

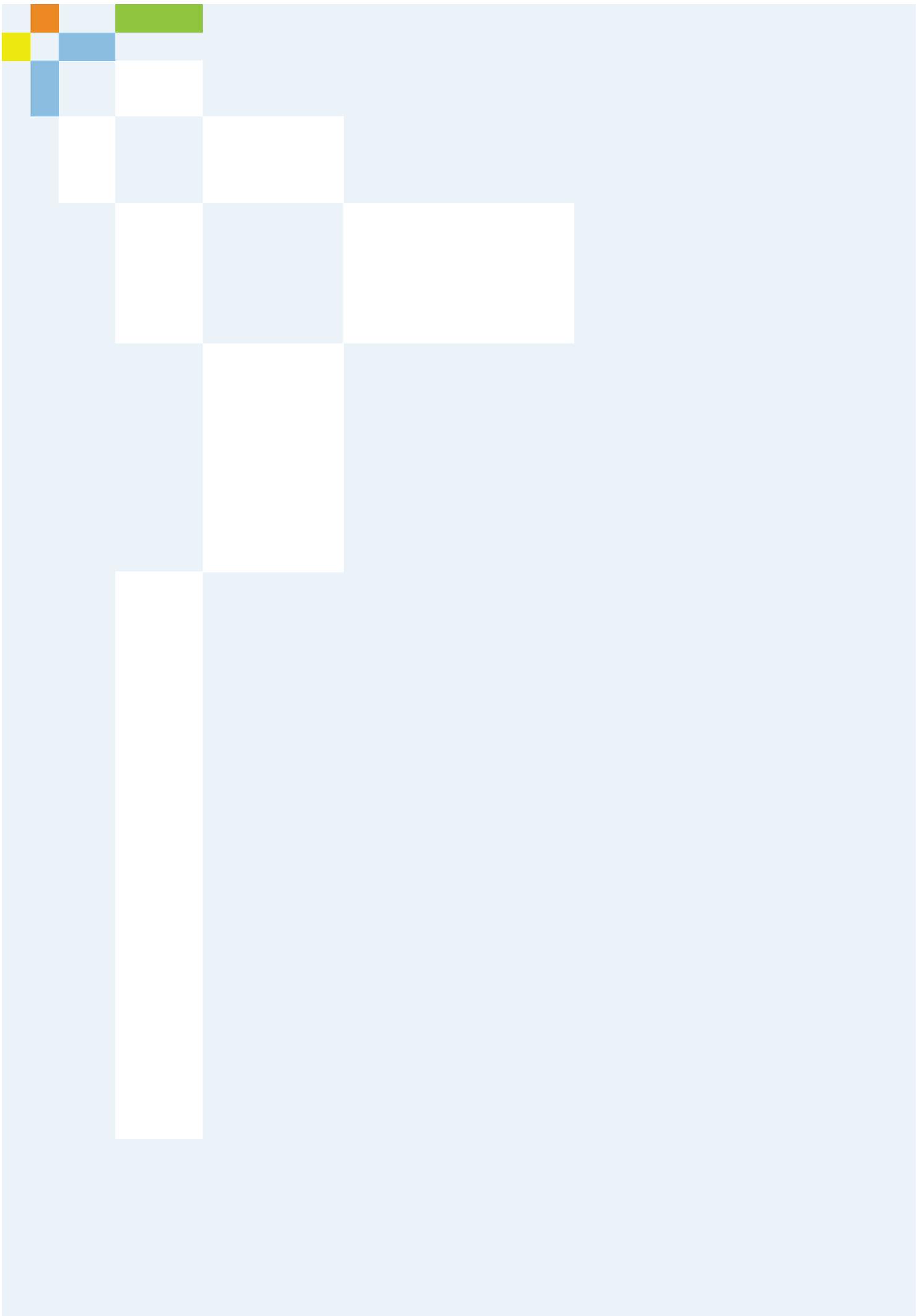


acatech POSITION

Kompetenzen für Industrie 4.0

Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze

acatech (Hrsg.)



acatech POSITION

Kompetenzen für Industrie 4.0

Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze

acatech (Hrsg.)



Die Reihe acatech POSITION

In dieser Reihe erscheinen Positionen der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften zu technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen. Die Positionen enthalten konkrete Handlungsempfehlungen und richten sich an Entscheidungsträger in Politik, Wissenschaft und Wirtschaft sowie die interessierte Öffentlichkeit. Die Positionen werden von acatech Mitgliedern und weiteren Experten erarbeitet und vom acatech Präsidium autorisiert und herausgegeben.

Alle bisher erschienenen acatech Publikationen stehen unter www.acatech.de/publikationen zur Verfügung.

Inhalt

Kurzfassung	4
Projekt	7
1 Einführung: Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0	9
2 Bedarfe deutscher Unternehmen	11
2.1 Bewertung und Status quo bei Industrie 4.0	12
2.2 Zukünftige Qualifizierungsbedarfe	16
2.3 Nutzung von Instrumenten der Kompetenzentwicklung	25
3. Handlungsempfehlungen	27
3.1 Empfehlungen für Unternehmen	28
3.2 Empfehlungen für die Politik	31
3.3 Empfehlungen für Bildungsanbieter	34
4. Exemplarischer Ansatz für die Kompetenzentwicklung	38
4.1 Beispielhaftes Konzept	38
4.2 Schaffung von Aufmerksamkeit und Relevanz auf der Führungsebene	39
4.3 Ereignisbasierte Wissensvermittlung in der selbstgesteuerten Produktion	40
Literatur	43
Glossar	45



Kurzfassung

Der erfolgreiche Wandel hin zu Industrie 4.0 bestimmt in den kommenden Jahren die Wettbewerbs- und Zukunftsfähigkeit der deutschen Industrie sowie die Wertschöpfung am Standort Deutschland. Die technologischen Möglichkeiten zur Verknüpfung von Objekten, Daten und Prozessen bieten sowohl Chancen zur Effizienzsteigerung bei industriellen Prozessen als auch ein disruptives Potenzial bei der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle. Dadurch werden nicht nur die Produkte und die Fertigung, sondern auch die industrielle Wertschöpfung revolutioniert. Von Industrie 4.0 ist ein Nutzen sowohl für große Unternehmen als auch für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) zu erwarten. Gleichzeitig transformiert Industrie 4.0 die Arbeitswelt nachhaltig. Die zunehmende Vernetzung, Flexibilität und Komplexität der Prozesse stellen neuartige Anforderungen an die Kompetenzen in Unternehmen und die Qualifikation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Zudem verändern sich durch Industrie 4.0 auch die Strukturen und Organisationsformen in den Betrieben sowie die Gestaltung von Arbeitsplätzen.

Der digitale Wandel folgt jedoch keinem deterministischen Muster, sondern kann und muss gestaltet werden. Es bestehen vielfältige Entwicklungsszenarien, die durch Wechselwirkungen zwischen Technik, Mensch und Organisation beeinflusst und durch Entscheidungen auf betrieblicher, unternehmensstrategischer und arbeitspolitischer Ebene sowie durch die vorherrschenden Rahmenbedingungen bestimmt werden. Die Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0 nimmt dabei einen wichtigen Stellenwert ein, da auf allen Ebenen neue Fähigkeiten und Fertigkeiten erforderlich sind: zur Gestaltung und Anpassung von Produkten und Prozessen, aber auch zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und für eine veränderte Arbeits- und Prozessorganisation. In dieser acatech POSITION steht bei der Identifizierung der Kompetenzbedarfe der Unternehmen insbesondere die effizientere Gestaltung der industriellen Prozesse im Vordergrund. Zudem nimmt sie vor allem die Bedarfe von KMU in den Blick.

Ein zentrales Ziel der Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0 ist es, eine doppelte digitale Kluft (Digital Divide) zu

vermeiden: zwischen großen Unternehmen und KMU auf der einen sowie zwischen hoch- und niedrigqualifizierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern auf der anderen Seite. Wichtige Stellschrauben sind dabei die Rahmenbedingungen der Aus- und Weiterbildung in Schulen, Hochschulen und Universitäten sowie in den Betrieben, die Unterstützung der Unternehmen bei der Gestaltung des Wandels sowie die Anpassung der Inhalte, Methoden und Geschäftsmodelle von Bildungsanbietern und -institutionen. Aufgrund der Dynamik und Geschwindigkeit der industriellen Revolution ist zudem eine kontinuierliche Überprüfung und Weiterentwicklung der Gestaltungsansätze erforderlich.

Qualifizierung als Erfolgsfaktor für Industrie 4.0

Unternehmen in Deutschland begreifen Industrie 4.0 überwiegend als eine Chance. Gleichzeitig bestehen noch viele Fragen hinsichtlich ihrer Implementierung. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen bewerten die Chancen der vierten industriellen Revolution deutlich verhaltener als große Unternehmen und weisen im Vergleich zu ihnen einen höheren Entwicklungsbedarf auf – sowohl bei der Umsetzung von Industrie 4.0 als auch bei der Qualifizierung der Belegschaften.

Von zentraler Bedeutung bei der Kompetenzentwicklung sind für Betriebe aller Größen die Themen Datenauswertung und -analyse, bereichsübergreifendes Prozess-Know-how und -management sowie interdisziplinäres Denken und Handeln, aber auch das Kundenbeziehungsmanagement und die Führungskompetenz. Die Stärkung von IT-Kompetenzen im Sinne integrierter und interdisziplinär angelegter Fähigkeiten in der Breite erscheint den Unternehmen ebenso wichtig. Einen zentralen Beitrag kann zudem das (Advanced) Systems Engineering als domänenübergreifendes Kommunikationsmittel leisten.

Bei der Qualifizierung für Industrie 4.0 setzen Großunternehmen und KMU jedoch auch unterschiedliche Schwerpunkte. So fokussieren große Unternehmen stärker auf technologie- und datenorientierte Kompetenzen wie beispielsweise das Thema künstliche Intelligenz. KMU hingegen betonen insbesondere prozess- und kundenorientierte Kompetenzen (zum Beispiel die Fähigkeit, Arbeitsabläufe zu koordinieren) sowie infrastruktur- und organisationsbezogene Kompetenzen wie etwa die Sozial- und Kommunikationskompetenz.

Für die erfolgreiche und nachhaltige Qualifizierung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ist es wichtig, die bestehenden Aus- und Weiterbildungsangebote konzeptionell aufeinander zu

beziehen und inhaltlich in Richtung Industrie 4.0 zu erweitern. Der verstärkte Einsatz innovativer Lehr-Lern-Lösungen eröffnet neue Möglichkeiten, Inhalte passgenau und individualisiert zu vermitteln und die Belegschaften im Arbeitsprozess gezielt zu unterstützen. Daher ist es entscheidend, insbesondere kleine und mittlere Unternehmen für Industrie 4.0 zu sensibilisieren sowie bedarfsspezifische Angebote für die Aus- und Weiterbildung zu etablieren. Zentral ist zudem, die Kompetenzentwicklung am Arbeitsprozess in den Unternehmen auszurichten, flexible, rasch umsetzbare Ansätze zu verfolgen sowie Betrieben und Bildungsanbietern Raum für experimentelle Wege zu eröffnen.

Für die erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0 und die dafür erforderliche Entwicklung der nötigen Kompetenzen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den Betrieben gilt es, vorhandene Ansätze zu nutzen und zu integrieren sowie bestehende Initiativen und Ressourcen zu bündeln. Wesentlich ist auch, die Ergebnisse verschiedener Projekte und Initiativen zu systematisieren sowie einen Überblick über bestehende Ansatzpunkte zu schaffen. Bei der Qualifizierung für Industrie 4.0 geht es aber nicht nur um die duale Ausbildung und die betriebliche Weiterbildung, sondern es gilt auch, die Qualifizierungswege sowie die Curricula und Inhalte an Schulen, Hochschulen und Universitäten sowie in der beruflichen Aus- und Weiterbildung entsprechend anzupassen und weiterzuentwickeln.

Exemplarisches Konzept für die Kompetenzentwicklung

Eine erfolgreiche Qualifizierung für Industrie 4.0 lässt sich nicht allein über die „traditionellen“ Aus- und Weiterbildungsformate wie beispielsweise Präsenzveranstaltungen erreichen. Sie ist zudem verstärkt auf neue digitale Formate angewiesen, welche die Beschäftigten zielgruppen- und bedarfsspezifisch adressieren. Geschäftsführung und Entscheider gilt es, über die Grundlagen und den Nutzen von Industrie 4.0 zu informieren und sie langfristig zu relevanten Themen entscheidungsfähig zu machen – etwa über kurze, auf einer bestimmten Fragestellung basierende Lerneinheiten (Wissensnuggets), die über mobile Endgeräte bereitgestellt werden. Für operativ tätige Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter lassen sich Wissensnuggets an die IT-Systeme des Unternehmens koppeln. Während ihrer Tätigkeit können sie auf diese Weise gezielt die jeweils benötigte Information, Handlungsanweisung oder Unterstützung bei Entscheidungen nutzen.

Ein exemplarisches Konzept für derartige zielgruppenspezifische Lernpfade und mediendidaktische Ansätze wurde im Rahmen des Projekts *Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0* in

Form eines Demonstrators für eine offene, erweiterbare Online-Lösung entwickelt.¹ Dadurch werden Optionen für die konkrete Umsetzung von Industrie-4.0-Inhalten, Assistenzsystemen und flexiblen Lernmethoden in der betrieblichen Aus- und Weiterbildung veranschaulicht.

Handlungsempfehlungen für Unternehmen, Politik und Gesellschaft

Um die Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0 zu befördern und erfolgreich zu gestalten, sind drei Gruppen von Akteuren gefordert: Unternehmen, Politik sowie Bildungsanbieter. An sie adressiert acatech folgende Handlungsempfehlungen:

Empfehlungen für Unternehmen

- **Bewusstsein entwickeln und Strategien für Industrie 4.0 umsetzen:** Entscheider in den Unternehmen sollten ein Verständnis für die disruptiven Veränderungen durch Industrie 4.0 entwickeln. Wichtig ist dabei, dass die Unternehmen daraus Strategien und Maßnahmen für die Kompetenzentwicklung der Beschäftigten sowie die Umsetzung neuer Produkte, effizienter Prozesse und innovativer Geschäftsmodelle ableiten. Der Führungskompetenz des Managements kommt hierbei eine besondere Relevanz zu (siehe hierzu insbesondere die Umsetzungs-Roadmap in Tabelle 3).
- **Qualifizierung und Change Management stärken:** Die betriebliche Aus- und Weiterbildung muss an die Industrie 4.0 angepasst und die Qualifizierung zu einer Priorität gemacht werden. Neue digitale Methoden bieten hierfür effektive Ansatzpunkte. Zudem sind eine Anpassung der Arbeits- und Prozessorganisation sowie die Schaffung entsprechender Rahmenbedingungen von Bedeutung. Das Change Management sollte dabei von Anfang an berücksichtigt werden.

Empfehlungen für die Politik

- **Rahmenbedingungen für die erforderliche Qualifizierung schaffen:** Eine fundierte Analyse zu Bildungsstand und Kompetenzniveaus durch Schulen, Hochschulen und andere Bildungsinstitutionen bildet die Grundlage, die entscheidenden Medien- und Digitalisierungskompetenzen näher zu definieren und erfolgreiche Qualifizierungsstrategien zu entwickeln. Dabei gilt es, alle relevanten Akteure auf allen Ebenen – national, regional und betrieblich – rechtzeitig einzubeziehen. Die Institutionalisierung eines Weiterbildungssystems schafft die Voraussetzungen für individualisierte, offene und lebenslange Lernpfade. Wichtig sind dabei die Ausrichtung der Aus- und



Weiterbildung am Arbeitsprozess, flexible Ansätze sowie Offenheit für experimentelle Wege. Die Qualifizierung für Industrie 4.0 bleibt dabei nicht nur auf die berufliche Aus- und Weiterbildung beschränkt, sondern schließt auch die Hochschulen und Universitäten ein.

- **Das Bildungssystem an künftige Anforderungen anpassen:** Um Schülerinnen und Schüler sowie Studierende fit für Industrie 4.0 zu machen, müssen Medien- und Digitalisierungskompetenzen an Schulen und Hochschulen vermittelt werden. Im Rahmen des dualen Ausbildungssystems gilt es, die Ausbildung an Berufsschulen und in den Unternehmen mit dem technologischen Wandel zu synchronisieren. Voraussetzung dafür sind die gezielte Aus- und Weiterbildung des Lehrpersonals sowie eine Adaption von Studiengängen. Generell sollte die Aus- und Weiterbildung für Industrie 4.0 an der betrieblichen Ebene ausgerichtet werden.
- **Information und Austausch für Unternehmen und Beschäftigte bieten:** Insbesondere KMU müssen für die umfassenden Veränderungen durch Industrie 4.0 sensibilisiert werden. Dazu sollte der Austausch zwischen Unternehmen über eine zentrale Plattform mit relevanten Informationen und themenbezogenen Lernräumen gefördert werden. Um Absolventinnen und Absolventen sowie Beschäftigten Orientierung sowie zuverlässige Informationen zu liefern, empfehlen sich der Aufbau und die Umsetzung einer neutralen Bildungsplattform mit spezifischen Qualifizierungsangeboten.

Empfehlungen für Bildungsanbieter

- **Kompetenzen für Industrie 4.0 digital vermitteln:** Digitale Lernformate und -methoden bieten einen wichtigen Zugang, um Unternehmen und Beschäftigte für die Chancen und Herausforderungen von Industrie 4.0 zu sensibilisieren. Sie können beziehungsweise müssen – etwa im Sinne des Blended Learning – punktuell mit klassischen Lehrformen (Seminare, Workshops oder Lehrgespräche) kombiniert werden. Wichtig ist dabei, bedarfsorientierte, selbstgesteuerte non-formale und formale Angebote zu entwickeln. Innovative Lehr-Lern-Lösungen eröffnen neue Optionen für die gezielte, individualisierte Kompetenzentwicklung sowie die Unterstützung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durch Assistenzsysteme. Die Angebote für die Aus- und Weiterbildung sollten flexibel auf die unterschiedlichen Lebens- und Lernphasen der Beschäftigten abgestimmt werden.

- **Neue Geschäftsmodelle für Bildungsanbieter entwickeln:** Mit neuen Beratungsleistungen, individualisierten und situationsbezogenen Angeboten, produktspezifischen Weiterbildungen oder Ansätzen für Skill- und Gap-Analysen können Bildungsanbieter neue Wertschöpfungsoptionen für sich entwickeln und einen Mehrwert bei dem Kunden generieren.

acatech Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0

Diese acatech POSITION basiert auf der im September/Oktober 2015 und Dezember 2015/Januar 2016 durchgeführten empirischen Befragung von Unternehmen zur Kompetenzentwicklung für die Industrie 4.0. Sie ermittelte den Status quo deutscher Unternehmen bei der Umsetzung der Industrie 4.0 sowie die damit verbundenen Kompetenzbedarfe. Der Fokus lag dabei auf kleinen und mittleren Unternehmen (KMU).

Für die Studie wurden 345 Unternehmen in einer Online-Umfrage befragt sowie 28 Fachleute aus Wissenschaft und Wirtschaft interviewt. Ergänzend wurde im Auftrag von acatech im Mai/Juni 2016 eine zweite empirische Erhebung durch das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), welche als Zusatzmodul zur Aus- und Weiterbildung im Rahmen einer IAB-ZEW-Arbeitswelt 4.0-Betriebsbefragung integriert war, durchgeführt. In dieser repräsentativen Umfrage wurden 2032 Unternehmen nach der Umsetzung der Industrie 4.0 sowie den Veränderungen bei den Tätigkeiten und Anforderungen der Belegschaften im Zuge der vierten industriellen Revolution befragt. Auf Grundlage dieser Befunde wurden die verschiedenen Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und Verbände sowie Bildungsinstitutionen abgeleitet und der Demonstrator entwickelt.

