskonzept der IFA-Lernfabrik

Peter Nyhuis, Niklas Rochow, Alexander Mütze, Lennart Hingst

1. Einleitung

Das produzierende Gewerbe hat in Deutschland eine besonders hohe ökonomische Relevanz, wie der 30,14 % große Anteil an der Bruttowertschöpfung im ersten Quartal von 2019 verdeutlicht (Statistisches Bundesamt 2019). Die Arbeitswelt in Unternehmen dieser Sparte wird dabei zunehmend durch den technologischen Wandel, die fortschreitende Digitalisierung sowie von globalisierten und zunehmend volatilen Märkten beeinflusst. Eine Auswirkung dieser Veränderung in der Arbeitswelt ist, dass die Zeitspanne, in der sich einmalig angeworbenes Wissen mit den Anforderungen des Arbeitsplatzes deckt, immer kürzer wird (Dahm/Thode 2019). Dies hat zur Folge, dass sich Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter¹ gezielt und kontinuierlich weiterbilden müssen, um den sich dynamisch ändernden Anforderungen an ihre Arbeit gerecht zu werden (Seyda et al. 2018).

Viele Unternehmen haben in den letzten Jahren die zunehmende Bedeutung der Weiterbildung erkannt und setzen diese gezielt als Instrument ein, um z. B. Fachkräfte zu sichern und überfachliche Kompetenzen zu fördern (Seyda/Placke 2017). Untersuchungen des Statistischen Bundesamts sowie des Instituts der deutschen Wirtschaft (IW) zeigen, dass rund 85 % der Unternehmen in Deutschland im Jahr 2016 in der Weiterbildung aktiv waren und die Gesamtinvestitionen in die Weiterbildung bei ca. 33,5 Mrd. Euro lagen (Seyda/Placke 2017). Die Untersuchungen zeigen zudem, dass die Weiterbildungsbeteiligung von Unternehmen mit ihrer Größe zunimmt und im Verhältnis insbesondere kleine Unternehmen auf externe Weiterbildungsmaßnahmen zurückgreifen.

Die rein generalistische Vermittlung von Inhalten und Wissen, wie sie in klassischen Lehrensätzen verfolgt wird, reicht jedoch heute nicht mehr aus, damit Mit-

¹ Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird in dem vorliegenden Beitrag die gewohnte männliche Sprachform bei personenbezogenen Substantiven oder Pronomen verwendet. Dies impliziert jedoch keine Benachteiligung des weiblichen oder diversen Geschlechts, sondern soll im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen sein.

arbeiter und insbesondere Führungskräfte die aktuellen und zukünftigen Herausforderungen an ihrem Arbeitsplatz bewältigen können (Rosenstiel 2018). Dies liegt insbesondere daran, dass die Rahmenbedingungen zwischen Unternehmen nicht vergleichbar sind und somit eine mögliche „Lösung“ für die gleiche Problemstellung nicht unverändert in ein anderes Unternehmen portiert werden kann. Vielmehr bedarf es neben einem fundierten Fachwissen einer vielseitigen und tiefgreifenden Methodenkompetenz sowie sozialen Kompetenzen, durch die Mitarbeiter von Unternehmen zur Erarbeitung unternehmensspezifischer Lösungen unter Berücksichtigung der jeweiligen Rahmenbedingungen und Voraussetzungen befähigt werden. Zum Aufbau solcher Kompetenzen werden dabei insbesondere auch neue, innovative Lehrkonzepte benötigt, die abgestimmt auf den individuellen Bedarf der Mitarbeiter sowie die zu vermittelnden Inhalte und Kompetenzen sind und somit den Lernerfolg verbessern.

Als ein Lehrkonzept, insbesondere im Bereich der Weiterbildung für Unternehmen im produzierenden Gewerbe, hat sich in den letzten Jahren die gezielte Kombination der Vermittlung von theoretischem Wissen mit der Integration von Praxiselementen in einer realen Lernumgebung erwiesen (Abele et al. 2007; Abele et al. 2010). In sogenannten Lernfabriken, in denen Schulungsteilnehmer praxisnah, jedoch ohne Eingriff in die operative Produktion mit Problemen und Fragestellungen, wie sie in Unternehmen real vorkommen, konfrontiert werden können, besteht die Möglichkeit, die Theorie im Praxiskontext direkt und angstfrei zu erproben, Kompetenzen zu entwickeln und Rückschlüsse aus der praktischen Anwendung zu ziehen (Abele et al. 2010; Abele et al. 2019).

Das Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) bietet mit der IFA-Lernfabrik seit dem Jahr 2000 eine modulare Schulungsumgebung an, in der sich sowohl Studierende als auch Fach- und Führungskräfte aus der Industrie im Bereich der Planung, Gestaltung und Steuerung von Produktionssystemen weiterbilden und neue Kompetenzen entwickeln können (Nyhuis/Grosse-Heitmeyer 2003). Die Lernumgebung wird seitdem kontinuierlich und praxisnah weiterentwickelt und so an die sich stetig wechselnden Anforderungen in der Arbeitswelt angepasst. So werden zum Beispiel die Themen Digitalisierung und Industrie 4.0 gezielt adressiert (Schmidt et al. 2017; Schäfers et al. 2019b; Seitz et al. 2019).

Der folgende Beitrag gibt einen Überblick über das interaktive und modulare Schulungskonzept der IFA-Lernfabrik und zeigt auf, wie durch eine agile und abwechslungsreiche Durchführung von Schulungen auf die konkreten Bedürfnisse und Wünsche der Schulungsteilnehmer eingegangen werden kann, um einen größtmöglichen fachlichen Wissens- sowie Kompetenzerwerb zu ermöglichen. Im Zentrum steht hierbei die Weisheit „Ich höre und vergesse, ich sehe und behalte, ich handle und verstehe“ des chinesischen Philosophen Konfuzius. In den folgenden Kapiteln wird zunächst auf die Ausstattung und Gestaltung der IFA-Lernfabrik und im Anschluss auf das Schulungskonzept im Ganzen eingegangen.



Abbildung 1.1: Impressionen aus der IFA-Lernfabrik

2. Ausstattung der IFA-Lernfabrik

Seit der Einführung im Jahr 2000 wurde das Schulungskonzept der IFA-Lernfabrik nicht nur inhaltlich an die sich ändernden industriellen Anforderungen angepasst, sondern auch die Ausstattung wurde kontinuierlich mit dem Ziel erweitert, dass die verschiedensten Problemstellungen aus der Praxis im Rahmen der Gestaltung und Steuerung von Produktionssystemen nachgebildet und erörtert werden können. Der Fokus liegt dabei insbesondere auf der Organisation von Fertigungs- und Montageprozessen mit dem Ziel, eine effiziente und kundenorientierte Auftragsabwicklung zu realisieren.

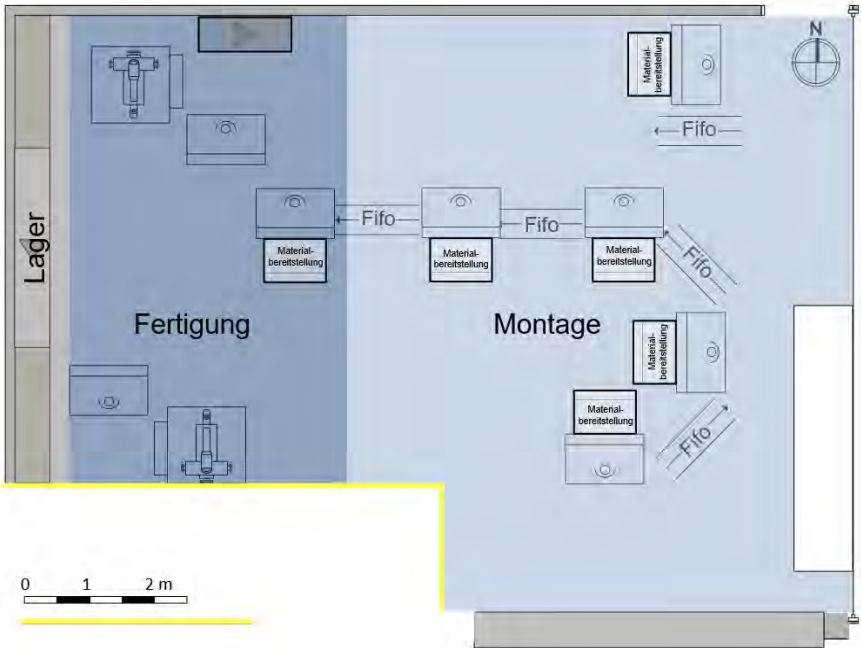


Abbildung 2.1: Beispiel eines Layoutplans der IFA-Lernfabrik

Das Kernelement der Lernfabrik bilden echte Fertigungs- und Montageprozesse zur Simulation von realen Betriebssituationen. Dafür stehen zwei stationäre, programmierbare CNC-Frässtationen und sechs mobile, individuell konfigurierbare Arbeitsstationen zur Verfügung. Ergänzt werden die Fertigungs- und Montagebereiche um ein Kleinteilelager, Logistikmittel für die Materialbereitstellung sowie zwei administrative Arbeitsplätze für die Produktionsplanung und -steuerung, sodass sich die Produktions- und Lagerfläche der IFA-Lernfabrik auf 150 m² beläuft (Seitz et al. 2019). Als Ergänzung steht ein „Kreativraum“ zur Verfügung, der zusätzliche Funktionsfläche für Besprechungen, Vorlesungen und Vorträge in räumlicher Nähe zu der IFA-Lernfabrik bietet.

Das Kleinteilelager besteht aus einem Fachbodenregal und erstreckt sich über die gesamte Breite der Lernfabrik. Die Rohmaterialien, Hilfs- und Betriebsmittel, die zur Nachstellung des Produktionsprozesses benötigt werden, werden in Kleinla-

dungsträgern (KLT) gelagert. Die einzelnen Fächer sind mit Electronic Shelf Labels (ESL) beschriftet, die über eine zentrale Datenbank gesteuert und aktualisiert werden können (Schäfers et al. 2019a).



Abbildung 2.2: Electronic Shelf Labels in der IFA-Lernfabrik

Durch die Darstellung der Regalebene und der Fachnummer in Klarschrift sowie in Form eines DataMatrix-Codes kann die Intralogistik manuell oder via Pick-by-Vision die Einzelteile für die Fertigungs- und Montageaufträge kommissionieren. Anschließend erfolgt die Materialbereitstellung über ein Durchlaufregal direkt an den einzelnen Arbeitsstationen.



Abbildung 2.3: Beispielhafte Arbeitsstation in der IFA-Lernfabrik

Die sechs Arbeitsstationen verfügen über einen identischen Aufbau aus Aluminiumsteckprofilen und einer 1 x 2 m hölzerne Arbeitsplatte. Jede Arbeitsstation ist mit zwei ESL, einem Computer samt LCD-Monitor, einer Statusleuchte und drei RFID-Readern sowie zugehörigen LED-Bändern ausgestattet. Die Arbeitsstationen können mit einer Vielzahl von austauschbaren Werkzeugen und Spannvorrichtungen eingerichtet werden. In Abhängigkeit der definierten Arbeitsinhalte kann der Name oder die Funktion der Arbeitsstation zentral auf die ESL geschrieben werden. Darüber hinaus sind eine automatische Höhenverstellung für die Arbeitsplatte sowie Rollen an der Unterseite der Arbeitsstationen installiert, wodurch die Stationen flexibel in der Lernfabrik positioniert werden können (Seitz et al. 2019). Die daraus resultierenden unterschiedlichen Layoutvarianten können mithilfe einer an der Decke montierten Kamera erfasst und dokumentiert werden, die über ein netzwerkfähiges Kamera-Interface ferngesteuert wird.



Abbildung 2.4: Durchgehendes Medienraster in der IFA-Lernfabrik

Ein durchgehendes Medienraster unterstützt die flexible Anordnung und Neupositionierung aller Arbeitsstationen, indem Versorgungseinheiten mit Strom-, Druckluft- und Datenanschlüssen in fest definierten Abständen entlang der Decke installiert sind. Hierdurch ist die Medienversorgung überall in der Lernfabrik sichergestellt und verschiedene Szenarien bezüglich der Anordnung von Arbeitssystemen und Lagerstufen können ohne einen aufwändigen Umbau der Infrastruktur nachgestellt werden. Die flexible Infrastruktur ermöglicht zudem nicht nur Planspiele mit unterschiedlichen Themenbereichen und Schulungsschwerpunkten, sondern auch die Umsetzung von spezifischen Ideen und Wünschen der Teilnehmer (Quirico et al. 2017). Die Planspiele sind der praktische Bestandteil in Schulungen und Seminaren, in denen die Teilnehmer durch die Übernahme einer bestimmten Rolle einen Anwendungsfall nachstellen (Dinkelmann 2016). So können die im theoretischen Teil erlernten Methoden in einer realen Betriebsituation angewendet werden, um die Problemlösungskompetenz der Teilnehmer zu steigern (Seitz/Nyhuis 2015; Görke et al. 2017). Im Gegensatz zu herkömmlichen Planspielen wird die Lehrumgebung in der IFA-Lernfabrik wenig abstrahiert dargestellt. Die Teilnehmer können Umsetzungsentscheidungen bewusst treffen und Konsequenzen und Fehler praxisnah erfahren (Steffen et al. 2013).

Die Schaffung einer Fabrikumgebung, in der reale Situationen und Gegebenheiten aus der industriellen Praxis sehr einfach, aber so realistisch wie möglich dargestellt werden können, war eines der Ziele bei der Entwicklung der IFA-Lernfabrik.

Durch die gleichzeitige Schaffung einer hohen Datenverfügbarkeit mithilfe der beschriebenen RFID-Technologien ist es den Teilnehmern möglich, nach jeder Spielrunde gestalterische Entscheidungen basierend auf den erhobenen Betriebsdaten zu treffen (Schäfers et al. 2019b). Dafür stehen den Teilnehmern je nach Schulung z. B. flexible Konfigurationsmöglichkeiten der Produktionsplanung und -steuerung oder ein Planungstisch für fabrikplanerische Layoutentscheidungen zur Verfügung. Nach Ablauf einer weiteren Spielrunde können die Teilnehmer anschließend die Betriebsdaten erneut analysieren und reflektieren, ob die getätigten Maßnahmen den gewünschten Erfolg gebracht haben.

Der neu eingerichtete Kreativraum dient dabei als Bindeglied zwischen Theorie und Praxis. Zum einen ist er Lehrumgebung für den Theorieteil, zum anderen kann er im Anschluss der Schulungen und Lehre im Rahmen des Entscheidungsfindungsprozesses genutzt werden. Der Kreativraum unterstützt die verschiedenen Phasen der Ideenfindung, indem genügend Platz für die freie Entfaltung zur Verfügung gestellt wird. Eine sogenannte „Ideawall“ dient als technologische Unterstützung und fördert den Denkprozess der Teilnehmer, die auf der geschaffenen multimedialen Fläche digital schreiben, zeichnen oder navigieren können.

Ein weiteres Gestaltungsziel der IFA-Lernfabrik ist die Durchführung der Schulungen und Seminare zu verschiedenen Themen der Produktionslogistik im gleichen Produktionsumfeld. Je nach Schulung werden einzelne Arbeitsstationen modular hinzugefügt oder unterschiedlich konfiguriert. Es gilt allerdings ein übergreifendes Schulungskonzept auf einer gemeinsamen Produktionsfläche, bei dem das zu produzierende Produkt als verbindendes Element der einzelnen Schulungen fungiert. Über alle Schulungen hinweg nehmen die Teilnehmer die Rolle der Mitarbeiter des Hubschrauberherstellers IFAero AG ein. Das herzustellende Produkt ist ein Hubschraubermodell, das aus 14 verschiedenen Metall- und Kunststoffkomponenten inklusive Varianten besteht. Daraus resultieren insgesamt zehn verschiedene Varianten des Hubschraubers, wobei in vier volumenstarke und sechs sporadisch nachgefragte Varianten unterschieden wird. Die Produktkomplexität ist somit angemessen hoch, um bestehende Zusammenhänge zu vermitteln und dennoch ausreichend überschaubar, um den Einstieg der Lernenden in die Analyse und Gestaltung eines Produktionssystems zu ermöglichen (Seitz et al. 2019).

In Abhängigkeit der Schulung und des gewählten Aufbaus werden verschiedene Produktionsbereiche des Unternehmens betrachtet. Dazu gehören beispielsweise die zwei Szenarien Komponentenvorfertigung und Endmontage des Hubschraubers. Bei der Vorfertigung der Hubschrauberkomponenten durchlaufen die Komponenten eine unterschiedliche Anzahl an Arbeitsstationen von der CNC-Frästation, über eine Arbeitsstation mit einer Biegevorrichtung bis zu einem Beschichtungssystem sowie einer Qualitätssicherungsstation. Die im Vorferti-

gungsszenario hergestellten Komponenten werden anschließend in der Endmontage wiederaufgenommen und für die Montage des Hubschraubers verwendet. Hierfür werden sechs mobilen Arbeitsplätze zum Aufbau einer Montagelinie genutzt. Die Kombination der Szenarien und verschiedenen Konfigurationen der IFA-Lernfabrik fördern ein ganzheitliches Verständnis der produktionslogistischen Zusammenhänge in der innerbetrieblichen Lieferkette.

3. Flexibilität der Lernfabrik und Schulungen

Die Grundlage des heutigen Schulungskonzepts bildete der IFA Production-Trainer (Nyhuis/Grosse-Heitmeyer 2003). In dieser Schulung wurde dargestellt, wie sich Veränderungen durch organisatorische Maßnahmen auf ein Produktionssystem mit seinen Mitarbeitern und Betriebsmitteln auswirken. Der Fokus lag dabei auf der Vermittlung der Werkzeuge und Methoden der Lean Production und der Verdeutlichung ihrer Potenziale. Basierend auf dieser Grundlage wurde das Schulungsangebot erweitert und verändert, sodass hinter der IFA-Lernfabrik nun ein ganzheitliches Schulungskonzept steht, welches der Förderung eines ganzheitlichen Verständnisses der Gestaltung, Planung und Steuerung effizienter Produktionssysteme dient. Das übergeordnete Ziel ist den Teilnehmern sowohl das Wissen zu vermitteln als auch insbesondere die notwendige Methodenkompetenz aufzubauen, um produktionslogistische Probleme erkennen, bewerten und lösen zu können und eine bessere Erreichung der produktionslogistischen Ziele zu ermöglichen. Dies wird in dem Schulungskonzept auf unterschiedlichen Betrachtungsebenen der Gestaltung des Produktionssystems von der Fabrikplanung, über das Produktionsmanagement und der Produktions- und Arbeitsplatzgestaltung ermöglicht. Die Fabrikplanung befasst sich mit der obersten Ebene der Fabrik und untersucht die Struktur der Fabrik sowie die Beziehungen der Fabrikobjekte untereinander, zum Beispiel in Form von Materialflüssen. In der Schulung Werkzeugkasten der Fabrikplanung wird zum Beispiel ein bestehendes Layout der Lernfabrik aufgenommen, die Prozesse analysiert, Anpassungen vorgenommen und sofort umgesetzt. Ziel ist ein Fabrikkonzept, das auf den in der Phase Grundlagenermittlung erarbeiteten Ergebnisse basiert sowie den in der Phase Zielfestlegung definierten Fabrikielen bestmöglich genügt. Auf der Ebene des Produktionsmanagements werden die innerbetrieblichen Lieferketten sowie Produktionsplanungs- und Steuerungsverfahren untersucht. In der Schulung Produktionsplanung und -steuerung werden die relevanten produktionslogistischen Kennzahlen sowie ihre Verknüpfungen und Beeinflussbarkeit mittels der PPS-Konfiguration der Produktion vorgestellt. Durch die Umsetzung der einzelnen Verfahren in der Schulungsumgebung können Vorteile und Grenzen analysiert werden. In diesem Szenario wird die Produktion der IFAero AG als Werkstattfertigung in der Schulungsumgebung aufgebaut. An verschiedenen Arbeitsstationen werden einige Bauteile des Helikopters wie z. B. die Rotorblätter oder der Pilotsitz gefertigt.

Die Auswirkungen der verschiedenen Planungs- und Steuerungsverfahren auf logistische Zielgrößen wie die Durchlaufzeit oder den Bestand im Produktionssystem werden in den Spielrunden aufgezeigt und in der anschließenden Reflektion mit den Teilnehmern diskutiert. Auf der Ebene der Produktions- und Arbeitsgestaltung wird die Planung der einzelnen Arbeitssysteme des Produktionssystems vertieft und die Gestaltung sowie Implementierung effizienter Prozesse fokussiert. In der Schulung Grundlagen der Lean Production wird dabei weiterhin der Fokus auf die Arbeitssystemgestaltung nach den Prinzipien der Lean Production gelegt. Die Teilnehmer haben damit u. a. die Möglichkeit, die Probleme an Arbeitsstationen wie Montagearbeitsplätze, den Lagern und dem innerbetrieblichen Transport zu identifizieren und durch Methoden und Werkzeuge der Lean Production zu beseitigen. Des Weiteren sind auch der Produktionsablauf sowie die Verknüpfung der Arbeitssysteme durch den Material- und Informationsfluss im Fokus der Betrachtung der Optimierung des Produktionssystems. In der Schulungsumgebung ist die Aufgabe der IFAero AG die Endmontage des Helikopters. Der Betrachtungshorizont fängt bei der Belieferung mit Rohmaterial vom Lieferanten an und endet mit der wunschspezifischen Auslieferung der Helikopter an den Kunden. Die Hauptprozesse eines realen Unternehmens sind in der Schulungsumgebung in adäquater Weise vereinfacht dargestellt. In der Schulung Lean für Führungskräfte wird zusätzlich besonders auf die Hindernisse bei der Umsetzung von Veränderungsmaßnahmen eingegangen und mögliche Lösungen und Strategien dargestellt. Für Führungskräfte von Unternehmen ist es essenziell, alle betroffenen Mitarbeiter ihres Unternehmens in den Veränderungsprozess auf dem Shopfloor mit einzubeziehen, um eine hohe Zufriedenheit und Erreichung der Ziele des Unternehmens zu erreichen.

Die Schulung „Lean für Führungskräfte“ soll im weiteren Verlauf als Beispiel der Darstellung dienen. Der konzeptionelle Aufbau der Schulungen sowie die Grundgedanken sind jedoch in allen Schulungen ähnlich. Sie unterscheiden sich hauptsächlich durch den inhaltlichen Fokus und die Art der Umsetzung in der Schulungsumgebung. Die Schulungen der IFA-Lernfabrik haben den Anspruch, der Diversität der Teilnehmer gerecht zu werden und allen einen hohen Zuwachs an Wissen, besonders jedoch an Methodenkompetenz zu ermöglichen. Deshalb wird in den Schulungen ein sehr offenes Konzept bezüglich der Ausgestaltung und Durchführung verfolgt. In der Konzipierung der Schulungen wird somit das Ziel mit den inhaltlichen Unterzielen einer jeden Schulung vorgegeben und steht bei jeder Durchführung von Beginn an fest, der Weg der Erarbeitung ist dabei jedoch in einem sinnvollen Handlungsspielraum offengehalten. Die Schulung Lean für Führungskräfte besteht unter anderem aus Vorlesungsblöcken mit theoretischen Inhalten und Diskussionsrunden der Teilnehmer zur Darstellung und Identifikation von Problemen. Dem schließt sich die Auswahl und Umsetzungsplanung sowie die Umsetzung von praktischen Maßnahmen und die Erprobungsphase des neuen Systems in der Schulungsumgebung an. In den Diskussionsrunden mit und

unter den Teilnehmern wird vor allem deren theoretisches Verständnis gefördert. Durch den Austausch können Erfahrungswerte über Hindernisse oder Erfolge aus der praktischen Umsetzung in den eigenen Unternehmen analysiert und die Adaptionsfähigkeit auf andere Beispiele diskutiert werden. Für die Umsetzung der unter den Teilnehmern entstandenen Ideen ermöglicht die Schulungsumgebung durch die beschriebene Infrastruktur die notwendige Flexibilität und schränkt den Handlungsspielraum nur in geringem Maße ein. So ermöglicht die IFA-Lernfabrik die Kreativität der Teilnehmer zu fördern und Lösungen zu erarbeiten, welche in der industriellen Praxis zwar teilweise berücksichtigt, aber selten umgesetzt werden. Besonders die Umsetzung der geplanten Maßnahmen und die anschließende Erprobung des neu gestalteten Systems fördert das Verständnis der inhaltlichen Schwerpunkte der Schulung bei den Teilnehmern.

Bei der Umsetzung der Ideen stehen den Teilnehmern verschiedene Technologien zur Verfügung, mit denen die Zielerreichung erleichtert, die Umsetzung realistischer und damit verständlicher gestaltet oder weitere Anwendungsfelder der Technologien sowie Vor- und Nachteile aufgezeigt werden können. Alle Arbeitsstationen der IFA-Lernfabrik sind mit Statusampeln versehen, die in unterschiedlicher Art genutzt werden können. In der Schulung Lean für Führungskräfte werden diese zur Verdeutlichung des Arbeitssystemzustands für die Produktionssteuerung sowie zur Information des innerbetrieblichen Transports verwendet. Der Zustand „grün“ verdeutlicht, dass die Arbeitsstation und der Mitarbeiter arbeiten und damit produktiv zur Erreichung der Kundenwünsche beitragen. Der Zustand „gelb“ verdeutlicht, dass sich die Station im gestörten Zustand befindet. Sie kann also aufgrund eines Fehlers in der Verbindung zur vor- oder nachgelagerten Station nicht arbeiten. Durch die Visualisierung kann die Produktionssteuerung schnell die Störung erfassen und Gegenmaßnahmen einleiten. Der Zustand „rot“ verdeutlicht einen Materialabriss an der betroffenen Station. Der innerbetriebliche Transport kann dies durch die Visualisierung schnell aufnehmen und die Station mit dem entsprechend fehlenden Material beliefern. Die Arbeitsstationen sind des Weiteren mit verschiedenen RFID-Scannern ausgestattet, die unterschiedliche RFID-Tags auslesen und verschiedene Eingaben ermöglichen. So wird die Montagezeit des Hubschraubers an den einzelnen Stationen durch die Ein- und Ausbuchung an den Stationen aufgenommen, die Erfüllung der Montageaufgabe durch die Reihenfolgeeinhaltung der Stationen als Aufgabe der Qualitätssicherung gewährleistet und die Liegezeit der Materialien an der Station vor der Montage der Hubschrauber errechnet. Die aufgenommenen Daten werden durch ein übergeordnetes Tool zur digitalen Begleitung in der Schulungsumgebung verarbeitet und während der Spielrunden sowie im Anschluss an diese für die Auswertung auf einem Dashboard dargestellt.



Foto: Lennard Men-

Abbildung 3.1: Beispielanwendung der ESL in der Schulung Lean für Führungskräfte

Die ESL der IFA-Lernfabrik können universell in den verschiedenen Szenarien eingesetzt werden und die entsprechend benötigten Informationen darstellen. In der Schulung Lean für Führungskräfte wird zumeist, wie in Abbildung 3.1 dargestellt, die Beschreibung und Menge des Bauteils des KLT, die zu beliefernde Station und ein Barcode mit eben jenen Informationen dargestellt. Durch die Möglichkeit der Aktualisierung der ESL via Funkverbindung im Sub-GHz-Frequenzband und der kurzen Reaktionszeit der Schilder auf Änderungen ist es möglich, die Nachteile einer Kanban-Steuerung zu heben. Durch die Einführung einer dynamischen Kanban-Steuerung der Materialbereitstellung können aktuelle Bedarfsraten der Materialbereitstellung berücksichtigt werden und Bestände im Produktionssystem verringert werden. In anderen Szenarien wird zum Beispiel der Auftragsstatus, der Plan-Starttermin des Auftrags und die nachgelagerte Station für die weitere Bearbeitung des Auftrags dargestellt und bei Bedarf farblich auf dem Display hervorgehoben (Schäfers et al. 2019a).

In den verschiedenen Betrachtungsebenen in der IFA-Lernfabrik werden unterschiedliche Industrie 4.0 Technologien vorgestellt. Es werden verschiedene Einsatzmöglichkeiten, die bei der Lösung von produktionslogistischen Fragestellungen und Problemen unterstützend sind, aufgezeigt. Eines der größten Potenziale

beim Einsatz dieser Technologien besteht darin, echtzeitnahe Daten und Informationen aus den betrachteten Arbeitssystemen zu erhalten, die eine schnellere Reaktion der Steuerung ermöglichen. Des Weiteren bilden die digital aufgenommenen Daten eine größere Basis und damit eine höhere Validität für in der Gestaltung von Arbeitssystemen zu treffende Entscheidungen. Dies wird in der IFA-Lernfabrik durch verschiedene Systeme abgebildet. In der Schulungsumgebung ist ein Real Time Locating System (RTLS) implementiert, welches es ermöglicht, Produkte oder Betriebsmittel zu orten und somit Suchaufwände zu verringern. Zudem ist es möglich, Bewegungsprofile aufzunehmen und nach der Auswertung eine verschwendungsarme Anordnung der Arbeitssysteme zu planen. Außerdem lassen sich hiermit Probleme und ihre Auswirkungen im Prozess herausfinden, wenn zum Beispiel einzelne analysierte Produkte vom gewöhnlichen Materialfluss abweichen. Für die Visualisierung kann unter anderem eine Heatmap oder ein Spaghettidiagramm gewählt werden sowie eine Echtzeitdarstellung der aktuellen Position der Sender im Raum des Systems erfolgen.

Für die Aufnahme der Arbeitsbelastung können die Teilnehmer ein Motion Capture System einsetzen. Dies kann einerseits verwendet werden, um die Ausführung der Arbeitsaufgabe zu analysieren und Maßnahmen zur Verbesserung der Ergonomie abzuleiten, als auch andererseits, um umgesetzte Maßnahmen zu validieren. Durch die Ergebnisse dieser Auswertung können potenzielle Einsatzbereiche für die Mensch-Roboter Kollaboration (MRK) aufgezeigt werden, da hierdurch nicht ergonomische Arbeitsaufgaben aufgezeigt und ein MRK-Arbeitsplatz eingerichtet werden kann.



Abbildung 3.2: MRK-Roboter in der IFA-Lernfabrik

Hierfür stehen den Teilnehmern in der IFA-Lernfabrik zwei solcher Roboter zur Verfügung. Den Teilnehmern können einerseits mögliche Operationen am Hub-schrauber in der Schulungsumgebung aufgezeigt werden sowie andererseits Hemmnisse des Umgangs mit der Technologie abgebaut und damit die Mitarbeiterakzeptanz gesteigert werden. An dem Montageobjekt in der IFA-Lernfabrik bestehen durch den beschriebenen Aufbau verschiedene Operationen zum Einsatz von MRK. Auch für die Digitalisierung und Unterstützung des Kommissionier- und Bereitstellungsprozesses von Rohteilen stehen in der Schulungsumgebung Technologien der Industrie 4.0 zur Verfügung. Durch den Einsatz von Datenbrillen können den prozessbeteiligten Personen die relevanten Informationen in kompakter Form bereitgestellt und unter dem Aspekt der Lean Production Verschwendung vermieden werden.