Weitere Informationen unter

- www.acatech.de/de/projekte/projekte/kompetenzentwicklungsstudie-industrie-40.html
- https://www.iml.fraunhofer.de/de/abteilungen/b1/informationslogistik_und_assistenzsysteme/forschung/Kompetenzentwicklung.html

Projekt

Projektleitung

- Prof. Dr. Michael ten Hompel, Technische Universität Dortmund/Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik/acatech

Projektgruppe

- Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl, Technische Universität Darmstadt/acatech
- Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn/acatech Präsidiumsmitglied
- Prof. Dr. Christoph Meinel, Hasso-Plattner-Institut/acatech
- Prof. Dr. Dr.-Ing. Thomas Schildhauer, Humboldt Institut für Internet und Gesellschaft/Institute of Electronic Business

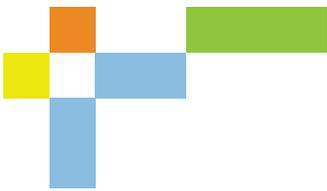
Reviewer

- Prof. Dr. Dieter Spath, Wittenstein AG/acatech Präsidiumsmitglied (Leitung)
- Prof. Dr. Hartmut Hirsch-Kreinsen, Technische Universität Dortmund
- Prof. Dr. Günter W. Maier, Universität Bielefeld
- Prof. Dr. Arnold Picot, Ludwig-Maximilians-Universität München/acatech

Expertinnen und Experten

- Siri Adolph, Technische Universität Darmstadt
- Katharina Altemeier, Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik
- Dr. Patrick Bangert, algorithmica technologies GmbH
- Bettina Bartz, GS1 Germany GmbH
- Markus Bell, SAP SE
- Maria Beck, EffizienzCluster Management GmbH/Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum Dortmund
- Fabian Biegel, SAP SE
- Marcus Braunert, ABB AG

- Bernd Dworschak, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
- Dr. Melanie Frerichs, Gewerkschaft Nahrung-Genuss-Gaststätten
- Walter Ganz, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
- Jürgen Haack, Spheros Europa GmbH
- Dr. Kathrin Heckner, Wittenstein AG
- Klaus Herrmann, Festo Lernzentrum GmbH
- Dr.-Ing. Christian Hinsel, Hirschvogel Holding GmbH
- Johann Hofmann, Maschinenfabrik Reinhausen GmbH
- Prof. Dr. habil. Christoph Igel, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH
- Dr. Heiko Janssen, GS1 Germany GmbH
- Thomas Koch, Benteler International AG
- Niklas Kreggenfeld, Ruhr-Universität Bochum
- Prof. Dr.-Ing. Dieter Kreimeier, Ruhr-Universität Bochum
- Dr. Constanze Kurz, IG Metall
- Dieter Lochbihler, Robert Bosch GmbH
- Norman Malessa, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
- Jürgen Merz, TÜV SÜD Akademie GmbH
- Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich, Technische Universität Darmstadt
- Lars Nagel, EffizienzCluster Management GmbH
- Dr. Eberhard Niggemann, Weidmüller Interface GmbH & Co. KG
- Henning Oberc, Ruhr-Universität Bochum
- Prof. Dr. Felix Osterheider, Georgsmarienhütte GmbH
- Prof. Dr.-Ing. Maren Petersen, Universität Bremen
- André Remy, Rhenus Freight Network GmbH
- Sonja Roth, HARTING AG & Co. KG
- Dr.-Ing. Hartmut Saljé, Muhr und Bender KG
- Rötger Sander, Weidmüller Interface GmbH & Co. KG
- Dr. Stefan Sauer, Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. München
- Prof. Dr. Niclas Schaper, Universität Paderborn
- Dr.-Ing. Sebastian Schlund, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
- Jan-Christoph Schüler, ABB AG
- Martin Schulze, SAP Education/SAP SE
- Stephan Schunck, SURTECO SE
- Prof. Dr. Felix Walker, Technische Universität Kaiserslautern
- Dr. Tobias Wienzek, Technische Universität Dortmund
- Prof. Dr. Eveline Wittmann, Technische Universität München



Wissenschaftlicher Beirat der Plattform Industrie 4.0

Der Beirat berät die Plattform Industrie 4.0 in allen wissenschaftlichen sowie programmatischen Forschungsfragen und begleitet die Umsetzung und Weiterentwicklung der vorliegenden Forschungsempfehlungen durch die Industrie. Im Beirat sind Fachleute aus den Bereichen Produktion und Automatisierung, Informatik sowie Rechtswissenschaften und Arbeitssoziologie aktiv:

- Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl, Technische Universität Darmstadt/acatech
- Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl, Universität Stuttgart/Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
- Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy, Technische Universität München/acatech
- Prof. Dr. Claudia Eckert, Technische Universität München/Fraunhofer-Institut für Angewandte und Integrierte Sicherheit/acatech Präsidiumsmitglied
- Prof. Dr.-Ing. Ulrich Epple, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Prof. Dr.-Ing. Alexander Fay, Helmut-Schmidt-Universität Hamburg
- Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn/acatech Präsidiumsmitglied
- Prof. Dr. Hartmut Hirsch-Kreinsen, Technische Universität Dortmund
- Prof. Dr. Gerrit Hornung, Universität Kassel
- Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza, Karlsruher Institut für Technologie/Institut für Produktionstechnik/acatech
- Prof. Dr.-Ing. Peter Liggesmeyer, Technische Universität Kaiserslautern/Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering/Gesellschaft für Informatik
- Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Nebel, Universität Oldenburg/Oldenburger Forschungs- und Entwicklungsinstitut für Informatik
- Prof. Dr. Sabine Pfeiffer, Universität Hohenheim
- Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart, Technische Universität München/Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV
- Prof. Dr. Dr.-Ing. Thomas Schildhauer, Humboldt Institut für Internet und Gesellschaft/Institute of Electronic Business
- Prof. Dr.-Ing. Rainer Stark, Technische Universität Berlin/Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik

- Prof. Dr. Michael ten Hompel, Technische Universität Dortmund/Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik/acatech
- Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Wolfgang Wahlster, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH/acatech
- Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Detlef Zühlke, Technische Universität Kaiserslautern

Projektteam

- Jan Cirullies, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik
- Gregor Engelmeier, equeo GmbH
- Thomas Flum, equeo GmbH
- Tim Kaufhold, equeo GmbH
- Dr. Christian Schwede, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik
- Markus Zajac, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik

Projektkoordination

- Dr. Johannes Winter, acatech Geschäftsstelle
- Dr. Andreas Heindl, acatech Geschäftsstelle

Projektlaufzeit

06/2015-11/2016

Diese acatech POSITION wurde im Oktober 2016 durch das acatech Präsidium syndiziert.

Finanzierung

Die Publikation wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und durch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) inhaltlich betreut.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



DLR Projektträger

1 Einführung: Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0

Industrie 4.0 beschreibt einen ökonomischen Paradigmenwechsel, der sowohl Chancen zur Effizienzsteigerung in den Prozessen als auch Potenziale zur Entwicklung und Transformation der Wertschöpfung sowie neuer Geschäftsmodelle von (Industrie-) Unternehmen mit sich bringt. Durch den digitalen Wandel werden starre Wertschöpfungsketten zunehmend aufgebrochen. An ihrer Stelle entstehen hochflexible Wertschöpfungsnetzwerke, Plattformmärkte und innovative Smart Services.² Die Vernetzung von Produkten, Prozessen und Infrastrukturen in Echtzeit läutet die vierte industrielle Revolution ein, in deren Rahmen die Zulieferung, Fertigung, Wartung und Auslieferung sowie der Kundenservice über das Internet miteinander verknüpft werden.³ Sowohl die Effizienzsteigerung in den Prozessen durch Industrie 4.0 als auch die Entwicklung und Umsetzung neuer Geschäftsmodelle im Zuge der Digitalisierung erfordern neue beziehungsweise veränderte Kompetenzen im Management und in den Belegschaften. Diese acatech POSITION legt den Fokus insbesondere auf jene Kompetenzen, welche die effizientere Gestaltung der Prozesse und die Transformation „klassischer“ Industrien durch das Internet der Dinge, Daten und Dienste betreffen.

Deutschland bringt gute Voraussetzungen mit, um sich als Leitmarkt und Leitanbieter für innovative Lösungen im Bereich Industrie 4.0 zu etablieren: Das Land verfügt nicht nur über einen erfolgreichen Produktionssektor, sondern auch über entscheidende Stärken bei der Business-IT und das notwendige Know-how in den relevanten Schlüsseltechnologien. Durch Industrie 4.0 können daher hochwertige Arbeitsplätze erhalten und neu geschaffen sowie stabiles Wirtschaftswachstum generiert werden. Auch mit Blick auf den demografischen Wandel sowie nachhaltiges und ressourceneffizientes Wirtschaften eröffnet Industrie 4.0 neue Perspektiven, etwa durch die Verringerung körperlicher Belastungen von Beschäftigten oder des Ressourcenverbrauchs von Maschinen und Anlagen. Insgesamt ist von Industrie 4.0 sowohl für große Unternehmen als auch für KMU ein erheblicher Nutzen zu erwarten.⁴

Die vierte industrielle Revolution führt auch zu nachhaltigen Veränderungen in der Arbeitswelt. Eine zentrale Neuerung

besteht in der Flexibilität von Produktion und Logistik, die durch die Selbststeuerung der Ressourcen ermöglicht wird. Die Anpassungsfähigkeit der Maschinen stellt neue Anforderungen an die Menschen, die dadurch entstehende Komplexität zu erfassen, nachzuvollziehen und darauf zu reagieren. Für die Geschäftsführung, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Planungsebene und die Beschäftigten in der Fertigung ergeben sich dadurch neue Herausforderungen.

Der neue Grad der Flexibilität und der digitalen Vernetzung erfordert innovative Qualifizierungslösungen, die situationsbezogen zur Verfügung stehen und das Systemverhalten der autonom handelnden cyber-physischen Systeme (CPS) für den Menschen transparent machen. Erste Analysen, die etwa im Rahmen der Arbeitsgruppe 6 des Nationalen IT-Gipfels 2014 vorgenommen wurden, sehen Weiterbildungsbedarfe auf den drei Handlungsebenen im Unternehmen:

- Vermittlung des Nutzens von Industrie 4.0 und der Funktionsweise cyber-physischer Systeme an die Geschäftsführung sowie die Entscheiderinnen und Entscheider vor allem in kleinen und mittleren Unternehmen
- Einsicht für Beteiligte auf der Planungsebene in Funktionsweisen sowie Vermittlung der Vor- und Nachteile der neuen Systeme, um den Nutzen für das eigene Unternehmen analysieren und die Umsetzungen schrittweise planen zu können
- Wissensoffensive zur Vorbereitung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Fertigung auf die Interaktion und den Umgang mit den neuen Systemen

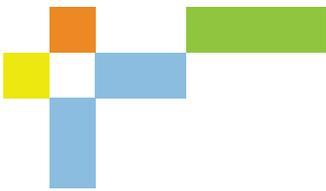
Der Wandel und die Flexibilisierung der Produktionsabläufe machen daher auch eine Verstärkung der Kompetenzentwicklung im innerbetrieblichen Umfeld erforderlich, obgleich die Folgen noch nicht vollständig abzusehen sind. Dazu fehlen gegenwärtig noch systematische Erhebungen zu den Kompetenzbedarfen deutscher Unternehmen. Insbesondere über die Bedarfe in kleinen und mittleren Unternehmen ist noch wenig bekannt. Ferner mangelt es an geeigneten Qualifizierungsangeboten, die erfahrene Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ebenso wie Berufsneulinge gezielt auf Industrie 4.0 vorbereiten. Zudem gilt es, die Aus- und Weiterbildung in Schulen, im dualen System sowie an Hochschulen und Universitäten in den Blick zu nehmen und weiterzuentwickeln.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für den Übergang zu Industrie 4.0 besteht in der Sensibilisierung vor allem des deutschen Mittelstandes für die Anforderungen, die Potenziale und den Nutzen der

2 | Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech 2015.

3 | acatech 2013.

4 | PricewaterhouseCoopers 2014.



vierten industriellen Revolution. Die zentralen Herausforderungen bestehen darin, das Verhalten selbststeuernder Systeme zu vermitteln und ein Bewusstsein für die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle, die Plattformökonomie und digitale Märkte zu schaffen. Deshalb sollen Methoden entwickelt und implementiert werden, die den Nutzen und das Verständnis für die Funktionsweise dieser neuartigen Systeme auf Basis zeitgemäßer online-gestützter Aus- und Weiterbildungstechnik transportieren.

acatech Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0

Die vorliegende Publikation baut auf der acatech *Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0* und den ersten Schlussfolgerungen auf, die im April 2016 auf der Hannover Messe vorgestellt wurden⁵, und leistet einen inhaltlichen Beitrag zu der von der Arbeitsgruppe 6 des Nationalen IT-Gipfels initiierten Qualifikationsoffensive. Der Wissenschaftliche Beirat der Plattform Industrie 4.0 hat diese Initiative aufgenommen und als Projekt umgesetzt. Die *Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0* geht von der grundlegenden Annahme aus, dass

- in deutschen Unternehmen ein erheblicher Bedarf zur Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0 besteht,
- kleine und mittlere Unternehmen im Vergleich zu Großunternehmen andere Prioritäten in der Kompetenzentwicklung setzen und
- gezielte Maßnahmen für die Qualifizierung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter als Schlüssel für die Gestaltung des digitalen Wandels erforderlich sind.

Die Studie basiert auf zwei Umfragen unter deutschen Unternehmen, die eine komplementäre Sicht auf den Status quo bei der Umsetzung von Industrie 4.0 sowie die Kompetenz- und Qualifizierungsbedarfe der Beschäftigten liefern.

In einer nicht-repräsentativen Online-Umfrage bat acatech im September und Oktober 2015 sowie im Dezember 2015 und Januar 2016 insgesamt 345 deutsche Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen um Auskunft, von diesen Firmen waren 39,2 Prozent große Betriebe mit mehr als 250 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie 60,8 Prozent KMU mit weniger als 250 Beschäftigten. Der Fokus auf kleine und mittlere Unternehmen als zentrales Rückgrat der deutschen Wirtschaft bei der Beschäftigung und Wertschöpfung war beabsichtigt.

Flankierend dazu führte acatech leitfadengestützte Interviews mit 28 Fachleuten aus Wissenschaft und Wirtschaft durch. Deren Auswahl zielte darauf ab, ein möglichst breites Spektrum an Befragten und Sichtweisen abzudecken. Differenzierungskriterien bei Fachleuten aus der Wirtschaft waren etwa die Unternehmensgröße, der Digitalisierungsgrad sowie die Funktion im Unternehmen. Die Interviewten aus der Wissenschaft stammten aus verschiedenen Disziplinen, um unterschiedliche Perspektiven auf das Thema Kompetenzentwicklung berücksichtigen zu können.

Eine zweite empirische Erhebung setzte im Frühjahr 2016 das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung im Auftrag von acatech um, die als Zusatzmodul zur Aus- und Weiterbildung im Rahmen einer IAB-ZEW-Arbeitswelt 4.0-Betriebsbefragung durchgeführt wurde. In der repräsentativen Umfrage wurden 2032 Interviews mit Unternehmen aus der Dienstleistungsbranche (67 Prozent) und dem produzierenden Gewerbe (33 Prozent) geführt. Aus der Befragung lassen sich differenzierte Aussagen beispielsweise in Abhängigkeit von der Größe der Unternehmen, des Wirtschaftssektors oder der Region ableiten.⁶

5 | acatech 2016b.

6 | Die ausführlichen Ergebnisse werden in einer separaten Publikation im Anschluss an den Nationalen IT-Gipfel 2016 in Saarbrücken veröffentlicht (vgl. Arntz et al. 2016, i.E.).

2 Bedarfe deutscher Unternehmen

Die vierte industrielle Revolution verändert nicht nur die bestehenden Wertschöpfungsmodelle und die Industrieproduktion nachhaltig, sondern auch die Arbeitswelt, die Organisationsformen in den Unternehmen sowie die Kompetenz- und Qualifikationsanforderungen an die Belegschaften. Die Entwicklungsperspektiven für die Arbeit der Zukunft, die Kompetenzprofile der Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie die Auswirkungen auf die Beschäftigung werden dabei jedoch unterschiedlich eingeschätzt.⁷

Die Debatte zu den Anforderungen für die Kompetenzentwicklung und Qualifizierung für Industrie 4.0 steht gegenwärtig am Anfang. Eine eindeutige Prognose der zu erwartenden Entwicklung sowie eine klare Identifikation von Kompetenzen erweist sich als schwierig. So variieren beispielsweise die Einschätzungen zu möglichen Zukunftsszenarien für die Entwicklung der Arbeitsanforderungen und die daraus resultierenden Qualifizierungsanforderungen erheblich.⁸ Grundsätzlich besteht jedoch Einigkeit,

dass Qualifizierung und Kompetenzentwicklung eine zentrale Rolle bei der Umsetzung von Industrie 4.0 einnehmen und die Anforderungen an die Beschäftigten zunehmen werden. In verschiedenen Analysen werden vor allem die Bereitschaft zum lebenslangen Lernen, ein stärkeres interdisziplinäres Denken und Handeln sowie die Relevanz von IT-Kompetenzen hervorgehoben.⁹ Allerdings ist eine weitere Ausdifferenzierung der bestehenden (empirischen) Befunde beispielsweise für einzelne Branchen, verschiedene Beschäftigtengruppen oder unterschiedliche Qualifizierungswege nötig. Verschiedene Systematisierungsansätze stellen hierbei wichtige Orientierungspunkte bereit.¹⁰

Das vorliegende Papier kann keine umfassende Analyse leisten, unternimmt aber den Versuch, einen eigenständigen Beitrag zur Vervollständigung des Bildes zu erbringen und auf der Grundlage empirischer Ergebnisse Qualifizierungsbedarfe für Industrie 4.0 zu identifizieren. Daraus werden Handlungsempfehlungen für Unternehmen, Politik und Bildungsanbieter abgeleitet sowie inhaltliche und methodische Ansatzpunkte für Qualifizierungslösungen entwickelt.

Ausgangspunkt ist dabei, dass der digitale Wandel und die Umsetzung von Industrie 4.0 keinem deterministischen Muster folgen, sondern vielmehr vielfältige technisch-organisatorische

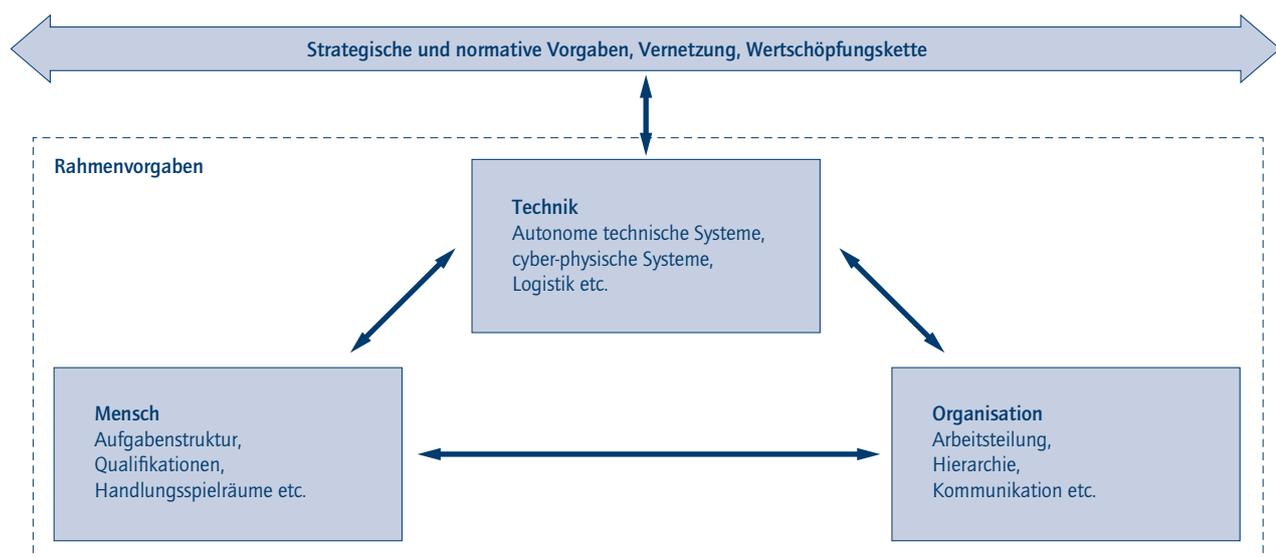


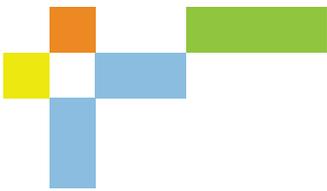
Abbildung 1: Industrie 4.0 als sozioökonomisches System (Quelle: Hirsch-Kreinsen/ten Hompel 2015)

7 | Vgl. Hirsch-Kreinsen 2015.

8 | Pfeiffer et al. 2016.

9 | Vgl. Schlund et al. 2014.

10 | Vgl. Ahrens/Spöttl 2015; Pfeiffer 2015; Spöttl et al. 2016.



Alternativen bestehen, die durch konkrete betriebliche und arbeitspolitische Entscheidungen beeinflusst und gestaltet werden können. Industrie 4.0 als ein soziotechnisches System nimmt dabei den „interdependenten Zusammenhang zwischen den technologischen, organisatorischen und personellen Elementen eines Gesamtsystems der Produktion“¹¹ in den Blick. Damit wird den Wechselwirkungen zwischen Technik, Mensch und Organisation sowie den betrieblichen und politischen Rahmenbedingungen, den strategischen und normativen Vorgaben, der Vernetzung und den Wertschöpfungsketten Rechnung getragen (siehe Abbildung 1).

Für die Umsetzung von Industrie 4.0 eröffnen sich dadurch vielfältige Gestaltungsspielräume, die insbesondere durch die zugrunde liegenden Gestaltungskonzepte bestimmt werden: Während technologiezentrierte Ansätze die weitreichende Substituierung menschlicher Arbeitsformen durch technische Anlagen und Systeme betonen, stellen komplementäre Ansätze die sich ergänzende Verteilung der Aufgaben und die Interaktion zwischen Mensch und Maschine in den Mittelpunkt. Da von einer ungleichzeitigen Diffusion digitaler Technologien und erheblichen Herausforderungen auf personaler, betrieblicher und organisatorischer Ebene auszugehen ist, bieten vor allem die komplementären Gestaltungskonzepte großes technologisches und ökonomisches Potenzial für die Einführung von Industrie 4.0.¹²

Die unterschiedlichen Entwicklungsperspektiven für Industrie 4.0 deuten einen veränderten Bedarf bei der Kompetenzentwicklung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern an. Einerseits

ist ein erhöhter Kompetenzbedarf im Sinne des Upgrading zu erwarten; andererseits ergeben sich durch neuartige Assistenzsysteme aber auch Chancen für niedrigqualifizierte Beschäftigte.¹³ Zudem sind jeweils unterschiedliche Fähigkeiten und Fertigkeiten für die Nutzung der Potenziale der Veränderung, Flexibilisierung und Selbststeuerung in der Produktion auf der einen sowie die Entwicklung und Umsetzung neuer, innovativer Geschäftsmodelle auf der anderen Seite notwendig.

2.1 Bewertung und Status quo bei Industrie 4.0

Der digitale Wandel verändert das gesamte Produktionsumfeld und die industrielle Wertschöpfung nachhaltig und tiefgreifend. Insgesamt sehen deutsche Unternehmen bezüglich Industrie 4.0 deutlich mehr Chancen als Risiken für die Wirtschaft und den Industriestandort. Abhängig von der Unternehmensgröße sind jedoch erhebliche Unterschiede zu verzeichnen: Während 78,8 Prozent der Großunternehmen die Potenziale und Vorteile der vierten industriellen Revolution wahrnehmen, sehen KMU mit 59,8 Prozent erheblich geringere Chancen (siehe Abbildung 2).