Die vorgestellten Gestaltungsmöglichkeiten der IFA-Lernfabrik ermöglichen es den Teilnehmern, die Schulungsumgebung sehr individuell nach ihren Vorstellungen und Ideen umzugestalten. Auch den Dozenten wird durch die Schulungsumgebung die Möglichkeit gegeben, individuell auf die Bedürfnisse der Teilnehmer

einzugehen und die Teilnehmer bei der Transformation der groben Idee einer Umsetzung hin zu einer konkreten Ausgestaltung zu unterstützen. Durch das Erleben dieses Prozesses in den Schulungen werden die Teilnehmer befähigt, die inhaltlichen Grundlagen zu begreifen und die individuelle Ausgestaltung auf die unternehmensspezifischen Anforderungen vorzunehmen. Das Schulungskonzept sowie die Umgebung der IFA-Lernfabrik wird damit der Anforderung gerecht nicht nur Wissen zu vermitteln, sondern auch Methodenkompetenzen im Bereich der Produktionslogistik aufzubauen.

Ein Teil des Schulungskonzepts der IFA-Lernfabrik ist in Form von Expertenschulungen ein Bestandteil des Kompetenzzentrums 4.0 Hannover und somit der Bundesinitiative Mittelstand-Digital des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Durch die angebotenen Schulungen ist es kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) möglich, die Einsatzpotenziale von Technologien der Industrie 4.0 zu erfahren und zu begreifen und damit auch zukünftig wettbewerbsfähig zu sein. Des Weiteren ist die vorgestellte Schulung Lean für Führungskräfte seit 2013 integraler Bestandteil des Traineeprogramms eines norddeutschen Medizintechnikherstellers. Durch diese Kooperation werden die zukünftigen Fach- und Führungskräfte der Produktion und Logistik befähigt, den stetig neuen Herausforderungen erfolgreich zu begegnen und das Produktionssystem zukunftsfähig zu gestalten.

Literatur

- Abele, E. et al. (2007): Mitarbeiterqualifikation in einer realen Produktionsumgebung. In: ZWF 102 (11), S. 741–745. DOI: 10.3139/104.101211.
- Abele, E. et al. (Hg.) (2019): Learning Factories. Concepts, Guidelines, Best-Practice Examples. Cham: Springer International Publishing. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-92261-4>.
- Abele, E. et al. (2010): Kompetenzentwicklung in Lernfabriken für die Produktion. In: ZWF 105 (10), S. 909–913. DOI: 10.3139/104.110415.
- Dahm, M. H./Thode, S. (2019): Strategie und Transformation im digitalen Zeitalter. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Dinkelmann, M. (2016): Methode zur Unterstützung der Mitarbeiterpartizipation im Change Management der variantenreichen Serienproduktion durch Lernfabriken. Dissertation. Universität Stuttgart, Stuttgart, zuletzt geprüft am 05.06.2019.
- Görke, M. et al. (2017): Employee Qualification by Digital Learning Games. In: Procedia Manufacturing 9, S. 229–237. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.04.040.
- Nyhuis, P./Grosse-Heitmeyer, V. (2003): The IFA-Production Trainer. A Full Scale Training System for Assembly Workers. In: Holger Luczak und Klaus J. Zink (Hg.): Human factors in organizational design and management – VII. Re-designing work and macroergonomics – future perspectives and

- challenges ; proceedings of the Seventh International Symposium on Human Factors in Organizational Design and Management held in Aachen, Germany, October 1-2, 2003. 1. ed. Santa Monica, Calif., Aachen: IEA Press; Mainz, S. 605–610.
- Quirico, M. et al. (2017): Production Controlling In The Age of Digitalization. A Learning Factory Concept For Interactive Education. In: 2017 IACB, 2017 ICE & 2017 ICTE Proceedings, 310-1 - 310-8.
- Rosenstiel, L. von (2018): Weiterbildung von Führungskräften. In: Handbuch Erwachsenenbildung/Weiterbildung, S. 1345–1361.
- Schäfers, P. et al. (2019a): Digital Production Order Processing Support System Using Real Time Data. In: Dimiter Dimitrov, Devon Hagedorn-Hansen und Konrad von Leipzig (Hg.): International Conference on Competitive Manufacturing (COMA 19) Proceedings, Bd. 2019, S. 28–34.
- Schäfers, P. et al. (2019b): Integrated Concept for Acquisition and Utilization of Production Feedback Data to Support Production Planning and Control in the Age of Digitalization. In: Procedia Manufacturing 31, S. 225–231. DOI: 10.1016/j.promfg.2019.03.036.
- Schmidt, M. et al. (2017): Potenziale der Digitalisierung für die Aufgaben der PPS. In: Gunther Reinhart (Hg.): Handbuch Industrie 4.0. Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. München: Hanser, S. 34–45.
- Seitz, K.-F./Nyhuis, P. (2015): Cyber-Physical Production Systems Combined with Logistic Models – A Learning Factory Concept for an Improved Production Planning and Control. In: Procedia CIRP 32, S. 92–97. DOI: 10.1016/j.procir.2015.02.220.
- Seitz, M. et al. (2019): Best Practice Example 10: IFA-Learning Factory at IFA, Leibniz University Hannover, Germany. In: Eberhard Abele, Joachim Metternich und Michael Tisch (Hg.): Learning Factories. Concepts, Guidelines, Best-Practice Examples. Cham: Springer International Publishing, S. 371–374.
- Seyda, S. et al. (2018): Weiterbildung 4.0 – Digitalisierung als Treiber und Innovator betrieblicher Weiterbildung. In: IW-Trends – Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung 45 (1), S. 107–123.
- Seyda, S./Placke, B. (2017): Die neunte IW-Weiterbildungserhebung. Kosten und Nutzen betrieblicher Weiterbildung. In: IW-Trends – Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung 44 (4), S. 1–19.
- Statistisches Bundesamt (2019): Ausführliche Ergebnisse zur Wirtschaftsleistung im 1. Quartal 2019. Pressemitteilung Nr. 196 vom 23. Mai 2019. Wiesbaden.
- Steffen, M. et al. (2013): Vielfalt Lernfabrik. Morphologie zu Betreibern, Zielgruppen und Ausstattungen von Lernfabriken im Industrial Engineering. In: wt Werkstattstechnik online, zuletzt geprüft am 05.06.2019.

Agilität und Diversität bei der Einbindung von Freiwilligen in die Organisation von Katastrophenschutzmaßnahmen

Martin Schmauder, Kerstin Lehmann

1. Ausgangssituation und Zielsetzung

Aus der Tatsache heraus, dass extreme Niederschläge immer häufiger zu erwarten sind (Bernhofer et al. 2011), ist es notwendig, die Strukturen des Bevölkerungsschutzes an die zunehmende Zahl von Extremwetterereignissen anzupassen. Wichtig ist, dass alle Einsatzkräfte schnell und zielgerichtet zusammenarbeiten. Analyseergebnisse des Deutschen Komitees für Katastrophenvorsorge belegen, dass nach wie vor Bedarf insbesondere in der Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen professionellen und freiwilligen Einsatzkräften sowie der Einbindung freiwilliger Helfer und des Dialogs mit potenziell Betroffenen besteht (Thieken 2015). Erschwerend kommt hinzu, dass die Mitgliedszahlen im Hilfeleistungssystem seit Jahren rückläufig sind und die Einsatzkräfte bei größeren und insbesondere längeren Schadenslagen auch an ihre körperlichen Grenzen stoßen können. Daher sind flexible Aufbau- und Ablauforganisationsformen z. B. analog produzierender Organisationen notwendig, die diesen Anforderungen gerecht werden. In dem vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) geförderten Vorhaben „VEREINT – Kooperativ organisierter Bevölkerungsschutz bei extremen Wetterlagen“ (FKZ: 3DAS099, Laufzeit:12/2016-11/2019) werden folgende Handlungsfelder durch die TU Dresden aufgegriffen:

- Monitoring der Wetterlage mit dem Ziel, Warnungen vor lokal auftretenden Starkregen-/Sturzfluten zu präzisieren,
- Konzeption einer organisationsübergreifenden Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Katastrophenschutzeinheiten und
- Integration ungebundener Helfer in die Katastrophenabwehr und -bewältigung.

Der vorliegende Beitrag widmet sich dem Schwerpunkt der Integration von ungebundenen Helfern in die Katastrophenabwehr und -bewältigung. Für die Modellkommune Glashütte wird im Rahmen des Vorhabens ein pilothaftes Konzept zur Anpassung von Arbeits- und Organisationsabläufen des Bevölkerungsschutzes an

den Klimawandel, insbesondere für akut und lokal auftretende Starkregen-/Sturzfluten und daraus erwachsende Hochwasserereignisse in kleinen Einzugsgebieten, entwickelt und erprobt.

2. Strukturen in der Modellregion

Die Stadt Glashütte ist eine Kommune mit 16 Ortsteilen im Landkreis Sächsische Schweiz-Osterzgebirge. Auf einer Fläche von 95,56 km² leben ca. 7.000 Einwohner. Zehn Ortswehren bilden die Freiwillige Feuerwehr (FFW) Glashütte, die mit ca. 200 aktiven ehrenamtlichen Einsatzkräften auch die Gefahrenabwehr bei Hochwasser- und Starkregenereignissen zur Aufgabe hat. Unterstützt wird die Struktur durch eine im Jahr 2016 installierte ortsfeste Befehlsstelle.

In der ländlichen Region müssen die Einsatzkräfte oft weite Wege bis zum Ereignisort zurücklegen. Die Gewässerquellen liegen meist auf den Hochebenen der Gebirgsregion und fließen teilweise durch steile und tief eingeschnittene Täler ab. Glashütte hat mit 124 km Fließgewässer einen sehr hohen Anteil in ihrer Verantwortung. Starkregenereignisse treten oft kleinräumig, schnell und kurz auf, welche die Einsatzplanung der Feuerwehr erschweren (Grundmann et al. 2018).

Hinzu kommt, dass die Ehrenamtlichen aufgrund vom Wohnort abweichenden Arbeitsorten tagsüber selten verfügbar sind. Für die Sicherung der Tageseinsatzbereitschaft steht deshalb der Bauhof der Stadt Glashütte zur Verfügung. Alle Bauhof Beschäftigten sind Mitglieder der FFW und verfügen über eine entsprechende Ausbildung. Professionelle Strukturen existieren nicht. Im Landkreis bestehen Katastrophenschutzzüge der Feuerwehren, des Technischen Hilfswerks und privater Hilfsorganisationen, die im Katastrophenfall zum Einsatz kommen können. Im Bedarfsfall müssen unterschiedliche Organisationen mit vorher nicht bekannten Personalzusammensetzungen zielgerichtet zusammenarbeiten.

3. Definition und Aufgabenabgrenzung für ungebundene Helfer

Nicht mit allen – oft spontan mitwirkungswilligen – Freiwilligen kann im Ernstfall zielgerichtete Arbeit geleistet werden. Als ungebundene Helferinnen und Helfer werden Personen bezeichnet, die keiner Behörde und/oder Organisation mit Sicherheitsaufgaben (BOS) angehören, sondern sich freiwillig bereiterklären in Not-situationen insbesondere bei Hochwassern und Starkregen zu helfen. Die Helfertätigkeiten erfolgen unentgeltlich und gemeinwohlorientiert und die ungebundenen Helfer werden in Absprache mit dem Arbeitgeber für ihren Einsatz freigestellt. Im Idealfall sind die ungebundenen Helfer bereits im Vorfeld mit ihren Kompetenzen und Fähigkeiten erfasst, sodass sie gezielt und organisiert eingesetzt werden können. Die Möglichkeit, sich nicht zwingend an eine Mitgliedschaft binden zu müssen, sondern unverbindlich einer ehrenamtlichen Tätigkeit nachzugehen, begünstigt die Entscheidung als ungebundener Helfer aktiv zu werden. Als

potenzielle ungebundene Helfer kommen Bürger, Vereinsmitglieder, Auszubildende und Schüler, aber auch Belegschaften aus Unternehmen in Frage. Grundsätzlich kann jeder, unabhängig von Alter und Ausbildung, als ungebundener Helfer tätig werden, wenn er körperlich und geistig in der Lage ist. Für diese Personengruppe muss eine agile Organisationsform erarbeitet werden, die im Ereignisfall zuverlässig funktioniert. Ungebundene Helfer grenzen sich somit von sogenannten Spontan Helfern ab.

Die erste Aufgabe für die Einbindung ungebundener Helfer in die Strukturen des Katastrophenschutzes bestand darin, geeignete Tätigkeiten für die ungebundenen Helfer zu definieren. Dazu erfolgte mittels einer Literaturrecherche die Suche nach Lösungen bei ähnlichen Problemstellungen.

Im Ergebnis der Literaturrecherche entstand eine Aufgabenliste, die von den Einsatzkräften der FFW der Stadt Glashütte innerhalb einer umfangreichen Befragung bewertet wurde. Dazu fanden von November bis Dezember 2017 halbstandardisierte Interviews mit jeweils zwei Einsatzkräften der 10 Ortswehren statt. Es nahmen jeweils ein Wehrleiter und eine von ihm benannte Einsatzkraft teil. Die Ergebnisse dieser Befragung sind in Abbildung 1 zusammengefasst.

Ziel dabei war, die Einsatzkräfte für die Integration ungebundener Helfer zu sensibilisieren. Dabei wurde eingangs ein Beispielszenario vorgelegt und die „Stimmungslage“ für eine Zusammenarbeit abgefragt. Die Bereitschaft der Einsatzkräfte ungebundene Helfer einzubinden muss vorhanden sein. Danach stuften die Einsatzkräfte die vordefinierten Aufgaben mit Zustimmung oder Ablehnung ein.

Bei allen Interviewten bestand Einigkeit in der Übertragung von Aufräumarbeiten und Sandsackfüllen an ungebundene Helfer. Hingegen wird es nur von fünf Ortswehrleitern als möglich erachtet, dass ungebundene Helfer auch den Sandsackrückbau übernehmen können, weil durch die Kontaminierung des Materials das Tragen besonderer Schutzausrüstung erforderlich ist. Einsatzkräfte und Ortswehrleiter waren sich bis auf eine Ausnahme einig, dass Aufgaben wie Reparaturarbeiten, Bedürfnisse der Betroffenen entgegennehmen und Einsatzkräfte mit Lebensmitteln versorgen, übertragbare Aufgaben sind.

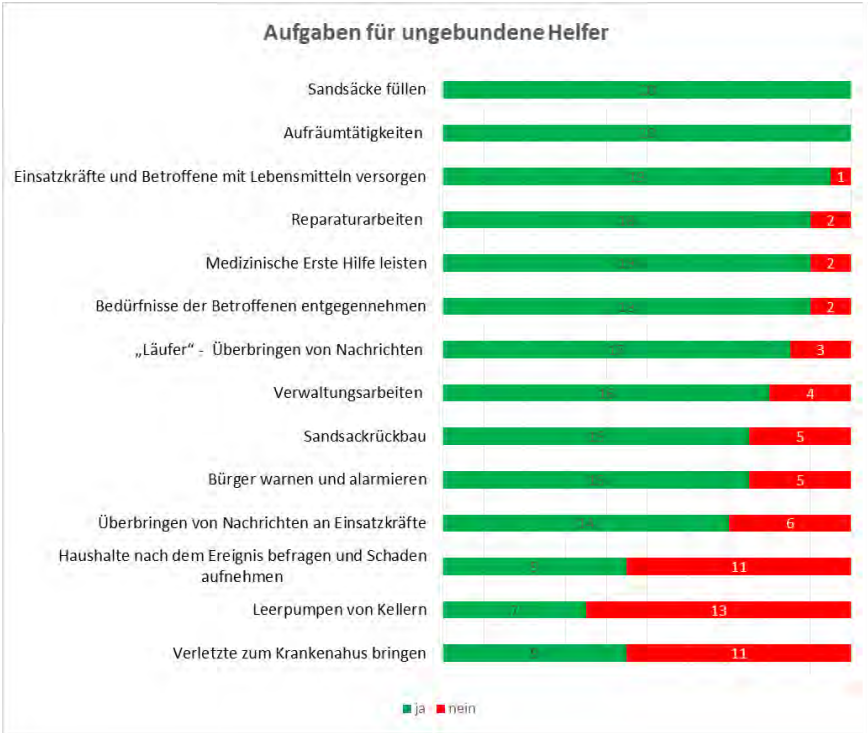


Abbildung 1: Aufgabenspektrum für ungebundene Helfer

Alle anderen Aufgaben sind aus Sicht der Befragten nicht uneingeschränkt möglich. Aufgaben, wie das Leerpumpen von Kellern, Verletzte zum Krankenhaus bringen und Haushalte nach dem Ereignisverlauf zu befragen, wurden zwar in unterschiedlichen Rangfolgen aber von allen Einsatzkräften als die drei Aufgaben herausgearbeitet, die eher ungeeignet für ungebundene Helfer sind, da hierfür fachspezifische Qualifikationen notwendig sind.

Die genannten Aufgaben gehören nicht alle in den Tätigkeitsbereich der FFW. Die Zuständigkeiten der einzelnen Fachdienste wie z. B. Feuerwehr und Rettungsdienst überschneiden sich. Betreuungsleistungen und Verletzte zum Krankenhaus bringen gehören zum Tätigkeitsfeld des Rettungsdienstes. Aber im Katastrophenfall müssen alle Einheiten miteinander kooperieren.

Durch das Konsortium der Stadtwehrleitung, dem drei Wehrleiter der Ortswehren angehören, wurden schließlich folgende Aufgaben in das Spektrum der ungebundene Helfer aufgenommen.

Tätigkeiten bei Hochwasserereignissen	Beispiele
1. Sandsäcke bereitstellen	Sandsäcke füllen und stapeln
2. Aufräumarbeiten durchführen	Beseitigen von Schlamm, Sandsäcke entfernen
3. Reparaturarbeiten durchführen bzw. Provisorien errichten	Mit Treibgut blockierte Zugänge instandsetzen, Einrichten von Behelfszugängen zum Grundstück bzw. Hauseingang
4. Nachrichten überbringen	Im Auftrag der Einsatzkräfte Warnmeldungen an Bürger übermitteln
5. Betreuungsaufgaben übernehmen	In Notsituationen sich um hilfsbedürftige Personen (Ältere, Schwangere, Kinder, Kranke) kümmern
6. Einsatzkräfte u. Betroffene m. Lebensmitteln versorgen	Austeilen von Mahlzeiten, Verteilen von Lebensmitteln, Getränken u./o. Mahlzeiten
7. Fahrdienste ausführen	Fahrdienste allgemeiner Art übernehmen z. B. Abtransport von Schutt und Schlamm
8. Bedürfnisse der Betroffenen entgegennehmen	Hilfsgesuche von Bürgern entgegennehmen und an die vorortverantwortliche Einsatzkraft weiterleiten

Tabelle 1: Definierte Aufgaben mit unteretzten Beispielen für ungebundene Helfer

Grundsätzlich kann die Aufgabe der ungebundenen Helfer darin bestehen, die Einsatzkräfte bei der Erfüllung ihrer gesetzlichen Aufgaben wie z. B. Füllen und Stapeln von Sandsäcken, und Aufräumarbeiten wie z. B. Auspumpen von Gebäuden und Reinigen von Verkehrsflächen zu unterstützen (siehe Tabelle 1, Aufgaben 1 bis 2). Hinzukommen können Aufgaben (siehe Tabelle 1, Aufgaben 3 bis 8), die nicht mehr zum Pflichtbereich der Feuerwehr gehören.

Für jede in Tabelle 1 genannte Tätigkeit wurde ein Steckbrief analog der aus der Arbeitsorganisation bekannten Tätigkeitsbeschreibung erarbeitet. Als Beispiel hierfür wird diese für die Aufgabe „Aufräumarbeiten“ nachfolgend gezeigt.

Steckbrief für den Einsatz ungebundener Helfer

Tätigkeit**Aufräumarbeiten****Inhalt**

- Beseitigen von Schlamm auf Verkehrsflächen, Gehwegen und in Gebäuden,
- Verwenden von Hilfsmitteln wie z. B. Schaufel oder Einsatz von Fahrzeugen wie z. B. Traktoren
- Auspumpen von Kellern (öffentliche Gebäude und Privathäuser) im Beisein einer Einsatzkraft
- Sicherung von Sachwerten, z. B. Fahrzeuge, Technik
- Reinigen von Räumen in öffentlichen Gebäuden und deren Inventar
 - Sandsäcke entfernen

Ausrüstung

- geeignete Kleidung (Handschuhe und Gummistiefel)
- eigene Hilfsmittel / Werkzeuge wie z. B. Schaufel, Besen und Schubkarre bereitstellen

Mindestanforderungen

- Führerschein für die eingesetzten Fahrzeuge
- beim Einsatz von Technik entsprechende Zertifikate besitzen und Schutzausrüstung tragen, z. B. für Motorkettensägearbeiten

Beispielfoto

Abbildung 2: Beispielsteckbrief für Aufräumarbeiten (Foto: <https://p5.focus.de/img/fo-tos/origs3073183/9453885221-w630-h413-o-q75-p5/Hochwasser-Aufr-E4umarbeiten.jpg>)

4. Einbindung von ungebundenen Helfern in gefestigte Strukturen des Katastrophenschutzes

Für die Integration ungebundener Helfer ist ein dynamisches Organisationskonzept notwendig, das zur Einsatzkräftestruktur und der Spezifika des ländlichen Raumes kompatibel ist. Die potenziellen Helfer kommen mit unterschiedlichen

Kompetenzen/Fähigkeiten, beruflichen Hintergründen und Motivationen, um die Einsatzkräfte in Großschadenslagen zu unterstützen. Es ist damit seitens des Angebots eine große Diversität und seitens des Bedarfs eine große Flexibilität vorhanden. Um für diese Herausforderungen eine geeignete Lösung zu finden, wurde eine Poollösung in Form eines Helferpools entwickelt.

4.1. Organisationskonzept und Funktionsweise des Helferpools

Der Helferpool ist eine einfach strukturierte Datenbank, in der alle relevanten Informationen über die verfügbaren ungebundenen Helfer enthalten sind. Für die Strukturierung des Helferpools wurde die Methode des morphologischen Kastens angewandt. D. h. für alle erforderlichen Kriterien wurden mögliche Lösungsvarianten im Forscherteam ausgearbeitet und durch das Konsortium der Stadtwehrlleitung definiert.

Für welche Naturereignisse soll der Helferpool funktionieren?		
Hochwasser	Sturm	Schneemassen
Für welches Einsatzszenario soll der Helferpool zum Einsatz kommen?		
ein Ort betroffen	mehrere Orte betroffen	Großschadenslage
Zu welchem Zeitpunkt sollen die ungebundenen Helfer eingebunden werden?		
vor dem Ereignis	während des Ereignisses	nach dem Ereignis
Aus welchem Umkreis sollen die ungebundenen Helfer kommen?		
aus dem Ort	aus den Nachbarorten	aus der Kommune
Wie erfolgt die Alarmierung der ungebundenen Helfer?		
Alarmruf	WhatsApp	SMS
Wer ist für die ungebundenen Helfer im Einsatz zuständig?		
Einsatzleiter	Freiwilligenkoordinator	Einsatzkraft-Vorort
Wer ist für die Organisation/Pflege des Helferpools außerhalb der Einsätze verantwortlich?		
Stadtverwaltung	Feuerwehr	ausgewählter ungebundener Helfer
Welche Grundausrüstung benötigen die ungebundenen Helfer?		
Gummistiefel/ Handschuhe	Weste mit Helferaufschrift	Besen/Schaufel/ Schubkarre

Tabelle 2: Morphologischer Kasten zur Auslegung des Helferpools

Die grünen Felder markieren die ausgewählte Lösungsvariante für den exemplarisch entwickelten Helferpool. Bei der Berücksichtigung weiterer Naturereignisse können andere Zusammensetzungen entstehen.

Der Helferpool kommt zum Einsatz, wenn eine Großschadenslage (große Fläche, viele Betroffene) vorliegt und die ortsfeste Befehlsstelle¹ in Betrieb genommen wird (siehe Abbildung 3).

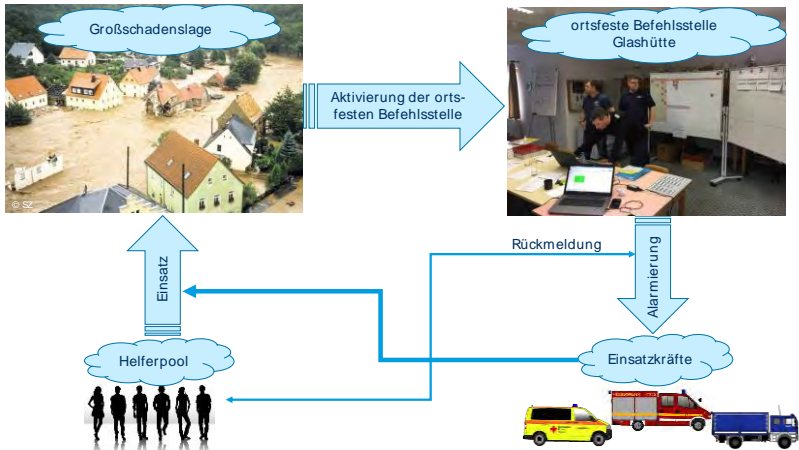


Abbildung 3: Einsatzszenario mit ungebundenen Helfern

Im Bedarfsfall werden die ungebundenen Helfer durch die ortsfeste Befehlsstelle in Glashütte alarmiert. Die örtliche Einsatzleitung stellt fest, welches Anforderungsprofil zutrifft und prüft, welche Kompetenzen, d.h. Helferprofile, benötigt werden. Daraufhin wird in Abhängigkeit der Einsatzlage an alle oder ausgewählte ungebundener Helfer eine SMS mit Einsatzort und Einsatzzeit gesendet. Wer zur Verfügung steht, meldet sich als einsatzbereit zurück und begibt sich zum Einsatzort. Die Rückmeldung ist für die Personalplanung, die Versorgung, den Transport und die bereitzustellende Technik zwingend erforderlich. Ist der Einsatz beendet erfolgt auch aus versicherungstechnischen Gründen eine Rückmeldung an die örtliche Einsatzleitung. Einsatzzeit und -ort werden im Einsatzprotokoll dokumentiert.

¹ Eine ortsfeste Befehlsstelle übernimmt gemeindeübergreifende Aufgaben bei der Bewältigung von Schadenslagen. Sie wird grundsätzlich von dem Führungspersonal der Gemeindefeuerwehren besetzt. Die einzunehmende Führungsstruktur wird ereignisbezogen festgelegt (Landratsamt Pirna 2015).

Der Bedarfsfall spezifiziert sich, wenn mindestens eine der folgenden Bedingungen vorliegt:

- großflächige und langfristige Einsatzlage,
- die Einsatzkräfte sind vollständig zur Abarbeitung der Einsätze gebunden,
- der örtlichen Einsatzleitung liegen Hilfsanfragen aus der Bevölkerung vor, die durch die FFW nicht abgearbeitet werden können,
- die Bürger können die anstehenden Aufgaben (keine Pflichtaufgaben seitens der FFW) ohne fremde Hilfe nicht abarbeiten und
- der Einsatzleiter/ortsfeste Befehlsstelle entscheidet, ungebundene Helfer einzusetzen.

Für die Einsätze steht bei den Ortswehren in jedem Ortsteil die notwendige Ausrüstung bereit. Passende Kleidung und geeignetes Schuhwerk gehören zur Mindestausrüstung und müssen von jedem ungebundenen Helfer mitgebracht werden. Eine Warnweste, mit der die ungebundenen Helfer sofort als solche identifiziert werden, wird durch die Stadtverwaltung bereitgestellt.

Um die geschulten ungebundenen Helfer von Spontanhelfern unterscheiden zu können, beinhaltet die Konzeption des Helferpools auch einen sogen. Helferpass. An der Einsatzstelle müssen sich die ungebundenen Helfer durch diesen ausweisen. Das Chipkartenformat erleichtert die Mitführung.



Abbildung 4: Helferpass (Vorder- und Rückseite)

Die Identifizierung ist auch notwendig, damit die verantwortliche Einsatzkraft vor Ort den Betreuungsaufwand einschätzen kann. Spontanhelfer benötigen einen höheren Betreuungs- und Organisationsaufwand als ungebundene Helfer.

Weitere Hilfsmittel wie Schaufeln, Besen, Schubkarren lagern zentral in den Gerätehäusern und werden von der Ortswehr ausgegeben. Private Hilfsmittel ergänzen den zentralen Bestand. Privat eingesetzte Hilfsmittel und Werkzeuge, die im Einsatz zu Schaden gekommen oder verschlissen sind (z. B. Kette der Motorkettensäge), werden in Abstimmung mit der Stadtverwaltung ersetzt.

Die ungebundenen Helfer sind bei ihrem Einsatz durch die Erfassung im Helferpool unfallversichert und über den Kommunalen Schadensausgleich haftpflichtversichert. Es wird damit nachgewiesen, dass die Helfer im öffentlichen Auftrag ehrenamtlich tätig sind.

Vorhandenes Fachwissen beim Bewältigen von Hochwasser und Starkregen ist keine Voraussetzung. Aber es ist vorteilhaft, wenn die ungebundenen Helfer spezielles Fachwissen mitbringen, damit sie anfallende Aufgaben bewältigen können. Allerdings bietet die Helfertätigkeit auch die Möglichkeit, vorab bestimmtes Basiswissen wie Erste Hilfe Ausbildung aufzufrischen.

Als Anerkennung für ihren Einsatz bietet die Stadt die Möglichkeit, einer kostenfreien bzw. kostengünstigen Teilnahme an Weiterbildungsmaßnahmen im Zusammenhang mit Hochwasserschutzthemen und Vorsorgemaßnahmen. Als Beispiel seien hier Ersthelferkurse, Infos zu Änderungen der Straßenverkehrsordnung oder Besichtigungen und Besuche von BOS-Einheiten genannt. Grundsätzlich beschäftigt sich der Stadtrat einmal jährlich mit der Thematik. Dazu werden die zurückliegenden Ereignisse und Veranstaltungen statistisch aufbereitet.

Damit der Helferpool auch bei wenigen Einsätzen im Jahr arbeitsfähig bleibt, ist in der Konzeption mindestens eine jährliche Fortbildungs- und Motivationsveranstaltung unter Leitung der Stadtwehr enthalten.