Die etwas skeptischere Beurteilung kann einerseits auf ein niedrigeres Niveau bei der Umsetzung digitaler Technologien und Wertschöpfungsprozesse zurückgeführt werden. Andererseits spielt laut Aussagen interviewter Fachleute hier die niedrigere

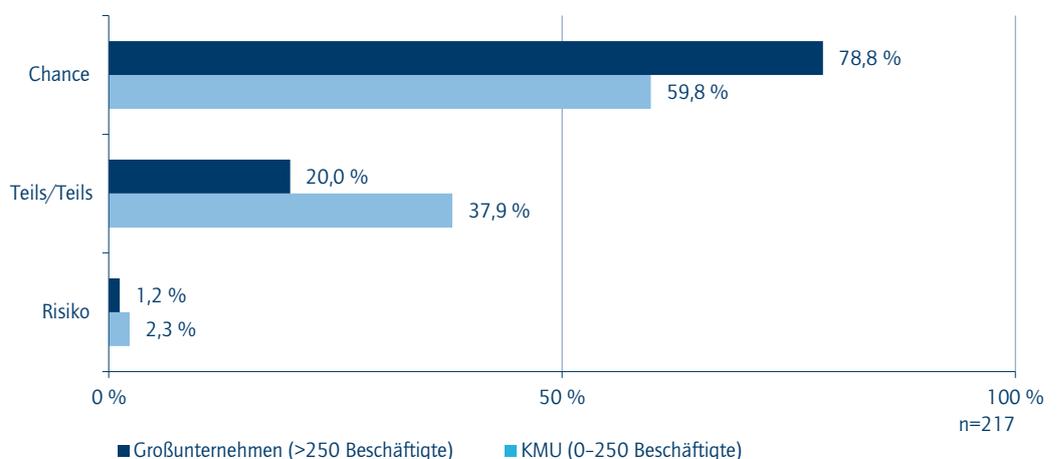


Abbildung 2: Bewertung von Digitalisierung und Industrie 4.0 (Quelle: acatech)

11 | Hirsch-Kreinsen/ten Hompel 2015.

12 | Vgl. Hirsch-Kreinsen/ten Hompel 2015.

13 | Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung 2015; McKinsey 2011.

Ressourcenausstattung mittelständischer Unternehmen für die strategische Planung und gezielte Umsetzung von Industrie 4.0 eine Rolle.

Interessant ist, dass auch in der detaillierten Betrachtung die Wahrnehmung möglicher Chancen bei den Großunternehmen in der Regel höher ausgeprägt ist als bei kleinen und mittleren Unternehmen. Unternehmen sehen laut IAB-ZEW-Befragung die größten Chancen von Industrie 4.0 darin, die Arbeitsproduktivität zu steigern und individuelle Kundenwünsche besser zu erfüllen. Zudem erwarten sie im Zuge von Industrie 4.0, neue Produkte und Dienstleistungen anbieten zu können. In diesem Zusammenhang ist interessant, dass insbesondere KMU diese Möglichkeiten höher bewerten als Großunternehmen. Überdies erhoffen sich vor allem Großunternehmen, die Arbeits- und Lohnkosten zu senken. Vorteile für die Senkung von Lager- und Transportkosten, die Verringerung der körperlichen Arbeitsbelastung von Beschäftigten oder die Senkung von Energiekosten werden von großen Firmen nur in geringem Maße, von kleinen und mittleren Betrieben hingegen gar nicht gesehen.

Als größtes Risiko von Industrie 4.0 werten die Unternehmen laut IAB-ZEW-Befragung steigende Aufwendungen für Datenschutz und Cyber-Security. Insbesondere große Unternehmen sehen zudem einen steigenden Bedarf an Weiterbildung der Belegschaften sowie veränderte Aus- und Weiterbildungsinhalte. Hier zeigt sich, dass Qualifizierung als wichtiger Faktor für die Zukunftsfähigkeit deutscher Unternehmen vor allem bei den KMU noch stärker betont werden muss. Besonders groß ist die Diskrepanz zwischen großen und kleineren Unternehmen bei den mit Industrie 4.0 verbundenen Herausforderungen für die Reorganisation der Arbeitsprozesse. Generell vermuten die Unternehmen hohe Investitionskosten durch Industrie 4.0 und deren Umsetzung. Offenbar ist das Risikobewusstsein bei den Großunternehmen weit stärker ausgeprägt als in KMU, was für eine höhere Awareness hinsichtlich Industrie 4.0 in großen Betrieben spricht.

Große wie auch mittlere und kleine Unternehmen sind sich bewusst, dass sie im Zuge des digitalen Wandels schneller auf die Anforderungen ihrer Kunden reagieren müssen (siehe Abbildung 3). Auch die Notwendigkeit einer flexibleren Produktion und der Entwicklung neuer Technologien sehen die Unternehmen als wichtigen Erfolgsfaktor in der Zukunft. Diese Aspekte werden jedoch von großen Unternehmen deutlich stärker als von KMU akzentuiert. Dass mit Industrie 4.0 auch neue Geschäftsmodelle einhergehen und bestehende möglicherweise

infrage stehen, erkennen die Unternehmen noch nicht in ausreichendem Maß: Lediglich etwas mehr als die Hälfte der befragten Großunternehmen und nur 38,6 Prozent der Mittelständler sind sich dessen bewusst. Hier gilt es, ein größeres Bewusstsein im Management als auch in den Belegschaften zu schaffen.

In den Unternehmen vollzieht sich bereits der Wandel hin zu Industrie 4.0. Allerdings ist der Wandel in den großen Unternehmen bereits deutlich weiter fortgeschritten als in KMU: Laut IAB-ZEW-Umfrage waren vor fünf Jahren etwa 33,1 Prozent der eingesetzten Produktionsmittel in Großunternehmen indirekt gesteuert oder selbststeuernd, heute beträgt ihr Anteil bereits 41,7 Prozent. In fünf Jahren rechnen die großen Unternehmen mit einem Anteil von rund 46,7 Prozent. Bei den kleinen und mittleren Betrieben waren vor fünf Jahren erst 14,0 Prozent mit indirekt gesteuerten oder selbststeuernden Produktionsmitteln ausgestattet. Der Anteil hat sich inzwischen auf 16,8 Prozent erhöht und wird nach Einschätzung der Unternehmen in fünf Jahren bei etwa 21,0 Prozent liegen. Zu den indirekt gesteuerten Produktionsmitteln zählen etwa CNC-Maschinen, Industrieroboter oder verfahrenstechnische Anlagen. Als selbststeuernd gelten Produktionsanlagen, bei denen die Technik Arbeitsprozesse weitestgehend selbstständig übernimmt (cyber-physische Systeme). Die letztgenannte Art der Produktionsmittel kann als ein grober Näherungswert für die Umsetzung von Industrie 4.0 in den deutschen Unternehmen herangezogen werden.

Ungeachtet der positiven Einschätzung der Chancen besteht in großen wie auch in mittleren und kleinen Betrieben ein erhebliches Entwicklungspotenzial bei der Umsetzung von Industrie 4.0 in den einzelnen Unternehmensbereichen. Für KMU gilt dieser Sachverhalt im Besonderen. Exemplarisch lässt sich dies an den Themen Überwachung des Kundenauftragsprozesses und Digitalisierung von Kernprozessen im Unternehmen aus der acatech Umfrage ableiten.

Bei der Überwachung des Kundenauftragsprozesses zeigt sich, dass die Zustandsdaten bei 55,2 Prozent der Unternehmen manuell durch die Beschäftigten erfasst und bei 46,5 Prozent durch Barcode-Scanning aufgenommen werden. Noch wenig verbreitet sind hingegen RFID-Scanning oder Bilderkennungsverfahren (12,0 Prozent) und smarte Sensorik (12,4 Prozent).¹⁴ Auch hier wird deutlich, dass große Unternehmen viel stärker auf neue Technologien setzen als kleine und mittlere Betriebe (21,2 Prozent/4,5 Prozent für RFID-Scanning beziehungsweise Bilderkennung und 22,4 Prozent/7,6 Prozent für smarte Sensorik).

14 | Mehrfachnennungen waren an dieser Stelle möglich.

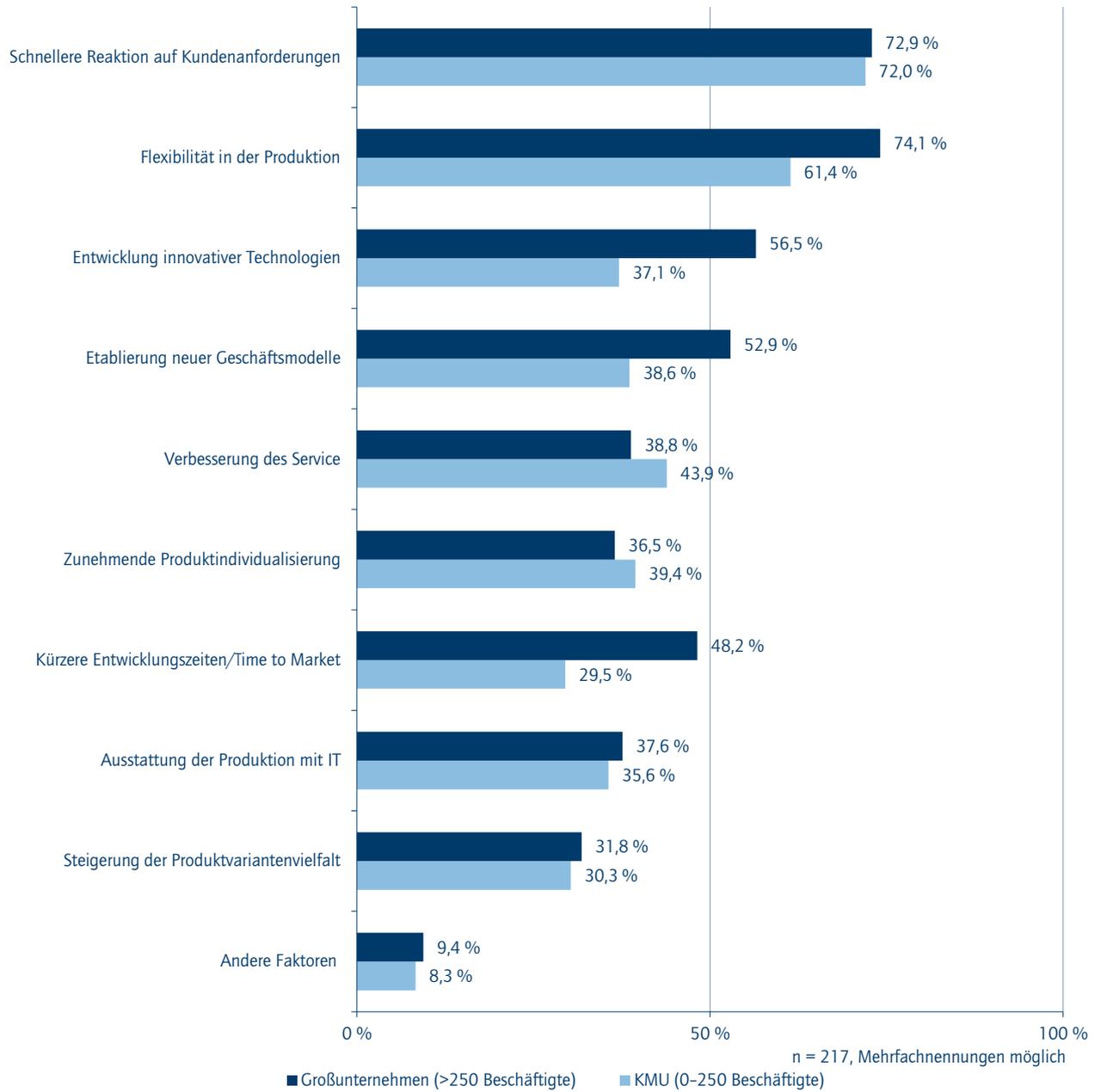


Abbildung 3: Künftige Erfolgsfaktoren für Unternehmen (Quelle: acatech)

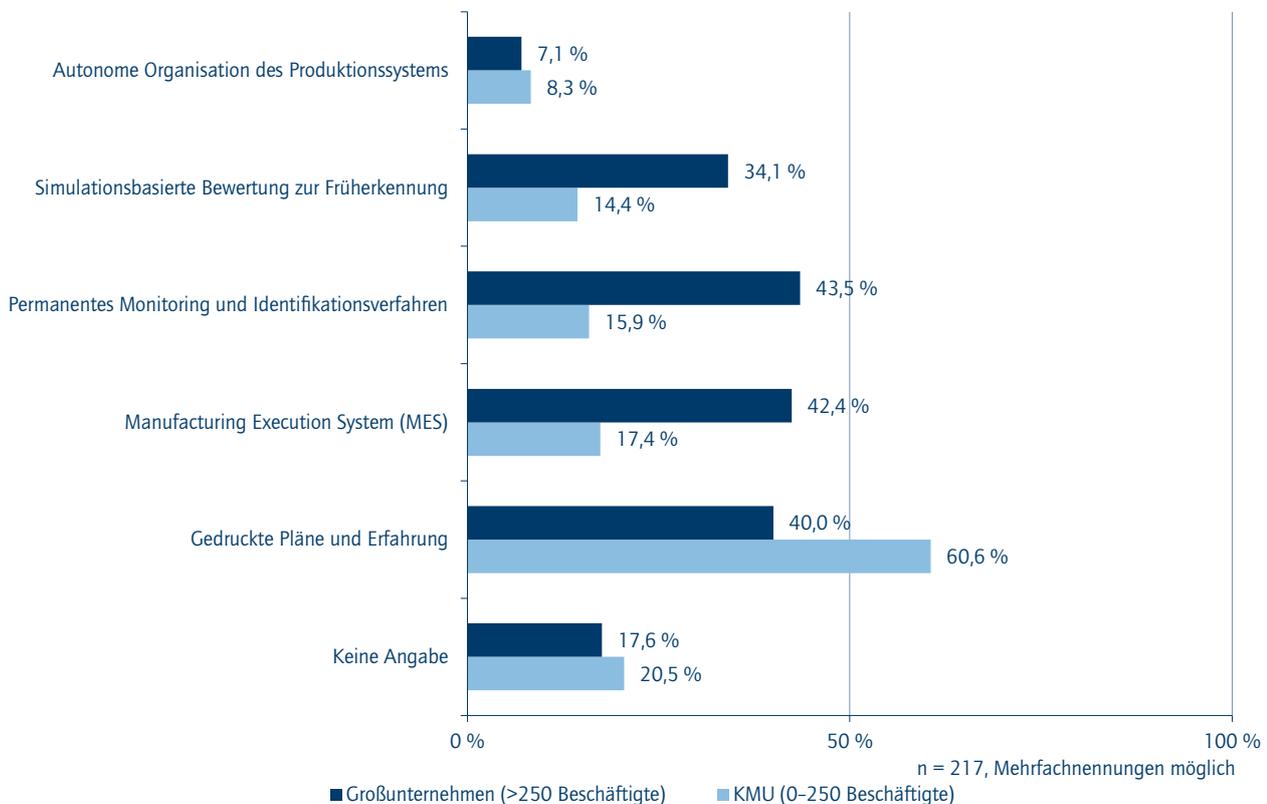


Abbildung 4: Status quo bei der Digitalisierung von Kernprozessen (Quelle: acatech)

Bei der Steuerung von Kernprozessen im Unternehmen nutzen die meisten KMU nach wie vor gedruckte Pläne und greifen auf die Erfahrung der Belegschaft zurück (siehe Abbildung 4). Großunternehmen setzen in deutlich stärkerem Umfang auch andere technisch basierte Verfahren ein, wie etwa Manufacturing-Execution-Systeme (MES), permanente Monitoring- und Identifikationsverfahren oder simulationsbasierte Früherkennungsmethoden. Gleichwohl können kleine und mittlere Unternehmen auch innovative Vorreiter sein. Dies ist beispielsweise bei der autonomen Organisation des Produktionssystems der Fall.

Fazit

Insgesamt besteht in deutschen Unternehmen ein erhebliches Entwicklungspotenzial für die weitere Umsetzung digitaler Technologien. Dies gilt insbesondere für KMU. Sowohl bei der Umsetzung als auch bei der Absicht, das

Unternehmen digital weiterzuentwickeln, treten laut acatech Umfrage deutliche Unterschiede zutage: Während 78,1 Prozent der großen Betriebe die verschiedenen Unternehmensbereiche in Richtung Industrie 4.0 lenken wollen, äußern nur 57,4 Prozent der KMU eine solche Absicht.

Vor diesem Hintergrund wird offenbar, dass das Bewusstsein für den digitalen Wandel in KMU gestärkt sowie der Nutzen von Industrie 4.0, aber auch klare Umsetzungsstrategien an die mittelständischen Unternehmen vermittelt werden müssen. Wichtige Impulse für die Umsetzung von Industrie 4.0 in KMU gehen dabei insbesondere von konkreten (Erfolgs-)Beispielen aus, um einerseits die Möglichkeiten der Digitalisierung für den eigenen Betrieb einschätzen zu können und andererseits die Sorge vor hohen Investitionskosten sowie die Unsicherheit über die Amortisierung von Investitionen zu verringern.



2.2 Zukünftige Qualifizierungsbedarfe

Ein entscheidender Baustein für die erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0 in den Unternehmen und die Befähigung für die künftige Arbeitswelt ist die Qualifizierung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Dazu gilt es zum einen, die künftigen Kompetenzbedarfe der Unternehmen zu ermitteln (unternehmensspezifische Kompetenzen). Diesen kann ein Unternehmen mit dem Kauf von Technik, externer Beratung, Einstellung von Personal, Kooperation mit externen Dienstleistern oder Qualifizierungsmaßnahmen für die eigene Belegschaft begegnen. Zum anderen sind die erwarteten Fähigkeiten zu benennen, die für die eigenen Beschäftigten sowie deren Fertigkeiten von Bedeutung sind (Fähigkeiten der Beschäftigten). In der Analyse werden die Bedarfe der Unternehmen abgefragt – unabhängig von formalen Qualifikationswegen und -welten. Die Ergebnisse sind jedoch geeignet, Schlussfolgerungen beispielsweise für die duale Ausbildung, die betriebliche Weiterbildung oder die schulische und akademische Bildung zu ziehen.

Die der acatech POSITION zugrunde liegenden Umfragen konzentrieren sich auf die effizientere Gestaltung der Prozesse und die Umgestaltung der Industrie durch das Internet der Dinge, Daten und Dienste. Dabei stehen alle Akteure im Unternehmen von der Geschäftsleitung, welche die strategischen Entscheidungen im Betrieb treffen, bis hin zu den operativ beschäftigten

Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern auf dem Hallenboden im Fokus. Darüber hinaus sind in Zukunft auch verstärkt Kompetenzen erforderlich, die auf die Veränderung von Geschäftsmodellen sowie der Arbeits- und Unternehmensorganisation fokussieren. Diese an die Geschäftsleitungen und die Führungsebene gerichteten Aufgaben können nur am Rande thematisiert werden.

Die erste Annäherung fördert die Erkenntnis zutage, dass sich die Tätigkeitsprofile durch Industrie 4.0, in abgeschwächter Form aber auch in allen anderen Betrieben, insbesondere bei abstrakten Aufgaben wandeln. Dieser Einschätzung stimmt laut IAB-ZEW-Umfrage der überwiegende Teil der großen wie auch der mittelständischen Unternehmen zu, die in den vergangenen fünf Jahren bereits selbststeuernde oder IT-integrierte Arbeitsmittel eingesetzt haben (siehe Abbildung 5). Zu den abstrakten Aufgaben zählen beispielsweise die Organisation von Arbeitsprozessen, die Beschaffung von Informationen oder Materialien sowie Tätigkeiten aus den Bereichen Personal, Marketing oder Beratung. Die Einschätzungen zu den Veränderungen bei anderen Tätigkeiten variieren stark nach Unternehmensgröße. KMU erwarten überwiegend Veränderungen bei manuellen Tätigkeiten wie Reparieren, Warten, Pflegen oder Reinigen. Von den Großunternehmen gehen deutlich weniger von einem Wandel in diesem Bereich aus. Ähnlich groß ist die Diskrepanz im Fall der Einschätzung der Veränderungen bei Routineaufgaben wie Qualitätskontrolle, Schreibarbeiten oder Kalkulationen. Abbildung 6 verdeutlicht, welche Tätigkeiten im Einzelnen zunehmende Relevanz erhalten.

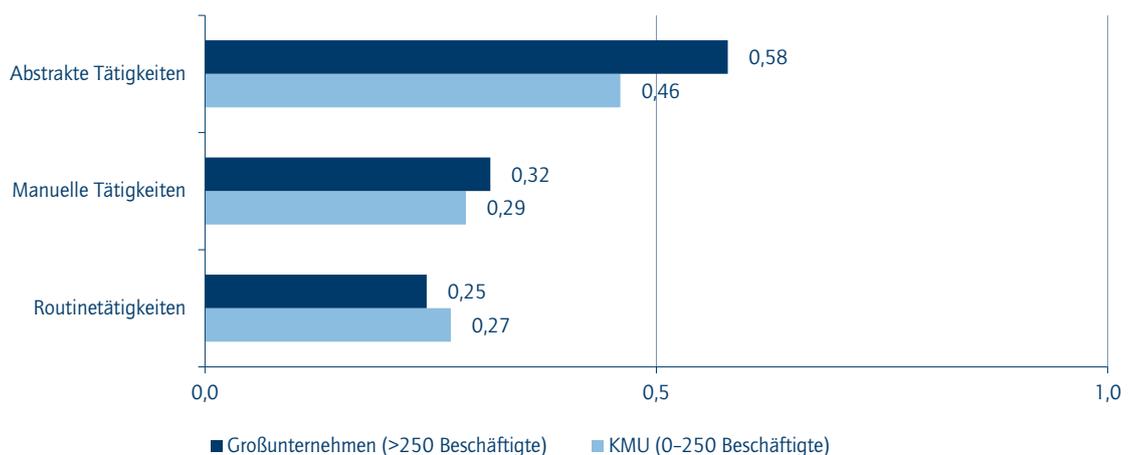


Abbildung 5: Einschätzung der Veränderung der Arbeitszeit und Bedeutung von Tätigkeitsprofilen (Quelle: ZEW)
 Berechnung des ZEW auf Basis der IAB-ZEW-Arbeitswelt 4.0-Befragung. Bemerkung: Dargestellt wird ein Veränderungsindex. Berechnung eines Veränderungsindex: Anteil der Betriebe, die bei sich in den letzten fünf Jahren eine (starke) Zunahme beobachten, abzüglich des Anteils der Betriebe, die eine (starke) Abnahme beobachten. In der Darstellung wurden die Veränderungen einzelner Tätigkeiten (siehe Tabelle 6) aggregiert. Weitere Informationen zur Berechnung des Veränderungsindex finden sich bei Arntz et al. 2016, i.E.

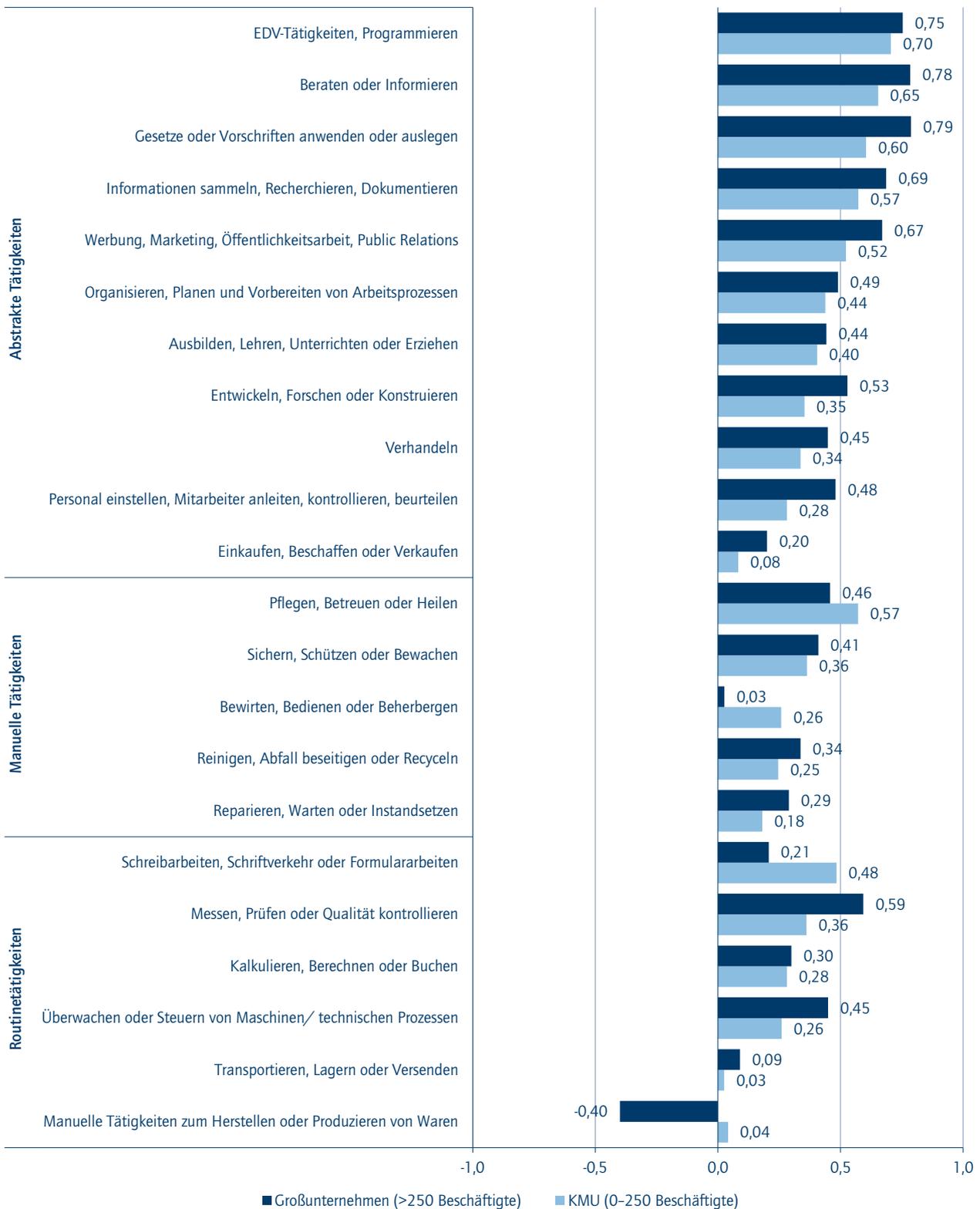


Abbildung 6: Einschätzung der Veränderung der Arbeitszeit und Bedeutung von konkreten Tätigkeiten (Quelle: ZEW)
 Vergleiche Erläuterung in Abbildung 5.



Initiative	Unternehmensspezifische Kompetenzen	Fähigkeiten der Beschäftigten
Technologie-/ Datenorientiert	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Datenauswertung und -analyse ▪ IT-Sicherheit ▪ Cloud-Architekturen ▪ Künstliche Intelligenz ▪ User-Support/Service Technik 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interdisziplinäres Denken und Handeln ▪ Beherrschung komplexer Arbeitsinhalte ▪ Fähigkeit zum Austausch mit Maschinen ▪ Problemlösungs- und Optimierungskompetenz
Prozess-/ Kundenorientiert	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prozessmanagement ▪ Kundenbeziehungsmanagement ▪ IT-Geschäftsanalysen ▪ eCommerce/Online-Marketing ▪ Beratung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zunehmendes Prozess-Know-how ▪ Mitwirkung an Innovationsprozessen ▪ Fähigkeit zur Koordination von Arbeitsabläufen ▪ Dienstleistungsorientierung
Infrastruktur-/ Organisationsorientiert	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umgang mit spezifischen IT-Systemen ▪ Netzwerk-Datenbankadministration ▪ IT-Architekturen ▪ Datenschutz 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Führungskompetenz ▪ Eigenverantwortliche Entscheidungen ▪ Sozial-/Kommunikationskompetenz

Tabelle 1: Systematisierung der unternehmensspezifischen Kompetenzen und der Fähigkeiten der Beschäftigten (Quelle: eigene Darstellung)

Die veränderten Tätigkeitsprofile stellen neue Anforderungen an die in den Unternehmen benötigten Kompetenzen sowie an die Fähigkeiten der Belegschaft. Der acatech Studie wurde eine Reihe von unternehmensspezifischen Kompetenzen und Fähigkeiten von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zugrunde gelegt und wie folgt für die von der Akademie durchgeführte Unternehmensbefragung systematisiert (siehe Tabelle 1):

- Technologie- und datenorientierte Kompetenzen und Fähigkeiten erfassen spezifische Fachkenntnisse in der Entwicklung, Anwendung und Beherrschung digitaler Technologien.
- Prozess- und kundenorientierte Kompetenzen und Fähigkeiten beschreiben das Verständnis für die Zusammenhänge in den Wertschöpfungsnetzwerken einschließlich der Organisation und Koordination von Kundenbeziehungen.
- Infrastruktur- und organisationsorientierte Kompetenzen und Fähigkeiten beziehen sich auf den Umgang mit technischen Basiskomponenten im Unternehmen und Soft Skills.

Die dargestellten und die in der acatech Umfrage zugrunde gelegten Kompetenzen und Fähigkeiten fokussieren vor allem auf die Möglichkeiten von Industrie 4.0 zur Steigerung der Effizienz in den Prozessen und der Produktion. Darüber hinaus sind aber auch neue und breit angelegte Kompetenzen in Bezug auf die Entwicklung und Umsetzung innovativer Geschäftsmodelle erforderlich. Diese werden beispielsweise durch Kompetenzen bei der Datenauswertung und -analyse, Fähigkeiten zum interdisziplinären Denken oder der Mitwirkung an Innovationsprozessen angedeutet, umfassen aber auch zum Beispiel Customer Experience.

Den größten Kompetenzbedarf sehen die Unternehmen in den Bereichen Datenauswertung und -analyse sowie im Prozessmanagement als bereichsübergreifender Vernetzung (siehe Abbildung 7). Auch die Prioritätensetzung der Firmen für die gezielte Entwicklung von unternehmensspezifischen Kompetenzen in der Zukunft spiegelt die identifizierten Bedarfe wider. Zusätzlich wird aber auch der IT-Sicherheit eine große Bedeutung für den künftigen Kompetenzaufbau zugemessen.

Als entscheidende Fähigkeiten ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter werten die Unternehmen künftig interdisziplinäres Denken und Handeln sowie ein starkes Prozess-Know-how – also ein bereichsübergreifendes Verständnis für Zusammenhänge in der Produktion und der Wertschöpfungskette (siehe Abbildung 8). Auch der Führungskompetenz wird als zentralem Element für die Gestaltung der Change-Management-Prozesse eine große Bedeutung zugesprochen. Bei der Frage nach der Prioritätensetzung wird daher auch das zunehmende Prozess-Know-how als Schwerpunkt für die künftige Kompetenzentwicklung der Belegschaften genannt; zusätzlich spielt aber auch die Problemlösungs- und Optimierungskompetenz in Zukunft eine prioritäre Rolle.

Eine genauere Analyse bestätigt im Grundsatz die festgestellten Trends für große Unternehmen sowie für mittelständische Betriebe. Gleichzeitig lassen sich bezüglich der Bedarfsstruktur und Prioritätensetzung für die künftige Personalqualifizierung aus der acatech Umfrage aber auch aufschlussreiche Unterschiede entnehmen.

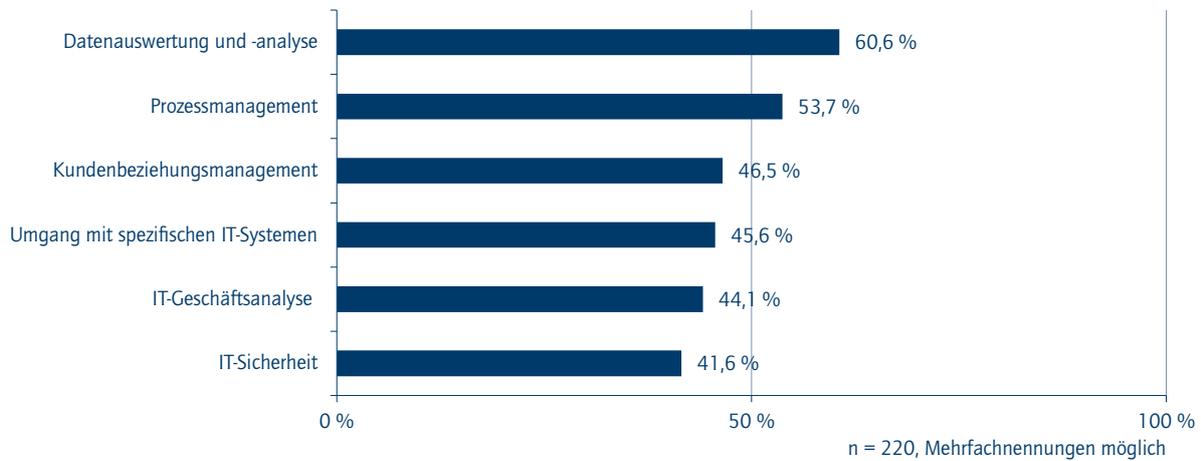


Abbildung 7: Entwicklungsbedarf unternehmensspezifischer Kompetenzen (Quelle: acatech)

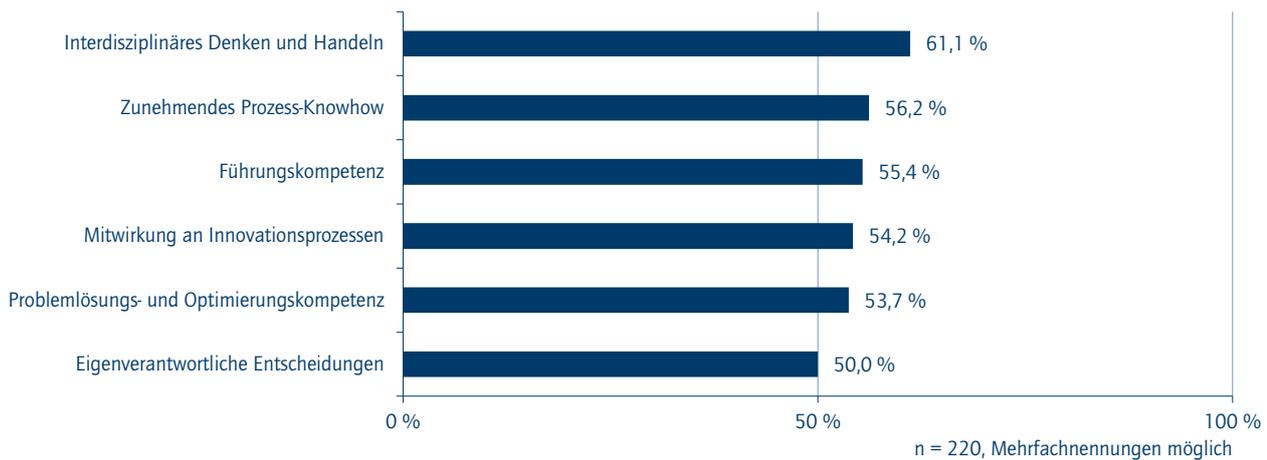


Abbildung 8: Entwicklungsbedarf bei den Fähigkeiten der Beschäftigten (Quelle: acatech)

So geben KMU in verschiedenen Bereichen einen höheren Kompetenzbedarf für ihren Betrieb an als große Firmen (siehe Abbildung 9). Dies gilt insbesondere für prozess- und kundenorientierte Kompetenzen wie das Kundenbeziehungsmanagement sowie für infrastruktur- und organisationsbezogene Kompetenzen wie den Umgang mit spezifischen IT-Systemen. Demgegenüber sehen große Betriebe einen teilweise deutlich höheren Bedarf insbesondere bei technologie- und datenorientierten unternehmensspezifischen Kompetenzen wie Cloud-Architekturen oder künstliche Intelligenz/Algorithmen.

Ein ähnliches Bild ergibt sich für die Prioritätensetzung bei der künftigen Entwicklung der unternehmensspezifischen Kompetenzen (siehe Abbildung 10). Große Firmen benennen technologie- und datenorientierte unternehmensspezifische Kompetenzen wie

IT-Sicherheit oder Cloud-Architekturen deutlich klarer als künftige Prioritäten. Die kleinen und mittleren Betriebe nehmen wiederum prozess- und kundenorientierte Kompetenzen wie Beratung sowie teilweise auch infrastruktur- und organisationsbezogene Kompetenzen wie Datenschutz etwas stärker in den Blick.

Die Befunde der acatech Befragung zu den zentralen Fähigkeiten der Beschäftigten ergänzen diese Ergebnisse komplementär. Große Firmen melden insbesondere Kompetenzbedarf in technologie- und datenorientierten Bereichen wie dem interdisziplinären Denken und Handeln an (siehe Abbildung 11). KMU hingegen betonen in einigen Fällen prozess- und kundenorientierte Fähigkeiten wie Dienstleistungsorientierung sowie infrastruktur- und organisationsbezogene Kompetenzen wie Sozial-/Kommunikationskompetenz etwas stärker.

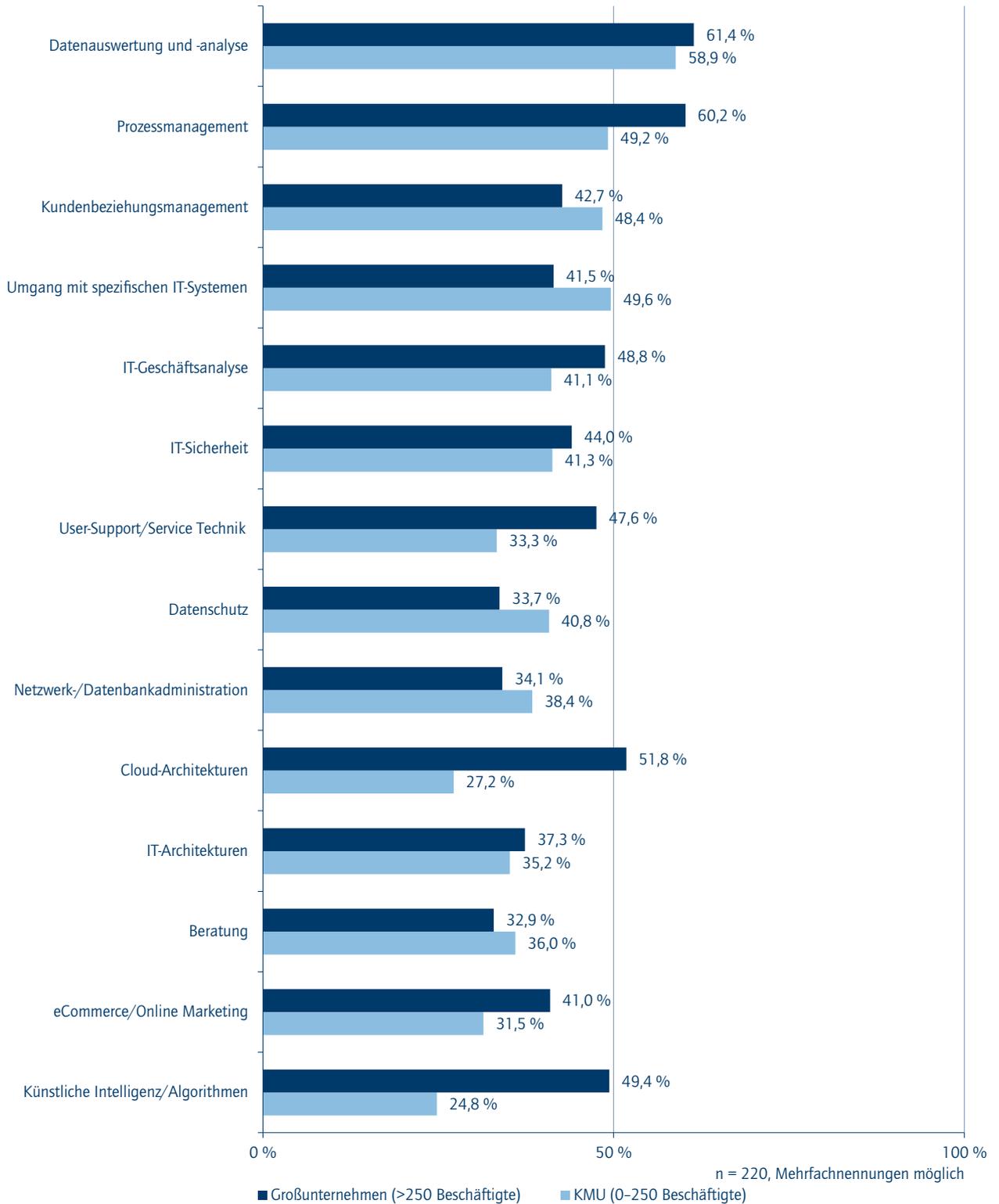


Abbildung 9: Bedarf bei der Entwicklung unternehmensspezifischer Kompetenzen (Quelle: acatech)

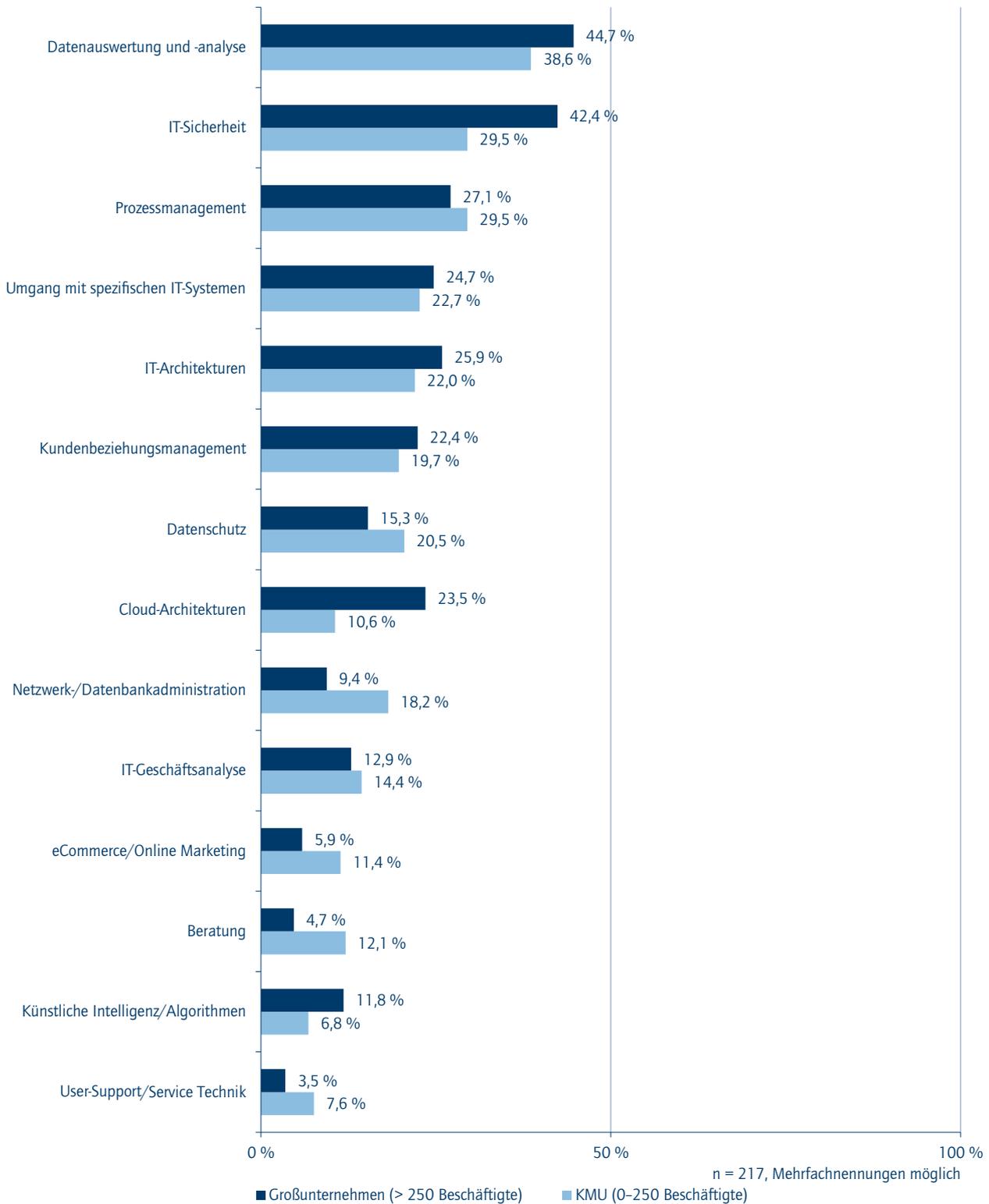


Abbildung 10: Prioritäten bei der Entwicklung unternehmensspezifischer Kompetenzen (Quelle: acatech)