4.2. Ansprache- und Motivationskonzept zur Gewinnung von ungebundenen Helfern

Die klassischen Motivationsmodelle der Arbeitsorganisation wie die Bedürfnispyramide nach Maslow oder die Herzbergsche Zwei-Faktoren-Theorie greifen für die ehrenamtliche Hilfeleistungen nicht, da es sich nicht um klassische Erwerbsarbeit handelt. Für die Zielgruppenansprache ist eher die Theorie des überlegten Handelns und des geplanten Verhaltens nach Ajzen (vgl. Jonas 2014) geeignet. Das Verhalten eines Menschen wird demnach von drei Faktoren beeinflusst. Erstens, ob die Person glaubt, dass es gut oder schlecht ist, sich für eine Sache einzusetzen. Zweitens spielt es eine Rolle, wie die Anderen das eigene Verhalten beurteilen und Drittens, ob die Person es sich selbst auch zutraut und fähig ist, das erwartete Verhalten umzusetzen.

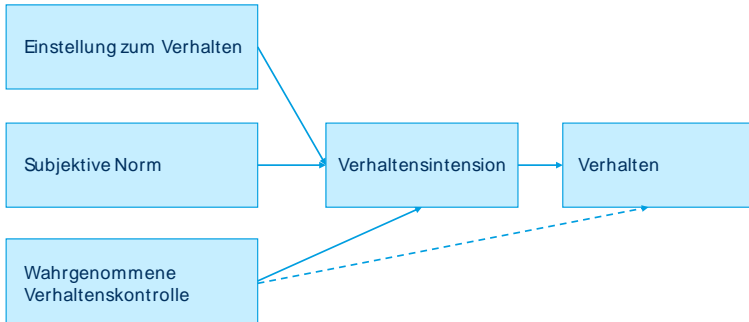


Abbildung 5: Theorie des überlegten Handelns und des geplanten Verhaltens (Jonas, 2014)

Ergänzend sind motivierende Faktoren bekannt, die im Rahmen einer Befragung von Spontanhelfern ermittelt wurden (Fathi et al. 2015). Dabei stellte es sich heraus, dass vor allem die inneren Wertvorstellungen eine Person veranlassen, bei einer Katastrophe zu helfen. D.h. für hilfsbereite Menschen ist es ein Bedürfnis anderen in Not zu helfen. Auch der Gemeinschaftssinn wirkt motivierend. Beispielsweise können Mitglieder eines Vereins, die schon aktiv helfen andere Mitglieder anregen ebenfalls zu helfen. Auch die enge Verbundenheit zur Stadt wirkt sich in Kleinstädten besonders begünstigend auf Hilfsbereitschaft aus. Aber auch das Kundtun von konkreten Bedarfen kann motivierend wirken, indem man Menschen direkt auf Hilfe anspricht (Fathi et al. 2015).

Die beschriebene Theorie und die Befragungsergebnisse wurden aufgegriffen und ein Konzept zur Bürgeransprache mit dem Ziel der Helfergewinnung ausgearbeitet und umgesetzt. Kernelement der Helfergewinnung ist die Durchführung eines ortsspezifischen Hochwasservorsorgetages. Aufgrund der bereits zahlreich eingetretenen Starkregenereignisse kann davon ausgegangen werden, dass ein Katastrophenbewusstsein bei den Bürgerinnen und Bürgern in der Pilotregion bereits vorhanden ist.

Ziel ist es, die ortsansässigen Akteure (Freiwillige Feuerwehr, Ortschaftsrat, Stadtwehrleitung, Stadtverwaltung, Vereine, ortsansässige Betriebe) von der Idee des Helferpools zu überzeugen, um diese als Multiplikatoren für die weitere Helferakquise zu gewinnen. Bei Multiplikatoren aus Vereinen ist oft die grundsätzliche Bereitschaft zu helfen bzw. ein bereits ausgeführtes Ehrenamt, begünstigend für die Zielgruppenansprache. Das Ansprachekonzept gliedert sich in drei Phasen Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung.

Um möglichst eine große Masse der Bürgerinnen und Bürger zu erreichen, wurde eine Abendveranstaltung konzipiert. Mit einer umfassenden Werbekampagne wurde die Veranstaltung beworben. Dazu wurden folgende Medien genutzt.

Artikel im Amtsblatt	SocialMedia Kanäle der FFW und der Vereine	Website der Gemeinde und des Projektes
Persönliche Ansprache durch Multiplikatoren	Helferflyer in Kurz- und Langform	Plakatierung in der Gemeinde, z. B. A1-Plakate an den Lichtmasten
A3/A4-Aushänge an den Infotafeln innerhalb der Ortschaften und in öffentlich zugänglichen Gebäuden, Vereinshäusern, Arztpraxen	Regionale Presse/Radiosender	Einbeziehen von örtlichen Unternehmen – Informationsaushänge für die Belegschaften
3 Videoclips mit Helfer-Personas	Postkarte als Einladung	Eintrag in regionale Veranstaltungskalender

Tabelle 3: Werbekampagne

- Um alle Haushalte individuell zu informieren, wurden Postkarten als Medium für die Einladung zum Hochwasservorsorgetag entworfen. Folgende zwei Postkartenmotive wurden ausgewählt:



Abbildung 6: Postkartenmotive

- Das Postkartenlayout wurde als Wiedererkennungswert in alle Öffentlichkeitsmaterialien integriert.
- Unterstützend zur Helferkampagne wurden drei Helferpersonas erarbeitet, deren Charaktere und Motive sehr unterschiedlich sind, aber sich alle drei als Helfer bereiterklärt haben. Für jede Persona wurde ein Steckbrief erstellt. Dieser bildet die Grundlage für einen Videoclip, in dem mit einfachen stilistischen Mitteln das Anliegen an die Bevölkerung herangetragen wird. Die Helfervideos wurden sowohl in die Hochwasservorsorgetage einbezogen als auch über SocialMedia-Kanäle und Webseiten der Stadt sowie der FFW beworben.

- Um eine attraktive Veranstaltung zu erhalten, wurden Betroffenenberichte und die Technik zur Hochwasserbewältigung vorgestellt. Weiterhin wurde das Konzept des Helferpools mit seinen Randbedingungen vorgestellt. Mittels „Mit-Mach-Aktionen“ wie z. B. Füllen von Sandsäcken wurde ein Praxisanteil integriert.

4.3. Bildung des Helferpools

Mittels des konzipierten Veranstaltungsformates konnten bislang 34 ungebundene Helfer, darunter 28 Männer und 6 Frauen registriert werden. Die Akquise ist sehr zeitintensiv und es hat sich gezeigt, dass die Helfergewinnung auch vom Engagement der verantwortlichen Multiplikatoren abhängt. Die Auswertung der demografischen Daten zeigt, dass das durchschnittliche Helferalter 47 Jahre beträgt.

Um die ungebundenen Helfer gezielt einsetzen zu können, ist es notwendig, ihre Kompetenzen zu kennen, ihre Kontaktdaten festzuhalten, berufliche Qualifikationen zu dokumentieren, einsatzfähige Technik zu erfassen, zeitliche und örtliche Verfügbarkeiten aufzunehmen und die ausführbaren Helfertätigkeiten zu dokumentieren. Die einzelnen Helferprofile wurden gemeinsam mit den ungebundenen Helfern in einem ersten HelferTreffen mittels eines Datenerfassungsformulars dokumentiert.



Abbildung 7: Erstes HelferTreffen (© Judith Schache, TU Dresden)

Die Helferprofile wurden durch einen Bearbeiter der Stadtverwaltung in eine bereits existierende Datenbank zur Verwaltung der Einsatzkräfte übertragen. Der Helferpool ist organisatorisch der Stadtwehrleitung und administrativ der Stadtverwaltung zugeordnet.

Ebenso liegt eine Erklärung seitens der ungebundenen Helfer vor, in der die Bereitschaft zur Mitwirkung im Helferpool und das Einverständnis zur Datenübernahme in eine Datenbank erklärt wird. Die Zuordnung von Aufgaben und ungebundenen Helfern kann nun in Abhängigkeit des Ereignisses schnell durch die Feuerwehr erfolgen.

Bei dem HelferTreffen trafen erstmals alle Bürger zusammen, die sich als ungebundene Helfer bereiterklärt haben. Deshalb wurde eine Vorstellungsrunde genutzt, um sich gegenseitig näher kennenzulernen und auch zu erfahren, warum sie sich dazu entschieden haben. Zwei ausgewählte O-Töne belegen die eingangsbeschriebenen Motivationsfaktoren: „Wenn jemand in Not ist, dann helfe ich und frage nicht erst. Hier bekommt man eine entsprechende Anleitung.“, „Ich helfe, um das Dorf zusammenzuhalten. Wenn es einen Notfall gibt, dann hilft jeder jedem. Wenn man dazu noch Anweisungen bekommt, wie man das am besten und schnellsten löst, ist das optimal.“ (HelferTreffen 2019)

5. Qualifizierungsbedarf und -maßnahmen

Die Herausforderung bei der Zusammenarbeit zwischen ungebundenen Helfern und ausgebildeten Einsatzkräften besteht darin, das punktuelle ereignisbezogene Engagement der Bürger mit den gefestigten Strukturen zu verknüpfen, die eher auf langfristiges Engagement und klare Befehlsketten ausgelegt sind. Für eine reibungsarme Zusammenarbeit sind deshalb von beiden Seiten Regeln aufzustellen und zu berücksichtigen. Den ungebundenen Helfern sind grundlegende Kenntnisse über organisatorische Abläufe und richtiges Verhalten in Katastrophen zu vermitteln. Je besser informiert die ungebundenen Helfer über die organisatorischen Abläufe sind, desto weniger Zeit müssen Einsatz- und Führungskräfte mit Erklärungen verbringen und desto reibungsloser kann die Zusammenarbeit laufen (DRK 2017).

Die Einbindung der ungebundenen Helfer während eines Einsatzes orientiert sich an folgendem Vorgehen (Ott et al. 2018):

- Begrüßung,
- Vorstellen der Einsatzlage,
- Einteilung der ungebundenen Helfer,
- Begleitung, um Belastungsgrenzen zu erkennen und zu beurteilen,
- Abschluss.

Auch die Einsatzkräfte müssen im Umgang mit den ungebundenen Helfern geschult werden. Themen für die Weiterbildung sind eine höfliche und wertschätzende Zusammenarbeit (auf ungebundene Helfer genauso achten wie auf Einsatzkräfte), verständliche Ausdrucksweise (keine Abkürzungen, keine Fachbegriffe verwenden), Sicherstellen, dass das Kommunizierte verstanden wurde (Nachfragen, wiederholen lassen), Abläufe/Maßnahmen erklären, Unfallverhütungs- und Arbeitsschutzmaßnahmen, Arbeitszeit, körperliche Grenzen und seelische Belastungen (DRK 2017).

6. Schlussfolgerungen und Übertragbarkeit

Im Bedarfsfall erlaubt der Helferpool eine bessere Planung und Organisation der Gefahrenbewältigung durch die Freiwillige Feuerwehr (FFW), da Kompetenzen, Fähigkeiten und Ressourcen der ungebundenen Helfer bekannt sind und damit koordiniert eingesetzt werden können. Für ein harmonisches Miteinander zwischen ungebundenen Helfern und Einsatzkräften, sind konfliktfreie Abläufe zu gestalten, die durch angepasste Schulungskonzepte unterstützt werden. Einsatzkräfte sind es bislang kaum gewohnt, dass sie weitere Helfer einbinden und anleiten müssen. Die freiwilligen Helfer zeigen oft einen Übereifer und müssen deshalb auf ihre Aufgaben vorbereitet werden. Damit der Helferpool auch nach Projektende arbeitsfähig bleibt und weiter wächst, wird er zur Verstetigung und Erweiterung organisatorisch zur Wehrleitung der Stadt Glashütte und verwaltungstechnisch zur Stadtverwaltung zugeordnet. Die Feuerwehr behält damit den Überblick über die personellen Ressourcen und den direkten Zugang bei der Alarmierung der ungebundenen Helfer. Ebenso nimmt die FFW die Chance wahr, aus dem Helferpool auch ehrenamtliche Einsatzkräfte zu rekrutieren.

Da die ungebundenen Helfer aus verschiedener beruflicher Herkunft kommen, keine Altersgrenze vorgeschrieben ist und die Unverbindlichkeit einen wechselnden bzw. auch wachsenden Stamm an ungebundenen Helfern mit sich bringt, sind die Abläufe möglichst agil zu gestalten. Personalzugänge und -abgänge müssen mit den benötigten Kompetenzprofilen abgeglichen werden, um die Unterstützung der Einsatzkräfte gewährleisten zu können.

Die vergangenen Hochwasser haben gezeigt, dass sich in Notlagen zahlreiche Freiwillige finden, die ihre Hilfeleistung spontan betroffenen Bürgerinnen und Bürgern sowie Einsatzkräften zur Verfügung stellen. In ländlichen Regionen ist Nachbarschaftshilfe fast selbstverständlich. Dennoch ist im Ehrenamtsengagement laut Bundesfreiwilligensurvey seit Jahren ein rückläufiger Trend zu beobachten. Ehrenamtliche Mitglieder der BOS müssen regelmäßige Dienste und Ausbildungen nachweisen. Einsatzzeiten und -aufkommen sind nicht planbar. Hier bringt ähnlich wie bei den Wirtschaftsunternehmen der demografische Wandel eine besondere Herausforderung.

Eine Lösung, die Flexibilität zulässt aber trotzdem Struktur in die Organisation des Katastrophenschutzes bringt, ist der Einsatz von ungebundenen Helfern in einem Helferpool. An der Stelle sind bekannte Vorgehensweisen aus der Arbeitsorganisation anwendbar. Die fluiden Strukturen der ungebundenen Helfer müssen durch eine definierte Aufbauorganisation an die gefestigten Strukturen der BOS angepasst werden. Um die professionellen Einsatzkräfte unterstützen zu können, ist eine Einweisung, eine grundlagenorientierte Ausbildung und feste Ansprechpartner notwendig.

Der Vorteil für die ungebundenen Helfer besteht darin, sich nicht fest binden zu müssen, sich je nach Verfügbarkeit für ihre Gemeinde einsetzen zu können und zusätzliche Qualifikationen zu erwerben. Auch Unternehmen profitieren von der Beschäftigung ungebundener Helfer. Sie können die erworbenen Qualifikationen der ungebundenen Helfer auch für innerbetriebliche Funktionen wie z. B. betrieblicher Ersthelfer einsetzen. Sie zeichnen sich durch soziales Engagement aus und haben in Notsituationen unmittelbar Zugriff auf ungebundene Helfer im Unternehmen. Die Helfergewinnung ist allerdings ein sehr zeitintensiver Prozess. Es kann nicht auf die in privatwirtschaftlichen oder öffentlichen Unternehmen vorhandenen Organisations- und Weisungsstrukturen zurückgegriffen werden. Auch die Motivation zur Mitwirkung ist deutlich anders als in der Erwerbsarbeit.

Laut Wasserhaushaltsgesetz muss jede Person, die durch Hochwasser betroffen sein kann, geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor nachteiligen Hochwasserfolgen und zur Schadensminderung treffen. Erfahrungsgemäß sind Personen, die bereits von Hochwasser betroffen waren, für die Thematik aufgeschlossener und lösen ein anlassbezogenes Handeln aus. Allerdings tritt schnell eine sogenannte Hochwasseramnesie ein. D. h. nachdem die Schäden beseitigt sind, vergessen die Betroffenen und die Menschen in den Gemeinden oder Städten, die überflutet waren, einfach, dass es dagewesen ist und machen weiter wie zuvor.

Das Konzept des Helferpools wird im Vorhaben in einem Handlungsleitfaden aufbereitet. Damit bekommen auch andere Kommunen eine Anleitung, wie ungebundene Helfer in die bestehenden Katastrophenschutzstrukturen integriert werden können. Ein erster Ansatz dazu erfolgte bereits, indem im Rahmen einer Tagung des Landkreises Sächsischen Schweiz/Osterzgebirge 35 weiteren Gemeinden das Konzept vorgestellt wurde.

Literatur

- Bernhofer, C. et al. (2011). Klimaprojektionen für die REGKLAM-Modellregion Dresden, Rhombos Verlag, Berlin.
- Deutsches Rotes Kreuz (2017). Pilotkonzept für den Einsatz von ungebundenen HelferInnen. Teil 2: Wissenschaftliche Erkenntnisse für eine Einweisung ungebundener HelferInnen. Berlin.
- Fathi R. et al. (2015). Untersuchung der Motivationsfaktoren von Spontanhelfern. Bergische Universität Wuppertal – Fachgebiet Bevölkerungsschutz, Katastrophenhilfe und Objektsicherheit, Technische Hochschule Köln- Institut für Rettungsingenieurwesen und Gefahrenabwehr, Zugriff am 25.05.2019, Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/profile/Ramian_Fathi/publication/285393054_Untersuchung_der_Motivationsfaktoren_von_Spontanhelfern/links/575e74cf08aec91374b17df9/Untersuchung-der-Motivationsfaktoren-von-Spontanhelfern.pdf.
- Grundmann, J. et al. (2018). VEREINT – Kooperativ organisierter Bevölkerungsschutz bei extremen Wetterlagen : Starkregen & Sturzfluten im ländlichen Raum am Beispiel der Stadt Glashütte. In: Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 77-87., Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Nr. 40.18, S. 77–87.
- HelferTreffen (2019). Veranstaltung im Rahmen des Projektes VEREINT am 22.05.2019.
- Jonas, K. et al. (Hrsg.) (2014). Sozialpsychologie, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg.
- Landratsamt Pirna (2015). Regelung zur Führungsorganisation der überörtlichen Einsatzbereiche der öffentlichen Feuerwehren und der operativ-taktischen Führungsorganisation im Katastrophenfall im Landkreis Sächsische Schweiz-Osterzgebirge. Zugriff am: 08.06.2019. Verfügbar unter: https://www.landratsamt-pirna.de/download/abt_katschutz_rettungswesen/2017-02-24_Regelung_operativ_taktische_Fuehrung.pdf.
- Lehmann, K. (2018). Aufgaben und Strukturen der Freiwilligen Feuerwehr der Stadt Glashütte. Arbeitsbericht zum Projekt VEREINT, unveröffentlichtes Material (TU Dresden, CIMT).
- Ott, M. et al. (2018). Einsatz bei Extremwetterereignissen. ecoMed SicherheitWiesbaden.
- Thieken, A. (2015). Das Hochwasser im Juni 2013: Bewährungsprobe für das Hochwasserrisikomanagement in Deutschland. [Hrsg.] Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge. Bonn.

Ein Praxisbeispiel: Der Treffpunkt Trimedialität – Das Labor für Innovation und Vernetzung im BR

Birgit Spanner-Ulmer, Susanne Merkle

1. Ausgangslage: Die Medienbranche in der Digitalisierung

Die zunehmende Digitalisierung, die derzeit in vielen Branchen zu massivem Wandel führt, trifft auch die Medienbranche seit Jahren. War es in den 90er Jahren des vergangenen Jahrhunderts für breite Bevölkerungsschichten noch völlig normal, rechtzeitig abends um 20:00 Uhr vor dem Fernseher zu sitzen und sich per Tageschau über das aktuelle Weltgeschehen zu informieren, können sich Nutzer heute völlig unabhängig von Ort und Zeit auf ihren mobilen Endgeräten 24 Stunden rund um die Uhr auf dem neuesten Stand halten. Wer möchte, kann sich die neuesten Entwicklungen quasi umgehend per Push-Meldung auf sein Handy senden lassen. Unzählige Anbieter im Netz bieten Live-Ticker zu wichtigen Themen, und häufig sind es nicht mehr die großen Medienhäuser, die fast nahezu in Echtzeit Breaking-News in den Sozialen Medien verbreiten, sondern ganz normale Nutzer, die zufällig vor Ort sind und mit ihrem Handy die ersten Bilder des Geschehens hinaus in die Welt schicken. Längst muss sich, wer sich informieren will, nicht mehr nur auf seine Heimatzeitung oder seinen Heimatsender verlassen. Wer möchte kann die Berichterstattung weltweit über die Online Angebote mehrere Zeitungen, Zeitschriften und Sender hinweg verfolgen. Und häufig sind es nicht einmal die Medien, die Nachrichten direkt beim User platzieren, sondern Freunde, Unternehmen oder Politiker selbst. Mit all den gesellschaftlichen Folgen: Viele Nutzer bewegen sich längst in der eigenen Filterblase, in denen unabhängige Medien unter Umständen gar nicht mehr vorkommen.

Jenseits des Informationsgeschäftes haben sich neue Streamingplattformen etabliert, die es dem Nutzer ermöglichen orts- und zeitunabhängig Serien und Spielfilme zu konsumieren. Amazon, Netflix, Apple TV, künftig ab Ende 2019 wohl auch Disney+ machen den Nutzer zum „Do-it-yourself“ Redakteur, der, wenn er sich unterhalten lassen will, nicht mehr zeitgebunden auf ein Programmangebot im Fernsehen warten muss.

Und diese Streamingdienste erstellen mittlerweile ihre Inhalte auf ganz neuartige Weise. Müssen sich Fernsehfilmredaktionen bei der Themensetzung nach wie vor auf ihr Gespür verlassen, was beim Zuschauer ankommen könnte, produzieren die Streamingdienste ihre Angebote datenbasiert: Der Nutzer gibt Feedback, wie ihm

Filme, die er gesehen hat, gefallen haben. Die Dienste erfassen, wann jemand aussteigt aus einem Angebot und wonach er genau sucht und vieles mehr. Diese detaillierten Daten ermöglichen es den Diensten, passgenaue neue Angebote zu entwickeln, die die Nutzer überzeugen.

Daneben muss sich das Fernsehen damit auseinandersetzen, dass Zuschauer nicht mehr einfach nur vor dem Fernseher sitzen, denn auf seinem Handy oder Tablet (Second Screen) kann jeder zusätzliche Informationen abrufen, recherchieren und seine Meinung zu Sendungen auf den Sozialen Medien verbreiten. Selbst das Radio, in Deutschland noch immer eines der am meisten genutzten Medien, muss sich mit Streamingdiensten wie Spotify auseinandersetzen, die es den Menschen ermöglichen, ihre eigenen Playlisten zusammenzustellen, herunterzuladen und zu teilen.

Die Möglichkeiten, die sich dem Medienkonsumenten heute bieten, sind vielfältig und verändern das Nutzerverhalten rasant. So ist die mobile Nutzung des Internets seit 2003 um ein Vielfaches gestiegen. Waren es 2003 noch 5,3 Prozent der Befragten, die auf die Frage, „Nutzen Sie selbst zumindest gelegentlich unterwegs das Internet?“ mit ja antworteten, sind das im Jahr 2018 bereits 71,1 Prozent der Befragten gewesen¹. Bezeichnenderweise sind dabei inzwischen auch viele ältere Menschen: Von den Befragten über 50jährigen nutzten im Jahr 2018 beispielsweise bereits 52 Prozent das Internet zumindest gelegentlich unterwegs. Unter den 30 bis 49jährigen liegt die Zahl gar bei 86,3 Prozent und bei den 14 bis 19jährigen bei 94 Prozent². Schon jetzt ist also die Medienwelt nicht mehr so, wie sie einmal war und diese Entwicklung wird weiter gehen.

1 ARD/ZDF Onlinestudie 2003-2018.

2 ebenda.

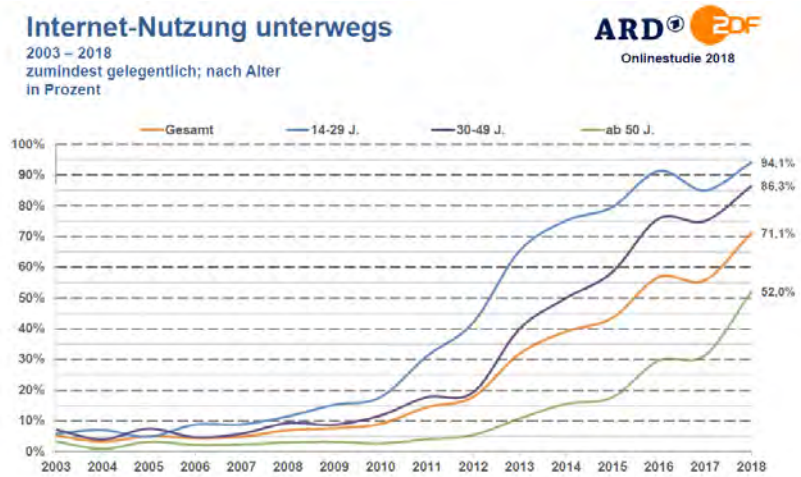


Abbildung 1: Internet-Nutzung unterwegs 2003 -2018, Basis: erwachsene ab 14 Jahren in Deutschland (2018: n = 2.009). Hochrechnung; Erw. 14+ 70,09 Mio., Quellen: ARD/ZDF-Onlinestudien 2003 -2018 (bis 2009: D, 14+, ab 2010 Dspr. Bev. 14+)

2. Die Neuausrichtung des BR

Bereits vor acht Jahren, im Herbst 2011, hat der Intendant des Bayerischen Rundfunk, Ulrich Wilhelm, einen übergreifenden Veränderungsprozess im Bayerischen Rundfunk angestoßen. Dieser Prozess, der den Namen „BR hoch drei“ trägt, soll den Herausforderungen der sich rasant verändernden Medienwelt Rechnung tragen. Schon damals war abzusehen, dass das Netz künftig eine große Rolle für die redaktionellen Angebote spielen würde. Da gleichzeitig der Rundfunkbeitrag abschbar nicht steigen sollte, war klar, dass der Bayerische Rundfunk diese Herausforderung mit bestehenden Ressourcen würde meistern müssen.

Im ersten Schritt hieß das, die damals noch drei getrennten Säulen Hörfunk, Fernsehen und Online wurden in themenbezogenen Ressorts zusammengeführt. Von da an sollten Redakteure und Autoren in trimedialen Einheiten gemeinsam Themen setzen, sowie Synergieeffekte in Produktion und Recherche heben. Dies bedeutete, dass Journalisten, die bis dahin in völlig unterschiedlichen organisatorischen Einheiten beheimatet waren, nun in gemeinsamen Redaktionen zusammengefasst wurden. Trotz ihrer – den Ausspielwegen geschuldeten – spezifischen Eigenheiten, sollten sie gemeinsam planen, produzieren und neue Rollen und Strukturen für den wachsenden Bedarf im Netz aufbauen. Denn bis dahin waren die Online Angebote des Bayerischen Rundfunk vor allem kleine sendungsbegleitende Angebote gewesen.

Um in der Informationsflut im Internet Themen setzen zu können, wurden neue Strukturen auch auf Direktionsebene geschaffen: Eine Informationsdirektion kam hinzu, in der die aktuellen Einheiten zusammengefasst wurden. Die Fachredaktionen verblieben zunächst in der Fernseh- und Hörfunkredaktion, aus denen nach und nach trimediale Ressorts gebildet wurden.

Diese organisatorischen Entscheidungen wurden durch eine Standortentscheidung flankiert. Der Bayerische Rundfunk entschied sich 2012 die neu entstehenden Einheiten bis 2023 auch örtlich zusammenzuführen. Bis dahin hatte der Sender drei Standorte gehabt. Einen in der Münchner Innenstadt im sogenannten Funkhaus. Hier waren der Hörfunk und Online angesiedelt. Zwei weitere Standorte für das Fernsehen waren in München-Freimann und Unterföhring. Künftig sollen bis 2023 die meisten redaktionellen Einheiten am bisherigen Fernsehstandort in Freimann zusammengezogen werden. Denn die örtliche Zusammenführung fördert – wie man schnell an ersten Einheiten feststellen konnte – die medienübergreifende Zusammenarbeit.

Im Oktober 2016 wurde dann auch die Entscheidung zu einer Restrukturierung der technischen Einheiten gefällt. Unter der Überschrift „Produktion 4.0“ wurden die Kompetenzen von Technikern aus Hörfunk und Fernsehen zusammengeführt. Das Ziel: Multifunktionale technische Services für die trimedial aufgestellten Redaktionen liefern.

Programmstrategisch setzt der Bayerische Rundfunk daneben einen Schwerpunkt auf die regionale Berichterstattung. In der Region wurden die Teams verstärkt, indem mehr Journalisten in die Regionalstudios wechselten. Das heißt auch, dass Korrespondenten in der Region künftig verstärkt für alle drei Medien arbeiten, also ebenso Material für Hörfunk und Fernsehen als auch für Online liefern. Sie werden dabei vielfach tatkräftig von den Mediengestaltern aus der Technik unterstützt, die multifunktional für alle Medien tätig sind. Durch die kleinen Teams nähern sich gerade hier die Berufsbilder von Journalisten und Technikern immer stärker an. Ein Korrespondent in der Region muss nun auch ohne Kamerateam fähig sein, mit schlankem Mobile Reporting Equipment, Bilder zu liefern. Denkbar wird dabei auch, dass Mediengestalter Beiträge alleine schneiden oder einfache Geschichten erzählen.

Aktuell werden in den Programmredaktionen die vielen Online-Kanäle, von Mediathek, über die App BR24 bis zu Social Media als Ausspielkanäle immer wichtiger. Sogenanntes „Social Seeding“ das Nutzer auf die Angebote des Bayerischen Rundfunk aufmerksam machen soll, gewinnt an Bedeutung. Längst ist klar, dass Online nicht mehr nur ein einziger, sondern viele verschiedene Ausspielwege zur Verfügung stellt. So entstehen mittlerweile auch innovative Angebote, wie beispielsweise das Projekt News-WG, bei dem junge Journalisten auf Instagram das Weltgeschehen mit Erfolg einordnen und diskutieren.

3. Das Zusammenwirken von Mensch, Technik und Organisation in der Veränderung

Im Zuge dieser Entwicklung wurde schnell klar, dass Technik ein zentraler Treiber von Change und Veränderung sein kann. Dabei galt es immer zu bedenken, dass es für einen gelingenden, d. h. effektiven, effizienten und akzeptierten Einsatz von Technik wichtig ist zu beachten, wie Mensch, Technik und Organisation (MTO) zusammenhängen (s. Abbildung 1).

Von den Arbeitspsychologen Oliver Strohm und Eberhard Ulich (Strohm/Ulich 1997) wurde der MTO Ansatz als Analyse- und Gestaltungskonzept entwickelt (Strohm/Ulich 1997), bei dem Mensch, Technik und Organisation in ihrer jeweiligen Abhängigkeit und ihrem Zusammenwirken zu betrachten sind (Ulich 2011). Eine zentrale Rolle kommt in dem MTO Konzept nach Strohm und Ulich der Arbeitsaufgabe zu, denn „die Arbeitsaufgabe verknüpft einerseits das soziale mit dem technischen Teilsystem, sie verbindet andererseits den Menschen mit den organisationalen Strukturen“ (Ulich 2011). Mithilfe des Verfahrens der MTO Analyse kann eine ganzheitliche Analyse von Unternehmen auf den Ebenen Unternehmen, Organisationseinheit, Gruppe und Individuum durchgeführt werden.

Der Technikwandel, der in erster Linie durch die Digitalisierung getrieben wird, hat Auswirkungen auf die arbeitenden Menschen und die (Arbeits-) Organisation. Daher ist gerade auch im Rahmen der Einführung neuer Technologien das Zusammenwirken von Mensch, Technik und Organisation zu beachten.

Insbesondere sind die Schnittstellen zwischen diesen drei Perspektiven wichtig. So ist beispielsweise bei der Einführung neuer Technologien zu klären, wie sich Organisationen durch Technik verändern. Weiterhin müssen Mensch und Technik aufeinander abgestimmt werden, u. a. durch entsprechende Qualifizierungsmaßnahmen. Schließlich ist auch zu beachten, was sich für einzelne Menschen in der Organisation durch den Einsatz neuer Technologien ändert.

Für die Mitarbeitenden ändern sich die Anforderungen. Entsprechend müssen neue Berufsbilder und Maßnahmen zur Weiterqualifikation entwickelt werden. Das bedeutet Bildung und Qualifikation für die Mitarbeiter.

Die Bereitschaft zu lebenslangem Lernen sowie zum kontinuierlichen Wandel wird von den Menschen in Zukunft noch mehr erwartet werden.



Abbildung 2: Der MTO Prozess als gleichzeitige und kontinuierliche Beachtung der Wechselwirkungen von Mensch Technik Organisation (eigene Abbildung)

Die Einführung neuer Technik wirkt sich aber auch auf die Organisation aus: Veränderungen in Prozessen und Arbeitsabläufen werden notwendig. Dies führt bei den Mitarbeitern nicht selten zur Verunsicherung. Insbesondere die Führungskräfte sind hier gefordert und benötigen Unterstützung.

Neben der Betrachtung der einzelnen Schnittstellen von Mensch-Technik-Organisation ist aber eine integrative Gesamtsicht notwendig. Hier gibt es keine zeitliche Abfolge beispielsweise im Sinne: zunächst Technik einführen, dann Menschen schulen und dann die Organisation ändern. Die parallele Betrachtung von technischen Möglichkeiten, menschlichen Kompetenzen und organisationalen Änderungen ist für eine erfolgreiche Einführung neuer Technologien entscheidend (Spanner-Ulmer/Bruder 2019).

Mit dieser Perspektive wurde auf Initiative der Produktions- und Technikdirektorin, im Jahr 2013 im Bayerischen Rundfunk der „Treffpunkt Trimedialität“ (TT) ins Leben gerufen. Eine Einrichtung, die sich gezielt für die ganzheitliche Betrachtung und Förderung der drei Perspektiven einsetzen sollte. Inzwischen hat sich dieses Labor vom Workflowlab zum Labor für Innovation und Vernetzung im Bayerischen Rundfunk entwickelt.

4. Der Treffpunkt Trimedialität – Labor für Innovation und Vernetzung

4.1. Geschichte des Treffpunkt Trimedialität

Die Idee hinter diesem Labor war es, die Redaktionen in Planspielen die neue Zusammenarbeit testen zu lassen und im Gegenzug – durch die Beobachtung und die Rückmeldungen aus diesen Rollenspielen – Erkenntnisse für die Weiterentwicklung der Technik zu gewinnen. Doch zunächst galt es Ende 2013 überhaupt Erkenntnisse darüber zu sammeln, wie die Zusammenarbeit zwischen den unterschiedlichen Ausspielwegen funktionieren kann. So startete der Treffpunkt Trimedialität zunächst klein, im gewissen Sinne als Minimum Viable Product (Ries 2011), dessen Mehrwert zunächst auch in den Redaktionen und der Technik bekannt gemacht werden musste.

Die Idee des Minimum Viable Products stammt aus dem Lean Start Up Gedanken, das von dem amerikanischen Entrepreneur und Autor Eric Ries (Ries 2011) entwickelt wurde. Der Gedanke besagt, ein Produkt sollte so schnell wie möglich mit den minimalen Anforderungen und Eigenschaften erstellt werden, um es dann durch das Kundenfeedback weiterzuentwickeln. Das Ziel: nicht an den Bedarfen vorbei konzeptionieren. Das Team des Treffpunkt Trimedialitäts arbeitete fortan bewusst im Geiste eines internen „Start Ups“, das innerhalb der Organisation entwickelt werden musste.

In einem offenen Workshop konnten zunächst alle Mitarbeitenden im Bayerischen Rundfunk einen Tag lang erleben, wie die Zusammenarbeit in den trimedialen Redaktionen künftig funktionieren könnte und wie sich die Workflows verändern würden – von der gemeinsamen redaktionellen Planung bis hin zur trimedialen Produktion. Schnell stellte sich heraus, dass die dabei gewonnenen Erkenntnisse nicht nur der Technik nützlich waren. Viele der Rückmeldungen deuteten auf strukturelle und kulturelle Hindernisse des Veränderungsprozesses hin und waren so wertvolle Rückmeldungen, zum Beispiel auch für die Geschäftsleitung, die Leitung des Gesamtprojektes „BR hoch drei“ oder für einzelne Direktionen. Als nach und nach die Redaktionen zu trimedialen Einheiten zusammengeschlossen wurden, zeigte sich, dass solche Planspiele – angepasst auf individuelle Fragestellungen auch für einzelne Einheiten, z. B. den „trimedialen Sport“, „Bayern aktuell“ und viele weitere, einen großen Mehrwert hatten. Hier standen nun Fragen im Mittelpunkt wie, „Was bedeutet diese Veränderung für unsere Strukturen und Rollen, sowie für unsere Zusammenarbeit mit anderen Einheiten?“. Nach individueller Auftragsklärung konnten die trimedialen Redaktionen dabei beispielsweise ihre Ideen für neue Strukturen in Planspielen testen und anpassen, neue Rollen und technische Anforderungen definieren, sowie Weiterbildungsbedarfe identifizieren. Um die Nachhaltigkeit dieser Ergebnisse sicherzustellen, verfolgte der Treffpunkt

Trimedialität bei diesen Aufträgen einen prozesshaften Ansatz, bei dem auf Planspiele definierte Praxisphasen unter bestimmten Fragestellungen sowie regelmäßige Feedbackschleifen erfolgten.

Der Treffpunkt Trimedialität konnte so die nachhaltige Weiterentwicklung der Redaktionen unterstützen und vorantreiben. Dabei spielte auch die Tatsache eine Rolle, dass einmaliges Hören von Inhalten in Seminaren meist nicht zu nachhaltiger Umsetzung führt. Veränderungsprozesse sind in der Regel längere Lern- und Übungsprozesse, in denen die Reflexion über das eigene Tun, das Ausprobieren, Verwerfen und Üben von validen Erkenntnissen unumgänglich sind.

Wichtiger Bestandteil war dabei die Entwicklung neuer Technik. Die Einführung eines gemeinsamen Planungstools, Open Media 4.2., für alle Redaktionen im Haus, egal ob Fernsehen, Hörfunk oder Online, erforderte neue Rollen und Aufgabenteilungen in den Redaktionen und trieb somit die strukturellen Veränderungen weiter voran. Wollten die Redaktionen wirklich von den Rechercheergebnissen und den Produktionen der anderen profitieren, mussten sie sich neu ausrichten, statt womöglich nach dem Zusammenschluss zwar in einem Büro zu sitzen, aber weiter wie bisher nur für einen Ausspielweg zu arbeiten. Aus jedem Planspiel, jeder Workflowsimulation konnten umgekehrt wiederum die Software-Entwickler des Planungstools profitieren, weil sie Erkenntnisse draus ziehen konnten, wie die Journalisten gemeinsam arbeiten würden.

2017 rückte dann der Wunsch nach gezielten Innovations- und Produktentwicklungsprozessen immer stärker zusätzlich in den Fokus. Der Treffpunkt als fester Bestandteil der Ressortbegleitung und mit seiner Kompetenz für agiles Arbeiten wurde zur Heimat von interdisziplinären Innovationsprozessen zwischen der Informationsdirektion und der Technikdirektion. Inzwischen entwickeln hier gemischte Teams aus journalistischen Mitarbeitenden der Informationsdirektion und Technikerinnen und Techniker aus der Produktions- und Technikdirektion neue Ideen, mit denen sichergestellt werden soll, dass der Bayerische Rundfunk auch morgen noch Relevanz für unterschiedliche Zielgruppen hat. Diese Entwicklung zeigt, dass der Treffpunkt Trimedialität sich in der Regel jeweils iterativ an den augenblicklichen Stand der Veränderungen anpassen muss und damit selbst ständiger Ort von Veränderung ist.

Notwendig für das Gelingen dieser Aufgaben war es, den Treffpunkt Trimedialität als Arbeitsumgebung aufzusetzen, die nicht produktiv funktioniert. Obwohl die Systemlandschaft des Bayerischen Rundfunk im Treffpunkt Trimedialität im Kleinen nachgebildet wurde, um alle Arbeitsprozesse der Redaktionen darstellen zu können, können hier keine Sendungen produziert werden, denn das Labor ist als Ort der Weiterentwicklung definiert. So sind viele Systeme hier lediglich in Schulungs- oder Testversionen vorhanden, die Technik greift nicht auf Produktivsysteme zu. Für die Teilnehmenden entsteht so ein geschützter Raum, in dem sie

nicht dem Druck des Normalgeschäfts unterliegen und in dem ihnen Zeit und Anregung für Reflexion gegeben wird.

Räumlich hat der Treffpunkt Trimedialität seit seiner Entstehung im Jahr 2013 zwei Umzüge hinter sich gebracht. Seit 2017 ist das Labor in seiner heutigen Form in München-Freimann, dem künftigen Hauptsitz des BR, beheimatet. Auf 200 Quadratmetern Fläche verfügt das Labor über flexible Räume, bei denen Wände geöffnet und geschlossen werden und somit mehrere kleine oder ein großer Raum genutzt werden können. Sämtliches Mobiliar ist mittlerweile roll- oder tragbar, sodass in den Räumen flexibel reale Redaktionssettings nachgebaut werden können. Alternativ können die Räume auch in eine kreative Ideenentwicklungsschmiede nach den Grundsätzen des Design Thinkings³ umgestaltet werden.



Abbildung 3: Im Treffpunkt Trimedialität sind alle Einrichtungsgegenstände roll- oder tragbar, so können Planungssituationen ebenso nachgestellt werden ...

³ Design Thinking ist ein Prozess, mit dessen Hilfe gezielt Ideen entwickelt und Probleme gelöst werden können und der sich bewusst daran orientiert, Nutzerbedarfe zu berücksichtigen. Er wurde von dem amerikanischen Informatiker Terry Linogard und dem Gründer der kalifornischen Design Agentur IDEO, David Kelley, entwickelt und geht davon aus, dass Ideen besser entwickelt und Probleme besser gelöst werden können, wenn dies in interdisziplinären Teams, in kreativen und flexiblen Räumen, sowie in der Zusammenarbeit mit dem Nutzer erfolgt.



Abbildung 4: ... wie Newsroom-Situationen...



Abbildung 5: ...oder Design Thinking Umgebungen. (Fotos: Ines Heins)

4.2. Workshops, Planspiele

Ausdrücklich legt der Treffpunkt Trimedialität in seiner Arbeit Wert darauf, dass er ein Ort ist, an dem die Zukunft gestaltet und erlebbar gemacht wird. In einer Zeit, in der das Lernen für die Zukunft bedeutet, mit einem volatilen, unsicheren, komplexen und mehrdeutigen Umfeld umgehen zu können, erfordert die Veränderung, sich auf unbekanntem Terrain zurechtzufinden. Mit Folgen für die Organisation: Das bedeutet für Führungskräfte beispielsweise, dass sie nicht mehr ausschließlich hierarchisch führen kann. War ein Produktionsprozess für einen Beitrag früher jahrelang optimiert und erprobt, konnte häufig auch die Führungskraft am besten erklären, warum und wie diese Prozesse funktionieren. Die Digitalisierung und die daraus resultierende Veränderung im Bayerischen Rundfunk bringen Fragestellungen hervor, bei denen – wie in vielen anderen Unternehmen – keine einzelne Führungskraft vorhersagen kann, wie sich die Technik, der Journalismus oder die Produktionsweisen in zwei, drei oder vier Jahren weiterentwickelt haben wird. Die Digitalisierung schreitet in so schnellem Tempo voran, dass Teams flexibel auf die Ereignisse in ihrem Umfeld reagieren müssen. Führungskräfte können hierzu Rahmen vorgeben, jedoch brauchen sie die Unterstützung ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter um die Zukunft zu gestalten.

Wenn beispielsweise eine Aufgabe so zuvor nicht existiert hat, kann die Führungskraft nicht vorhersagen, wieviel Ressourcen dafür nötig sind. Also gilt es zu experimentieren und agil zu lernen, wie man aus komplexen und scheinbar chaotischen Zuständen, neue Arbeitsprozesse und Rollen entwickeln kann. Ein solches Vorgehen erfordert iteratives und kreatives, häufig auch interdisziplinäres Arbeiten an den Schnittstellen zu anderen Einheiten. Denn jede Veränderung eines Arbeitsprozesses oder einer Rolle in einer Einheit kann Folgen für andere Einheiten mit sich bringen.

In diesem Sinne lernen die Teams im Treffpunkt Trimedialität explorativ, iterativ und experimentell. In Workshops und Planspielen kann man eine Idee für einen Arbeitsprozess oder eine Rolle testen. Hierfür erteilt die Führungskraft einen Auftrag an die Laborleitung. In einer ausführlichen Auftragsklärung ermitteln die Trainer des Treffpunkts Ziele, Fragestellungen und Szenarios für die Veranstaltungen. So entstehen Workshops und Planspiele, die speziell auf die Herausforderungen der Redaktion zugeschnitten sind. Beispielsweise kann hier getestet werden, welche Rollen an einem trimedialen Planungsdesk einer Redaktion vorhanden sein müssen und welche Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortungen diese Rollen erfordern. Jedes Planspiel wird in mehreren Durchgängen gespielt und ermöglicht so, in ausführlichen Reflexionsphasen zu ermitteln, was funktioniert und was angepasst oder gar verworfen werden muss. So entstehen individuelle, passgenaue Lösungen, die wiederum für andere Teams ganz oder teilweise Vorbild sein können.

Da der Treffpunkt Trimedialität ein geschützter Raum ist, bei dem von vornherein klar ist, dass „gespielt“ wird, tun sich Teams leichter damit, Ideen kritisch zu hinterfragen, statt sie einfach nur unkritisch umzusetzen. Auch wenn sie womöglich nicht oder nur schwer funktionieren. Solche Reflexionen fördern in einer Belegschaft, die sich sowohl technisch als auch redaktionell einem hohen Qualitätsanspruch verpflichtet fühlt, eine neue Fehlerkultur und die Freude am gemeinsamen Experimentieren. Außerdem entsteht eine neue Führungskultur. Diese neue Haltung ist notwendige Grundvoraussetzung, damit neue Strukturen in komplexen Veränderungsprozessen robust werden. Denn sowohl Journalisten als auch Techniker in Medienunternehmen arbeiten im Alltag oft unter hohem Zeitdruck. Je mehr Stress vorhanden ist, desto wahrscheinlicher ist der Rückfall in alte, jahrelang gewohnte Arbeitsprozesse. Das Arbeiten in Interdisziplinären Teams wiederum fördert das gegenseitige Verständnis und das gemeinsame Suchen nach gangbaren Lösungen.

4.3. Technische Weiterentwicklung

Frühzeitig wurde im Veränderungsprozess des Bayerischen Rundfunk deutlich, dass vernetztes Arbeiten in trimedialen Einheiten besser leistbar sein würde, wenn alle Journalisten im Haus ein gemeinsames Planungstool benutzen. Wenn jeder sehen kann, was der andere gerade thematisch vorhat, so die Grundannahme, lassen sich Synergien leichter heben. So können Interviewgäste, die ins Studio kommen, auch von anderen Kollegen zusätzlich befragt, die Entsendung verschiedener Produktionsteams zu einem Ereignis vermieden und Material geteilt werden.

Dieses gemeinsame Planungstool, Open Media 4.2., wurde innerhalb des Treffpunkts Trimedialität weiterentwickelt. Eine Usergroup aus ausgewählten Journalisten arbeitete hier gemeinsam mit den Entwicklern daran, die tatsächlichen Anforderungen aus den trimedialen Redaktionen umzusetzen. Nicht selten hieß das auch, dass Workflows hier ausprobiert und unmittelbar vor den Augen der Journalisten von den Entwicklern angepasst wurden. Diese Vorgehensweise erhöhte die Akzeptanz des Tools bei allen Beteiligten. Journalisten konnten später als Multiplikatoren in ihren Redaktionen für den Einsatz des Tools werben, das häufig die Anpassung von Arbeitsprozessen und Rollen erforderte. Dies wiederum gab in vielen Redaktionen den Anstoß, strukturelle Veränderungen überhaupt erst anzugehen. So konnte die Technik als Treiber im Veränderungsprozess wirken und teilweise auch Widerstände gegen den Wandel auflösen.

4.4. Innovationsprozesse

Bereits bei seiner Gründung war klar, dass in einem Labor wie dem Treffpunkt Trimedialität auch neue Ideen entstehen sollten. Um die Innovationskultur innerhalb des Bayerischen Rundfunk voranzutreiben, setzten die Informations- und die Technikdirektion gemeinsam im Jahr 2018 einen gezielten Innovationsprozess auf, in dem es nicht mehr nur darum geht, einfach nur Ideen zu haben, sondern vor

allem auch darum, gezielt viele Ideen kundenorientiert und zukunftsweisend zu entwickeln. Dieser Prozess wurde im Treffpunkt Trimedialität angesiedelt. Die Idee dahinter ist klar: Auch der Bayerische Rundfunk ist auf der Suche nach Produkten, die sein Fortbestehen auf dem Medienmarkt sichern können.

Ähnlich wie viele große Unternehmen steckt der Bayerische Rundfunk dabei jedoch in dem von Harvard-Professor Clayton Christensen beschriebenen „Innovators Dilemma“ (Christensen 1997). Christensen hatte untersucht, warum erfolgreiche Unternehmen, wenn neue Technologien auftauchen, untergehen. Dabei hatte er festgestellt, dass paradoxerweise diese Unternehmen nach gängiger Managementlehre alles richtigmachten. Sie verbesserten ihre eigenen Produkte, passten sie an bessere bestehende Technologien an und investierten in Märkte, die hohe Margen versprachen. Scheinbar teure neue Technologien ließen sie dabei jedoch „links“ liegen. So entwickelte beispielsweise Kodak zwar die erste Digitalkamera, war jedoch nicht bereit, in diese Technologie zu investieren, weil der damals entwickelte Prototyp zu teuer für den Markt erschien. Nachdem sich die Digitalfotografie durchgesetzt hatte, konnte sich der einstmals als Hersteller von Filmmaterial und Fotografie-Ausrüstung erfolgreiche Player auf dem Markt für Fotografie nicht mehr halten.

Ausgehend von dieser Erkenntnis entwickeln im Treffpunkt Trimedialität in gezielten Prozessen je 10 Teilnehmende aus der Informationsdirektion und 10 Teilnehmende der Technikdirektion Ideen zu einem strategischen Thema. So erarbeite das Team im Jahr 2018 Ideen zu der Frage, wie der Bayerische Rundfunk mit neuen Produkten „debattenfähiger“ werden, also stärker in Interaktion mit seinem Nutzer treten kann. 2019 lautet die Frage, wie der Bayerische Rundfunk auf allen Ausspielwegen „Partner der Menschen“ in Bayern sein kann.

Zunächst führt dieser Prozess die Teams gezielt durch eine Entdeckungs- und Ideenentwicklungsphase, in denen die Teams lernen, bewusst „out of the box“ zu denken. Hierzu nutzt der Treffpunkt Trimedialität Methoden aus dem Design Thinking und der Kreativitätsforschung.

Die Teams lernen in interdisziplinären Gruppen iterativ zu forschen, Befragungen durchzuführen, Hypothesen zu Kundenbedürfnissen aufzustellen und gemeinsam mit dem Kunden ihre Ideen weiter zu entwickeln. Ein kulturverändernder Ansatz, denn Medienunternehmen waren bis vor wenigen Jahren eher diejenigen, die den Kunden die Welt erklärten und nicht diejenigen, die ihren Nutzern zuhörten.

Sind in dieser ersten Phase viele Ideen entwickelt, stellen sich die Teams einem sogenannten Pitch. Neu für den Bayerischen Rundfunk dabei: nicht die oberen Führungskräfte aus dem Bayerischen Rundfunk entscheiden, ob eine Idee weiterverfolgt wird, sondern eine externe Jury, die mit Experten aus der Startup- und digitalen Welt besetzt ist. Erst nach deren Vorauswahl können die Entscheider des

Bayerischen Rundfunk darüber bestimmen, diesen ausgewählten Produkten in einer nächsten Entwicklungsphase Ressourcen zur Verfügung zu stellen. Damit können die Teams ein Minimum Viable Produkt erstellen. Statt viel Geld in eine perfekte Lösung zu stecken, wird in dieser Phase ein möglichst preiswerter Prototyp erstellt, dessen Erfolg weiter mit Kunden getestet wird. Erst nach diesem Prototyping werden die neuen Produkte an bestehende Einheiten weitergegeben. Für die Teams ist die Arbeit damit nicht beendet. Gezielt werden sie bei der anschließenden Zusammenarbeit mit den bestehenden Redaktionen betreut, um zu verhindern, dass die noch kleinen Produkte wegen des „Not Invented here Syndroms“ nicht weiterverfolgt werden.

4.5. Der Treffpunkt als Dienstleister für die lernende Organisation

Einrichtungen wie der Treffpunkt Trimedialität können Unternehmen dabei unterstützen, zu einer lernenden Organisation zu werden. Von Beginn an war es klar, die Philosophie des Treffpunkts Trimedialität aus den Erkenntnissen der Planspiele und Workshops bestmöglich zu lernen.

Teams erhalten in Tests und Experimenten innerhalb dieser Simulationen experimentell Antworten auf ihre Fragen und können das Gelernte in die Praxis übertragen und üben. Neben neuen Rollen und Strukturen lernen viele Teams hier neue Ausspielmöglichkeiten, Trends und Produktionsweisen kennen, die ihnen die Arbeit erleichtern. Sie definieren Bildungsbedarfe, die so zielgerichteter und nicht gießkannenförmig auf alle Mitarbeitenden angewendet werden müssen, sondern spezifisch auf bestimmte Rollen. Das spart Kosten in der Weiterbildung: jeder befasst sich mit den Lerninhalten, die seine Rolle in der neuen Welt braucht. Da verschiedene Redaktionen innerhalb des Treffpunkts an ihrer Weiterentwicklung arbeiten, entstehen Blaupausen, die wiederum von anderen Teams genutzt werden, um darauf aufzubauen, ebenso wie Vernetzungsmöglichkeiten. Teams entdecken hier, dass sie gemeinsam mit anderen Teams an bestimmten Fragestellungen weiterarbeiten können.

Die Produktions- und Technikdirektion „lernt“ aus den kumulierten Rückmeldungen verschiedener Teams, die innerhalb des Bayerischen Rundfunk arbeiten, welche Anforderungen tatsächlich in der Zukunft auf sie zukommen. Statt einfach nur selbst zu entscheiden, welche technischen Systeme notwendig sind, können Ingenieure, IT-Fachkräfte und Techniker in einem solchen Labor Journalisten gezielt befragen, bzw. beobachten, wie sie genau mit der Technik umgehen. Denn die Erfahrung zeigt, häufig ist das, was in Interviews als Anforderung benannt wird, in der praktischen Umsetzung anders. So kann es sein, dass ein Journalist behauptet, nur mit einer bestimmten Funktion eines Schnittsystems arbeiten zu können, während der Techniker nach der Beobachtung erkennt, dass er demjenigen eine viel bessere Lösung ermöglichen könnte. Dieses Vorgehen stellt sicher, dass keine zu großen, unpassenden und zu teuren Lösungen bereitgestellt werden.

Aus den Innovations- und Ideenentwicklungsprozessen im Treffpunkt Trimedialität ist ableitbar, welche Berufsbilder künftig vermutlich an Bedeutung gewinnen werden. So war an den in den Innovationsprozessen entwickelten Ideen bislang eindeutig feststellbar, dass es künftig z. B. mehr Software-Entwickler, mehr Content Manager oder mehr Community Manager für die neuen Ausspielwege brauchen wird. Berufe, die es in der Vergangenheit des Bayerischen Rundfunk lange Zeit nicht gab.

Schließlich lernt die Organisation an dieser Stelle viel über systemimmanente Hindernisse, die dem Veränderungsprozess im Wege stehen. Beispielsweise die unterschiedliche Honorierung von Berufsgruppen, deren Tätigkeit sich annähert, Ressourcenproblematiken oder Weiterbildungsbedarfe.

Allen Angeboten des Treffpunkts Trimedialität liegt eine Denkweise des agilen Vorgehens zugrunde. Damit wirkt die Einrichtung kulturbildend. Hier lernen die Mitarbeitenden Methoden kennen, die aus dem Design Thinking, der Kreativitätsforschung und dem agilen Management stammen. Diese Methoden finden dann häufig nach und nach in den klassischen Bereichen des Bayerischen Rundfunk Anwendung.

5. Erfolgsfaktoren

Die Arbeit des Treffpunkts Trimedialität hat inzwischen auch jenseits der Grenzen des Bayerischen Rundfunk Interesse geweckt. Doch was sind die Erfolgsfaktoren, wenn es darum geht, innerhalb eines Unternehmens ein „Labor für Innovation und Vernetzung“ aufzubauen?

Der Treffpunkt Trimedialität hat in der Technischen Direktorin eine in der Geschäftsleitung angesiedelte Promotorin. Das Labor direkt bei einem Mitglied der Geschäftsleitung anzusiedeln, stellt sicher, dass die Einrichtung, die als Innovation von der bestehenden Struktur zunächst misstrauisch betrachtet wird, Rückendeckung von höchster Ebene bekommt. Dies hilft, Widerstände bei der Einführung zu überwinden und die ständige Weiterentwicklung der Einrichtung, orientiert an den Bedarfen des Veränderungsprozesses, sicherzustellen.

Den Treffpunkt Trimedialität in der Produktions- und Technikdirektion anzusiedeln ermöglicht, Technik als Treiber im Veränderungsprozess zu nutzen und somit die Notwendigkeit der Veränderung auch anhand der technischen Entwicklung zu verdeutlichen. Häufig hilft das, strukturelle Veränderungen auf der Arbeitsebene voranzutreiben und deren Akzeptanz zu erhöhen.

Der Treffpunkt Trimedialität beteiligt gezielt Mitarbeitende an den Veränderungsprozessen. Das trägt zur Akzeptanz des Change bei, unterstützt die Führungskräfte neue Wege zu gehen und wirkt kulturverändernd. Dabei wird im Treffpunkt

Trimedialität bewusst über Silogrenzen hinweg in interdisziplinären Teams gearbeitet, was das vernetzte Denken und damit das für die Digitalisierung notwendige vernetzte Arbeiten unterstützt.

Der Treffpunkt Trimedialität vermittelt nicht nur neue Methoden der Zusammenarbeit, sondern wird selbst im Sinne dieses Mindsets und mit diesen Methoden weiterentwickelt. Jedes Angebot orientiert sich gezielt an den Nutzerbedarfen. Das Team passt die Angebote ständig an die sich wandelnde Umwelt an. Das führt dazu, dass der Treffpunkt mittlerweile zu einem festen Bestandteil des Changeprozesses und einer Marke im Bayerischen Rundfunk geworden ist.

Labore wie der Treffpunkt Trimedialität bieten große Chancen, auf unterschiedlichen Hierarchieebenen zu lernen. Ob unmittelbar unter den Teilnehmenden oder aus Mustern, die aus vielen Begleitprozessen erkennbar werden. Diese Erkenntnisse können eine Organisation gezielt dabei unterstützen, Changeprozesse erfolgreich voranzutreiben und zu einer lernenden Organisation zu werden.

Der Treffpunkt Trimedialität akzeptiert bewusst, dass Veränderung nur durch gezielte Lernprozesse auf allen Ebenen gelingen kann. Er verfolgt damit eine neue Lernkultur, die davon ausgeht, dass Mitarbeitende selbständig lernen und auf diesem Weg begleitet werden sollten. Seminare sind dabei nicht mehr Wendepunkt, sondern nur eine von vielen Unterstützungsmaßnahmen, die den Change vorantreiben. Durch bewusste Rollenreflexion in Teams können Seminare dabei gezielter und somit kosteneffizient eingesetzt werden.

Literatur

- Christensen, C. (1997). *The Innovators Dilemma. When new technologies cause great Firms to fail.* Watertown, Massachusetts: Harvard Business Review Press.
- Ries, E. (2011). *The Lean Startup. How constant innovation creates radically successful Businesses.* New York: Crown Publishing.
- Spanner-Ulmer, B./Bruder, R. (2019). *Zusammenarbeit von Mensch und Technik im Medienbereich*“, *Medienwirtschaft – Perspektiven der digitalen Transformation*, 16. Jahrgang, 1/2019, Hamburg, New Business Verlag.
- Strohm, O./Ulich, E. (Hrsg.) (1997). *Unternehmen unter besonderer Berücksichtigung von Mensch, Technik und Organisation. Schriftenreihe Mensch – Technik – Organisation* (Hrsg. E. Ulich). Band 10. Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.
- Ulich, E. (2011). *Arbeitspsychologie*. 7. Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.

Einfluss Künstlicher Intelligenz auf die Arbeitswelten der Zukunft

Potenzielle Auswirkungen und Erfahrungen mit KI-Anwendungen in Unternehmen

Sven Schuler, Moritz Hämmerle, Wilhelm Bauer

1. Einleitung

Die digitale Transformation der Produktion ist eine der bedeutendsten Entwicklungen der vergangenen Jahre. Die Anwendung neuester Technologien, wie moderne Informations- und Kommunikationstechnik, hybride Cloudanwendungen, leistungsfähiges Internet in den Fabrikhallen sowie die Nutzung smarterer Endgeräte in den Betrieben, bieten Unternehmen aller Branchen enorme Potenziale, die Prozesse in den Fabriken effizienter zu gestalten. Die Umsetzung von Industrie 4.0 schreitet kontinuierlich voran (Bauer/Marrenbach 2018; Allianz Industrie 4.0 für Baden-Württemberg 2018; Plattform Industrie 4.0 2019) und es zeigen sich laut Studien erste Leuchttürme im Bereich realisierter Industrie 4.0-Anwendungsfälle (McKinsey 2019).