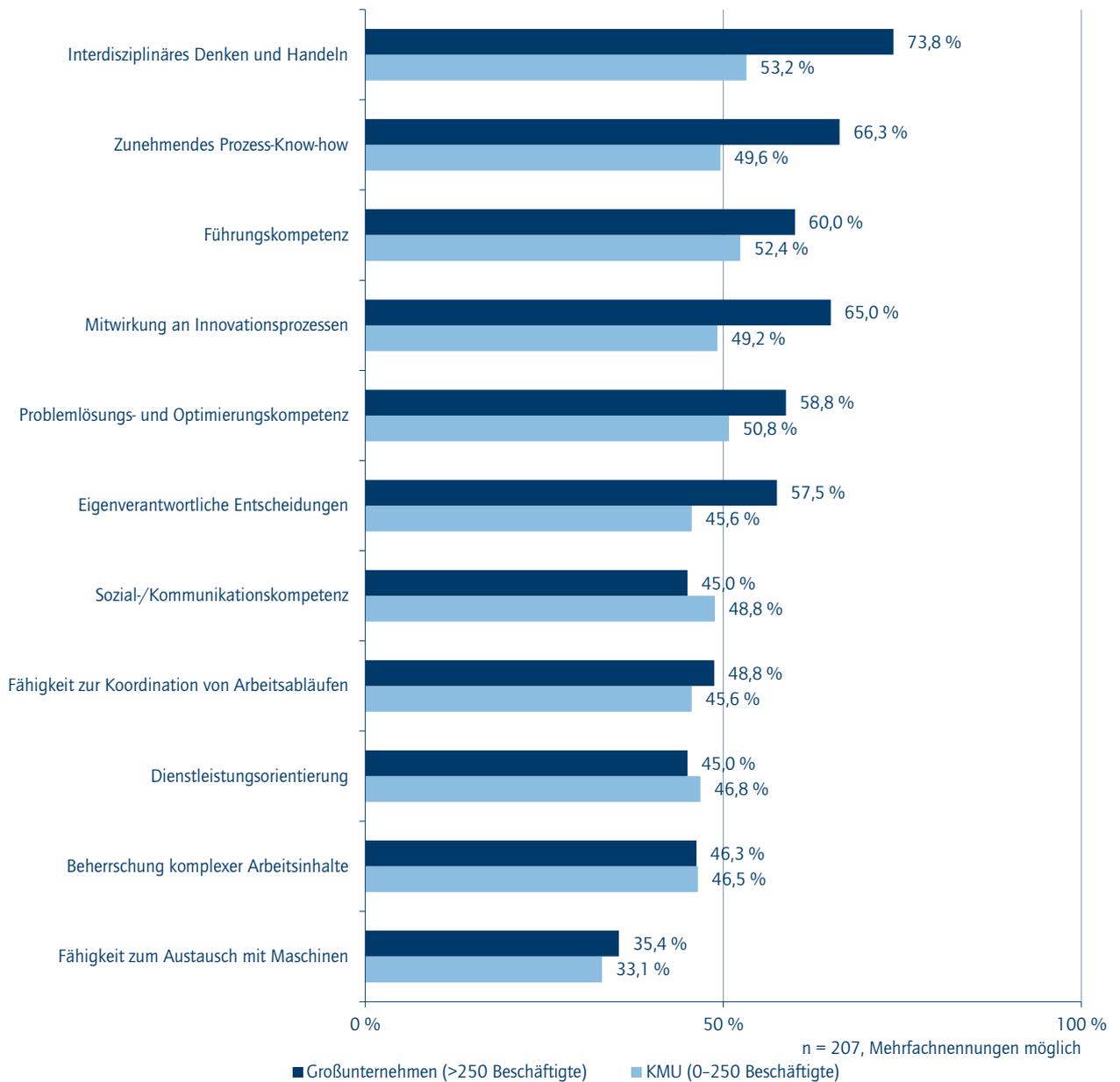


Abbildung 11: Entwicklungsbedarf bei den Fähigkeiten der Beschäftigten (Quelle: acatech)

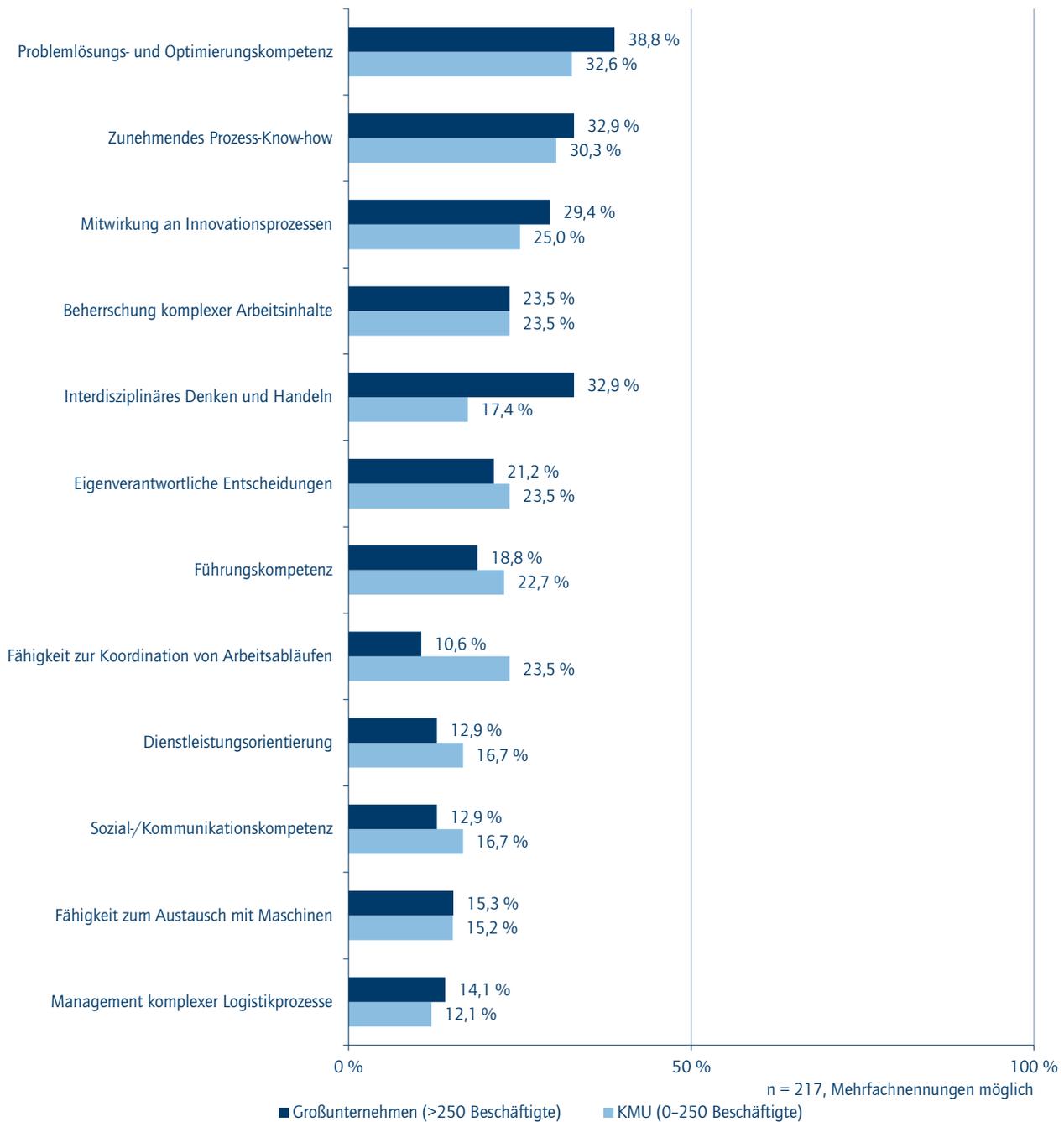
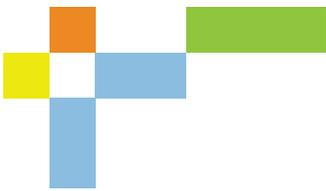


Abbildung 12: Prioritäten bei der Entwicklung der Fähigkeiten der Beschäftigten (Quelle: acatech)



Noch klarer zeigt sich die Differenz zwischen großen und mittelständischen Betrieben bei der Schwerpunktsetzung für die künftige Entwicklung der Personalkompetenzen. KMU priorisieren prozess- und kundenorientierte Fähigkeiten wie die Koordination von Arbeitsabläufen und Dienstleistungsorientierung sowie infrastruktur- und organisationsbezogene Fähigkeiten wie Führungskompetenz etwas stärker (siehe Abbildung 12). Große Firmen heben hingegen technologie- und datenorientierte Fähigkeiten wie Problemlösungs- und Optimierungskompetenz oder interdisziplinäres Denken und Handeln hervor.

Neben den in den Umfragen dargelegten Kompetenzbedarfen kommt auch dem (Advanced) Systems Engineering eine wichtige Rolle als domänenübergreifendes Kommunikationsmittel zu. Das (Advanced) Systems Engineering beschränkt sich dabei nicht nur auf technologische Aspekte, sondern es schließt auch das gesamte sozio-technische System, die Wertschöpfungsnetzwerke und die Geschäftsmodelle ein.

Die IAB-ZEW-Umfrage bestätigt die Bedarfe an künftigen Fähigkeiten sowie die Priorisierung für die Kompetenzentwicklung grundsätzlich. Die Großunternehmen sind sich der Bedeutung des Themas Qualifizierung deutlich bewusster als KMU und stellen insgesamt deutlich höhere Anforderungen an die (künftigen) Fähigkeiten von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern als die Mittelständler. So sehen Großunternehmen im Prozess-Know-how eine entscheidende Fähigkeit, während KMU diese Kompetenz zwar überwiegend als wichtig ansehen, wenn auch in weit geringerem Maße als die großen Betriebe. Auch die Führungskompetenz betonen große Betriebe deutlich stärker als wichtige Qualifikation ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Weitgehend einig sind sich die Unternehmen unabhängig von ihrer Größe, dass es für die Beschäftigten künftig unabdingbar sei, stets neue Fähigkeiten und Kompetenzen zu erwerben. Das Arbeiten unter hoher physischer Belastung wird – im Gegensatz zum Arbeiten unter hoher geistiger Belastung – als wenig relevant für die künftigen Beschäftigten eingeschätzt. Gleiches gilt für Handgeschick und Fingerfertigkeit.

Ein weiteres Element für die erfolgreiche Gestaltung von Industrie 4.0 sind IT-Kompetenzen – sowohl für Unternehmen als auch für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Hervorzuheben ist dabei, dass IT-Kompetenz weniger als Spezialwissen in der Spitze (zum Beispiel Coding), sondern in erster Linie als eine integrierte und interdisziplinär angelegte Kompetenz in der Breite verstanden

wird, die mit einem grundlegenden Verständnis für die Prozesse und Anwendungen in verschiedenen Unternehmensbereichen verknüpft ist und bestehende Berufsbilder ergänzen sollte (zum Beispiel Verbindung zwischen Informatik und Elektrotechnik). Dabei bestätigt sich der bereits festgestellte Trend für technologie-/datengetriebene Kompetenzen: Große Firmen legen ein deutlich höheres Engagement beim Ausbau von IT-Fähigkeiten an den Tag als mittelständische Betriebe – mit Ausnahme des Bereichs Verwaltung.

Neben den in den Umfragen dargelegten Kompetenzbedarfen kommt auch dem (Advanced) Systems Engineering eine wichtige Rolle als domänenübergreifendes Kommunikationsmittel zu. Das (Advanced) Systems Engineering beschränkt sich dabei nicht nur auf technologische Aspekte, sondern es schließt auch das gesamte sozio-technische System, die Wertschöpfungsnetzwerke und die Geschäftsmodelle ein.

Die IAB-ZEW-Befragung bestätigt die oben genannten Ergebnisse: Kenntnisse in der IT-Anwendung gelten für alle Betriebe unabhängig von der Größe als wichtigste Anforderung an die Beschäftigten. Dabei messen fast alle großen Unternehmen, aber auch der größte Teil der KMU dem Thema eine hohe Bedeutung zu. Neben dem reinen IT-Anwendungswissen kommt aber auch der Entwicklung von IT ein hoher Stellenwert zu. Auf diesem Gebiet halten Großunternehmen die IT-Entwicklungskompetenzen ihrer Beschäftigten für etwas wichtiger als KMU.

Fazit

Die Bereiche Datenauswertung und -analyse, Prozessmanagement und zunehmendes Prozess-Know-how sowie interdisziplinäres Denken und Handeln gelten den Unternehmen als zentrale Elemente der Personalqualifizierung für Industrie 4.0. Den IT-Kompetenzen – vor allem als breit angelegtem Wissen – sprechen sie ebenfalls eine große Relevanz für die Umsetzung der vierten industriellen Revolution zu. Unterschiede werden bei der künftigen Prioritätensetzung sichtbar: Während große Firmen auf technologie- und datenorientierte Themen fokussieren, betonen kleine und mittlere Betriebe die prozess- und kundenorientierten sowie infrastruktur- und organisationsbezogenen Kompetenzbereiche.

2.3 Nutzung von Instrumenten der Kompetenzentwicklung

Die Qualifizierung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern wird von deutschen Unternehmen als wichtige Gestaltungsaufgabe für die erfolgreiche Umsetzung der vierten industriellen Revolution erkannt. Bislang sind allerdings nur wenige Angebote verfügbar, die spezifisch auf die Anforderungen von Industrie 4.0 ausgerichtet sind. Auch bei den Instrumenten für den Kompetenzaufbau gehen die Unternehmen überwiegend traditionelle Wege.

Laut acatech Umfrage sind lediglich in 23,1 Prozent der deutschen Firmen spezifische Aus- und Weiterbildungsprogramme für Industrie 4.0 vorhanden. Große Unternehmen sind dabei deutlich weiter als KMU (30,6 Prozent/17,8 Prozent). Die Interviews mit Fachleuten aus Wissenschaft und Wirtschaft legen aber nahe, dass einzelne Bausteine und Module aus den bestehenden Aus- und Weiterbildungsprogrammen Einzelfragen von Industrie 4.0 indirekt behandeln. Hier ergeben sich konzeptionell

wichtige Anschlussmöglichkeiten, um die bestehenden Angebote stärker aufeinander zu beziehen und zu integrieren sowie die vorhandenen Programme gezielt auszubauen und inhaltlich in Richtung Industrie 4.0 zu erweitern.

Bei den Instrumenten des Kompetenzaufbaus liegt ein Schwerpunkt bei traditionellen Formen der internen und externen Weiterbildung, insbesondere Präsenzveranstaltungen (siehe Abbildung 13). Digitale Aus- und Weiterbildungsangebote wie statische Online-Tools (zum Beispiel Wikis) oder interaktive E-Learning-Programme (zum Beispiel Massive Open Online Courses/MOOCs) werden weitaus seltener genutzt. Eine größere Rolle spielen hingegen die Kooperation mit spezialisierten Firmen (zum Beispiel in Form von Outsourcing) und die Neueinstellung von Fachkräften mit den benötigten Fähigkeiten. Insgesamt nutzen große Unternehmen alle Instrumente des Kompetenzaufbaus in deutlich höherem Maße als mittelständische Unternehmen. Dies deutet darauf hin, dass insbesondere bei KMU ein erheblicher Entwicklungsbedarf im Hinblick auf Beratung zu qualifizierter Personalentwicklung besteht.

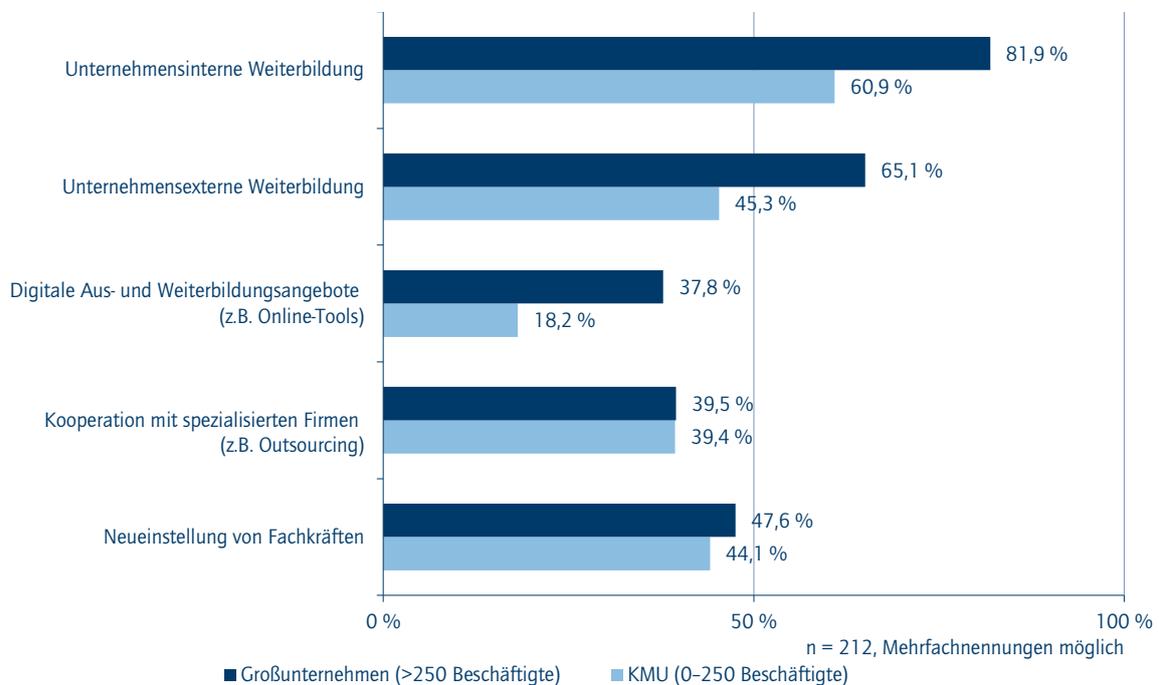


Abbildung 13: Genutzte Instrumente des Kompetenzaufbaus (Quelle: acatech)



Fazit

Die Ergebnisse zeigen: Inhalte von Industrie 4.0 und der Digitalisierung müssen in die betriebliche Aus- und Weiterbildung integriert, bestehende Angebote systematisch aufeinander bezogen und vorhandene Programme gezielt weiterentwickelt werden. Hierbei ist entscheidend, alle benötigten Kompetenzen und Fähigkeiten zu stärken: sowohl jene, die für die Umsetzung von Industrie 4.0 auf Produktions- und Prozessebene oder die Gestaltung der Kundenbeziehungen von Bedeutung sind, als auch jene im Management und in den Belegschaften, die für die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und das Verständnis der Internet- und Plattformökonomie relevant sind. Wichtige Ansatzpunkte bieten neben den traditionellen Instrumenten des Kompetenzaufbaus partizipative Lernplattformen und

digitale Lernangebote, aber auch Lernfabriken, Simulationen oder Lernspiele (Stichwort: Gamification). Digitale Angebote können das bestehende Repertoire gezielt ergänzen und ermöglichen eine Vermittlung von Wissen über Industrie 4.0 und die Digitalisierung mithilfe der damit verbundenen Instrumente und Technologien. Zudem erlauben digitale Methoden eine Individualisierung der Inhalte und Lerngeschwindigkeit sowie eine stärkere Einbeziehung in den Arbeitsprozess. Wichtig für die nachhaltige Umsetzung von neuen Aus- und Weiterbildungslösungen ist die Einbindung relevanter Stakeholder wie der Gewerkschaften, Unternehmensakademien, privaten Bildungsanbieter oder Industrie- und Handelskammern sowie Handwerkskammern. Darüber hinaus ist die Vermittlung von relevantem Digitalisierungswissen auch eine Aufgabe für (berufliche) Schulen, Hochschulen und Universitäten.

3. Handlungsempfehlungen

Die acatech Studie bestätigt, dass in deutschen Unternehmen ein erheblicher Bedarf besteht, die Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0 intensiver voranzutreiben. Zudem gilt es, die spezifischen Bedarfe und Prioritäten von kleinen und mittleren Unternehmen zu adressieren. Wichtig ist auch, die gezielte Qualifizierung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern als Schlüssel für die Gestaltung des digitalen Wandels zu ergreifen.