Eine aktuell viel diskutierte und laut Experteneinschätzung vielversprechende Technologie im Kontext der Digitalisierung ist das Anwendungsfeld der Künstlichen Intelligenz (KI). Die Politik unterstützt hierbei u. a. mit der Nationalen Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2018), mit dem BMBF-Wissenschaftsjahr 2019 sowie mit der Plattform Lernende Systeme (Plattform Lernende Systeme 2019). Forschungsseitige Studien zu KI beschäftigen sich vorwiegend mit makroökonomischen Effekten (PwC 2018; McKinsey Global Institute 2019), Technologien bzw. technischen Funktionalitäten (Bitkom 2018; iit 2018) oder stellen die Bedeutung von KI im Allgemeinen heraus, um einen politischen und unternehmerischen Handlungsdruck zu rechtfertigen.

Das Fraunhofer IAO hat in einer Studie die arbeitswissenschaftliche Perspektive betrachtet, damit Handlungsimplicationen zur Arbeitsgestaltung im Allgemeinen und für die Sach- und Produktionsarbeit im Speziellen abgeleitet werden können. Ziele der Studie sind die Erhebung des aktuellen Stands von KI in den Unternehmen, die Veränderung der Arbeit durch KI und die Unterstützungsbedarfe für Unternehmen im Migrationsprozess. In einer quantitativen Erhebung mit über 300 Teilnehmenden aus den Bereichen Dienstleistung und Produktion wurden sowohl

potenzielle Auswirkungen als auch Erfahrungen mit betrieblichen Anwendungen von KI abgefragt.

Einführend wird im zweiten Kapitel KI definiert und auf aktuelle Entwicklungen eingegangen. Darauf aufbauend werden im dritten Kapitel zunächst der Studienaufbau und die Vorgehensweise erläutert. Darauffolgend werden die Studienergebnisse vorgestellt. Im Fokus stehen hierbei vorwiegend arbeitsbezogene Themenstellungen. Dabei wurden u.a. die Auswirkungen von KI auf die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Technik, der Autonomiegrad der KI-Anwendungen, Hindernisse bei der Einführung von KI oder auch Auswirkungen auf arbeitsbezogene Themen betrachtet. Abschließend wird ein Fazit gezogen und ein Ausblick auf die zukünftige Entwicklung von KI gegeben.

2. Künstliche Intelligenz

Seit der Geburtsstunde von KI auf der Dartmouth Conference im Jahr 1956 ist das Thema Gegenstand der Forschung und stets Teil von Zukunftsvisionen. Durch Fortschritte im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie, welche die Erzeugung und Verarbeitung großer Datenmengen in Echtzeit erlaubt, erschließen sich praktikable Anwendungspotenziale von KI (Fraunhofer Allianz Big Data 2017). Eine allgemeingültige Definition von KI ist nicht vorhanden, da sich das Verständnis, was unter KI gesehen wird, über die Jahre stetig weiterentwickelt hat. Zu Beginn wurde KI von McCarthy und seinen Kollegen so definiert, dass „grundsätzlich alle Aspekte des Lernens und anderer Merkmale der Intelligenz so genau beschrieben werden können, dass eine Maschine zur Simulation dieser Vorgänge gebaut werden kann“ (McCarthy et al. 1956, S. 2). Heute wird oftmals zwischen starker und schwacher KI unterschieden. Die deutsche Bundesregierung definiert in ihrer im Herbst 2018 vorgestellten Strategie die schwache KI mit „[...] Lösung konkreter Anwendungsprobleme auf Basis der Methoden aus der Mathematik und Informatik, wobei die entwickelten Systeme zur Selbstoptimierung fähig sind. [...]“ (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2018). Eine starke KI kann jedoch Problemstellungen lösen, die nicht durch den Menschen vordefiniert werden. Sie besitzt menschenähnliche oder gar stärker ausgeprägte kognitive Fähigkeiten als der Mensch. Experten gehen jedoch davon aus, dass diese Visionen in absehbarer Zeit nicht Realität werden. Russell und Norvig (2012) unterscheiden in ihrem Standardwerk zu KI acht Aufgabengebiete: Lernen, Problemlösung durch Suchen, Planen, Robotik, Entscheidung, Wissensrepräsentation, Wahrnehmung und Spracherkennung.

Zusätzlich zu den Aufgabengebieten von KI lässt sich der Autonomiegrad der KI-Anwendung bestimmen. Der Autonomiegrad sagt aus, inwiefern die Anwendung ohne menschliche Einwirkungen bzw. Eingriffe funktioniert. Ein Beispiel dafür sind die fünf Stufen des Autonomen Fahrens: bei Level 1 steuert der Mensch, bei Level 5 ist der Mensch quasi nur „Passagier“. Zwischen Level 1 und 5 gibt es einen

fließenden Übergang, bei dem das technische System immer „intelligenter“ wird und die Kontrolle übernimmt, wodurch der Mensch gleichzeitig mehr und mehr Aufgaben an das System abgibt (SAE International 2018). Das Potenzial der KI liegt im Kontext der Arbeit darin, bisherige Nicht-Routinetätigkeiten zu automatisieren. Es ist davon auszugehen, dass nicht nur ausführende und analytische Tätigkeiten, welche einen hohen Anteil an Routine beinhalten, durch KI ersetzt werden (Unterscheidung Routine- und Nicht-Routinetätigkeiten siehe Autor et al. 2003). Ebenso könnte KI intuitive und empathische Tätigkeiten, welche momentan noch einen großen Anteil an Nicht-Routinetätigkeiten beinhalten, ersetzen. Somit kann sich die Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Technik in Zukunft im Kontext der Arbeit weiter zur Technik verschieben. Damit hat KI das Potenzial, den Menschen in diversen Tätigkeiten im Unternehmen im Arbeitskontext zu substituieren (Frey/Osborne 2013; Bundesministerium für Arbeit und Soziales 2015). Ziel des Einsatzes von KI kann aber ebenso eine angepasste Arbeitsgestaltung sein, die dazu beiträgt, den Menschen in seinen Tätigkeiten zu unterstützen und Raum für höherwertig qualifizierte (ggf. wissensintensive) Tätigkeiten zu schaffen – und damit sowohl die Produktivität, die Arbeitsqualität sowie die Qualität der Arbeitsbedingungen zu steigern (Düll 2016, S. 12). Außerdem ist anzunehmen, dass durch KI eine Entexpertisierung von bestimmten Tätigkeiten in der Produktion stattfindet. Beispielsweise, dass Programmieraufgaben für Roboter in hohem Maße durch KI-Systeme übernommen werden.

Die vorliegende Studie untersucht die Fragen zum aktuellen Stand der KI in Unternehmen sowie Einstellungen und Erfahrungen mit KI bei den Befragten. Die Bedeutung, der Nutzen sowie Hindernisse bei der Anwendung der KI in Unternehmen wurden mithilfe der Breitenerhebung und Experteninterviews ermittelt. Die durchgeführte Studie liefert ein aktuelles Bild und zeigt aktuelle Tendenzen der KI-Anwendungen und damit verbundene Erfahrungen auf.

Im Rahmen der Studie wurden dabei folgende Forschungsfragen aufgestellt:

- Welche generellen Erfahrungen konnten Unternehmen mit KI bisher sammeln?
- In welchen betrieblichen Funktionsbereichen wurden bereits KI-Anwendungen realisiert?
- Welche qualitativen und quantitativen Nutzenaspekte werden von Unternehmen durch den Einsatz von KI adressiert?
- Welche Hindernisse bestehen für die Einführung von KI in Unternehmen?
- Wie verändert sich durch den Einsatz von KI die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Technik?
- Wie hoch ist der Autonomiegrad der heutigen KI-Anwendungen?

- Wie wird KI das Personalmanagement und die Mitarbeiterführung in den nächsten 5 Jahren verändern?
- Wie verändern sich die Kompetenzanforderungen der Mitarbeitenden durch den Einsatz von KI?

Um die aufgestellten Forschungsfragen zu überprüfen, wurden darauf aufbauend Leitfäden für die Breitenerhebung sowie Experteninterviews aufgestellt. Der Leitfaden der Breitenerhebung bestand aus 16 Fragen. Für die Experteninterviews wurde ein Grundgerüst mit 13 halbstandardisierten Fragen konzipiert, welches jedoch variabel auf den Experten sowie den Interviewverlauf angepasst wurde.

3. Studie

Basis der Studie ist ein Mixed-Method-Ansatz. Die Studie besteht daher aus einer quantitativen Breitenerhebung und qualitativen Experteninterviews (Kuckartz 2014, S.33). Der Vorteil des Mixed-Method-Ansatzes ist, dass durch den aufeinander abgestimmten Mix unterschiedlicher Methoden eine höhere Stabilität und Validität der Ergebnisse erzielt wird. Im ersten Schritt wurden Erkenntnisse aus der Breitenerhebung ermittelt. Die darauf basierenden, sich anschließenden Experteninterviews wurden dementsprechend angepasst, um ein umfänglicheres und tiefergehendes Bild zu erhalten. Die Studie wurde von September 2018 bis Mai 2019 durchführt.

Die Entwicklung des Fragebogens für die Breitenerhebung erfolgte auf Basis intensiver Recherchen, Vorkenntnissen sowie Projekterfahrung der beteiligten Personen. Schwerpunkt der Erhebung sind die Auswirkungen von KI sowie Erfahrungen bei der Anwendung von KI. Die Verteilung des Fragebogens erfolgte sowohl Online über Limesurvey® als auch per Post an Unternehmen aller Größen und Branchen (Versicherungsbranche, Maschinenbau, etc.), um eine höchstmögliche Teilnehmeranzahl zu erreichen und um dabei eine möglichst breit aufgestellte Branchenabdeckung zu erreichen. Die Analyse und Aufbereitung der Ergebnisse erfolgte mithilfe von IBM® SPSS® Statistics 20. Die gestellten Fragen wurden zum einen anhand einer Likert-Skala von 1 bis 5 bewertet oder konnten anhand einer Nominalskala mit unterschiedlichen vorgegeben Antworten, auch teilweise mit Mehrfachauswahl, beantwortet werden.

Die Breitenerhebung bestand aus zwei für alle Teilnehmenden der Studie relevanten Inhaltsblöcken und einem nur für die Befragten mit Erfahrungen in der Anwendung von KI (mindestens ein realisierter KI-Anwendungsfall). Die allgemeinen Angaben waren im ersten Schritt von den Teilnehmenden zu befüllen. Abgefragt wurden bspw. die Variablen „Zugehörigkeit zu einem Wirtschaftssektor“, „Umsatz“ und „Anzahl der Beschäftigten“. Potenzielle Auswirkungen von KI auf arbeitsbezogene Themen, Erwartungen hinsichtlich des Einsatzes von KI oder die generelle Bedeutung für einzelne Unternehmensbereiche wurden bspw.

bei allen Teilnehmenden abgefragt. Bei Teilnehmenden, die bereits Erfahrungen in realisierten KI-Projekten gesammelt und vorzuweisen hatten, wurden zusätzlich Fragen zu „Implementierungsaufwand“, „Nutzen“ und „Arbeitsteilung“ der KI-Anwendung gestellt.

Für die Experteninterviews wurde ein halbstandardisierter Interviewleitfaden auf Basis des Fragebogens der Breitenerhebung sowie ersten daraus gewonnenen Ergebnissen entwickelt. Bei der Auswahl der Experten wurde auf eine ausgewogene Mischung aus Vertretern von Anwender- und Ausrüsterunternehmen sowie von Verbänden, Sozialpartnern und Experten aus der Wissenschaft geachtet. Außerdem war es wichtig, dass die Experten praktische Erfahrungen mit KI-Projekten vorzuweisen hatten. Zusätzlich wurden Personen befragt, welche sich im Rahmen ihrer Tätigkeit mit dem Thema beschäftigen.

Die Experteninterviews bestanden aus 13 halbstandardisierten Fragen. Diese wurden aufgenommen und anhand studienrelevanter Leitfragen ausgewertet.

Im Folgenden werden die Studienergebnisse detailliert dargestellt und diskutiert.

3.1. Studienteilnehmer

Insgesamt beteiligten sich 309 Teilnehmer an der quantitativen Befragung. Die Angaben zur Unternehmensgröße und Zugehörigkeit zu einem Wirtschaftssektor sind in Abbildung 1 grafisch dargestellt. Die größte Gruppe der Befragten gehört zu Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten (37,8 %), 36,1 % der Befragten arbeiten bei Unternehmen mit zwischen 250 und 2499 Beschäftigten und die restlichen Teilnehmenden sind bei Unternehmen mit einer Größe ab 2.500 Beschäftigte angestellt (26,2 %). Über die Hälfte der Befragten gehörte zum Dienstleistungssektor (64,4 %), 35,6 % der Befragten ordneten sich dem sekundären Sektor zu. Diese Zugehörigkeit der Teilnehmenden entspricht ungefähr der nominalen Verteilung der Bruttowertschöpfung in Deutschland (Statistisches Bundesamt 2019, S. 11). Die Experteninterviews wurden mit 12 Vertretern von Anwender- und Ausrüsterunternehmen, wobei hier sowohl Start-Ups auch als multinationale Großkonzerne darunter sind, sowie Forschungseinrichtungen und Sozialpartnern durchgeführt.

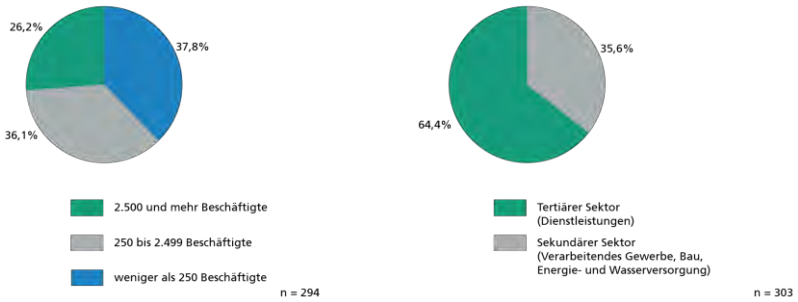


Abbildung 1: Unternehmensgröße und Wirtschaftssector der Studienteilnehmenden

Abbildung 2 stellt dar, wie die generellen Erfahrungen bezüglich Künstlicher Intelligenz im Unternehmen der Befragten einzustufen sind. Die praktischen Erfahrungen mit KI können demnach in drei Gruppen eingeteilt werden: 16 % der Befragten geben an, mindestens eine KI-Anwendung im Einsatz zu haben. Die mit 59 % der Befragten größte Gruppe gibt an, dass sich ihr Unternehmen in einem Status zwischen Vorbereitung einer KI-Anwendung und Informationsphase befindet.

25 % der teilnehmenden Unternehmen haben noch keine konkreten Handlungen im Thema KI unternommen. Somit zeigt sich, dass sich bereits über drei Viertel der Befragten in unterschiedlichen Ausprägungen mit dem Thema auseinandergesetzt haben.

Über welche Erfahrungen mit Künstlicher Intelligenz verfügt Ihr Unternehmen?



Abbildung 2: Erfahrungen mit Künstlicher Intelligenz

Bei der Betrachtung der Erfahrungen mit KI im verarbeitenden Gewerbe (n=80) ist festzustellen, dass im Vergleich zu der Gesamtstichprobe ähnliche Tendenzen vorliegen. Dieser Zielgruppe lassen sich bei den Aussagen „wir haben uns bisher nicht mit KI beschäftigt“ bis zu „wir informieren uns derzeit ausführlich über KI“

insgesamt 70 % der Befragten zuordnen. Einen konkreten Schritt nach der Informationsphase befinden sich kumuliert erst 30 % des verarbeitenden Gewerbes. Die genauen Daten stellt Abbildung 3 dar.

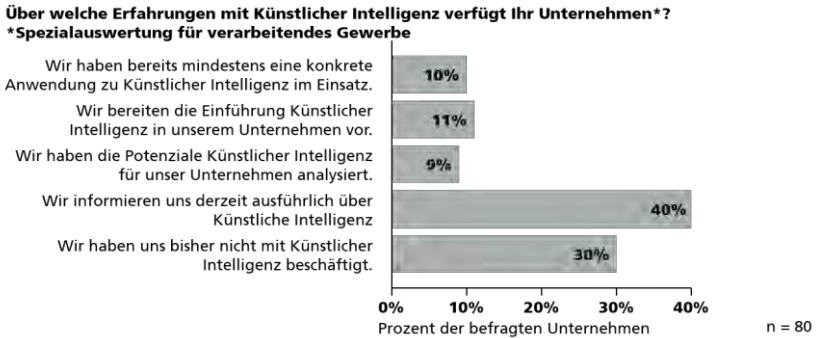


Abbildung 3: Erfahrungen mit Künstlicher Intelligenz im produzierenden Gewerbe

3.2. Auswirkungen Künstlicher Intelligenz

Bei der Frage nach der Bedeutung von KI konnten die Teilnehmenden sowohl ihre Einschätzung zur generellen Bedeutung von KI angeben als auch zu einzelnen Bereichen bzw. Funktionen im Unternehmen. Zusätzlich wurde nach zwei verschiedenen Zeitpunkten gefragt: heute und in fünf Jahren. Die generelle Tendenz über alle Punkte hinweg verdeutlicht, dass das Thema laut Teilnehmenden in fünf Jahren eine höhere Bedeutung erfährt. Die Auswertung zeigt auch, dass der Einsatz von KI im Dienstleistungsbereich mehr Aufmerksamkeit zukommt als in den Produktionsbereichen Fertigung und Montage. Die erhöhte Bedeutung in Zukunft kann mit der wenig ausgeprägten praktischen Erfahrung mit KI und den oftmals in Medien propagierten Effekten durch den Einsatz von KI liegen, bspw. Wertschöpfungspotenziale durch KI (iit 2018). Der Mangel an praktischen Beispielen in einigen Bereichen, wie der Montage, kann ebenfalls ein Grund für die niedrige Einschätzung der Befragten sein. Die Ergebnisse sind Abbildung 4 zu entnehmen.

Wie groß schätzen Sie die Bedeutung Künstlicher Intelligenz für folgende Bereiche Ihres Unternehmens ein?

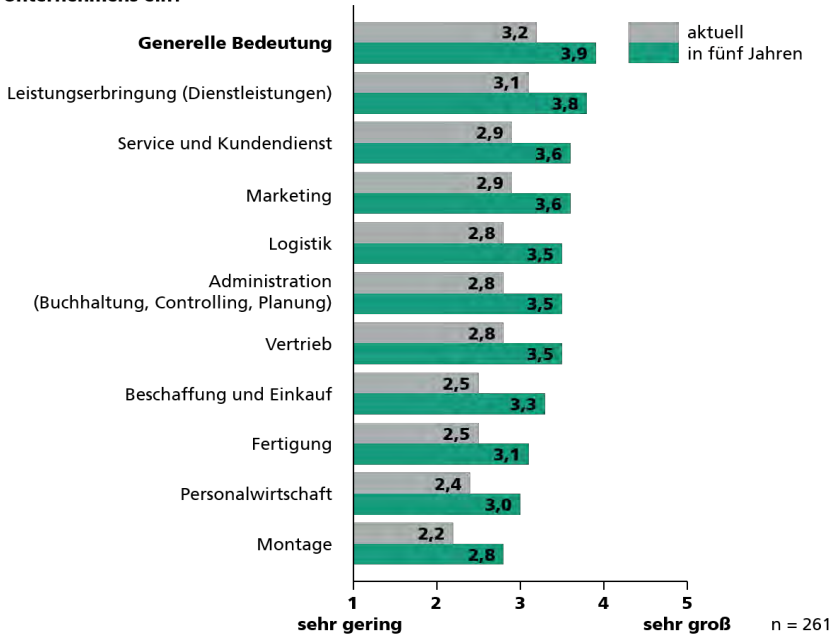


Abbildung 4: Bedeutung von Künstlicher Intelligenz für Unternehmen

Die Bedeutung von KI wird von der Gruppe des verarbeitenden Gewerbes (n=80) ähnlich eingeschätzt wie von der gesamten Stichprobe der Befragten. Jedoch ist zu beobachten, dass die Bedeutung von KI in fünf Jahren zunehmend an Gewicht gewinnt. Insbesondere hervorzuheben sind die Bereiche Fertigung und Montage, hier sprechen produzierende Unternehmen der KI einen höheren Stellenwert zu als die Gesamtstichprobe (Abbildung 5). Das Bild bestätigt die allgemeine Einschätzung, dass KI eher als Zukunftsthema wahrgenommen wird. Laut Experten heißt dies jedoch nicht, sich in den nächsten fünf Jahre nicht mit dem Thema auseinanderzusetzen. In der Zwischenzeit sollten Unternehmen das Thema nicht beiseitelegen, sondern ein Zielbild für ihre KI-Aktivitäten entwickeln und Entwicklungen im Themenfeld kontinuierlich beobachten.

Wie groß schätzen Sie die Bedeutung Künstlicher Intelligenz für folgende Bereiche Ihres Unternehmens ein?

***Spezialauswertung für verarbeitendes Gewerbe**

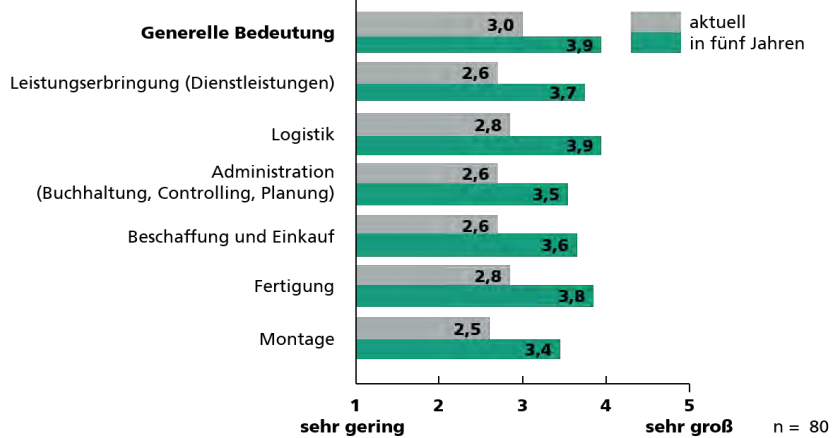


Abbildung 5: Bedeutung von Künstlicher Intelligenz für produzierende Unternehmen

Die Einschätzung zur Veränderung der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Technik in den nächsten fünf Jahren ist in Abbildung 6 dargestellt. Unterschieden wird zwischen ausführenden, analytischen, intuitiven und empathischen Tätigkeiten im Arbeitskontext. Den größten Einfluss hat KI auf analytische Tätigkeiten, d. h. auf das Sammeln, Interpretieren und Ableiten von (multidimensionalen) Kausalzusammenhängen. Weniger starken Einfluss hat KI auf intuitive und empathische Tätigkeiten.

Inwieweit wird Künstliche Intelligenz die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Technik in den nächsten fünf Jahren verändern?



Abbildung 6: Veränderung der Arbeitsteilung durch Künstliche Intelligenz zwischen Mensch und Technik in den nächsten fünf Jahren

Dadurch, dass KI laut den Angaben der Studienteilnehmenden wenig Einfluss auf empathische Tätigkeiten hat, sind die Ergebnisse von Abbildung 7 folgendermaßen zu interpretieren. Für die Tätigkeiten im Kontext des Personalmanagements und der Mitarbeiterführung im Unternehmen ist Empathie bspw. für den Aufbau

und die Pflege von Wertschätzung und Vertrauen notwendig. Allgemein wird die Veränderung in diesem Bereich eher als mittel bis wenig eingeschätzt. Am stärksten bewertet wird dabei der Bereich der Personalrekrutierung. Die Rekrutierung von Beschäftigten hat eine höhere Einschätzung als andere Bereiche erhalten, da Rekrutierung u. a. in hohem Maße mit der Vorauswahl über Kriterien und Personenprofilen zusammenhängt, die stark durch den Einsatz von KI über sogenannte Vorsortierungsfunktionen beeinflusst werden können.

Wie wird Künstliche Intelligenz das Personalmanagement und die Mitarbeiterführung in Ihrem Unternehmen in den nächsten fünf Jahren verändern?

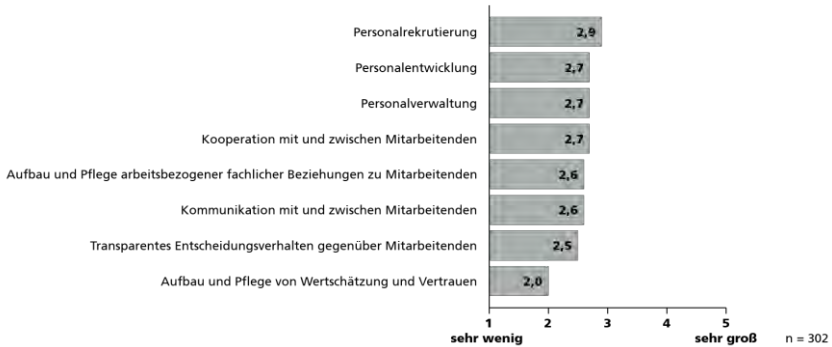


Abbildung 7: Veränderung des Personalmanagements und der Mitarbeiterführung durch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz in den nächsten fünf Jahren

In Abbildung 8 sind die Erwartungen an die Auswirkungen auf arbeitsbezogene Themen im Unternehmen dargestellt. Generell ist festzuhalten, dass die Rangfolge klassischen Optimierungsaspekten in Unternehmen ähnelt. So sind die Beschleunigung von Prozessen oder die Steigerung der Arbeitsproduktivität Themen, welche in der Vergangenheit mit Werkzeugen des Lean Managements oder herkömmlichen Digitalisierungsaktivitäten angegangen wurden. Die Auswirkungen auf Mitarbeitende (Steigerung der Mitarbeitermotivation, Entlastung der Mitarbeitenden, Verbesserung der Lernförderlichkeit) werden im Schnitt im mittleren Bereich bewertet. Hervorzuheben ist, dass bei der ausschließlichen Betrachtung der Teilnehmenden des produzierenden Gewerbes im Vergleich zur Gesamtstichprobe die Reduktion der Komplexität eine höhere Zustimmung erfährt (3,42; n=79). Dieses Thema ist gerade im produzierenden Gewerbe akut, da durch Losgröße 1 und die starke Zunahme der Variantenvielfalt eine hohe Komplexität vorzufinden ist. Die Expertinnen und Experten teilen diese Ansicht, da Komplexität mit regelbasierter Software bisher nicht zu beherrschen war.

Generell betonen die Interviewpartner, dass es für die angestrebten Ziele im ersten Schritt essentiell ist, das eigene Unternehmen und die eigenen Prozesse zu verstehen. Anschließend sollte nicht ausschließlich die technische Realisierung der KI-Anwendung stattfinden. Die Experten empfehlen daher, die Aufbau- und Ablauf-

organisation bei der Einführung eines Use Cases ebenfalls anzupassen bzw. neu zu gestalten.

Welche Auswirkungen auf arbeitsbezogene Themen erwarten Sie in Ihrem Unternehmen durch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz?

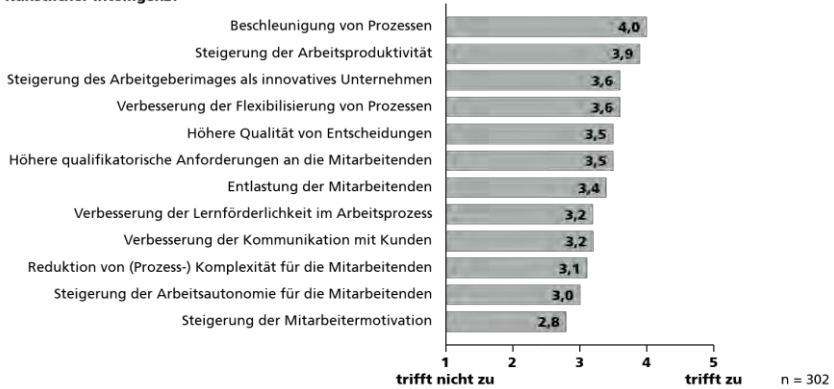


Abbildung 8: Auswirkungen durch den Einsatz von KI auf arbeitsbezogene Themen

Die vorgegebenen Aussagen zu Hindernissen resultieren aus der Projekterfahrung der beteiligten Personen im Projekt. Es geht um Kriterien wie bspw. hohe Kosten, hohe Anforderungen, fehlende Erfahrungen oder allgemein mangelndes Wissen über Einsatzmöglichkeiten von KI. Abbildung 9 zeigt einzelne Hürden detailliert auf. Insbesondere zu nennen sind dabei hohe Anforderungen an Datenschutz und Datensicherheit, hohe Kosten und mangelnde Kompetenz im Unternehmen oder fehlende Einsatzbeispiele. Einige der Gründe (z. B. hohe Anforderungen an Datenschutz und Datensicherheit) treffen bei jedem Unternehmen zu und haben allgemein eine hohe Bedeutung. Demgegenüber gibt es eher unternehmensspezifische Themen, wie bspw. die mangelnde Akzeptanz der Kunden, mangelnde Kompetenz im Unternehmen oder unklare bzw. intransparente Strategien und Ziele. Es gibt keine großen Abweichungen bei der Beurteilung der Hindernisse durch die Studienteilnehmenden des produzierenden Gewerbes zur Gesamtstichprobe. Jedoch wird die mangelnde Kompetenz im Unternehmen als besonders großes Hindernis im Kontext von KI wahrgenommen (4,06; n = 80).

Was sind Ihrer Meinung nach Hindernisse für die Einführung Künstlicher Intelligenz in Ihrem Unternehmen?

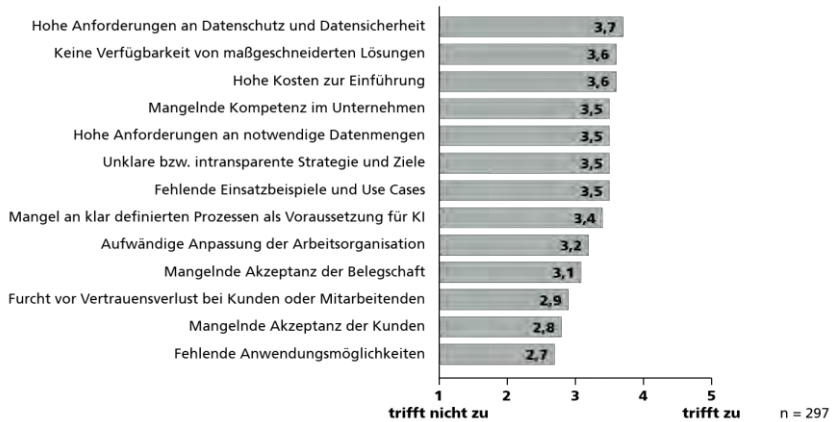


Abbildung 9: Hindernisse bei der Einführung von KI in Unternehmen

3.3. Erfahrungen mit Künstlicher Intelligenz im Unternehmen

In Bezug auf die Erfahrungen mit KI wurde nur ein Teil der Stichprobe der Breitenerhebung einbezogen. Dieser betrifft nur die 49 von 309 Befragten, welche bereits praktische Erfahrungen mit KI aufweisen konnten (vgl. Abbildung 2).

Bei der Frage nach den Funktionsbereichen der KI konnten die Studienteilnehmenden mehrere Bereiche auswählen. Abbildung 10 zeigt, dass über 50 % der Befragten ihre Anwendung dem Bereich Dienstleistung zuordnen. Service und Kundendienst weisen ebenfalls eine hohe Anzahl auf. Die übrigen Bereiche haben laut der Befragung weniger Verbreitung in der Anwendung. In der Betrachtung der Gesamtstichprobe der Befragung (n=309) haben lediglich 1 % der Befragten eine Anwendung mit KI im Montagebereich und ca. 3 % im Fertigungsbereich angegeben. Für die Analyse der Auswirkungen in den Produktions- und produktionsnahen Bereichen liegen nicht genügend Daten für valide Aussagen vor. Die Ergebnisse der Breitenerhebung und Experteninterviews zeigen, dass Produktionsbetriebe typischerweise bei maschinenbezogenen KI-Anwendungsfällen, wie Predictive Maintenance oder Predictive Quality, beginnen und ihre Aktivitäten schrittweise auf mitarbeiterbezogene Use Cases ausweiten. Die Rahmenbedingungen im Umgang mit Maschinendaten sind im betrieblichen Kontext weitaus weniger regulativ als bei mitarbeiterbezogenen Anwendungen, da hier weniger oder gar keine personenbezogenen Daten vorliegen.

Zu welchen der nachfolgenden Funktionsbereiche würden Sie Ihre Anwendung zu Künstlicher Intelligenz zuordnen? (Mehrfachantworten möglich)

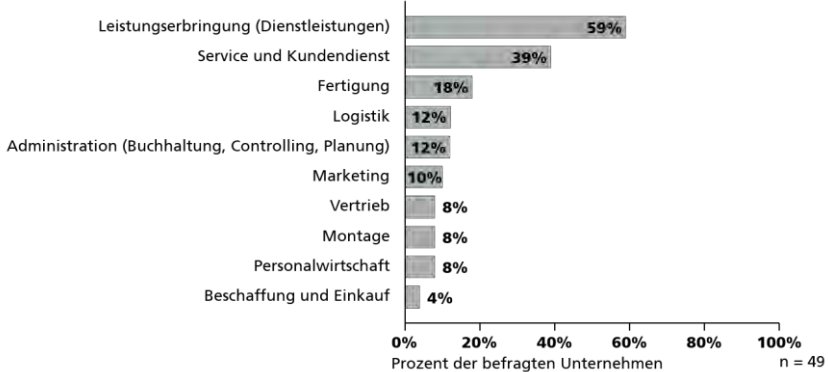


Abbildung 10: Funktionsbereiche der realisierten KI-Anwendungen

Abbildung 11 sind die veränderten Kompetenzanforderungen der betroffenen Beschäftigten bei den realisierten KI-Anwendungsfällen zu entnehmen. Die Bedeutung digitaler Grundkompetenzen ist durch den Einsatz von KI gestiegen. Übergreifend ist laut Experteninterviews zu beachten, dass bei der Zusammenarbeit mit KI-Ausrüsterunternehmen KI-Wissen im Unternehmen strategisch aufgebaut werden sollte. Das bedeutet, dass Beschäftigte als KI-Potenzialermittler oder KI-Use Case-Entwickler zu qualifizieren sind. Die Koordination im Unternehmen übernimmt idealerweise ein KI-Verantwortlicher. Dabei ist darauf zu achten, heterogene Expertenteams aus unterschiedlichen Funktionsbereichen zu bilden. Grundsätzlich können digitale und technologische Kompetenzen in der beruflichen Bildung, wie der Berufsausbildung oder an Hochschulen, gestärkt und in Bildungsplänen verankert werden. Darüber hinaus besteht in den Betrieben die Möglichkeit über Qualifizierung und Weiterbildung agil und flexibel auf verändernde Kompetenzanforderungen durch den Einsatz von KI zu reagieren.

Wie haben sich durch den Einsatz Ihrer Anwendung zu Künstlicher Intelligenz die Kompetenz-Anforderungen der betroffenen Mitarbeitenden verändert?

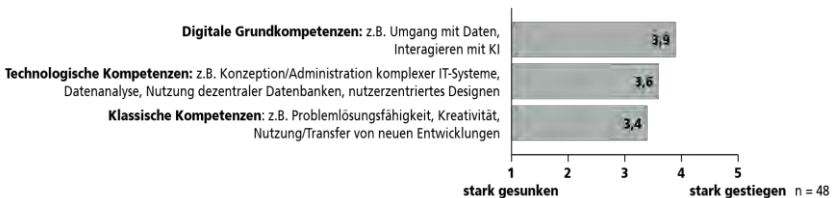


Abbildung 11: Veränderung der Kompetenz-Anforderungen nach Einführung der KI-Anwendung

Beim Autonomiegrad der KI-Anwendung (Abbildung 12) bezieht sich die fünfstufige Ausprägung der Antwortmöglichkeiten auf das Mensch-Technik-System.

Die Bandbreite beginnt bei „der Mensch führt seine Aufgaben eigenständig ohne Unterstützung der KI aus“ und geht bis zu „die KI arbeitet komplett autonom und erlernt selbstständig neue Tätigkeitsfelder“. Bei den beiden Extrempositionen können die erhobenen Daten bei der Prüfung auf Plausibilität teilweise vernachlässigt werden. Beispielsweise ist davon auszugehen, dass bei der „autonomen Arbeitsweise und beim selbstständigen Lernen neuer Tätigkeitsfelder“ eine starke KI vorzufinden wäre, was Stand heute technisch nicht realisierbar ist. 53 % der Befragten geben an, dass ihre KI-Anwendung unter der Kontrolle des Menschen ausgeführt wird. Dies deckt sich mit den Experteninterviews. Hier wurde erwähnt, dass heutige KI-Anwendungen als „Human-in-the-loop“-Systeme konzipiert werden, da die KI als assistierendes Werkzeug für den Menschen betrachtet wird.

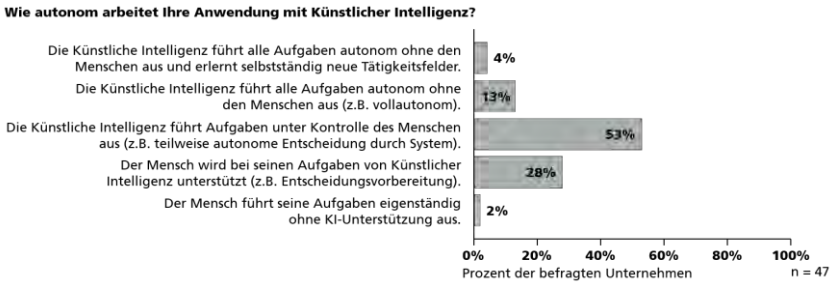


Abbildung 12: Autonomielevel der realisierten KI-Anwendungen

In der Frage, welchen Nutzen die Anwendung von KI erzielen konnte, kann eine positive Tendenz beobachtet werden. Die Befragten geben an, dass eine verbesserte Entscheidungsqualität oder eine Verkürzung von Durchlaufzeiten festzustellen ist. Das bedeutet, dass sowohl positive quantitative als auch qualitative Ergebnisse durch KI zu erzielen sind. Jedoch konnten Personal- und Sachkosten nicht erheblich reduziert werden. Der Nutzen von KI hat somit ein differenziertes Bild: die betrachteten Anwendungen liegen eher in der frühen Phase des Innovationsprozesses. Sie sind somit den Innovatoren und den frühen Adoptoren auf der Innovations-Adoptionskurve¹ zuzurechnen. Die Abbildung 13 stellt deutlich den positiven Nutzen in der Anwendung von KI in den Mittelpunkt der Diskussion.

¹ Die Adoptionskurve beschreibt die zeitliche Abfolge, ab wann ein Produkt oder eine Technologie am Markt durch den ersten Einsatz eingeführt wird. Die Kurve ist durch eine Normalverteilung beschrieben, wobei diese von Innovatoren, frühen Adoptoren, über die frühe und späte Mehrheit bis hin zu den Nachzüglern reicht (Weiber et al. 2006, S. 159 f.).

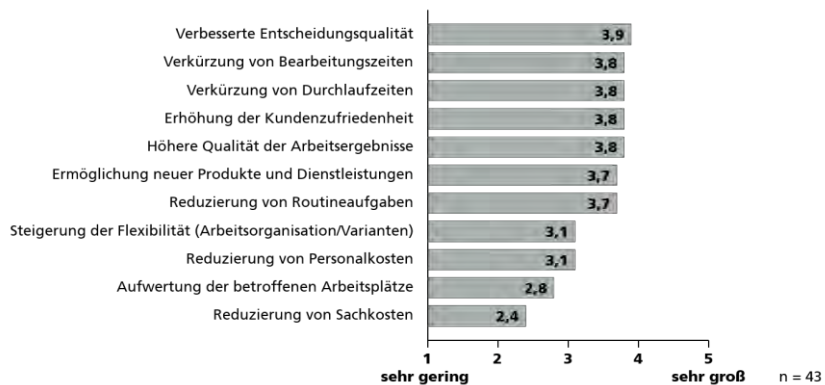
Wie groß war der Nutzen, den Sie durch Ihre Anwendung zu Künstlicher Intelligenz erzielen konnten?

Abbildung 13: Nutzen der realisierten KI-Anwendungen

4. Zusammenfassung und Ausblick

75 % der befragten Unternehmen beschäftigen sich bereits mit dem Thema KI, jedoch haben nur 16 % der Studienteilnehmenden angegeben, mindestens einen konkreten Anwendungsfall im Unternehmen im Einsatz zu haben. Im produzierenden Gewerbe befinden sich erst 30 % der Unternehmen in einer Phase zwischen Analyse, Konzeption und konkreter Anwendung.

KI wird von den Befragten allgemein eher als Zukunftsthema und als weiteres Werkzeug der Prozessverbesserung wahrgenommen. Die Entlastung der Mitarbeitenden oder die Lernförderlichkeit im Arbeitsprozess beschäftigt die Unternehmen weit weniger. Die Experten bestätigen den Eindruck, dass die Unternehmen KI momentan als weitere Option wahrnehmen, um Prozesse noch effizienter zu gestalten.

Das produzierende Gewerbe hat die Erwartungshaltung, mit KI die Komplexität zu reduzieren. Gleichzeitig soll KI dafür eingesetzt werden, Losgröße 1 wirtschaftlicher herzustellen. 53 % der heutigen KI-Use Cases werden unter Kontrolle des Menschen ausgeführt, hauptsächlich als Human-in-the-Loop-Anwendung. Hinderlich kann laut Breitenerhebung die mangelnde KI-Kompetenz der Unternehmen sein. Gerade bei der Betrachtung von Kompetenzanforderungen fällt auf, dass sich diese nach der Einführung der Anwendung verändert haben: die Bedarfe von digitalen, technologischen und klassischen Kompetenzen haben sich gewandelt. Deshalb ist es für die Unternehmen essentiell, KI-Anwendungen nicht nur als technisches Projekt zu betrachten. Laut Meinung der Expertinnen und Experten sollten die arbeitsorganisatorischen Aspekte wie die Aufbau- und Ablauforganisation oder die Qualifizierung der Beschäftigten zwingend mitberücksichtigt werden.

Es ist davon auszugehen, dass Fragestellungen der Arbeitsorganisation und -gestaltung in Zukunft noch präsenter werden, da KI-Anwendungsfälle stetig näher an den Menschen heranrücken. Von bisher eher maschinendatenbezogenen Use Cases wandert die KI in Richtung der Beschäftigten, bspw. in Form eines persönlichen Assistenten. Möglich werden dann Anwendungen, die die Interessen des Arbeitnehmenden und des Arbeitgebers in Echtzeit in Einklang bringen bspw. unter Einbeziehung der privaten Social-Media-Kanäle des Arbeitnehmenden und Echtzeit-Auftragsdaten des Unternehmens mittels einer KI.

Literatur

- Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg (2019). Einsatzfelder von Künstlicher Intelligenz im Produktionsumfeld. Zugriff am 11.06.2019 unter <https://www.i40-bw.de/wp-content/uploads/Studie-Einsatzfelder-KI-im-Produktionsumfeld.pdf>.
- Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg (2018). Ministerialdirektor Michael Kleiner zeichnete am 12. Dezember 14 Preisträger des Wettbewerbs „100 Orte für Industrie 4.0 in Baden-Württemberg“ aus. Abgerufen am 11.06.2019 unter <https://www.i40-bw.de/de/14-leuchtturmprojekte-im-land-fuer-die-produktion-der-zukunft-ausgezeichnet/>.
- Autor, D. H. et al. (2003). The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, 118 Jg., Heft 4 (November 2003), S. 1279-1333.
- Bauer, W./Marrenbach, D. (Hrsg.) (2018). Migrationsunterstützung für die Umsetzung menschenzentrierter Cyber-Physical Systems – Abschlussbericht. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation. Zugriff am 18.06.2019 unter http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn_nbn_de_0011-n-5185593.pdf.
- Bitkom Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (2018). Digitalisierung gestalten mit dem Periodensystem der Künstlichen Intelligenz. Zugriff am 11.06.2019 unter https://www.bitkom.org/sites/default/files/2018-12/181204_LF_Periodensystem_online_0.pdf.
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2015). Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. Forschungsbericht 455. Zugriff am 18.06.2019 unter https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/fb-455.pdf;jsessionid=460F6117FFA1BEBD9FFA51D4EBC0CE06?__blob=publication-File&v=2.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2018). Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung. Zugriff am 11.06.2019 unter https://www.bmbf.de/files/Nationale_KI-Strategie.pdf.
- Düll, N. (2016). Digitalisierung der Arbeitswelt – grundlegende Thesen. In: Düll, N. (Hrsg.): Arbeitsmarkt 2030. Digitalisierung der Arbeitswelt. Fachexpertisen zur Prognose 2016, München, S. 6-21.

- Fraunhofer-Allianz Big Data (2017). Zukunftsmarkt Künstliche Intelligenz – Potenziale und Anwendungen. Zugriff am 11.06.2019 unter https://www.iais.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publikationen/KI-Potenzialanalyse_2017.pdf.
- Frey, C./Osborne, M. A. (2013). The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization?. University of Oxford.
- Institut für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE Innovation+Technik GmbH (2018). Potenziale der Künstlichen Intelligenz im Produzierenden Gewerbe in Deutschland. Zugriff am 11.06.2019 unter https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/potenziale-kuenstlichen-intelligenz-im-produzierenden-gewerbe-in-deutschland.pdf?__blob=publicationFile&v=8.
- Kuckartz, U. (2014). Mixed Methods: Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren. Wiesbaden: Springer VS.
- McCarthy, J. et al. (2006). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence (31.08.1955). In: AI Magazine 27 Nr. 4, S. 12-14.
- McKinsey (2019). ‘Lighthouse’ manufacturers lead the way—can the rest of the world keep up?. Zugriff am 11.06.2019 unter: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Operations/Our%20Insights/Lighthouse%20manufacturers%20lead%20the%20way/Lighthouse-manufacturers-lead-the-way--can-the-rest-of-the-world-keep-up.ashx>.
- McKinsey Global Institute (2019). Notes from the AI frontier tackling Europe’s gap in digital an AI. Abgerufen am 11.06.2019 unter <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/artificial%20intelligence/tackling%20europes%20gap%20in%20digital%20and%20ai/mgi-tackling-europes-gap-in-digital-and-ai-feb-2019-vf.ashx>.
- Plattform Industrie 4.0. (2019). Deutschland als Vorreiter in der Industrie 4.0. Abgerufen am 11.06.2019 unter <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/DE/In-der-Praxis/Anwendungsbeispiele/anwendungsbeispiele.html>.
- Plattform Lernende Systeme (2019). Aufgerufen am 11.06.209 unter <https://www.plattform-lernende-systeme.de/>.
- PricewaterhouseCoopers (PWC) GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (2018). Künstliche Intelligenz als Innovationsbeschleuniger im Unternehmen – Zuversicht und Vertrauen in Künstliche Intelligenz. Abgerufen am 11.06.2019 unter <https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/ki-als-innovationsbeschleuniger-in-unternehmen-whitepaper.pdf>.
- Russel, S./Norvig, P. (2012). Künstliche Intelligenz. Ein moderner Ansatz, 3. Aufl. München: Pearson.
- SAE International (2018). SAE J 3016 Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles (SAE J 3016:2018-06-15).
- Statistisches Bundesamt (2019). Bruttoinlandsprodukt 2018 für Deutschland. Abgerufen am 18.06.2019 unter https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressekonferenzen/2019/BIP2018/pressebrochuere-bip.pdf?__blob=publicationFile&v=3.

Weiber, R. et al. (2006). Das Management technologischer Innovationen. In M. Kleinaltenkamp, W. Plinke, F. Jacob, A. Söllner (Hrsg.), Markt- und Produktmanagement (S. 83-208). Wiesbaden: Gabler.

Engineering Education 4.0: Herausforderungen und Empfehlungen für eine zukunftsorientierte Gestaltung der Ausbildung von Fachkräften und Ingenieuren

Florian Morandell, Benedikt G. Mark, Erwin Rauch, Dominik T. Matt

1. Einführung

Themen wie die Digitale Transformation, Industrie 4.0 und Künstliche Intelligenz verändern aktuell die Produktionsstätten sowie die Prozesslandschaft in den Unternehmen. Neueste Technologien und innovative Produktionsmethoden finden Einzug in die Fabriken und treffen dort sehr häufig auf Menschen, die derzeit noch wenig mit diesen technisch hochentwickelten Hilfsmitteln anzufangen wissen. Dies mündet nicht selten in einer geringen Akzeptanz seitens der Mitarbeiter oder auch einfach darin, dass teure Maschinen in der Ecke verstauben oder kollaborative Roboter aus Sicherheitsgründen in klassischen eingezäunten Roboterzellen ihren wenig zweckmäßigen Einsatz finden. Während in Europa inzwischen eine Vielzahl an verschiedenen Programmen zu Industrie 4.0 gestartet wurden, um den Unternehmen neue Technologien mitunter auch mittels steuerlicher Erleichterungen schmackhaft zu machen, leidet die Industrie seit Jahren nahezu krankhaft unter einem Fachkräftemangel. Das Angebot an ausgebildeten Technikern und Ingenieuren, welche die neuen Industrie 4.0 Technologien beherrschen und erfolgreich im Unternehmen einzusetzen vermögen, ist rar. Diese Tatsache setzt inzwischen die Hochschullandschaft sowie die Ausbildung von Technikern sehr stark unter Druck, entsprechende Qualifikationsprofile zu entwickeln und möglichst rasch mehr Angebot auf dem Arbeitsmarkt zu schaffen (IngenieurDE 2019).

Daher steht die Fachkräfte- und Ingenieurausbildung vor der Herausforderung, sich selbst quasi neu zu erfinden, um „digitale Ingenieure“ oder Industrie 4.0 Fachkräfte zu „produzieren“. Diese Art der Transformation der Schul- und Hochschulbildung wird auch als Engineering Education 4.0 bezeichnet und wird notwendig, um den zukünftigen Anforderungen der Industrie gerecht zu werden (Jeganathan et al. 2019). Hochschulen und Bildungseinrichtungen entwickeln daher neue Studiengänge und Lehrmethoden, um diesen Bedürfnissen Folge zu leisten (Ramirez-Mendoza et al. 2018; Grodotzki et al. 2018).

Um Antworten auf diese Herausforderung für den Alpenraum zu finden und entsprechende Maßnahmen abzuleiten, wurde ein transnationales Projekt namens

„Engineering-Education 4.0“ (kurz E-EDU 4.0) von Bildungsorganisationen in Österreich und Italien ins Leben gerufen. Im Projekt wird zunächst das aktuelle Angebot an Aus- und Weiterbildung untersucht und gemeinsam mit Stakeholdern die Anforderungen an neue Studiengänge für junge Talente sowie Schulungsmaßnahmen für existierende Fachkräfte in den Betrieben definiert. Als weitere Zielgruppe werden auch Lehrende in den Schulen und Universitäten berücksichtigt, da zunächst vor allem diese Zielgruppe in Industrie 4.0 Technologien ausgebildet werden sollte.

Dieser Beitrag beinhaltet zum einen eine Aufnahme der Herausforderungen und des aktuellen Stands der Forschung zu Engineering Education 4.0 auf internationaler und europäischer Ebene. Zum anderen wird beschrieben, welche Lösungen bzw. Maßnahmen im Projekt ergriffen werden, um der großen Nachfrage seitens der Unternehmen Folge zu leisten und die Situation am Arbeitsmarkt mittel- und langfristig entspannen zu können.

2. Theoretischer Hintergrund und Stand der Literatur

2.1. Begriffserklärung Engineering Education 4.0

Unter dem Begriff Engineering Education 4.0 wird in diesem Bericht die Anpassung von Aus- und Weiterbildungssystemen und -konzepten für Techniker und Ingenieure als Folge der Einführung von Industrie 4.0 in der Produktionslandschaft verstanden. Durch den Einzug von Industrie 4.0 seit nunmehr knapp zehn Jahren ändern sich die Anforderungen an technische Berufsprofile sehr stark. Sowohl die einschneidende Digitalisierungswelle in Produktions- und Logistikprozessen als auch große technologische Fortschritte haben dazu geführt, dass die klassische Techniker- und Ingenieurausbildung an die neuen Anforderungen seitens der Industrie angepasst werden muss.

Der Begriff „Engineering Education 4.0“ ist laut Recherche in der Datenbank Google Scholar ein vergleichsweise junger Begriff; die ersten Publikationen hierzu finden sich erst ab dem Jahr 2016. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Analyse des Suchbegriffs „education 4.0“ auf der Suchmaschine Google. Laut Recherche mit dem Analysewerkzeug Google Trends wird der Begriff erst seit Mitte 2016 stärker verwendet und vermerkt in den letzten Jahren einen deutlichen Aufwärtstrend (siehe Abbildung 1). Eine Recherche in der Datenbank SCOPUS zeigt für den Begriff „Engineering Education 4.0“ lediglich zwei Publikation von 2018 und zwei weitere Publikationen von 2019 auf. Wird der Begriff auf „Education 4.0“ reduziert, so finden sich auf SCOPUS insgesamt 45 wissenschaftliche Arbeiten, davon 36 aus den Jahren 2018-2019 und nur neun Arbeiten aus den Jahren zuvor.

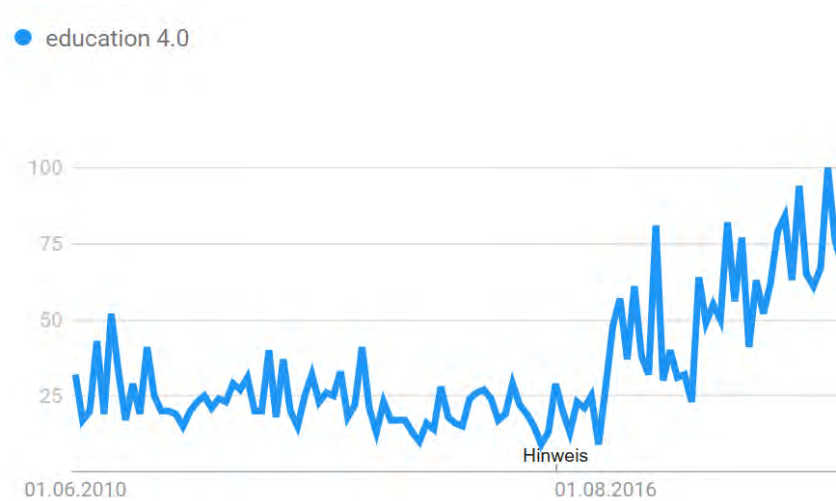


Abbildung 1: Trendentwicklung des Begriffs „education 4.0“ (Quelle: Google Trends, y-Achse stellt das Suchvolumen dar)

Diese Analyse der Verwendung der Begriffe „Engineering Education 4.0“ und „Education 4.0“ in verschiedenen Datenbanken bestätigt, dass erst etwa fünf Jahre nach der Einführung von Industrie 4.0 (2011 auf der Hannover Messe) die ersten wissenschaftlichen Diskussionen entstanden sind, um das Bildungssystem entsprechend anzupassen.

Die in den Datenbanken identifizierten Forschungsarbeiten können in zwei grundsätzliche Strömungen untergliedert werden:

- Innovative Aus- und Weiterbildungskonzepte und -programme,
- Innovative Lehrmethoden und -hilfsmittel.

Coskun et al. (2019) stellen bspw. in ihrer Arbeit an der Türkisch-Deutschen Universität Istanbul eine Roadmap vor, die aus drei Säulen besteht und die Änderungen/Erweiterungen im Ingenieurs-Studienangebot beschreibt. Die drei Säulen bestehen zum einen aus Anpassungen des Studienangebots, experimentellem Lernen in Lernfabriklabors sowie der Einrichtung eines Student Clubs mit dem Ziel einer Open Innovation Plattform. Ramirez-Mendoza et al. (2018) definieren in ihrer Arbeit zur Entwicklung eines Curriculums für Industrie 4.0 folgende Grundmodule: a) Industrielle Automation und Steuerungstechnik, b) Produktion, Unternehmensführung und Management, c) Fortgeschrittene Produktionstechnik sowie d) Informations- und Kommunikationstechnik und zeigen damit eine Verschmelzung der klassischen Disziplinen des Maschinenwesens, der Elektronik, des Wirtschaftsingenieurwesens sowie der Informatik auf.

In Bezug auf innovative Lehrmethoden und -hilfsmittel sind besonders folgende hervorzuheben: Schuster et al. (2016) empfehlen hierzu kollaborative virtuelle Lernumgebungen, in welchen internationale Teams Industrie 4.0 Technologien erproben und kennenlernen können. Ebenso schlagen auch Richert et al. (2016) Zusammenarbeit und gemeinsame Problemlösung in virtuellen Welten vor. Härtel et al. (2016) propagieren den Einsatz von Remote-Labs zum erfahrungsbasierten Lernen. Dadurch können sich verschiedene Institutionen die Anschaffung und Nutzung von kostspieligen Versuchseinrichtungen aufteilen und mehr Teilnehmer an realen Experimenten teilhaben lassen. Rauch et al. (2019) empfehlen die Einrichtung von Industrie 4.0 Lernfabriklabors, um Studierende auf praktische Art und Weise mit neuen Industrie 4.0 Technologien vertraut zu machen. Schmitz et al. (2016) untersuchen den Einsatz von mobilen Endgeräten in der virtuellen Lehre, welche in der Zwischenzeit flächendeckend von Studierenden verwendet werden und damit eine gute Basis für die Interaktion und Kommunikation mit Studierenden darstellen.

2.2. Initiativen auf europäischer und internationaler Ebene

Wie bereits im vorangehenden Abschnitt erwähnt, wurden insbesondere ab 2016 viele Initiativen und Forschungsprojekte zu Engineering Education 4.0 ins Leben gerufen. In Tabelle 1 werden einige Beispiele von Projekten auf europäischer und auch internationaler Ebene zusammengefasst.

Projekt	Beschreibung	Quelle
Vom BMBF geförderte, national verbreitete Kompetenzzentren Industrie 4.0	Vermittlung von Kompetenzen in der Anwendung und Implementierung von Technologien der Industrie 4.0 an kleine und mittlere Unternehmen (KMU).	Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung https://www.bmbf.de
Betriebliche Ausbildung 4.0	Das Projekt unterstützt KMU Westthüringens (Landkreis Gotha, Wartburgkreis, Ilmkreis sowie die kreisfreie Stadt Eisenach) beim Anpassungsprozess der betrieblichen Ausbildung.	VHS-BILDUNGSWERK GmbH, https://bildung-vierpunktnull.de/
Ausbildung 4.0 Siegen-Wittgenstein	„Ausbildung 4.0 Siegen-Wittgenstein“ ist ein Projekt des Berufsbildungszentrums (bbz) der IHK Siegen. Ziel ist es, mit Zusatzqualifikationen die Qualität der dualen Ausbildung zu steigern und sie besonders für	Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung und den Europäischen Sozialfonds, https://www.ausbildung4punkt0.info/

Engineering Education 4.0: Herausforderungen und Empfehlungen für eine zukunftsorientierte Gestaltung der Ausbildung von Fachkräften und Ingenieuren 277

	leistungsstarke Jugendliche attraktiv zu gestalten.	
Bildung 4.0 für KMU – Wettbewerbsvorsprung im Leichtbau durch Digitales Lernen	Das Projekt Bildung 4.0 für KMU soll KMU der Leichtbaubranche bei der Gestaltung ihrer Aus-, Fort- und Weiterbildungsprozesse unter den Gesichtspunkten „Industrie 4.0“ und „Digitalisierung der Arbeitswelt“ begleiten.	Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung und den Europäischen Sozialfonds, https://www.eckert-schulen.de/weiterbildung-augsburg/projekte-augsburg/bildung-40-fuer-kmu/
ELLI2 – Exzellentes Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften	ELLI ist ein Verbundprojekt der RWTH Aachen University, der Ruhr-Universität Bochum und der Technischen Universität Dortmund zur Entwicklung innovativer Lehr- und Lernkonzepte für die akademische Ausbildung.	Gefördert im Rahmen der Bund-Länder-Initiative für bessere Studienbedingungen und mehr Qualität in der Lehre; www.elli-online.net
E-EDU 4.0 (Engineering Education 4.0)	Überregionales Netzwerk zur Bildung 4.0. Im Fokus stehen Schüler und Lehrer aus Schulen, Studierende von Universitäten und Fachkräften aus KMU.	Gefördert im Rahmen von Interreg V-A Italien-Österreich 2014-2020; http://www.eedu40.eu/
SHYFTE – Skills4.0 THrough University and Enterprise Collaboration	Entwicklung und Umsetzung neuer Methoden und Lernmaterialien zur Verbesserung der Industrie 4.0 Kompetenzen und Fertigkeiten.	Gefördert im Rahmen von ERASMUS +, https://www.disp-lab.fr/?q=content/shyfte
MSIE 4.0 – Curriculum Development of Master's Degree Program in Industrial Engineering for Thailand Sustainable Smart Industry	Das Ziel ist es, die Kapazität und Fähigkeit der Universitäten in Thailand für einen Masterstudiengang für nachhaltige intelligente Industrie (Industrie 4.0) zu schaffen.	Gefördert im Rahmen von ERASMUS +, https://msie4.ait.ac.th/
DC4Work – Digital Competence 4.0	Arbeitsgestütztes Lernen im digitalen Zeitalter zur Förderung digitaler Kompetenzen für eine bessere Beschäftigungsfähigkeit.	Gefördert im Rahmen von ERASMUS +, https://www.dc4work.eu/

Tabelle 1: Beispiele für Initiativen zum Thema Engineering Education 4.0

3. Projekt Engineering Education 4.0 (E-EDU 4.0)

3.1. Zielsetzung und Projektpartner

Die Vierte Industrielle Revolution schreitet voran: Schulen, Universitäten und KMU sind gefordert, die notwendigen Fertigkeiten und Kompetenzen hierfür bereitzustellen. Der alpine Raum reagiert auf diese Herausforderung mit dem Projekt E-EDU 4.0. KMU aus dem grenzübergreifenden Gebiet zwischen Österreich und Italien, in welchem E-EDU 4.0 agiert, profitieren von der Unterstützung und den Dienstleistungen, welche von lokalen Anbietern von Aus- und Weiterbildung bereitgestellt werden. Dies erfordert jedoch weitere Anstrengungen, um die derzeitigen vermittelten Kompetenzen in Bildungsprogrammen von Schulen und Universitäten als auch in Weiterbildungen für Unternehmen anzupassen. E-EDU 4.0 zielt auf die Umsetzung von Industrie 4.0 in KMU ab, indem die hierfür notwendige Qualifizierung der Fachkräfte durch innovative Angebote im Bereich der Bildung und Weiterbildung stattfinden kann. Das Projekt unterstützt durch den grenzüberschreitenden Charakter die Bildung von Synergien bezüglich Ausbildungsprogrammen und gemeinsam nutzbarer Laborausstattung. Das Projekt baut dabei auf ein Netzwerk von Akteuren im Aus- und Weiterbildungsbereich auf, organisiert deren Aktivitäten und bietet Werkzeuge, um bestehende Infrastrukturen für grenzüberschreitende und themenbezogene Lernprogramme zu befähigen.