Ein entscheidendes Ziel der Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0 in deutschen Unternehmen sowie der entsprechenden Qualifizierung der bestehenden Belegschaften besteht darin, eine sogenannte digitale Kluft (Digital Divide) zu vermeiden, da die Digitalisierung eine elementare Säule der Industrie 4.0 darstellt. Beispielsweise erlauben Big Data Analytics die Untersuchung von Verhaltenstrends eines Produktes im Feld, die Simulation des digitalen Abbilds eines Wertschöpfungssystems (digitaler Zwilling) und die Vorausschau auch auf komplexe Systeme im Betrieb (Online-Simulation). Mobile Endgeräte ermöglichen überdies die Vernetzung dezentral agierender Akteure. Der erfolgreiche Einsatz solcher modernen digitalen Technologien gelingt aber nicht durch das Delegieren solcher Themen an Fachleute wie Data Scientists, sondern erfordert ein umfassendes Verständnis der Methoden und Konzepte aufseiten der Anwender. Dieser Wissens- und Erfahrungsfundus unterliegt jedoch komplexen und je nach Zielgruppe bisher unbekanntem Zusammenhängen.

Wegen der großen Bedeutung der Digitalisierung gilt es, zum einen einer möglichen Kluft zwischen großen Unternehmen, die bei der Umsetzung von Industrie 4.0 Vorreiter sind, sowie vielen kleinen und mittleren Betrieben, die noch einen erheblichen Nachholbedarf im Hinblick auf Industrie 4.0 haben, entgegenzuwirken. Zum anderen darf das Qualifikationsniveau in Bezug auf Medien- und Digitalisierungswissen innerhalb von Belegschaften nicht auseinanderdriften. Hierzu ist eine gezielte Aus- und Weiterbildung erforderlich. Insbesondere KMU benötigen bei der Umsetzung von Industrie 4.0 und der Qualifizierung ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Unterstützung.

Um dieses Ziel zu erreichen, müssen Betriebe zunächst für die Potenziale und Herausforderungen von Industrie 4.0 sensibilisiert werden. Dies gilt sowohl für die Geschäftsführung und das Management als auch für die Belegschaften. Hierfür ist eine Wissensoffensive notwendig, um das Thema in der Spitze und Breite in die Unternehmen zu tragen. Neben der Funktionsweise von Industrie 4.0 müssen insbesondere der Nutzen und konkrete Umsetzungsstrategien für die Transformation der Produktion vermittelt werden – vor allem in kleinen und mittleren Unternehmen. Erfolgreiche Anwendungsbeispiele können hier hilfreich sein, um beispielsweise die Vorteile, Umsetzungsoptionen oder Investitionsrisiken besser abschätzen zu können. Darüber hinaus gilt es aber auch, das Verständnis für die disruptive Kraft von Industrie 4.0 und der Plattformökonomie als Grundlage für die Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle zu erweitern.

Traditionelle Wege der Aus- und Weiterbildung werden zwar auch weiterhin eine wichtige Rolle spielen. Doch an ihre Seite treten digitale Methoden der Kompetenzentwicklung, mit denen Unternehmen sensibilisiert und die Beschäftigten gezielt weitergebildet werden können. Derartige Instrumente haben eine außerordentlich hohe Reichweite und ermöglichen eine passgenaue, individualisierbare Kompetenzentwicklung. Zudem können sie schneller auf neue Inhalte oder Anforderungen reagieren und Wissen über Industrie 4.0 mithilfe digitaler Technologien transportieren. Angesichts der Entwicklungsdynamik erscheint es zentral, neue und innovative Lösungen rasch umzusetzen, das bestehende Instrumentarium zu erweitern und Unternehmen zu ermutigen, individuelle Wege zu finden und zu experimentieren.

Um die Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0 zu befördern, sind drei Gruppen von Akteuren gefordert: Unternehmen, Politik und Bildungsanbieter. An sie richten sich die im Folgenden aufgeführten Handlungsempfehlungen. Sie resultieren aus den Ergebnissen der acatech *Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0* und dienen als Diskussionsgrundlage für die weitere Auseinandersetzung mit dem Thema.¹⁵ Zusätzliche wichtige Impulse gehen dabei auch vom Human-Resources-Kreis aus, der gemeinsam von acatech und der Jacobs Foundation initiiert wurde.¹⁶

15 | acatech 2016b.

16 | acatech 2016a.



3.1 Empfehlungen für Unternehmen

Der aktuelle Forschungsstand, die vorliegende acatech Studie sowie Erfahrungen bei der Einführung von Industrie 4.0-Technologien zeigen, welche Chancen und Risiken Industrie 4.0 für Unternehmen birgt. Für ihre Einführung bieten Branchenverbände (zum Beispiel Bitkom) Praxisleitfäden an. Bei der Einführung der neuen Technologien tun sich jedoch viele Unternehmen noch schwer. Daher werden die wichtigsten Handlungsempfehlungen im Folgenden abgeleitet.

Entwicklung von Rahmenbedingungen und Stärkung des Bewusstseins

Die überwiegende Zahl der Unternehmen begreift Industrie 4.0 zwar als Chance, doch insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen sehen das Thema laut den empirischen Studien ambivalent. Um Vorbehalte abzubauen, muss ein Verständnis für die Gründe sowie den revolutionären Gedanken von Industrie 4.0 geschaffen werden. Die angestrebte dezentrale Steuerung von Prozessen ist kein Selbstzweck, sondern gewährleistet es, auch in zukünftigen komplexen Produktionssystemen handlungs- und reaktionsfähig zu bleiben. Gleichzeitig gilt es, die verschiedenen Ebenen von Industrie 4.0 zu adressieren: Produkte, Prozesse, Geschäftsmodelle sowie Arbeits- und Prozessorganisation. Das (Advanced) Systems Engineering kann dabei ein wichtige domänenübergreifendes Kommunikationsmittel sein.

Für Unternehmen kann es sich lohnen, als Pionier für Industrie 4.0 voranzuschreiten, um Wettbewerbs- und Imagevorteile zu erzielen. So kann etwa die Einführung von Software zur Digitalisierung der Büro- und Verwaltungsprozesse zu schnellen Erfolgen führt: Performance und Datensicherheit steigen, Compliance-Richtlinien werden besser eingehalten und die Kundenzufriedenheit nimmt zu.¹⁷ Dies gilt insbesondere für Mittelständler. Es empfiehlt sich, bei der Umstellung schrittweise und gezielt vorzugehen. Hierfür anfallende Kosten sollten Unternehmen als Investitionen betrachten und mit Weitsicht bewerten.

Weiterentwicklung von Geschäftsmodellen

Aus dem Verständnis für den disruptiven Charakter von Industrie 4.0 leitet sich unmittelbar die kritische Überprüfung des bisherigen Geschäftsmodells ab. Dieses kann aufgrund neuer

Technologien bedroht oder gar obsolet sein.¹⁸ Beispielsweise erlaubt es die Digitalisierung, einfacher in Kontakt mit Endkunden zu treten und Produkte gegebenenfalls direkt zu vertreiben. Technologien zur Fertigung von Einzelstücken – beispielsweise der 3D-Druck – werden die Zulieferlandschaft verändern und die Erwartungen der Kunden nach mehr Individualität steigern. Die beiden zugrunde liegenden Umfragen sehen vor allem beim Prozessmanagement, aber auch beim Kundenbeziehungsmanagement besonderen Bedarf. Unternehmen dürfen technologische Entwicklungen daher nicht ignorieren, sondern sollten diese in Bezug auf ihr jeweiliges Geschäftsmodell überprüfen. Gerade auf – im Vergleich zu Großunternehmen – agil handelnde KMU warten hier Chancen. Neben den Bedürfnissen der Kunden sind auch die Kompetenzen der Partner wie Lieferanten zu berücksichtigen.¹⁹ Sofern sich das Geschäftsmodell und damit der Prozessablauf im Unternehmen ändern, muss sichergestellt werden, dass auch Lieferanten und sonstige Partner die neuen Anforderungen beherrschen. Bei der Weiterentwicklung von Geschäftsmodellen sind insbesondere die Geschäftsführungen, welche die strategischen Entscheidungen des Unternehmens treffen, aber auch andere Bereiche im Unternehmen mit beratender oder entscheidender Funktion angesprochen.

Stärkung der Qualifizierung von Beschäftigten

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0 müssen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter entsprechend qualifiziert werden. Dies betrifft alle Bereiche der Qualifizierung in den Unternehmen: Die Vermittlung von Digitalisierungsinhalten ist für die duale Ausbildung und die Facharbeit ebenso zentral wie sie für alle Formen der Weiterbildung relevant ist. Zu den wichtigsten Qualifizierungsthemen gehören die Datenauswertung und -analyse, das Prozessmanagement sowie das Kundenbeziehungsmanagement. Diese Qualifizierung sollte bei der schrittweisen Einführung von Industrie 4.0 kontinuierlich erfolgen.²⁰ Wichtig dabei ist, die Belegschaft für die Notwendigkeit der Maßnahmen zu sensibilisieren und „mitzunehmen“, um keine Abwehrhaltung zu riskieren.

Dazu gilt es, Qualifizierung zur Führungsaufgabe zu machen. Für die Vermittlung der Inhalte empfiehlt es sich, digitale Formate zu nutzen. Sie ermöglichen es, Zusammenhänge anhand realer, digital vorliegender Prozessdaten zu demonstrieren. Durch smarte Endgeräte, die an die Cyber-Ebene angebunden sind, können die Beschäftigten mit Wissen versorgt werden (vergleiche den exemplarischen Ansatz in Kapitel 4)

17 | Vgl. Bitkom 2016.

18 | Bitkom 2016, S. 8.

19 | Bitkom 2016, S. 11.

20 | Bitkom 2016, S. 7.

Gezieltes Change Management

Die Digitalisierung und die Umsetzung von Industrie 4.0 gehen meist mit einer Veränderung der Organisationsstruktur (etwa in Form des Abbaus von Hierarchien zugunsten einer Stärkung der Eigenverantwortung) und der Personalstruktur (zum Beispiel im Sinne der Akademisierung der Belegschaft) sowie mit einem teilweise völlig anderen Geschäftsverständnis (etwa des Herstellers und Verkäufers von Maschinen oder des umfassenden Dienstleisters für die Erbringung maschineller Leistungen) einher. Aus diesem Grund sollte das Change Management als Teil der Kompetenzentwicklung in den Unternehmen – insbesondere bei Führungskräften – integriert werden. Vor allem KMU benötigen bei der Umsetzung von Change-Management-Prozessen oftmals Unterstützung von außen, wobei zu berücksichtigen ist, dass für diese Unternehmen die Einschaltung von Unternehmensberatungen in vielen Fällen nicht wirtschaftlich ist. Darüber hinaus sollte die Weiterbildung als kontinuierliche strategische Aufgabe in den Geschäftsleitungen und Personalabteilungen verankert werden.

Entwicklung einer Digitalisierungsstrategie

Die Nutzung neuer und innovativer Technologien ist ein wichtiger Aspekt von Industrie 4.0. Die Konzepte für Industrie 4.0 lassen sich zwar auch im Kleinen umsetzen. Der großflächige Einsatz moderner Technologien – von smarten mobilen Endgeräten

für den Mitarbeiter über cloudbasierte Services bis hin zum fahrerlosen autonomen Transportsystem – ist jedoch meist unumgänglich. Ein wesentlicher Vorteil besteht – ganz im Sinne von Industrie 4.0 – darin, flexibel und reaktionsfähig zu bleiben.²¹ Durch die Digitalisierung stehen Daten vollständiger, schneller und passgenauer zur Verfügung, sodass ein transparenter Überblick über das Produktionssystem sowie alle übrigen Bereiche des Betriebes gewährleistet ist. Die Umsetzung von Industrie 4.0 sowie die Einführung moderner Technologien erfordern eine breit angelegte Digitalisierungsstrategie.²²

Über eine strategische Vorausschau lassen sich dabei Chancen und Risiken für ein Unternehmen frühzeitig identifizieren und Ableitungen für die Ausrichtung der Unternehmensstrategie treffen. Insbesondere KMU sollten – trotz ihres in der Regel kurzfristigen Planungshorizontes – dieses Instrument regelmäßig nutzen, um das Bewusstsein für Industrie 4.0 und mögliche Umsetzungsstrategien zu schärfen. Die Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren könnten dabei eine wichtige Rolle als Anlaufstellen und Multiplikatoren spielen.

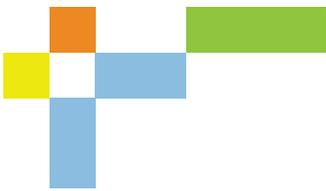
Checkliste für Unternehmen

Die aus der acatech *Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0*²³ und weiteren Quellen abgeleiteten Handlungsempfehlungen für Unternehmen (insbesondere für kleine und mittlere Betriebe) sind in nachfolgender Übersicht zusammengefasst.

21 | Bitkom 2016, S. 10.

22 | Bitkom 2016, S. 6.

23 | acatech 2016b.



Empfehlung	Mögliche Stolpersteine
Rahmenbedingungen	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erkennen und Verständnis für den disruptiven Charakter von Industrie 4.0 ▪ Einnahme einer Pionierrolle und Stärkung des eigenen Profils ▪ Adressierung aller Ebenen von Industrie 4.0: Produkte, Prozesse, Geschäftsmodelle sowie Arbeits- und Prozessorganisation ▪ Nutzung der Kapazitäten für die (Selbst-)Analyse des Unternehmens ▪ Schaffung einer positiven Fehlerkultur zur Förderung von Innovationen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Überstürzte und unüberlegte Veränderungen sowie fehlende Nutzung und Integration vorhandener Ansätze und Ressourcen ▪ Furcht vor der Einführung von Industrie 4.0-Technologien als Investitionen in die Zukunft
Geschäftsmodell und -beziehungen	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Überprüfung des Geschäftsmodells vor dem Hintergrund der neuen Möglichkeiten und Erwartungen ▪ Nachhaltige Einbindung und intensiver Austausch mit Kunden, Zulieferern und Partnern ▪ Schaffung von mehr Individualität bei Produkten und Services 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ignorieren von neuartigen Entwicklungen, Technologien und Geschäftsmodellen ▪ Fehlendes Verständnis für die Bedürfnisse von Kunden oder die Anforderungen des Wettbewerbs
Qualifizierung	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Motivation der Beschäftigten durch Qualifizierung und gezielte Vorbereitung auf den Wandel ▪ Verankerung der Aus- und Weiterbildung als Führungsaufgabe ▪ Stärkung der Eigenverantwortung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und Unterstützung der Belegschaft durch Assistenzsysteme 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ersetzen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern anstelle von Weiterqualifikation ▪ Fehlende Nutzung der Chancen digitaler Angebote für die gezielte Aus- und Weiterbildung für die Digitalisierung und Industrie 4.0
Change Management	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einbindung der Beschäftigten in den Change Prozess ▪ Anpassung der Entscheidungsstrukturen an die Anforderungen und die Dynamik der Digitalisierung ▪ Wahrnehmung der Organisationsentwicklung als Führungsaufgabe ▪ Stärkung des Prozesswissens und Schaffung von Freiräumen für Experimente 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Festhalten an traditionellen Unternehmensstrukturen und Hierarchien ▪ Entscheidungen ohne Einbindung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern
Technologie	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schaffung eines transparenten Überblicks über das gesamte Produktionssystem ▪ Vernetzung von Menschen und Maschinen; Übertragung der Produktionssteuerung, um wettbewerbsfähig zu bleiben ▪ Stärkung der Reaktionsfähigkeit und der Flexibilität 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fehlende Entwicklung einer Digitalisierungsstrategie für das Unternehmen

Tabelle 2: Checkliste für Unternehmen (Quelle: eigene Darstellung)

3.2 Empfehlungen für die Politik

Den Rahmen für die erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0 inklusive der entsprechenden Qualifizierung der Belegschaften setzen Politik, aber auch Berufs- und Branchenverbände sowie weitere impulsgebende Institutionen wie etwa die 2016 initiierten Kompetenzzentren Mittelstand 4.0. In diesem Kontext sind darüber hinaus auch die Industrie- und Handelskammern beziehungsweise die Handwerkskammern sowie die Gewerkschaften gefordert. Wichtig ist, dass die vorhandenen Instrumente genutzt und bestehende Initiativen und Ressourcen gebündelt werden. Folgende Handlungsempfehlungen richten sich an die verschiedenen Akteure.

Bildungsstanderhebung und Kompetenzniveaus

Die Inhalte in der Aus- und Weiterbildung müssen an die Anforderungen von Industrie 4.0 angepasst werden. Ausgangspunkt könnten die Definition zentraler Medien- und Digitalisierungskompetenzen sowie die systematische Erhebung des Bildungsstandes beim Digitalisierungswissen nach Vorbild der IGLU-/PISA-Studien durch Schulen, Hochschulen und andere Bildungsinstitutionen sein. Ein System von Kompetenzniveaus analog den Sprachniveaus in der Fremdsprachenausbildung könnte die Vergleichbarkeit von Medien- und Digitalisierungskompetenzen sowie die gezielte Qualifizierung in den Schulen, Hochschulen und Universitäten, aber auch in der beruflichen Aus- und Weiterbildung befördern. Zu beachten ist, dass die bisherigen, auf Standard-Software ausgerichteten Kompetenzmessungen im Industriekontext inadäquat sind und die in der beruflichen Ausbildung vermittelten fachlich bezogenen IT-Kompetenzen nicht einbeziehen.

Awareness-Kampagne und Austausch zwischen Unternehmen

Damit KMU Lösungen und Umsetzungsstrategien für Industrie 4.0 erarbeiten können, muss ihnen zunächst die Bedeutung der anstehenden Veränderungen und die Notwendigkeit ihres Handelns klar sein. Hier empfiehlt es sich, mit einer Art Awareness-Kampagne für das Thema zu sensibilisieren. Hilfreich erscheint insbesondere der Erfahrungsaustausch mit anderen Unternehmen ähnlicher Größenordnung. Als Mittler bieten sich neben den Industrie- und Handelskammern beziehungsweise den Handwerkskammern die Kompetenzzentren Mittelstand 4.0 an, die für den Wissenstransfer in KMU zum Thema Digitalisierung gegründet wurden.

Insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen wäre zudem eine zentrale Plattform hilfreich, auf der sie rollen- und phasenrelevante Informationen zur Industrie 4.0 finden und die ihnen die Möglichkeit bietet, sich mit den Beschäftigten anderer Unternehmen auszutauschen – etwa in Form von Social Learning in themenbezogenen Lernräumen. Ansatzpunkte dafür bieten das SAP Learning Hub oder die Weiterentwicklung des im Rahmen des Projektes erarbeiteten Demonstrators.

Das Thema IT-Sicherheit ist für die Umsetzung von Industrie 4.0 wichtig. Erforderlich ist daher ein Konzept zur Information der Unternehmen über einsetzbare Lösungen und zur Vermittlung von kompetenter Fachexpertise, um zur Steigerung der IT-Sicherheit den Transfer von Lösungen in die Unternehmen zu verbessern. Langfristig bildet auch die Stärkung des Themas in der beruflichen und der akademischen Ausbildung eine zentrale Stellschraube.

Etablierung eines Weiterbildungssystems

Ein institutionalisiertes Weiterbildungssystem könnte die organisatorischen beziehungsweise rechtlichen Rahmenbedingungen für individualisierte, offene und lebenslange Lernpfade schaffen. In einem ersten Schritt empfiehlt es sich, über vorbildhafte Pilotprojekte und Initiativen rasch theorie- und praxisrelevante Inhalte in Bezug auf Industrie 4.0 in den Betrieben zu vermitteln. Wichtig im Sinne der Akzeptanz und Partizipation ist es, die Belegschaften frühzeitig einzubinden, auf den digitalen Wandel vorzubereiten sowie die Qualifizierung in den Betrieben und im Arbeitsprozess (Training on the Job/Training near the Job oder Coaching) zu stärken.

Mittelfristig könnte ein Zertifizierungssystem für Bildungsanbieter und -angebote dafür sorgen, die Qualität der vermittelten Inhalte und Methoden sicherzustellen sowie Voraussetzungen für den Erwerb von (Online-)Zertifikaten zu formulieren. Auf diese Weise ließen sich auch die Voraussetzungen für die arbeits- und mitbestimmungsrechtliche sowie die förderpolitische Einbettung von Weiterbildungsmaßnahmen und Programmen gestalten.

Um die Erfordernisse einer Weiterbildung im Arbeitsalltag zu bestimmen, sollten die Erfahrungen aus neuartigen Ansätzen – wie der arbeitsprozessbezogenen Qualifikation im IT-Weiterbildungssystem – aufgegriffen werden. Wichtig ist dabei, dass ein Weiterbildungssystem nicht als „One-size-fits-all“-Ansatz verstanden wird, sondern den Unternehmen Freiräume lässt, individuelle und gegebenenfalls auch experimentelle Wege in der Aus- und Weiterbildung zu gehen.



Stärkung des dualen Systems

Das duale Ausbildungssystem ist ein deutsches Erfolgsmodell, das auch für die Gestaltung des digitalen Wandels und von Industrie 4.0 ausgezeichnete Voraussetzungen schafft. Hierbei ist entscheidend, die Ausbildung sowohl in den Berufsschulen als auch in den Unternehmen auf die Dynamik des technologischen Wandels einzustellen und zu synchronisieren. Dies bedeutet, Ausbildungsgänge inhaltlich anzupassen, Ressourcen in den Schulen und Ausbildungsstätten auf den aktuellen Stand der Technik zu bringen und das Lehrpersonal in den Schulen und Betrieben entsprechend aus- beziehungsweise weiterzubilden.