Das wirtschaftliche Umfeld der Programmregion benötigt die Fähigkeit, die aufkommenden Herausforderungen in Bezug auf Industrie 4.0 und die Digitalisierung zu bewältigen, um Produktionssysteme, Geschäftsmodelle oder Produkte schnell an sich verändernde Marktbedingungen zu adaptieren. Ein entscheidender Faktor dieser Entwicklung ist die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter. Daher werden in E-EDU 4.0 drei Ziele definiert:

1. Vorbereitung von Lehrenden, um Herausforderungen von Industrie 4.0 zu bewältigen.
2. Ausbildung zukünftiger Ingenieurinnen und Ingenieure für Industrie 4.0.
3. Weiterbildung von Fachkräften zur unmittelbaren Einführung von Industrie 4.0 Konzepten in den Betrieben.

Demnach werden die Zielgruppen für das Projekt wie folgt zusammengefasst:

- Lehrende in der Aus- und Weiterbildung von Technikern oder Ingenieuren.
- Schüler und Studierende in Techniker- oder Ingenieursausbildungen.
- Fachkräfte aus Unternehmen (mit Fokus auf KMU).

Ziel des Projektes ist, ein grenzüberschreitendes Qualifizierungsnetzwerk (technische Befähigung durch entsprechende Akteure) zu etablieren, eine Qualifizierungsplattform zu entwickeln (Online-Plattform) und ein Qualifizierungsangebot (für Aus- und Weiterbildung) zu entwickeln und in der Programmregion anzubieten.

Hierzu wurden fünf Arbeitspakete (AP) identifiziert und gestartet:

- AP-1: Projektmanagement.
- AP-2: Kommunikation.
- AP-3: Qualifizierungsnetzwerk für Aus- und Weiterbildung.
- AP-4: Entwicklung des Aus- und Weiterbildungsangebot.
- AP-5 Umsetzung des Aus- und Weiterbildungsprogramms.

In Tabelle 2 werden alle am Projekt beteiligten Partner aufgelistet.

Land	Region	Projektpartner	Rolle
Italien	Venetien	Camera di Commercio di Treviso-Belluno	Projektleitung
Österreich	Kärnten	Höhere Technische Lehranstalt Wolfsberg	Interessen der Technischulen
Österreich	Kärnten	Fachhochschule Kärnten	Interessen der Fachhochschule
Italien	Provinz Bozen	Freie Universität Bozen	Interessen der Universitäten
Italien	Friaul Julisch Venetien	Friuli Innovazione Centro di Ricerca e di Trasferimento Tecnologico	Interessen der KMU
Italien	Venetien	t2i – trasferimento tecnologico e innovazione s.c.a.r.l.	Interessen der KMU

Tabelle 2: Projektpartner im Projekt E-EDU 4.0.

3.2. Vorgehensweise im Projekt

Im Projekt werden folgende Zielsetzungen in der Kommunikation mit den verschiedenen Akteuren und Stakeholdern verfolgt:

- Verbesserung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit und Beteiligung von Aus- und Weiterbildungseinrichtungen aus den teilnehmenden Programmgebieten.
- Einbindung von politischen Entscheidungsträgern, KMU, Start-Ups, öffentlichen Körperschaften, Unternehmensförderorganisationen, Branchenagenturen, Dienstleistern und anderen Aus- und Weiterbildungseinrichtungen (die nicht direkt am Projekt beteiligt sind) durch Sensibilisierungs- und Kommunikationsmaßnahmen.
- Förderung von Innovationsprozessen im Bereich der intelligenten Produktion durch Sensibilisierungsmaßnahmen, Veranstaltungen, Workshops und Veröffentlichungen.
- Förderung von Qualifizierungs- und Lehrprogrammen zur Unterstützung von KMU, Start-ups, Lehrenden sowie Schülern und Studierenden.

Der zeitliche Ablauf der 5 Arbeitspakete (AP) im Projekt ist aus Tabelle 3 ersichtlich:

	2018			2019				2020			
WP	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
AP-1											
AP-2											
AP-3											
AP-4											
AP-5											

Tabelle 3: Zeitplanung der Projektinitiative mit Zeitdauer pro Arbeitspaket

4. Analyse der Herausforderungen

4.1. Allgemeine Herausforderungen

Häufig besteht noch nicht das Bewusstsein in den Köpfen der Menschen, dass Industrie 4.0 Technologien zukünftig einen großen Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit vieler Unternehmen und insbesondere auch KMU haben werden. Während große Unternehmen hier bereits intern Schulungsprogramme planen und umsetzen, sind in Bezug auf die Kompetenzsteigerung von KMU und Lehrenden vor allem die öffentlichen Körperschaften, Wirtschaftsverbände und Schulämter dafür

verantwortlich, ein entsprechendes Angebot zu schaffen und die genannten Zielgruppen damit Schritt für Schritt den neuen Technologien anzunähern.

Eine damit zusammenhängende Herausforderung ist die Schaffung von mehr Klarheit über das vorhandene Angebot an Weiterbildungsprogrammen im Rahmen von Industrie 4.0. Einer projektinternen Analyse zur Folge gibt es zwar einige einzelne Anbieter von Industrie 4.0 relevanten Kursen in den Programmgebieten von E-EDU 4.0, allerdings sind diese nur unzureichend beworben und bleiben damit dem Großteil der Interessensgruppen unbekannt. Zudem gibt es teils Angebote in einzelnen Regionen, welche genauso gut auch für andere Programmregionen von Interesse sein könnten, dort allerdings ebenso nicht bekannt sind. Es gilt also zukünftig, grenzüberschreitende Plattformen zu schaffen, auf welchen sich Unternehmen, Lehrende und auch Schüler und Studierende einen Überblick über Industrie 4.0 relevante Weiterbildungen verschaffen können. Zudem sollten Akteure wie öffentliche Körperschaften und Wirtschaftsverbände vermehrt auch mittels gezielter Informationsveranstaltungen und Kommunikationsmaßnahmen die lokale Wirtschaft über existierende Weiterbildungsangebote informieren.

In der Regel werden Weiterbildungskurse für ein breites Spektrum von Interessenten oder verschiedene Branchen, in denen Unternehmen tätig sind, angeboten. Da Weiterbildungsinstitutionen (vor allem aus der Privatwirtschaft) daran interessiert sind, möglichst viele Teilnehmer pro Schulung zu registrieren, besteht ein Mangel an spezifischen Schulungen für neue Industrie 4.0 Technologien. Dies liegt auch daran, dass es noch kaum kompetente Referenten auf dem Markt gibt, welche derartige Schulungen anbieten können. Es gilt also, diese Lücke an Weiterbildungsangeboten hinsichtlich spezifischen Industrie 4.0 Kompetenzen zu schließen, um Unternehmen als auch Lehrenden die Möglichkeit zu bieten, sich diese Kompetenzen aneignen zu können.

4.2. Herausforderungen für die Hochschulbildung

Hochschulen und Universitäten stehen derzeit vor der Herausforderung, ihre Studiengänge und -inhalte an die neuen Anforderungen seitens Industrie 4.0 und Digitalisierung anzupassen. Bereits 2013 haben Holland und Crompton darüber berichtet, wie zukünftig historisch getrennte Fähigkeiten, Disziplinen und Technologien verschmolzen werden müssen, um ein zeitgerechtes Profil eines Ingenieurs zu schaffen (Holland/Crompton 2013). Der „Digital Engineer“ der Zukunft ist laut Holland und Crompton ein Profi mit Wissen und Fähigkeiten im Umgang mit Technik und digitaler Technologie, um wesentliche Prozessverbesserungen zu ermöglichen, die zu Leistungssteigerungen sowohl im physischen als auch im geschäftlichen Bereich führen. Er muss dabei talentiert, informationstechnisch kompetent und unternehmerisch versiert sein.

Um kurz- bis mittelfristig auf diese Herausforderung zu reagieren, haben die meisten Hochschulen damit begonnen, ihre bestehenden Studienangebote zu überarbeiten und Studienpläne mit neuen Inhalten anzureichern sowie in bereits bestehenden Kursen Industrie 4.0 Technologien vermehrt einzusetzen.

Mittel- bis langfristig allerdings gilt es, auch neue Studiengänge anzubieten, welche eine Verschmelzung von klassischen Disziplinen im Bereich Maschinenbau/Produktionstechnik, Elektronik/Mechatronik, der Informatik und der Wirtschaftswissenschaften ermöglichen. Insbesondere Themen wie virtuelles und digitales Produktionsmanagement, Robotik, Echtzeit-Bildverarbeitung, Künstliche Intelligenz und Steuerungstechnik sind Themen, für die sich viele Hochschulen und Universitäten derzeit rüsten, um künftig mehr Kurse in diese Richtung anbieten zu können (Varrasi 2019).

Eine weitere Herausforderung für die Hochschulausbildung besteht ebenso in neuen Angeboten für berufstätige Studierende. In regulären Studiengängen soll diesen Studierenden mithilfe von Methoden und Instrumenten des Distance Learnings sowie vermehrter Unterstützung in Form von Sprechstunden am Abend oder Tutorings das Studieren parallel zum Beruf erleichtert werden. Zudem gilt es, zukünftig zunehmend auch duale Studiengänge anzubieten, welche gezielt für berufstätige Studierende entwickelt und angeboten werden.

4.3. Herausforderungen für die Schulausbildung im technischen Bereich

Eine Herausforderung für Lehrer ist die berufliche Weiterbildung, um eine möglichst aktuelle Lehre zu garantieren. Derzeit besteht in den Programmgebieten ein Mangel an spezifischen Weiterbildungsangeboten im technischen Bereich. Die Gestaltung und Intensität der individuellen Weiterbildung ist sehr stark vom Lehrer selbst abhängig. Aufgrund des Mangels an Angeboten ist der Aufwand für den Lehrenden dementsprechend hoch, eine geeignete und von der Schule finanzierbare Weiterbildung zu finden und deren Inhalte auch in reduzierter bzw. geeigneter Form auf Schulniveau den eigenen Schülern weiterzugeben.

Ein zudem wichtiges Thema stellt auch die Modernisierung der verschiedenen Laboratorien in den technischen Schulen dar. Neue Industrie 4.0 Technologien in den Unterricht einzubauen, bedeutet für die Schulen, häufig doch bedeutende Investitionen zu tätigen. Dem gegenüber steht der Vorteil, den Schülern bereits frühestmöglich einen Zugang zu innovativen Technologien zu gewähren. Unter anderem bedeutet die Einführung neuer Technologien auch für Lehrer einen Aufwand zum Erlernen von neuen Programmen, Maschinen oder Geräten. Dabei ist die Bereitstellung von entsprechenden Budgets für neue Gerätschaften und Technologien in Labors häufig ein Anreiz, Lehrende dazu zu motivieren, sich weiterzubilden und den Schülern den Zugang zu Industrie 4.0 Technologien im schulischen Bereich zu ermöglichen. Es wäre dabei allerdings wenig sinnvoll, wenn jede Schule ähnliche Investitionen in Anlagen oder Maschinen tätigen würde. Eine

Möglichkeit, diesem Problem in Zukunft zu begegnen, wäre die Schaffung von Kompetenzzentren in den Schulen zu definierten Themen und/oder Möglichkeiten zu schaffen, wie Schulen in kollaborativen Lernumgebungen zusammenarbeiten können.

Der gezielte Einsatz von Industrie 4.0 Technologien bietet zudem eine Chance, mehr Schüler und insbesondere auch mehr Frauen/Mädchen für eine technische Ausbildung und anschließend für einen technischen Beruf zu begeistern. Neben klassischen Technologien in technischen Schulen wie bspw. den Umgang mit spannenden Werkzeugmaschinen oder mit Schweißprozessen schaffen Industrie 4.0 Technologien wie der 3D Druck, kollaborative Robotik oder Virtuelle bzw. Augmentierte Realität neue Anreize und neue attraktive Beschäftigungsmöglichkeiten als Fachkraft in KMU.

4.4. Herausforderungen für Unternehmen

In Bezug auf die Ausbildung der Mitarbeiter besteht derzeit die Herausforderung für Unternehmen, möglichst rasch Mitarbeiter mit einem Industrie 4.0 nahen Ausbildungshintergrund zu rekrutieren. Da sowohl Schulen als auch Hochschulen erst seit kurzem dabei sind, ihre Studiengänge anzupassen bzw. neue Studiengänge anzubieten, müssen sich Unternehmen hierfür sehr häufig für die Dauer von einigen Jahren gedulden. Um kurz- bis mittelfristig hier doch Abhilfe zu schaffen, bietet es sich an, neue und Industrie 4.0 relevante Studiengänge auch als duales Studium anzubieten. Auf diese Weise können Unternehmen interessierte Mitarbeiter in neuen Technologien ausbilden lassen und können diese (in reduziertem Ausmaße) doch noch weiterhin im Unternehmen beschäftigen.

Für Mitarbeiter, welche nicht die Mühen für ein duales Studium auf sich nehmen wollen, ist die Teilnahme an gezielten Weiterbildungsveranstaltungen eine ideale Möglichkeit, um sich zu qualifizieren. Weiterbildungskurse werden allerdings häufig in angemieteten Seminarräumen oder Räumen der Organisationseinheit durchgeführt. Häufig steht dabei jedoch nicht eine geeignete Ausrüstung zur Simulation von produktionstechnischen Abläufen zur Verfügung. Es werden zwar auch individuelle Kurse für Unternehmen in deren Räumlichkeit organisiert, um auch praktische Inhalte in die Kurse mit einzubauen, jedoch sind hier KMU weitgehend ausgeschlossen, da sie meist nicht die notwendige Teilnehmerzahl für einen In-house-Kurs erreichen können. Hierfür wäre es sinnvoll, spezifische Weiterbildungen rund um Industrie 4.0 in entsprechend ausgestatteten Labor- oder Lernfabrikinfrastrukturen durchführen zu können.

Eine weitere Herausforderung für Unternehmen stellt auch die zur Verfügung stehende Zeit für Weiterbildungen dar. Gerade in Zeiten des wirtschaftlichen Wachstums stehen die Notwendigkeit für Weiterbildung und das interne Arbeitspensum in Konkurrenz zueinander. Muss für einen Halbtageskurs dann noch eine längere

Anfahrt und Rückfahrt mit einkalkuliert werden, wird die Schulung für viele Mitarbeiter, aber auch für KMU, deutlich zu aufwendig in der Abwicklung. Als Lösung bieten sich Weiterbildungen an, welche online als Webinar oder über einen direkten Live-Stream zum Lehrenden angeboten werden. Während diese Möglichkeit sich bspw. für spezifische Schulungen im Bereich der Informatik und Erlernung von Softwaresystemen sehr gut nutzen lässt, ist dies für andere Schulungen wie bspw. 3D Druck oder im Umgang mit kollaborativer Robotik nur möglich, indem auf einen praktischen Teil weitgehend verzichtet wird. In solchen Fällen gilt es Programme anzubieten, welche über virtuelle Lernumgebungen mit Remote-Labors verfügen. Somit können Teilnehmer, welche über Distanz partizipieren, ebenfalls an Experimenten oder praktischen Inhalten teilnehmen und diese über remote-Ansteuerung ausführen und testen.

Eine weitere Herausforderung für Unternehmen und insbesondere für KMU besteht darin, einen Verantwortlichen für Industrie 4.0 zu finden und entsprechend zu qualifizieren. Es gilt also in Zukunft auch Aus- und Weiterbildungsprogramme zu definieren, welche eine Nachwuchsführungskraft auf eine derartige Rolle im KMU vorbereitet. Diese kann im Anschluss digitale Innovationsprozesse im Unternehmen koordinieren und im Train-the-Trainer Konzept ihr erlangtes Fachwissen intern an Kollegen und Mitarbeiter weitergeben.

5. Lösungsansätze für die Programmregion Interreg Österreich-Italien

Im Rahmen der Analysephase wurden auf Basis der Literaturrecherche, Recherche ähnlicher Projekte im europäischen und internationalen Raum sowie mittels Gesprächen mit verschiedenen Stakeholdern und Feedbacks aus Workshops eine Reihe an Lösungsansätzen erarbeitet, welche in den folgenden Abschnitten vorgestellt werden.

5.1. Infrastrukturelle Lösungsansätze

Im Programmgebiet Südtirol wendet die Freie Universität Bozen bereits seit einigen Jahren das Konzept der Lernfabriken an. Eine Lernfabrik zeichnet sich um einen durch den praktischen Lehransatz aus, indem theoretische Inhalte in Kombination mit praktischen Übungen und Anwendungsfällen vermittelt werden. Dies führt bei den Studierenden bzw. Teilnehmern von Kursen zu einer höheren Lernrate als bei üblichen Kursen mit Frontalunterricht (Rauch et al. 2019). Der zweite Vorteil von Lernfabriken liegt darin, dass Schulungsteilnehmer das Gelernte in einer realistischen Produktionsumgebung und anhand der Entwicklung und Fertigung eines realen Produktes sehr anwendungsnah erproben können (Abele et al. 2019). In Südtirol wurde ein solches Lernfabriklabor bereits 2010, damals noch als Lernfabriklabor für schlanke und wandlungsfähige Montage, realisiert. Im Jahr 2015 wurde das Labor schließlich zu „Smart Mini Factory“ umbenannt und nach

und nach neue Industrie 4.0 Technologien eingeführt und in die Lehre mit eingegliedert. Das Labor wird zum einen für die Lehre von Schülern und Studierenden, für die Weiterbildung von Fachkräften aus Handwerk und Industrie sowie von Lehrenden aus Schulen genutzt. Zudem ermöglicht die moderne Ausstattung eine angewandte Forschung in enger Zusammenarbeit mit lokalen KMU. Das Smart Mini Factory Labor besitzt als eines von 31 Best Practice Lernfabriklabors (siehe Best Practices – Abele et al. 2019) die Möglichkeit, moderne Technologien und Produktionsmethoden im Rahmen von Industrie 4.0 zu simulieren und zu untersuchen und dabei eine gemeinsame Plattform für Forschende, Studierende und Industrie zu schaffen. Dadurch soll ein funktionierender Wissenstransfer von der Forschung in die Industrie ermöglicht werden. Im Mittelpunkt stehen dabei die Bedürfnisse der kleinen und mittleren Unternehmen in den Bereichen hybride Produktions- und Montagesysteme, menschenorientierte Produktion sowie Robotik und Mechatronik für die industrielle Automatisierung (siehe auch www.smart-minifactory.it).

Ein weiteres Infrastrukturprojekt, welches in Südtirol erfolgreich umgesetzt wurde, ist das Fablab Bitz der Freien Universität Bozen in Zusammenarbeit mit der Stadtgemeinde Bozen (<https://bitzfablab.unibz.it>). Sinn und Zweck der offenen Werkstatt für Studierende und Bürger aus Südtirol ist die Schaffung einer Infrastruktur, welche mit neuesten Maschinen ausgerüstet ist, die nahezu jeder Person aus der Bevölkerung ermöglichen, individuelle Ideen in die Tat umzusetzen. Dazu wird von den Mitarbeitern des Fablab das nötige Wissen vermittelt und die technischen Maschinen bereitgestellt. Das Fablab ist mit Laserschneider, neuesten 3D Druckern, Fräsmaschinen, Textilverarbeitungsmaschinen, Elektronikwerkzeugen und „Arduini“-Kits sowie manuellen Werkbänken und Seminarräumlichkeiten ausgestattet. In regelmäßigen Abständen werden Seminare und Workshops zu verschiedenen Themen (u. a. Virtuelle Realität, 3D Druck, Arduino) veranstaltet.

Ebenso finden sich im neuen Technologiepark NOI Techpark Südtirol/Alto Adige weitere Forschungsstätten mit Laborausstattung für Industrie 4.0. Der „Maker Space“ wurde als Labor für die hiesige Wirtschaft geschaffen, um KMU einen Zugang zur schnellen Erstellung und Bearbeitung von Produktprototypen zu schaffen, ohne dass diese umfangreiche Investitionen tätigen müssen. Die High-tech-Geräte stehen den Unternehmen unter der Aufsicht und Leitung von Experten zur Verfügung. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass Prototypen direkt an den Maker Space beauftragt und dort gefertigt werden. Der Maker Space besteht aus einer Metallwerkstatt, Holzwerkstatt und einem Textil- und Elektronikbereich.

Ein neues Projekt innerhalb des NOI Techparks ist das Fraunhofer Italia Anwendungszentrum ARENA. Gerade kleine und mittlere Unternehmen stehen vor großen Herausforderungen, mit dem hohen Entwicklungstempo im Bereich Arbeitswelt und Industrie 4.0 mitzuhalten. Das Fraunhofer Italia Anwendungszentrum ARENA zeigt dabei eine anwendungsorientierte Vision eines unmittelbaren und

effizienten Wissenstransfers, ausgerichtet auf die Bedürfnisse von Unternehmen. Die ARENA (Area for Research & Innovative Applications) ist dabei eine zentrale Plattform für die Zukunftsthemen im Bereich Digitalisierung und Advanced Automation. Verschiedenste Technologiedemonstratoren zeigen in einem industrieorientierten Ansatz unmittelbar die Potenziale und Herausforderungen der intelligenten digitalen Fabrik und der vernetzten Baustelle der Zukunft. Zusammen mit seinen Auftraggebern erarbeitet Fraunhofer Italia in direkter Kooperation an den Demonstratoren individuell zugeschnittene Lösungen, um essentiellen Herausforderungen von morgen u. a. in folgenden Bereichen zu begegnen: die Rolle des Menschen in teilautonomen Systemen, effizienter Einsatz kollaborativer und mobiler Robotik, künstliche Intelligenz in Montage- und Produktionssystemen oder geeignete Einsatzbereiche für modulare bzw. rekonfigurierbare Assistenz- und Robotiksysteme.

5.2. Informationen hinsichtlich Engineering Education 4.0 Angebote

Folgende Informations- und Kommunikationsmaßnahmen wurden im Projekt E-EDU 4.0 erarbeitet bzw. auch von anderen Akteuren bereits eingeleitet:

- Online-Plattform E-EDU 4.0.
- Digital Talent Wettbewerb im Projekt E-EDU 4.0.
- Broschüre der Weiterbildungsangebote der Smart Mini Factory.
- Digital Day der Handelskammer Bozen.
- Digital Talent Day der Handelskammer Bozen und A21 Digital.

Im Rahmen des Projektes E-EDU 4.0 wird eine web-basierte Online-Plattform entwickelt, auf welcher Anbieter von Weiterbildungsangeboten zu Industrie 4.0 ihr Angebot eintragen und auf der Plattform veröffentlichen können. Die Webseite soll es Interessenten ermöglichen, nach folgenden Kriterien zu filtern: geographisches Gebiet der Weiterbildung, Typologie (physische Anwesenheit oder online-Teilnahme), Sprache, Themengebiet (wie bspw. 3D Druck, Robotik, Virtuelle Realität, Assistenzsysteme) sowie Veranstalter. Die Plattform soll nach einer ersten Anlauf- und Testphase auch auf weitere Anbieter außerhalb des Programmgebiets erweitert werden.

Das Projekt E-EDU 4.0 sieht zudem einen Talentwettbewerb für Schüler und Studierende vor. Dadurch sollen junge Menschen animiert werden, an Weiterbildungsveranstaltungen teilzunehmen und ihre Entwicklungen einer breiten Öffentlichkeit vorzustellen und an einem Wettbewerb teilzunehmen.

Das Lernfabriklabor Smart Mini Factory wird im Rahmen des Projektes E-EDU 4.0 eine Broschüre der Weiterbildungsveranstaltungen erarbeiten, in welchem Interessenten Details über die Weiterbildungsangebote und über die Möglichkeiten zur Einschreibung vermittelt werden.

Der Digital Day der Handelskammer Bozen zielt darauf ab, ein stärkeres Bewusstsein von Industrie 4.0 und Digitalisierung in den lokalen KMU Betrieben zu schaffen. Im Rahmen des Events referieren Experten über Themen der Digitalisierung in Industrie, Handel und Serviceleistung.

Der Digital Talent Day der Handelskammer Bozen und A21 Digital spricht insbesondere junge Talente an, um dem „Braindrain“ (der Abwanderung von Talenten) entgegenzuwirken und Talente über Möglichkeiten in der lokalen Wirtschaft zu informieren. Im Rahmen des Events werden zum einen Keynote Speaker eingeladen, welche über Trendthemen der Digitalisierung referieren. Zudem werden praktische Workshops angeboten, in welchen die Teilnehmer aktiv in die Bearbeitung der Trendthemen eingebunden werden. Darüber hinaus werden optionale Firmenbesichtigungen zu Unternehmen mit Best-Practice Anwendungen organisiert.

5.3. Schaffung eines Weiterbildungsangebots für Lehrkräfte an Schulen

In der Ausarbeitung des Weiterbildungsangebots für Lehrkräfte in Südtirol wurde berücksichtigt, dass jede Lehrperson zu Beginn des akademischen Schuljahres ein Stundenkontingent von mindestens 20 Stunden für Weiterbildungskurse einplanen muss. Aus dieser Überlegung wurde die Dauer der Kurseinheiten entsprechend geplant und thematisch untergliedert. Ein wichtiger Aspekt in der Planung der Weiterbildung für Lehrende liegt darin, dass die Kurse schon im frühen Herbst definiert werden müssen und daher vorab rechtzeitig zu kommunizieren sind.

Die Kurse für Lehrende, Werkstattleiter und Laborleiter wurden entsprechend der Spezialisierungsrichtungen an den Schulen in folgende Zielgruppen unterteilt (siehe auch Tabelle 4):

- Maschinenbau,
- Elektrotechnik, Elektronik und Automation,
- Informatik,
- Logistik,
- Bauwesen und
- Biennium und allgemeine Wissenschaften.

Diese Unterteilung wurde in Bezug auf die zurzeit bestehenden Fachrichtungen der technisch ausgerichteten Oberschulen in Südtirol erstellt. Das fünfjährige Oberschulsystem in Italien ist in ein allgemeinbildendes Biennium und ein fachrichtungsspezifisches Triennium aufgebaut. Durch die Unterteilung der Zielgruppen bekommen somit nicht nur alle Lehrkräfte der verschiedenen Fachrichtung eine auf sie ausgerichtete Schulung, sondern auch Lehrkräfte verschiedener allgemeiner wissenschaftlicher Fächer des Bienniums.

Angebot	Sprache	Kursdauer [Std.]	Maschinenbau	Elektronik, Elektrotechnik, Automation	Logistik	Bauwesen	Informatik	Biennium und allg. Wissenschaften
1 Industrie 4.0 und Digitalisierung in der Schule	DE / IT	4	4	4	4	4	4	4
2 Baustelle 4.0: Digitalisierung im Bauwesen	DE+IT	8				8		
3 Fortgeschrittene numerische Mechanik: Dynamik, Crash und Optimierung	DE	8	8					
4 3D Drucken und 3D Scannen - Überblick 3D Drucktechnologien	IT	4	4					4
5 3D Drucken und 3D Scannen - Praktische Anwendungen	DE	4	4					4
6 Internet of Things mit Python und Cybersecurity	IT	8		8	8		8	
7 Werker-Assistenzsysteme für die industrielle Produktion und Montage	DE	8			8			
8 Industrielle Robotik, mobile Robotik und kollaborative Robotik	IT	8		8				
	Stunden		20	20	20	12	12	12
	Tage		2,5	2,5	2,5	1,5	1,5	1,5

Tabelle 4: Weiterbildungsangebot für Lehrkräfte an Schulen

5.4. Kursangebot für Schüler an Berufsschulen und technischen Gymnasien

Folgende Rahmenbedingungen sind bei der Ausarbeitung von Schulungsangeboten für Schüler zu berücksichtigen: Schüler haben erfahrungsgemäß größere Schwierigkeiten, sich längere Zeit zu konzentrieren. Das bedeutet, dass Schulungen, welche länger als vier Stunden dauern, nicht zielführend und demnach von der Dauer her begrenzt sein sollten. Zudem muss zwischen Schule und dem Ort der Weiterbildung eine gute Anbindung zu den öffentlichen Verkehrsmitteln vorhanden sein. Die Veranstaltungen sollen zeitlich derart geplant werden, um Überlagerungen mit schulischen Verpflichtungen oder Prüfungen möglichst zu vermeiden.

Die Kurse für Schüler wurden wie folgt unterteilt (siehe auch Tabelle 5):

- Maschinenbau,
- Elektrotechnik, Elektronik und Automation,

- Informatik,
- Logistik,
- Bauwesen.

Die Erfahrung von schon heute durchgeführten externen Schulungen für Schüler haben gezeigt, dass Klassen des Bienniums noch nicht die notwendige Basis für Kurse dieser Art aufweisen. Somit werden Thematiken über Industrie 4.0 im Unterricht von ausgebildeten Lehrpersonen nur kurz angeschnitten, aber noch nicht vertieft. Aus diesem Grund werden derzeit keine Kursangebote für die Schüler des Bienniums in den allgemeinbildenden technischen Fächern angeboten.

Angebot	Sprache	Kursdauer [Std.]	Maschinenbau	Elektronik, Elektrotechnik und Automation	Logistik	Bauwesen	Informatik
1 Überblick Industrie 4.0 und praktische Demonstrationen	DE / IT	4	4	4	4	4	4
2 Experimentelle und simulative Mechanik	DE	4	4				
3 Eye Tracking Technologie in Produktentwicklung und Produktion	IT	4	4		4		
4 Innovationsorientierte Betriebsführung im Industriebetrieb	DE	16	16	16	16	16	16
5 Übungsplanspiel manuelle und automatisierte Montage	DE / IT	8			8		
6 Werkzeuge und Methoden des Industrieingenieurwesens	DE / IT	4	4	4	4		
7 Methoden für die kreative Produktentwicklung	IT	4	4			4	
8 Besichtigung NOI TechPark und Makerspace	DE / IT	2	2	2	2	2	2
9 3D Drucken und Laser Cutting	DE	4	4	4	4	4	4
10 Virtual Reality und Virtual Modelling	DE	4	4	4	4	4	4
		Stunden	46	34	46	34	30
		Tage	5,75	4,25	5,75	4,25	3,75

Tabelle 5: Weiterbildungsangebot für Schüler an technischen Schulen

5.5. Anpassung des Ausbildungsangebots an der Hochschule

Auf Hochschulebene wurde das Angebot an technischen Studiengängen an der Freien Universität Bozen entsprechend den Anforderungen von Industrie 4.0 mit folgenden neuen Studiengängen erweitert:

- **Dualer Bachelorstudiengang in Automation:** Studiengang für berufstätige Studierende mit Fokus auf eine praxisorientierte Ausbildung im Bereich Industrie 4.0 in der industriellen Automation.

- **Berufsbildender Bachelorstudiengang in Holzingenieurwesen:** Praxisorientierter Studiengang mit Schwerpunkten für moderne Produktionsabläufe, Prozessoptimierung, Entwicklung, sowie Management im holzverarbeitenden Betrieb mit mindestens 50 von 180 ECTS an Praxisstunden im Unternehmen (durch Praktika oder Studienarbeiten).
- **Internationaler Masterstudiengang in Industrie- und Maschineningenieurwesen:** internationaler Studiengang in englischer Sprache mit Spezialisierung in fortgeschrittenen Technologien des Maschinenbaus und der Automation oder in der Gestaltung von digitalen Produktions- und Logistikabläufen (Double-Degree Programm mit der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg).
- **Englischsprachiges Doktoratsstudium in Advanced Systems Engineering:** Das dreijährige Doktorandenprogramm konzentriert sich auf die Erforschung und Entwicklung fortschrittlicher und intelligenter Systeme durch einen interdisziplinären Ansatz, der sich auf aktuelle technologische Entwicklungen (z. B. Cyber-Physische-Systeme, Industrie 4.0, Internet of Things) durch die Integration der Disziplinen des Industriellen Maschinenbaus, der Informationstechnik sowie spezifische Fähigkeiten in Mathematik und künstlicher Intelligenz konzentriert.

Zudem wurden in den bestehenden Bachelor- und Masterstudiengängen die Studienpläne überarbeitet, indem Kurse teils neu hinzugefügt wurden und Inhalte von bestehenden Kursen angepasst wurden (Beispiele siehe Tabelle 6).

Studiengang	Kurs	Anpassung – Industrie 4.0 Technologie
Bachelor	Produktionsplanung und -steuerung	Umbenennung in Digitales Produktionsmanagement mit verstärktem Fokus auf vertikale Datenintegration und ERP, MES, APS, Maschinendatenerfassung und realistischen Übungen im Smart Mini Factory Lernfabriklabor.
Bachelor	Produktionssysteme und Industrielogistik	Integration eines Einführungsteils zu Industrie 4.0, einem Überblick über Industrie 4.0 Technologien sowie praktische Laborübungen zu kollaborativer Robotik, Werkerassistenzsystemen sowie digital unterstütztem Shopfloor Management.
Bachelor	Fabrikplanung	Integration von Elementen zu BIM (Building Information Modelling) sowie der Virtuellen Realität und Mixed Reality zur Darstellung von Fabrikplanungsprojekten und zur digital

		unterstützten Interaktion mit dem digitalen Zwilling des Fabrikmodells.
Bachelor	Baustelle 4.0	Anwendung von Industrie 4.0 Technologien zur digital unterstützten Planung und Koordination der Baustellenprozesse.
Master	Mobile Robotics	Neuer optionaler Kurs zur Erlangung der Fähigkeiten in der Planung, Umsetzung und Steuerung von mobilen industriellen Robotersystemen.
Master	Simulation in Production and Logistics	Erweiterung des praktischen Übungsteils mit diskreter Eventsimulation um weitere digitale Simulationsinstrumente zur digitalen Ergonomieanalyse von kollaborativen Arbeitsplätzen und Instrumenten zur Virtuellen und Augmentierten Realität.
Master	Advanced Manufacturing Technologies and Systems	Neuer Kurs zur Integration von modernen Fertigungstechnologien wie Lasertechnologie, Additive Fertigung mit Metallwerkstoffen in Kombination mit automatisierten Fertigungssystemen.
Master	Process- and Innovationmanagement	Neuer Kurs zur Integration von Methoden zur Auswahl, Bewertung und Einführung von neuen und innovativen Prozessen und Technologien im Unternehmen.
Master	Study Project	Praktische Studienarbeit (in der Gruppe) zur Erlernung sozialer Fähigkeiten sowie zur Anwendung der theoretischen Inhalte in Projekten im Smart Mini Factory Labor oder in Unternehmen.

Tabelle 6: Beispiele der Anpassung von bestehenden Kursen und neuer Kurse zu Industrie 4.0

5.6. Ausarbeitung eines Weiterbildungsangebots für Fachkräfte aus Unternehmen

Als Rahmenbedingungen für die Ausarbeitung von Schulungsangeboten für Fachkräfte aus Unternehmen galt es folgendes zu berücksichtigen: Unternehmen bevorzugen ganztägige Schulungen, da sich aufgrund der An- und Abreise eine Halbtagesschulung in den meisten Fällen als zu aufwendig gestaltet.

Das Weiterbildungsangebot für Fachkräfte in Unternehmen wurde daher in folgende zwei Module unterteilt (siehe auch Tabelle 7):

- Maschinenbau und Produktentwicklung.
- Produktions- und Prozesstechnik.

Angebot		Sprache	Kursdauer [Std.]	Maschinenbau und Produktentwicklung	
1	Grundlagen von 3D CAD und CAM	IT	24	24	
2	CAE Simulation mit Finite Elemente Methode	IT	24	24	
3	Fortgeschrittene numerische Simulation: Dynamik, Crash und Optimierung	DE	8	8	
4	3D Drucken und 3D Scannen - Überblick 3D Drucktechnologien	IT	4	4	
5	3D Drucken und 3D Scannen - Praktische Anwendungen	DE	4	4	
				Stunden	64
				Tage	8

Angebot		Sprache	Kursdauer [Std.]	Produktions- und Prozesstechnik	
6	Industrie 4.0 und Digitales Produktionsmanagement	DE	8	8	
7	Digital Roadmap und Digitales Prozessmanagement	IT	8	8	
8	Industrielle Robotik, mobile Robotik und kollaborative Robotik	IT	8	8	
9	Programmierung von kollaborativen Robotern und Anwendungen in industriellen Prozessen	IT	8	8	
10	Baustelle 4.0: Digitalisierung im Bauwesen	DE	8	8	
11	Werker-Assistenzsysteme für die industrielle Produktion und Montage	DE	8	8	
12	Internet of Things mit Python und Cybersecurity	IT	8	8	
13	Anwendung Künstlicher Intelligenz in der Produktion	DE + IT	8	8	
				Stunden	64
				Tage	8

Tabelle 7: Weiterbildungsangebot für Fachkräfte aus Unternehmen

5.7. Einführung neuer und innovativer Lehrmethoden und -instrumente

Neben dem Angebot neuer und Industrie 4.0 relevanter Bildungsinhalte ist auch die Art und Weise der Didaktik einem digitalen Wandel unterworfen. Die Zeiten, in denen Lehrende und Professoren ihr Wissen noch mittels Kreide an die Wandtafel geschrieben haben, weichen inzwischen neuen Lehrsituationen, in welchen dies über interaktive und vernetzte Visualisierungshilfsmittel geschieht und Einträge in das digitale Lehrregister an das Smartphone der Studierenden weitergeleitet werden. Im Projekt E-EDU 4.0 wird daher auch der Einsatz moderner und digitaler Instrumente für die Lehre in den Programmgebieten gefördert.

Nachfolgend sind neue und innovative Lehrmittel aufgeführt, die ein deutliches Potenzial für den Einsatz in der technischen Ausbildung mit sich bringen. In einer nächsten Projektphase wird der Einsatz dieser neuen Lehrmittel mit den Projektpartnern validiert und deren Einsatz eingeplant.

Interaktive Visualisierungshilfsmittel als Alternative zur Wandtafel

Ein interaktives Whiteboard stellt die nächste und digitale Generation des traditionellen Whiteboards oder der Wandtafel dar. Der Lehrende hat die Möglichkeit, auf der Oberfläche mit digitalen Stiften zu schreiben, zu skizzieren oder Bilder und Videos zu integrieren. Durch die Verbindung mit dem Internet kann der Lehrende problemlos seine auf dem Notebook gespeicherten Unterlagen visualisieren und die handgeschriebenen Notizen digitalisieren und intuitiv an die Schulungsteilnehmer per Mail oder über Social Media Kanäle versenden. Langfristige Kosteneinsparungen durch den Verzicht auf Kreide oder Reinigungsmaterial sind nur einer von vielen Vorteilen von derartigen digitalen Visualisierungshilfsmitteln.

Einsatz von VR oder AR Applikationen für den Unterricht

Der Einsatz von Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) ist besonders für Disziplinen wie die Medizin, Technik oder auch Schulungen von Notfallsituationen ein geeignetes Instrument zur anschaulichen Visualisierung von Lehrinhalten. Während früher die Funktionsweise eines Motors oder Getriebes mittels Bücher über Bildmaterial vermittelt wurde, kann dies in Zukunft auch über die Demonstration mittels VR-Simulation oder AR-Hologrammen erfolgen. Es gilt hier, für die Zukunft erste Pilotanwendungen und -applikationen für hochkomplexe Systeme zu realisieren und diese Schritt für Schritt in die Lehre zu integrieren.

Einsatz von VR für Cyber Classrooms

Eine der unter Studierenden der Harvard University beliebteste Vorlesung ist ein Einführungskurs in die Informatik (Computer Science 50). Über 800 Studierende schreiben sich in einem Semester in diesen Kurs ein, während die Online-Version des Kurses weltweit bereits die Millionengrenze überschritten hat. Ab dem Wintersemester 2016 wurde der Kurs auch in der Virtual Reality-Version angeboten. Studierenden wird so mit entsprechender Hardware die 3D-Teilnahme an der Vorlesung ermöglicht. Dies bedeutet, dass der Studierende mit VR-Headset ein durchaus vergleichbares Vorlesungserlebnis erhält, als würde er in der ersten Reihe an der Vorlesung teilnehmen (Edukatico 2019). Ähnlich wie im geschilderten Harvard-Kurs kann die VR-Technologie auch in vielen anderen Kursen und Programmen mit Distanz-Learning sowie Cyberclass-Konzepten angewandt werden.

Blended Learning

Blended Learning oder auch Integriertes Lernen vereint die Vorteile von traditioneller Lehre durch Präsenzveranstaltungen sowie von modernem Selbstlernen durch E-Learning. In Abhängigkeit des Inhalts und der Funktion der Vorlesungseinheit wird diese entweder in der einen oder anderen Form durchgeführt. Eine geeignete Abstimmung zwischen klassischen Formen und elektronisch autodidaktischen Formen ermöglicht beispielsweise, duale Studienprogramme besser zu unterstützen. Während theoretische Inhalte auch über E-Learning vermittelt werden können, ist es in Bezug auf praktische Lehrinhalte sowie Gruppenarbeiten zur Vermittlung und Übung der Sozialkompetenzen wichtig, auch Präsenzveranstaltungen zu integrieren (Sauter et al. 2004).

Lernfabriklabors

Lernfabriken können als eine idealisierte Darstellung realer Produktionsumgebungen definiert werden (Tisch et al. 2015). In den letzten Jahrzehnten wurden zahlreiche Lernfabriken in Industrie und Wissenschaft aufgebaut. Die ersten Beispiele für Lernfabriken wurden in den Vereinigten Staaten (Penn State University im Jahre 1994) eingerichtet (Abele et al. 2019). Ende der 1980er Jahre wurde mit der Lernfabrik für Computer Integrated Manufacturing (CIM) am Fraunhofer IAO in Stuttgart eine der ersten Lernfabriken in Europa gegründet (Reith 1988). Seit einem Jahrzehnt entstehen vor allem in Europa immer mehr Lernfabriken (z. B. Prozesslernfabrik der TU Darmstadt, Pilotfabrik an der TU Wien oder das Labor für Fertigungssysteme und Automatisierung an der Universität Patras in Griechenland). Die spezifischen Ziele von Lernfabrik-Konzepten im akademischen Umfeld sind vor allem die Bereitstellung eines praxisorientierten Ingenieur-Curriculums, das analytisches und theoretisches Wissen mit Fertigungskompetenz sowie praktischer Erfahrung in der Gestaltung von Fertigungssystemen und in der Produktrealisierung in Einklang bringt (Lamancusa et al. 2001). Während früher die Mehrheit der Lernfabriken hauptsächlich an Konzepten des Lean Managements gearbeitet hat, ist es heute die Einführung von Industrie 4.0.

Virtual und Remote-Labs

Die Nutzung von Lernfabriklaboren für Industrie 4.0 kann zudem unterstützt werden durch sogenannte Virtual Labs sowie auch Remote Labs (Grodotzki et al. 2018). Ein virtuelles Labor umfasst dabei die Möglichkeit, bestimmte Übungssituationen in der virtuellen Welt zu erleben. Dies fördert nicht nur das Verständnis der Studierenden, wie ein digitaler Zwilling einer Anlage oder eines Produktionssystems funktioniert, sondern spart auch Kosten für die Anschaffung des realen Systems. Mittels virtueller Labors können bspw. Übungen zur virtuellen Inbetriebnahme einer Anlage vorgenommen werden oder auch die Programmierung von Robotern in der virtuellen Welt erfolgen. Eine Steigerung ist zudem der Einsatz

von Remote Labs, welche außenstehenden Teilnehmern ermöglichen, mit der Laborausstattung zu interagieren und online Experimente oder praktische Übungen durchzuführen. Hierfür kann bspw. eine Roboterzelle verwendet werden, mittels welcher ein Teilnehmer aus der Distanz eine Materialprobe in eine Prüfmaschine einlegt und über eine entsprechende Vernetzung sofortigen Zugriff auf Daten und Diagramme der entsprechenden Testergebnisse erhält.

Offene Lernplattform Moodle

Virtuelle Lernumgebungen und -plattformen wie Moodle können für viele verschiedene Anwendungen genutzt werden. Damit kann ein virtueller Raum für eine Gruppe gebildet werden. In diesem virtuellen Raum kann eine spezifische Person bestimmte Bereiche oder Rollen übernehmen. Diese Plattform wird vorwiegend für Bildungssysteme genutzt, in denen Lehrende und Schüler/Studierende in einem digitalen Klassenzimmer gemeinsam arbeiten und z. B. Dokumente oder Lehrunterlagen auf einfachem Wege austauschen können. Ein großer Vorteil von Moodle ist, dass es sich um eine offene und flexible Software handelt. Die virtuellen Klassenzimmer können Jahr für Jahr unter Berücksichtigung von Veränderungen bei den Schulungsteilnehmern und den Lehrenden verwaltet werden. Da diese Software kostenlos angeboten wird, ist Moodle ein interessantes Werkzeug für Schulen, Hochschulen oder auch andere Aus- und Weiterbildungseinrichtungen.

Digitale Lehr-Workflows

Neben den klassischen Systemen zur Lehre kann auch die Verwaltung in der Lehre digitalisiert werden. Traditionell erfolgt die Dokumentation bspw. in Schulen über zwei papierbasierte Dokumente: das Lehrerregister und das Klassenbuch. Während das Register vom Lehrer geführt wird (Inhalte, Noten o. Ä.) ist das Klassenbuch ein Instrument zur allgemeinen Dokumentation von Lehreinheiten, Abwesenheiten, Verspätungen usw. Vielfach muss der Lehrende dieselben Informationen in beide Dokumente eingeben, was neben Zeitverschwendung auch eine enorme Fehlerquelle bedeutet. Das vor einigen Jahren eingeführte digitale Register spart daher Zeit und reduziert Fehler. Innerhalb des digitalen Registers können alle für die Klasse oder den einzelnen Schüler relevanten Informationen eingefügt werden, wobei die einzelnen Stakeholder, also Schülern, Lehrern oder anderen Beteiligten, wie z. B. Eltern, Einsicht auf bestimmte Inhalte gewährt wird. Das System bietet Transparenz für die Schüler und ihre Eltern und reduziert gleichzeitig die Bürokratie für die Lehrer.

6. Kritische Reflexion

Der aktuelle Projektstatus zeigt, dass zum derzeitigen Stand ein umfassendes Programm für Industrie 4.0 relevante Schulungen und Trainings in Zusammenarbeit mit den Interessensgruppen und lokalen Unternehmen ausgearbeitet werden konnte. Auf diese Weise kann auf kurz- bis mittelfristige Sicht die Nachfrage nach

kompetenten Arbeitskräften in Industrie 4.0 teilweise abgedeckt werden. Eine große Herausforderung liegt allerdings noch in der mittel- bis langfristigen Entwicklung von neuen und „digitalen“ Ingenieursstudiengängen, welche aufgrund der aktuellen Gesetzeslage und notwendigen Vorbereitung noch einige Zeit in Anspruch nehmen wird.

Trotz der erfolgsversprechenden Trainingsprogramme für die betriebliche Weiterbildung sowie die Weiterbildung von Lehrenden und Schülern/Studierenden steht auch hier noch ein langer Weg bevor. Die Trainings werden erstmals im akademischen Jahr 2019/20 umgesetzt. Diese erste Probeumsetzung erfordert eine anschließende kritische Betrachtung und Evaluierung sowohl von Inhalten als auch von den gewählten Formaten, um Verbesserungsmaßnahmen für das kommende Jahr einleiten zu können. Dies wird im Projekt durch ein Workshop-Event mit Interessensgruppen und Unternehmen abgebildet, welches vor allem den Zweck erfüllt, die umgesetzten Seminare und Trainings kritisch zu hinterfragen und die Stimmen der Teilnehmer einzuholen.

Ein weiterer kritischer Punkt stellt die grenz- und länderübergreifende Zusammenarbeit im Angebot von Schulungseinheiten dar. Insbesondere die Auswahl der Sprache für die Trainings (Deutsch/Italienisch) limitiert den Zugang für einige Sprachgruppen bzw. für die remote Teilnahme aus anderen Ländern.

Eine erste detaillierte quantitative sowie qualitative Bewertung der umzusetzenden Maßnahmen im Projekt wird nach einem abgeschlossenen Jahr möglich sein und wird bis zum Projektende im Oktober 2020 erarbeitet werden. In diesem Zeitraum werden dann auch die Form und das Ausmaß für eine kontinuierliche und nachhaltige Weiterführung der Trainings definiert.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Die Digitalisierung der Industrie und Wirtschaft, welche auch als Vierte Industrielle Revolution bezeichnet wird, ist in unserer Bevölkerung und Gesellschaft bereits weit fortgeschritten. Trotz allem ist die Aus- und Weiterbildung unter Druck, neue und innovative Lehrangebote auf den Markt zu bringen und zum anderen ihre Lehrmethoden zu innovieren und sich fit für die Zukunft zu machen.

Nach einer ersten Einführung in das Projekt E-EDU 4.0 und dessen Zielsetzungen wurden die Herausforderungen an Schulen, Hochschulen sowie Unternehmen zusammengefasst. Basierend darauf wurden erste Lösungsansätze vorgestellt, welche vorwiegend die Region Südtirol betreffen. Die Lösungsansätze zeigen auf, wie Südtirol derzeit mithilfe des Technologieparks und verschiedenen Labors sowie Industrie 4.0 Anwenderzentren seine Infrastruktur hinsichtlich Industrie 4.0 modernisiert und damit die Voraussetzungen für einen Technologietransfer geschaffen hat. Zudem wurden die derzeit erarbeiteten Aus- und Weiterbildungsangebote

vorgestellt und auch neue und innovative Lehrmethoden und -instrumente aufgezeigt. In einem nächsten Schritt soll mit der Umsetzung der vorgestellten Maßnahmen die Qualifikation und Kompetenz der klein- und mittelständischen Betriebe im Bereich Industrie 4.0 im Programmgebiet von Interreg Italien-Österreich gestärkt werden.

Danksagung



Die Forschungsarbeit im Projekt E-EDU 4.0 (ITAT 3018) wurde durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und Interreg V-A Italien-Österreich 2014-2020 gefördert.

Literatur

- Abele, E. et al. (2019). Best Practice Examples. In Learning Factories (pp. 335-459). Springer, Cham.
- Coşkun, S. et al. (2019). Adapting Engineering Education to Industry 4.0 Vision. *Technologies*, 7(1), 10.
- Edukatico (2019). Virtual Reality-Lehre: Harvard startet öffentliche 3D-Vorlesung. Elektronisch veröffentlicht: <https://www.edukatico.org/de/news/virtual-reality-lehre-harvard-startet-oeffentliche-3d-vorlesung> (16.06.2019).
- Frerich, S. et al. (Hg.) (2017). *Engineering Education 4.0: Excellent Teaching and Learning in Engineering Sciences*. Springer.
- Grodzki, J. et al. (2018). Remote and Virtual Labs for Engineering Education 4.0: Achievements of the ELLI project at the TU Dortmund University. *Procedia Manufacturing*, 26, 1349-1360.
- Haertel, T. et al. (2016). Entwicklung von remote-labs zum erfahrungsbasierten lernen. In *Engineering Education 4.0* (pp. 105-112). Springer, Cham.
- Holland, D./Crompton, J. (2013). *The Future Belongs to the Digital Engineer: Transforming the Industry*. XLIBRIS.
- IngenieurDE (2019). Universitäten bereiten sich auf Industrie 4.0 vor. Elektronisch veröffentlicht: <https://www.ingenieur.de/karriere/bildung/hochschule/universitaeten-bereiten-industrie-40/> (18.07.2019).
- Lamancusa, J. S. et al. (2001, August). The Learning Factory-Integrating design, manufacturing and business realities into engineering curricula-a sixth year report card. In *International Conference on Engineering Education* (pp. 6-10).
- Ramirez-Mendoza, R. A. et al. (2018, April). Engineering Education 4.0:—proposal for a new Curricula. In *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1273-1282). IEEE.

- Rauch, E. et al. (2019). AD Design Guidelines for Implementing I4. 0 Learning Factories. *Procedia Manufacturing*, 31, 239-244.
- Reith, S. (1988). Außerbetriebliche CIM-Schulung in der „Lernfabrik“. In *Produktionsforum'88. Die CIM-fähige Fabrik* (pp. 581-601). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Richert, A. et al. (2016, April). Educating engineers for industry 4.0: Virtual worlds and human-robot-teams: Empirical studies towards a new educational age. In *2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 142-149). IEEE.
- Sauter, A. M. et al. (2004). *Blended Learning: Effiziente Integration von e-learning und Präsenztraining*. Luchterhand.
- Schmitz, D. et al. (2016). Mobile Learning in der Hochschullehre. In *Engineering Education 4.0* (pp. 161-168). Springer, Cham.
- Schuster, K. et al. (2016). Preparing for industry 4.0—collaborative virtual learning environments in engineering education. In *Engineering Education 4.0* (pp. 477-487). Springer, Cham.
- Tisch, M. et al. (2015). Goal-oriented improvement of learning factory trainings. *The Learning Factory, An annual edition from the network of innovative Learning Factories*, 1(1), 7-12.
- Varrasi, J. (2019). A New Type of Engineer is Emerging – Meet the Digital Engineer. Elektronisch veröffentlicht: <https://www.asme.org/career-education/early-career-engineers/me-today/a-new-type-of-engineer-is-emerging> (16.06.2019).

Autorenverzeichnis

Alexander Aust

Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement
Technische Universität Chemnitz

Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Wilhelm Bauer

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Mirjam Beltrami

Fakultät für Naturwissenschaften und Technik
Freie Universität Bozen

Dr.-Ing. Dirk Berndt

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Prof. Dr. Angelika C. Bullinger-Hoffmann

Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement
Technische Universität Chemnitz

Florian Dörries

Institut für Logistik und Unternehmensführung
Technische Universität Hamburg-Harburg

Univ. Prof. Dr.-Ing. Uwe Dombrowski

Institut für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung
Technische Universität Braunschweig

Evelyn Fischer

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Simon Fochler

Institut für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung
Technische Universität Braunschweig

Dr.-Ing. Axel Friedewald

Institut für Produktionsmanagement und -technik
Technische Universität Hamburg-Harburg

Prof. Dr.-Ing. Norbert Gronau

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Prozesse und Systeme
Universität Potsdam

Dr.-Ing. Tina Haase

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Dr.-Ing. Moritz Hämmerle

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Yvonne Heim

Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement
Technische Universität Chemnitz

Lennart Hingst

Institut für Fabrikanlagen und Logistik
Leibniz Universität Hannover

Marius Indorf

Institut für Logistik und Unternehmensführung
Technische Universität Hamburg-Harburg

Prof. Dr. Wolfgang Kersten

Institut für Logistik und Unternehmensführung
Technische Universität Hamburg-Harburg

Prof. Dr.-Ing. Bernd Kuhlenkötter

Lehrstuhl für Produktionssysteme
Ruhr-Universität Bochum

Kerstin Lehmann

CIMTT – Zentrum für Produktionstechnik und Organisation
Technische Universität Dresden

Dominik Lins

Lehrstuhl für Produktionssysteme
Ruhr-Universität Bochum

Sebastian Lodemann

Institut für Logistik und Unternehmensführung
Technische Universität Hamburg-Harburg

Prof. Dr.-Ing. habil. Hermann Lödding

Institut für Produktionsmanagement und -technik
Technische Universität Hamburg-Harburg

Benedikt G. Mark

Fakultät für Naturwissenschaften und Technik
Freie Universität Bozen

Prof. Dr.-Ing. Dominik T. Matt

Fakultät für Naturwissenschaften und Technik
Freie Universität Bozen

Nikolaj Meluzov

Institut für Produktionsmanagement und -technik
Technische Universität Hamburg-Harburg

Susanne Merkle

Bayerischer Rundfunk

Florian Morandell

Fakultät für Naturwissenschaften und Technik
Freie Universität Bozen

Merlin Müller

Institut für Logistik und Unternehmensführung
Technische Universität Hamburg-Harburg

Alexander Mütze

Institut für Fabrikanlagen und Logistik
Leibniz Universität Hannover

Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis

Institut für Fabrikanlagen und Logistik
Leibniz Universität Hannover

Guido Orzes, PhD

Fakultät für Naturwissenschaften und Technik
Freie Universität Bozen

Giulio Pedrini

Fakultät für Naturwissenschaften und Technik
Freie Universität Bozen

Dr. Anika Peschl

ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft

Dr.-Ing. Christopher Prinz

Lehrstuhl für Produktionssysteme
Ruhr-Universität Bochum

Dr.-Ing. Erwin Rauch

Fakultät für Naturwissenschaften und Technik
Freie Universität Bozen

Niklas Rochow

Institut für Fabrikanlagen und Logistik
Leibniz Universität Hannover

Robert Rost

Institut für Produktionsmanagement und -technik
Technische Universität Hamburg-Harburg

Sylvio Rüdian

Institut für Informatik
Humboldt-Universität zu Berlin

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. E. h. Dr. h. c. mult. Michael Schenk

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Prof. Dr.-Ing. Martin Schmauder

Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme
Technische Universität Dresden

Henrik Schröder

Institut für Produktionsmanagement und -technik
Technische Universität Hamburg-Harburg

Sven Schuler

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Prof. Dr. habil. Dr.-Ing. Birgit Spanner-Ulmer

Bayerischer Rundfunk

Prof. Dr.-Ing. habil. Sascha Stowasser

ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft

Prof. Dr. Meike Tilebein

Institut für Diversity Studies in den Ingenieurwissenschaften
Universität Stuttgart

Dr. Gergana Vladova

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Prozesse und Systeme
Universität Potsdam

Prof. Dr. Uta Wilkens

Lehrstuhl für Arbeitsmanagement und Personal
Ruhr-Universität Bochum

Jonas Wullbrandt

Institut für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung
Technische Universität Braunschweig

Jan Wunderlich

Institut für Diversity Studies in den Ingenieurwissenschaften
Universität Stuttgart

Dominik T. Matt

KMU 4.0 - Digitale Transformation in kleinen und mittelständischen Unternehmen

2018

298 Seiten, € 49,90

ISBN 978-3-95545-267-4



Norbert Gronau (Hrsg.)

Industrial Internet of Things in der Arbeits- und Betriebsorganisation

2017

Seiten 260, € 49,80

ISBN 978-3-95545-225-4



Christopher M. Schlick (Hrsg.)

Megatrend Digitalisierung – Potentiale der Arbeits- und Betriebsorganisation

2016

Seiten 372, € 49,80

ISBN 978-3-95545-185-1



Die digitale Transformation ist der Strukturwandel unserer Zeit und geht mit einem grundlegenden Wandel unserer Arbeitswelt einher. Innovation und Veränderungsbereitschaft werden zu Erfolgsgaranten im globalen Wettbewerb. Wie können Unternehmen gutes und produktives Arbeiten fördern? Und wie können Weiterbildungskonzepte mit den technologischen und arbeitsorganisatorischen Entwicklungen Schritt halten?

Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Arbeits- und Betriebsorganisation (WGAB) möchte mit den Beiträgen ihrer Mitglieder in diesem Tagungsband einen Einblick in innovative Konzepte und Best Practices geben. Von der KI-gestützten Kompetenzentwicklung über die Planung und Gestaltung von Weiterbildung hin zur Innovationsförderung beleuchten sie die verschiedenen Ebenen der Ausgestaltung der Transformation.