Stärkung der Aus- und Weiterbildung des Lehrpersonals

Damit Lehrkräfte die künftig benötigten Medien- und Digitalisierungskompetenzen gut vermitteln können, müssen zum einen die Studiengänge für angehende Lehrkräfte entsprechend adaptiert werden. Zum anderen gilt es, das ausgebildete Lehrpersonal über neue Train-the-Trainer-Konzepte und innovative Angebote weiterzubilden. Dies betrifft im Sinne der Interdisziplinarität alle Ausbildungseinrichtungen und Fächer, wobei den Berufsschulen als zentralen Institutionen im dualen System eine Schlüsselrolle zukommt.

Das Thema IT-Sicherheit wird als wichtige Priorität bei der künftigen Kompetenzentwicklung benannt. Gleichzeitig fehlen in diesem Bereich die Fachkräfte. Daher sollte die Ausbildung von Fachkräften in der IT-Sicherheit deutlich stärker in den Fokus genommen werden.

Zusätzlich könnten neue Optionen für Praxiserfahrungen in Betrieben Impulse für (angehende) Lehrkräfte geben – etwa durch den Ausbau von Praktika in Unternehmen. Die in der dualen Ausbildung bestehenden engen Kontakte zwischen betrieblichen Ausbildungsstätten und Schulen spielen hierbei eine große Rolle. Auch den Kompetenzzentren Mittelstand 4.0 sowie den Hochschulen kommt eine wichtige Funktion bei der Weiterbildung des Lehrpersonals zu.

Ausrichtung an der betrieblichen Ebene

Eine wichtige Rolle bei der Aus- und Weiterbildung im Hinblick auf Industrie 4.0 kommt den Betrieben selbst zu. Sie sollten im laufenden Prozess für Kompetenzentwicklung sorgen, etwa durch „Learning by doing“ oder „Learning by using“. Erforderlich sind bedarfspezifische Instrumente und gezielte Strategien für unterschiedliche

Zielgruppen – vom Management über die Planungsebene bis hin zur Belegschaft auf dem Hallenboden: Assistenzsysteme können etwa niedrigqualifizierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei ihren Tätigkeiten unterstützen. Qualifizierungsprojekte sollten nicht an Bereichs- und Unternehmensgrenzen enden, sondern die gesamte Lieferkette in den Blick nehmen. Darüber hinaus kann eine frühzeitige und breite Partizipation der Unternehmensbereiche und Beschäftigtengruppen gewährleistet werden. Wichtig ist dabei die Einbindung der Bereiche Personalentwicklung sowie des Betriebsrates als Umsetzungspartner.

Anpassung der akademischen Ausbildung

Entscheidende Impulse zur Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0 gehen von der Ausbildung an Hochschulen und Universitäten aus. Dafür ist eine Anpassung der bestehenden Studienpläne an die Anforderungen der Industrie 4.0 beziehungsweise die Entwicklung eines Industrie 4.0-Curriculums erforderlich. In diesem Rahmen sollten beispielsweise die Analyse und Auswertung von Daten, der Umgang mit digitalen Netzen, die Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle oder das Systems Engineering als wichtige Themen für Industrie 4.0 im Mittelpunkt stehen. Im Sinne des interdisziplinären Denkens und Handelns geht es vor allem darum, entscheidende Kompetenzen und Kenntnisse für Industrie 4.0 auch über Disziplinengrenzen hinweg zu vermitteln, indem beispielsweise den Ingenieuren von morgen zusätzliche Fähigkeiten mit auf den Weg gegeben werden. Ein erster Schritt könnte der Entwurf eines Curriculums für Industrie 4.0 sein, in dem die entscheidenden Inhalte für Industrie 4.0 definiert werden und der als Referenz für die Anpassung der Studienpläne dient.

Integration aller Stakeholder und vorwettbewerbliche Kooperation

Für die Entwicklung neuer Qualifizierungsangebote und -inhalte sowohl in der betrieblichen Ausbildung als auch in der Weiterbildung bestehender Belegschaften ist der Austausch mit allen Stakeholdern erforderlich. Auf nationaler, regionaler und betrieblicher Ebene sollten alle relevanten Akteure – Unternehmen, Gewerkschaften, Betriebsräte, Unternehmensakademien, berufliche Schulen, private Bildungsanbieter, Industrie- und Handelskammern sowie Handwerkskammern und viele mehr – eingebunden werden, um nachhaltige Lösungen umzusetzen. Die vorwettbewerbliche Kooperation von Betrieben kann darüber hinaus wirksame Impulse für den Wissens- und Technologietransfer sowie die Weiterentwicklung der unternehmensspezifischen Kompetenzen liefern.

Stärkung der wissenschaftlichen Begleitung

Die inhaltlichen und methodischen Herausforderungen für die Aus- und Weiterbildung in Bezug auf Industrie 4.0 sollten weiter durch gezielte grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung analysiert werden. Die Wissenschaft kann einen wichtigen Beitrag dazu leisten, die Auswirkungen auf die Arbeitswelt abzuschätzen, zentrale Medien- und Digitalisierungskompetenzen zu definieren sowie die Entwicklung innovativer (Online-) Lösungen für die Ausbildung an (Hoch-)Schulen und die Qualifizierung in den Betrieben zu fördern. Weitere Forschung kann insbesondere dazu beitragen, die erfolgreiche Umsetzung digitaler Angebote in der Praxis zu unterstützen.

Integration von Medien- und Digitalisierungsinhalten

Um Jugendliche, Studierende und Belegschaften für die digitale Transformation fit zu machen, gilt es, die Medien- und Digitalisierungskompetenzen an Schulen, Hochschulen und Universitäten bereichs- und fächerübergreifend zu stärken sowie in der dualen Ausbildung und in der betrieblichen Weiterbildung zu verankern. Während Medienkompetenzen insbesondere den technischen und organisatorischen Umgang mit neuen Medien beinhalten, bezeichnen Digitalisierungskompetenzen das Wissen über die Wirkmechanismen der Digitalisierung und die Spielregeln in der digitalen Welt. Gemeinsam beschreiben sie Fähigkeiten zur Beherrschung, Anwendung und kritischen Einordnung digitaler

Technologien. Dabei geht es also nicht nur um spezielle IT- und Software-Kenntnisse (zum Beispiel Coding): Die Umfragen zeigen, dass die Unternehmen künftig einen großen Bedarf im interdisziplinären Denken und Handeln sehen. Davon könnten – zusätzlich zum Ausbau der MINT-Bildung – positive Effekte für die Techniknutzung und -gestaltung sowie das Technikverständnis ausgehen. Zudem könnte ein frei verfügbarer Fundus von Wissensbausteinen (Wissensnuggets) eine wichtige inhaltliche Grundlage schaffen (siehe Abschnitt 4).

Initiierung einer neutralen Maklerplattform für Industrie 4.0-Qualifizierungsangebote (Nationale Bildungsoffensive Industrie 4.0)

Ergänzend zu den von der Plattform Industrie 4.0 initiierten Orientierungsangeboten (wie etwa der Landkarte Industrie 4.0 mit inzwischen über 250 Praxisbeispielen) empfiehlt sich die Einrichtung einer neutralen Maklerplattform für Bildungsangebote in Bezug auf Industrie 4.0. Dort können die zahlreichen verfügbaren Informations- und Qualifizierungsangebote transparent dargestellt und von den Teilnehmern bewertet werden. Als zusätzliches Element ist die Kombination einzelner Qualifizierungsangebote mit passgenauen unternehmensspezifischen Qualifizierungsangeboten denkbar. Basisinhalte sollten zur Erstinformation kostenfrei zur Verfügung gestellt werden. Weitere kostenpflichtige Inhalte können von Fachleuten, Lösungs- und Bildungsanbietern sowie Hochschulen oder wissenschaftlichen Institutionen angeboten werden.



3.3 Empfehlungen für Bildungsanbieter

Zu den zentralen Akteuren beim Kompetenzaufbau von Industrie 4.0-Wissen zählen Bildungsanbieter, die innerhalb eines Konzerns oder auf dem Markt agieren. Aber auch die klassischen Bildungsinstitutionen im dualen System sowie Schulen und Hochschulen sind bei der Qualifizierung für Industrie 4.0 gefordert. Wichtig ist in diesem Kontext auch die Erfolgsmessung von Bildungsmaßnahmen in der Praxis, die einen Vergleich und eine Analyse der Wirksamkeit ermöglicht und Transparenz schafft.

Entwicklung neuer Geschäftsmodelle

Freie Bildungsanbieter sollten ihr Leistungsportfolio zunächst um die Beratung von Betrieben erweitern, die das gesamte sozio-technische System (Technologie und Qualifizierung) von Industrie 4.0 umfasst. Dies erfordert ein tiefes Verständnis der digitalen Technologien, um Unternehmen langfristig begleiten zu können. Ein mögliches neues Geschäftsmodell für freie Bildungsanbieter ist das situationsbezogene, individualisierte Lernen am Arbeitsplatz sowie „on demand“. Gefragt sind innovative und flexible Angebote, die sich in den Arbeitsprozess integrieren lassen und situations- beziehungsweise personenspezifisch Informationen und Lerninhalte bereitstellen. Voraussetzung dafür ist ein arbeitsprozessbezogenes Weiterbildungssystem, das ähnlich wie das IT-Weiterbildungssystem angelegt sein könnte. Bereits heute zeigen Angebote in anderen Bereichen (etwa PLM Professional für das Product Lifecycle Management), wie Wissen effektiv auf die Bedarfe der Industrie ausgerichtet „on the job“ vermittelt werden kann (www.plm-professional.de).

Weitere Optionen für freie Bildungsanbieter sind die spezifische Schulung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zu Industrie 4.0-Produkten, in denen – gegebenenfalls in Kooperation mit dem Hersteller – Qualifizierungsinhalte passend als Service angeboten werden. Darüber hinaus bieten auch Skill- und Gap-Analysen neue Betätigungsfelder für Bildungsanbieter: Durch die Messung von Kompetenzniveaus und Qualifikationsdefiziten der Beschäftigten können der Lernerfolg ermittelt und gezielt individuelle Verbesserungsstrategien entwickelt werden.

Vermittlung der digitalen Transformation

Zu den Kernelementen der digitalen Transformation zählen die kollaborative Arbeitsweise, Experimentierfreude, der Umgang mit Plattformen und mobilen Anwendungen sowie Tempo und Agilität. Diese Aspekte gilt es, konkret und für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erlebbar in die Lernformate und -methoden zu integrieren. Qualifizierung wird zunehmend zu einer strategischen Aufgabe. Unternehmen sollten für die strategische Bedeutung der Weiterbildung in Bezug auf Industrie 4.0 sensibilisiert und über neue Konzepte angesprochen und aktiviert werden. Dazu zählen bedarfsorientierte, selbstgesteuerte und informelle Maßnahmen, insbesondere die Qualifizierung im Arbeitsprozess („Training on the job“ und „Training near the job“).

Bei der Vermittlung ist es wichtig, ein Verständnis der Zusammenhänge zukünftiger technologischer Entwicklungen von Industrie 4.0 sowie der damit verbundenen technischen und organisatorischen Befähigungen sowohl von Unternehmen als auch von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern anhand konkreter Beispiele aufzuzeigen und auf diese Weise Kernelemente der Industrie 4.0 zu verdeutlichen. Hierbei könnten beispielsweise die Wertschöpfungsbeiträge einer Produktionsanlage in der Fabrik (zum Beispiel der verlässliche Aufbau einer Data-Analytics-Lösung), die Voraussetzung eines Produktes beim Betrieb (zum Beispiel aktive Nutzung eines digitalen Zwillinges) oder Wertschöpfungsalternativen im logistischen Netzwerk (zum Beispiel Nutzbarkeit der Kaskaden von Smart Services) dargestellt werden.

Lebenslanger Wissens- und Kompetenztransfer

Lebenslanges Lernen ist in einer digitalen Arbeitswelt zwingend und für alle Bildungseinrichtungen ein Thema. Insbesondere Hochschulen können noch stärker als bisher als Partner für den flexiblen, zielgruppenspezifischen und lebenslangen Wissenstransfer gewonnen werden. Denkbar wäre, dass Studierende ein reales Projekt aus einem Unternehmen bearbeiten und die Hochschule als „Problemlöser“ auftritt – ähnlich den bestehenden Law Schools. Fachhochschulen gehen hier bereits mit guten Beispielen voran. Sinnvoll erscheint auch ein Programm zum Kompetenztransfer zwischen Hochschulen und Wirtschaft. Von postgradualen Weiterbildungsangeboten und berufsbegleitenden Masterstudiengängen könnten Impulse für Wissenschaft sowie auch Wirtschaft ausgehen. Generell sollten Aus- und Weiterbildungsangebote flexibel auf unterschiedliche Lebens- und Lernphasen abgestimmt werden können.

Innovative Lehr-Lern-Lösungen

Die im Rahmen des Projekts erarbeiteten lerndidaktischen Konzepte sowie die als Demonstrator vorliegende Online-Lösung zur Vermittlung von Wissen über Industrie 4.0 könnten als Anknüpfungspunkte für innovative Lehr-Lern-Lösungen dienen (siehe Abschnitt 4). Ferner sind ganzheitliche Ansätze für die Interaktion zwischen Mensch und Maschine in der Produktion sowie am Unterstützungsbeford ausgerichtete Assistenzsysteme relevant, wie sie zum Beispiel im Verbundprojekt APPSist entwickelt werden, dessen Projektbeirat acatech koordiniert (www.appsist.de). Darüber hinaus bieten Massive Open Online Courses (MOOCs) für Entscheiderinnen und Entscheider im Management und auf Planungsebene wichtige Impulse für die Kompetenzentwicklung – so etwa der MOOC zu Industrie 4.0 von acatech und dem Hasso-Plattner-Institut (www.mooc.house/acatech).

Die ganzheitliche Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0 erfordert das Zusammenspiel mehrerer Akteure, das in verschiedenen Phasen erfolgt, die sich typischerweise in Einführung, Erarbeitung, Vertiefung und nachhaltige Verankerung gliedern lassen. Aufseiten der Unternehmen übernimmt hierbei die Führungsebene eine wesentliche Rolle. Weitere Akteure sind Universitäten und öffentliche Ausbildungseinrichtungen, private Bildungsanbieter, die Kompetenzzentren Mittelstand 4.0, Politik sowie Verbände und Gewerkschaften. Ihre jeweiligen Aufgaben skizziert die mögliche Umsetzungs-Roadmap (siehe Tabelle 3). Damit die Akteure sich in ihrer Rolle wiederfinden können, ist ein entsprechendes gebündeltes Informationssystem notwendig.



	Führungsebene im Unternehmen	Universitäten/ öffentliche Ausbildungseinrichtungen	Externe private Bildungsanbieter	
Voraussetzungen Grundlagen und Rahmenbedingungen für die erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0 schaffen	<ul style="list-style-type: none"> Nutzung neuer und innovativer Technologien Entwicklung einer Digitalisierungsstrategie Schaffung von Bewusstsein für neue Geschäftsmodelle, Plattformökonomie, digitale Märkte und Big Data 	<ul style="list-style-type: none"> Stärkung des dualen Systems Stärkung der Aus- und Weiterbildung des Lehrpersonals Integration aller Stakeholder Stärkung der wissenschaftlichen Begleitung Integration von Medien- und Digitalisierungsinhalten Anpassung der akademischen Ausbildung 	<ul style="list-style-type: none"> Verstärkte Aus- und Weiterbildung des Lehrpersonals Orientierung an der betrieblichen Ebene Integration von Medien- und Digitalisierungsinhalten 	
Einführung Die Tragweite und unternehmerische Relevanz von Industrie 4.0 begreifbar machen und Aufmerksamkeit erzeugen	<ul style="list-style-type: none"> Beschaffung von Informationen und Zusammenstellung eines Projektteams Orientierung an der betrieblichen Ebene Integration aller Stakeholder Institutionalisierung der strategischen Vorausschau Gezieltes Change Management 	<ul style="list-style-type: none"> Erhebung des Bildungsstands und des Kompetenzniveaus Umsetzung innovativer Lehr-Lern-Lösungen 	<ul style="list-style-type: none"> Erhebung des Bildungsstands und des Kompetenzniveaus Initiierung einer neutralen Maklerplattform für Bildungsangebote zu Industrie 4.0 Vermittlung der Anforderungen der digitalen Transformation Umsetzung innovativer Lehr-Lern-Lösungen 	
Erarbeitung Das Thema im ganzen Unternehmen initialisieren und ein einheitliches Verständnis für die Aufgabe erzeugen	<ul style="list-style-type: none"> Kick-off-Veranstaltung mit Kommunikation der unternehmerischen Vision Entwicklung neuer Geschäftsmodelle 	<ul style="list-style-type: none"> Train-the-Trainer-Maßnahmen zu Inhalten von Industrie 4.0 	<ul style="list-style-type: none"> Sensibilisierung der Führungskräfte durch Grundlagenseminare Vermittlung der Anforderungen der digitalen Transformation 	
Vertiefung Fachkräfte intensiv schulen und Projektleitern Entscheidungsspielraum eröffnen	<ul style="list-style-type: none"> Vermittlung der Anforderungen der digitalen Transformation Verstärkte Qualifizierung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter 	<ul style="list-style-type: none"> Seminare und Schulungen für die Beschäftigten Vermittlung der Anforderungen der digitalen Transformation 	<ul style="list-style-type: none"> Bereitstellung von spezifischen Lernprogrammen für einzelne Unternehmen Vermittlung der Anforderungen der digitalen Transformation 	
Nachhaltigkeit Über den aktuellen Projektstatus informieren und neue technologische Entwicklungen erklären	<ul style="list-style-type: none"> Organisation von Veranstaltungen im eigenen Unternehmen Sicherstellen des lebenslangen Wissens- und Kompetenztransfers Verstärkte Qualifizierung der Beschäftigten 	<ul style="list-style-type: none"> Sicherstellen des lebenslangen Wissens- und Kompetenztransfers Anpassung der akademischen Ausbildung 	<ul style="list-style-type: none"> Sicherstellen des lebenslangen Wissens- und Kompetenztransfers 	

Tabelle 3: Umsetzungs-Roadmap zur Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0 (Quelle: eigene Darstellung)

	Kompetenzzentren Mittelstand Industrie 4.0	Politik	Verbände, Kammern und Gewerkschaften
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Institutionalisierung der strategischen Vorausschau ▪ Schaffung von Bewusstsein für neue Geschäftsmodelle, Plattformökonomie, digitale Märkte und Big Data 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Etablieren eines Weiterbildungssystems ▪ Stärkung des dualen Systems ▪ Stärkung der Aus- und Weiterbildung des Lehrpersonals ▪ Integration aller Stakeholder ▪ Stärkung der wissenschaftlichen Begleitung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integration aller Stakeholder ▪ Schaffen von Rahmenbedingungen und Stärkung des Bewusstseins
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schaffen von Rahmenbedingungen und Stärkung des Bewusstseins für die Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0 ▪ Austausch zwischen Unternehmen ▪ Schaffen von Aufmerksamkeit durch Vermittlung von inhaltlichen Grundlagen und Nutzen von Industrie 4.0 ▪ Etablierung von Demonstrationszentren, Seminaren und speziellen Veranstaltungsformaten für Unternehmenslenker 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Awareness-Kampagne ▪ Initiierung einer neutralen Maklerplattform für Bildungsangebote zu Industrie 4.0 ▪ Anreize durch Förderprogramme und -maßnahmen (zum Beispiel für die Einführung von digitalen Technologien oder einzelnen Transferprojekten) ▪ Schaffung von flexiblen Rahmenbedingungen für die Umsetzung von Industrie 4.0 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Awareness-Kampagne ▪ Etablieren von Netzwerken und Hilfestellung bei der Informationsbeschaffung ▪ Etablierung von Seminaren und speziellen Veranstaltungsformaten für Unternehmenslenker
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Austausch zwischen Unternehmen ▪ Geförderte Beratungs-Workshops zur Lösung einer Industrie-4.0-bezogenen Fragestellung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anreize durch Förderprogramme und -maßnahmen (zum Beispiel für Beratungsmaßnahmen oder Awareness-Kampagnen) ▪ Unterstützung von Pilotprojekten und Offenheit für experimentelle Wege 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aktive Förderung der Entwicklung und Erarbeitung von Konzepten zur Einbindung des Menschen in Industrie 4.0
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Austausch zwischen Unternehmen ▪ Geförderte Beratungs-Workshops zur Lösung einer Industrie 4.0-bezogenen Fragestellung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anreize durch Förderprogramme und -maßnahmen (zum Beispiel für gezielte Qualifizierungs- und Schulungsmaßnahmen) 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Regelmäßige Informationen über aktuelle Neuerungen und technologische Möglichkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stärkung der Rahmenbedingungen für das lebenslange Lernen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vorstellung von Best Practices über Netzwerke und Erfahrungsaustausch ermöglichen



4. Exemplarischer Ansatz für die Kompetenzentwicklung

Das Wissen und die Kompetenzen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf allen Ebenen sind die Voraussetzungen für die erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0. Wo Kompetenzbedarfe der Unternehmen in diversen Themenfeldern liegen und welche spezifischen Weiterbildungsangebote nötig sind, hat die dieser acatech POSITION zugrunde liegende *Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0* verdeutlicht.²⁴ Infolgedessen stellt sich die Frage, wie vor allem kleine und mittlere Unternehmen konkret bei der Einführung von Qualifizierungsangeboten vorgehen und wie diese idealerweise methodisch-didaktisch gestaltet werden können.

Im Hinblick auf die erfolgreiche Kompetenzentwicklung ist eine Bezugnahme auf die jeweilige Organisations- und Personalstruktur elementar; ein „One-size-fits-all“-Ansatz ist wenig erfolgversprechend. Gleichzeitig sind der gesamte Betrieb ganzheitlich und damit die ganze Belegschaft in die Kompetenzentwicklung einzubeziehen. Daher muss der im Folgenden vorgestellte Ansatz als Basismodell gesehen und bei Bedarf je nach Umständen im Unternehmen um weitere Akteure wie Betriebsrat und Personalabteilungen sowie weitere an der Kompetenzentwicklung beteiligte Akteure ergänzt werden. Ein zeitgemäßer Ansatz zur Qualifizierung in Unternehmen berücksichtigt zwei wesentliche Komponenten: Fachwissen über Industrie 4.0 (Technik, IT-, Prozess- und Methodenwissen usw.) und eine an die digitale Arbeitsumgebung angepasste Form der Wissensvermittlung.

Über den Fokus dieser acatech POSITION hinaus wird es in Zukunft nicht nur darauf ankommen, Menschen neue Möglichkeiten zu eröffnen, zu lernen und Kompetenzen zu entwickeln. In einer „Social Networked Industry“, in der Menschen und Maschinen als Partner interagieren, sind auch Formen des „Anlernens“ von Maschinen erforderlich. Bei beiden – Menschen und Maschinen – wird es darauf ankommen, möglichst valide Erfahrungen zu sammeln und zu teilen.

4.1 Beispielhaftes Konzept

Die vielfältigen technologischen Neuerungen von Industrie 4.0 bedingen erweiterte Kompetenz- und Qualifizierungsbedarfe für die kleinen und mittleren Unternehmen. Das benötigte Wissen wird dabei nach Zielgruppen (Rollen) im Unternehmen geclustert. Im Allgemeinen wird zwischen den vier Zielgruppen Geschäftsführung, Projektleiter und Ingenieure für Industrie 4.0, Führungskraft (zum Beispiel Teamleiter, Meister oder Vorarbeiter) und operativer Mitarbeiter unterschieden (siehe Abbildung 14).²⁵

- Der Geschäftsführung, welche in letzter Instanz für die strategischen Entscheidungen im Unternehmen verantwortlich ist, werden die inhaltlichen Grundlagen von Industrie 4.0 über Wissensnuggets (kurze digitale Lerneinheiten auf Grundlage einer Fragestellung) vermittelt, um Aufmerksamkeit und Entscheidungsfähigkeit zu generieren. Zudem ist der Erfahrungsaustausch mit anderen Unternehmen eine wichtige Grundlage, um über Best Practices und mögliche Hürden bei der Umsetzung zu diskutieren.
- Der Projektleiter Industrie 4.0 erhält ein intensives Training zu allen umsetzungsrelevanten Inhalten. Das Training verschafft ihm ein hinreichend tiefes Verständnis, um Entscheidungen vorzubereiten, zu beurteilen und wirtschaftlich umzusetzen. Das Intensivtraining findet in mehreren Themenblöcken und Lerneinheiten über mehrere Wochen im Blended-Learning-Format statt.
- Führungskräfte und Teamleiter werden durch praxisnahe Präsenzworkshops in Verbindung mit digitalen Wissensnuggets für das Thema sensibilisiert – und können so Akzeptanz und Motivation im Unternehmen herstellen.
- Die operativen Beschäftigten werden nach einer grundlegenden Informationsveranstaltung vor allem ereignisbezogen mit Wissen versorgt. Die situationsbezogene und individualisierte Bereitstellung von Wissensnuggets über mobile Endgeräte ist hierbei ein zentraler Aspekt.

Die auf das jeweilige Unternehmen und die Zielgruppen spezifisierten Inhalte werden außerdem in Form einer Wissensdatenbank als ständig verfügbares Online-Nachschlagwerk im Unternehmen bereitgehalten. In dem im Rahmen des Projekts entwickelten Demonstrator wurde vor dem Hintergrund der Studienergebnisse insbesondere Wissen zu den Themen Datenauswertung und -analyse sowie Prozessmanagement in den Demonstrator mit aufgenommen.

24 | acatech 2016b.

25 | Das exemplarische Modell wurde gemeinsam mit Fachleuten des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Dortmund entwickelt. Der Umfang der im exemplarischen Modell adressierten Zielgruppen ist bei Bedarf unternehmensspezifisch zu erweitern.

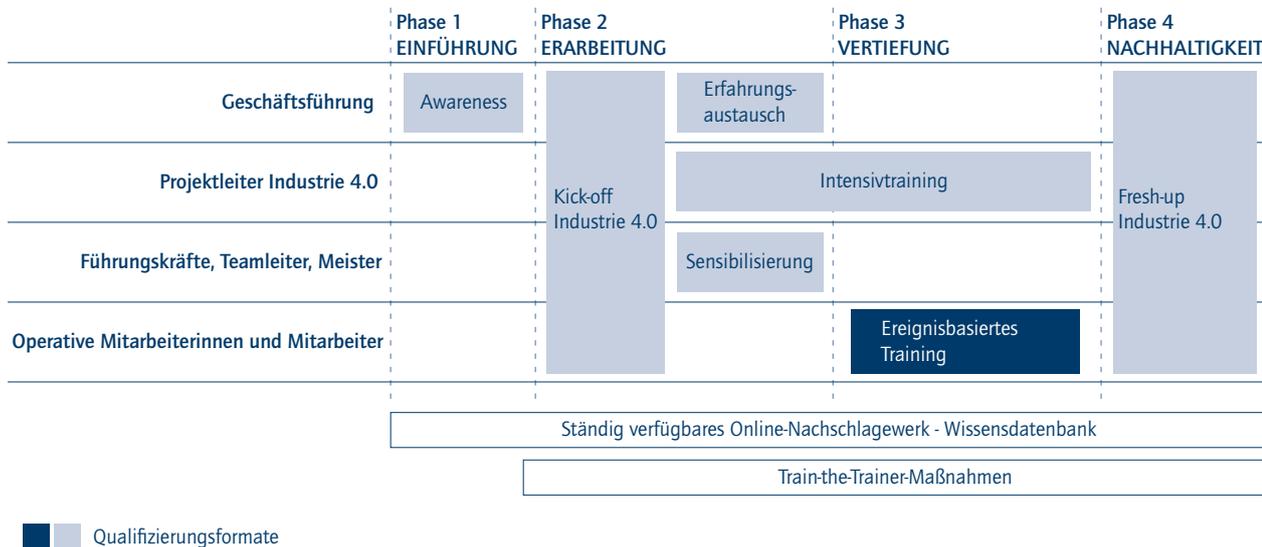


Abbildung 14: Exemplarisches Modell eines ganzheitlichen Ansatzes zur Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0
(Quelle: Fraunhofer IML/Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Dortmund)

Zwei zielgruppenspezifische Qualifizierungsansätze und deren ineinandergreifender Aspekt werden im Folgenden exemplarisch hervorgehoben: der Ansatz für die Geschäftsführungsebene, die auf das Thema aufmerksam und entscheidungsfähig gemacht werden muss, sowie ein Qualifizierungsformat für operativ tätige Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, das eine grundlegende Akzeptanz und einen ereignisbasierten und anwendungsbezogenen Wissensaufbau sicherstellt.

4.2 Schaffung von Aufmerksamkeit und Relevanz auf der Führungsebene

Die oberste Hierarchieebene – etwa Geschäftsführung oder Vorstände – ist für die erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0 im Unternehmen von entscheidender Bedeutung. Ihnen müssen zunächst die Tragweite und die unternehmerische Relevanz des Themas bewusst werden – einschließlich der Notwendigkeit, Geschäftsmodelle und Strategien zu überdenken und gegebenenfalls radikal zu verändern. Langfristig sind sie in die Lage zu versetzen, richtige Entscheidungen bei der Umsetzung von Industrie 4.0 zu treffen. Darüber hinaus sind sie durch ihre Vorbildfunktion im

Unternehmen ein wesentlicher Hebel, um die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu motivieren und Akzeptanz zu schaffen. Zur Reflexion ihrer Entscheidungen sind Möglichkeiten zum Erfahrungsaustausch ebenfalls ein hilfreicher Wirkmechanismus.

Es empfiehlt sich, diese Zielgruppe in einem ersten Schritt bevorzugt über mobile Endgeräte mit sogenannten Wissensnuggets (kurzen Lerneinheiten basierend auf einer bestimmten Fragestellung) anzusprechen und dabei die Grundlagen sowie den Nutzen von Industrie 4.0 für das Unternehmen deutlich zu machen (Awareness schaffen). In ihrer Funktion als Unternehmenslenker und Vorbild können sie mit der Durchführung von allgemeinen Informationsveranstaltungen für die gesamte Belegschaft zum Start des Themas Industrie 4.0 (vergleiche Lernformat „Kick-off Industrie 4.0 in Unternehmen“ in Abbildung 14) dessen Relevanz unterstreichen. Die Initiierung von unternehmensübergreifenden Fachkreisen mit Gleichgesinnten fördert den Austausch.

Ziel ist es, durch solche Maßnahmen ein Bewusstsein für das Thema Industrie 4.0 bei dieser Zielgruppe zu schaffen und langfristig eine Entscheidungsfähigkeit in diesem Themenfeld aufzubauen. Die Auseinandersetzung mit dem Thema Industrie 4.0 auf Führungsebene erfüllt gleichzeitig eine Vorbildfunktion für weitere Beschäftigte, vom Projektingenieur bis hin zum operativen Beschäftigten.



4.3 Ereignisbasierte Wissensvermittlung in der selbstgesteuerten Produktion

Die Wertschöpfung bei Industrie 4.0 ist gekennzeichnet durch dezentrale Kommunikations- und Entscheidungsprozesse. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter setzen sich lokal mit Objekten in Verbindung, um Informationen zu erhalten, Anweisungen zu geben oder virtuell um den nächsten Arbeitsauftrag zu verhandeln. Auf diese Weise erlangen die einzelnen Akteure (Menschen wie Maschinen) eine neue Form der Selbstständigkeit oder Entscheidungsautonomie. Diese wird beispielsweise besonders deutlich bei innerbetrieblichen Transportprozessen, bei denen zukünftig vermehrt fahrerlose Transportsysteme (FTS) zum Einsatz kommen werden, die im Schwarm agieren und in dem einzelne Fahrzeuge jeweils autonome Entscheidungen treffen.

Fordert zum Beispiel ein Mensch an einer Maschine oder Kommissionierstation einen Transport an, verhandeln die

autonomen Fahrzeuge untereinander, was für den Auftrag am geeignetsten ist. Mensch und Maschine agieren zukünftig als Partner der „Social Networked Industry“. Voraussetzung dafür ist die ganzheitliche Digitalisierung des Betriebs. Aufträge, Menschen und Maschinen verfügen über ein „digitales Abbild“ und sind über mobile Endgeräte (Smart Devices) beziehungsweise über geeignete Schnittstellen an den virtuellen Raum angebunden (siehe Abbildung 15).

Dieses neue Umfeld birgt für die operativen Beschäftigten einerseits die Herausforderung, neue Technologien, Prozesse und Situationen zu verstehen oder auf (neuartige) Ausnahmesituationen wie Störfälle zu reagieren. Andererseits ermöglichen die Vernetzung und die Digitalisierung eine völlig neue Form des Kompetenzaufbaus. Dieser kann kontextabhängig, situationsspezifisch und damit individualisiert und sehr zielgerichtet erfolgen.

Die situationsbezogene Bereitstellung von Wissensnuggets über mobile Endgeräte, die auch als Assistenzsysteme fungieren, stellt hierbei einen zentralen Aspekt dar. Das Lernsystem und



Abbildung 15: Szenario der Fabrik in der „Social Networked Industry“ (Quelle: Fraunhofer IML)

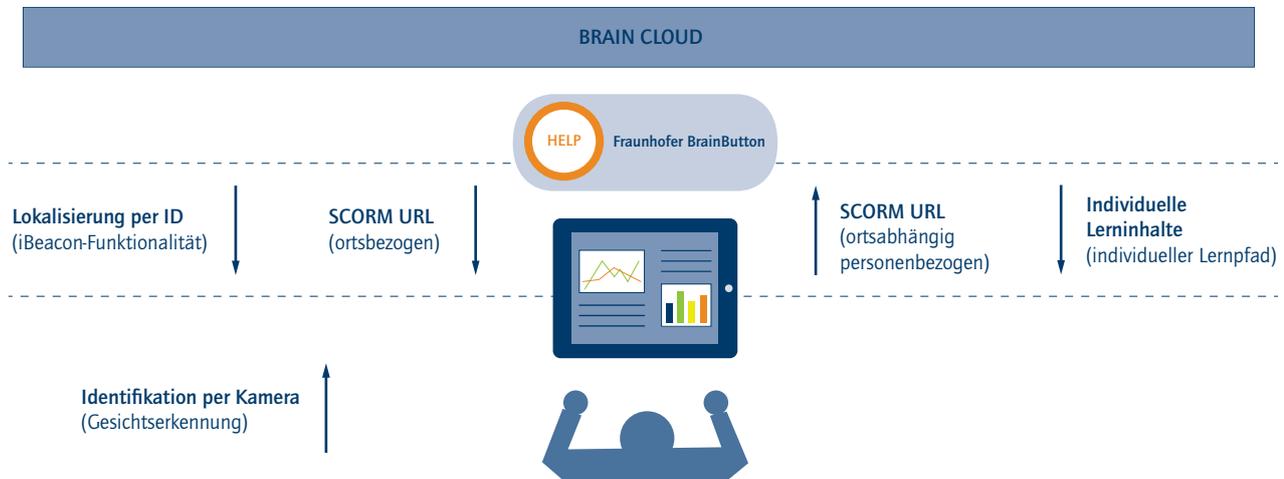


Abbildung 16: Kontextbezogener Kompetenzaufbau am Beispiel des Fraunhofer „BrainButton“ (Quelle: Fraunhofer IML)

damit die Bereitstellung der Wissensnuggets können an die IT-Systeme des Unternehmens gekoppelt werden, sodass relevante Wissensbausteine bedarfsgerecht erscheinen. Die Beschäftigten werden abhängig von den gewählten Wissensnuggets über Lernpfade – also die kompetenzbasierte Koppelung von Wissensnuggets – durch das System geleitet, bis sie die Fortführung des Arbeitsvorgangs bestätigen. So können während des Betriebes Informationen, Handlungsanweisungen oder eine Entscheidungsunterstützung aufgerufen und genutzt werden. Auf diese Weise werden Stützprozesse verkürzt und Beschäftigte flexibler einsetzbar, da der Mensch in die Lage versetzt wird, selbstständiger zu agieren. Diese Form der Unterstützung der Beschäftigten entspricht der in der acatech Studie künftig von Unternehmen gewünschten Fähigkeit nach erweitertem Prozess-Know-how und eigenverantwortlicher Entscheidungsfindung.

Ein konkretes Beispiel, das sich die Vernetzung und Dezentralisierung von Informationen zunutze macht, ist der Fraunhofer

„BrainButton“. Dabei handelt es um einen flexibel einsetzbaren smarten Knopf, der mit Verbindung zu einer Maschine oder einem Prozess installiert wird. Der Mensch ist mit einem mobilen Endgerät wie dem Fraunhofer COASTER® ausgestattet, bei dem er sich beispielsweise per Gesichtserkennung identifiziert, und der anschließend aus der Unternehmens-Cloud personalisierte Apps für seine Tätigkeit bezieht. Durch das Aussenden regelmäßiger Signale durch den BrainButton ist eine Lokalisierung, Vernetzung und Verbindung von Mensch (über das personalisierte Smart Device), Maschine, Ort und Zeit möglich.

Benötigt die Mitarbeiterin oder der Mitarbeiter zusätzliche Informationen, wird der „BrainButton“ betätigt. Dadurch wird eine personalisierte SCORM URL (Sharable Content Object Reference Model) vom COASTER® an die Brain Cloud gesendet, die den individuellen Lernpfad auf dem mobilen Endgerät bereitstellt (siehe Abbildung 16).

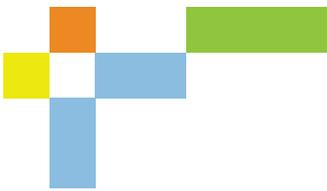


Abbildung 17: Dynamische Anpassung des individuellen Lernpfads (Quelle: equeo GmbH)

Der individuelle Lernpfad passt sich je nach Nutzung und Fragestellung dynamisch an, sodass die relevanten Wissensbausteine („Nuggets“) individualisiert und bedarfsspezifisch abrufbar sind. Im Störfall verändert sich automatisch die Kachelansicht, sodass der Beschäftigte individualisiert und bedarfsspezifisch die relevanten Wissensbausteine („Nuggets“) abrufen kann. Abbildung 17 zeigt eine exemplarische „Kachelansicht“ von Wissensnuggets auf einem Tablet (1). Meldet zum Beispiel eine Maschine einen Störfall (2), werden deren Betriebsdaten angezeigt. Bestätigt die Nutzerin oder der Nutzer die Kenntnisnahme, werden die Wissensnuggets gemäß dem individuellen Wissen für den aufgetretenen Störfall neu geordnet (3). Durch das Aufrufen der passenden Kachel werden die zugehörigen multimedialen Inhalte präsentiert (4).

Dieses Konzept eignet sich sowohl, um neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter praxisnah an den Betrieb heranzuführen und die Belegschaft mit neuen Technologien vertraut zu machen (Onboarding), als auch für das zielgerichtete Handeln in Ausnahmesituationen, etwa bei Störfällen. Mit dieser Methode wird sichergestellt, dass die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durch den hohen Anwendungsbezug nicht nur Wissen aufbauen, sondern dieses auch unmittelbar anwenden. Dank der Offenheit und Erweiterbarkeit des Lernsystems ist es möglich, geeignete vorhandene Inhalte und Medien zu übernehmen. Welche Inhalte dabei präsentiert werden, soll in Zukunft auch von der Nutzung (Learning Analytics) durch die Anwenderinnen und Anwender abhängig gemacht werden.

Literatur

acatech 2013

acatech (Hrsg.): *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*. URL: <http://www.acatech.de/de/publikationen/stellungnahmen/kooperationen/detail/artikel/umsetzungsempfehlungen-fuer-das-zukunftsprojekt-industrie-40-abschlussbericht-des-arbeitskreises-i.html> [Stand: 07.11.2016].

acatech 2016a

acatech (Hrsg.): *Die digitale Transformation gestalten. Was Personalvorstände zur Zukunft der Arbeit sagen. Ein Stimmungsbild aus dem Human Resources-Kreis von acatech und Jacobs Foundation* (acatech IMPULS), München 2016.

acatech 2016b

acatech (Hrsg.): *Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0. Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen*, München 2016.

Ahrens/Spöttl 2015

Ahrens, D./Spöttl, G.: *Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung*, in: Hirsch-Kreinsen, H./Ittermann, P./Niehaus, J. (Hrsg.): *Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen*, Baden-Baden 2015.

Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech 2015

Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech (Hrsg.): *Smart Service Welt – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internet basierte Dienste für die Wirtschaft*. Abschlussbericht, Berlin, 2015.

Arntz et al. 2016, i.E

Arntz, M./Gregory, T./Janssen, S./Zierahn, U.: *Tätigkeitswandel und Weiterbildungsbedarf in der digitalen Transformation. Studie des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung im Auftrag der acatech in Zusammenarbeit mit dem Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung*, Mannheim 2016.

Bitkom 2016

Bitkom: *Bitkom Digital Office Index. Eine Untersuchung zum Stand der Digitalisierung in deutschen Unternehmen*. URL: <https://www.bitkom.org/Publikationen/2016/Sonstiges/Bitkom-Digital-Office-Index-Ergebnisbericht/2016-05-31-Bitkom-Digital-Office-Index-Studienbericht.pdf> [Stand: 07.11.2016].

Hirsch-Kreinsen 2015

Hirsch-Kreinsen, H.: *Einleitung: Digitalisierung industrieller Arbeit*, in: Hirsch-Kreinsen, H./Ittermann, P./Niehaus, J. (Hrsg.): *Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen*, Baden-Baden 2015.

Hirsch-Kreinsen/ten Hompel 2015

Hirsch-Kreinsen, H./ten Hompel, M.: *Digitalisierung industrieller Arbeit. Entwicklungsperspektiven und Gestaltungsansätze*, in: Bauernhansl, T./ten Hompel, M./Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): *Handbuch Industrie 4.0. Produktion, Automatisierung und Logistik*, Berlin/Heidelberg 2015.

Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung 2015

Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (Hrsg.): *Industry 4.0 and the consequences for labour market and economy. Scenario calculations in line with the BIBB-IAB qualifications and occupational field projections*, IAB-Forschungsbericht Nr. 8/2015. URL: http://doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb0815_en.pdf [Stand: 07.11.2016].

McKinsey 2011

McKinsey (Hrsg.): *Internet matters. The Net's Sweeping Impact on Growth, Jobs and Prosperity*. URL: <http://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/internet-matters>, [Stand: 07.11.2016].

Pfeiffer 2015

Pfeiffer, S.: *Auswirkungen von Industrie 4.0 auf Aus- und Weiterbildung*, Manu:Scripts. URL: http://epub.oew.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_15_03.pdf [Stand: 07.11.2016].

Pfeiffer et al. 2016

Pfeiffer, S./Lee, H./Zirnig, C./Suphan, A.: *Industrie 4.0 – Qualifizierung 2025, VDMA Bildung*. URL: <https://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2016-Pfeiffer-Industrie40-Qualifizierung2025.pdf> [Stand: 07.11.2016].

Plattform Industrie 4.0/Wissenschaftlicher Beirat 2014

Plattform Industrie 4.0/Wissenschaftlicher Beirat: *White Paper – FuE-Themen*. URL: http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Aktuelles___Presse/Presseinfos___News/ab_2014/Whitepaper_Industrie_4.0.pdf [Stand: 07.11.2016].

**PricewaterhouseCoopers 2014**

PricewaterhouseCoopers (Hrsg.): *Industrie 4.0 - Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution*, Frankfurt am Main 2014.

Schlund et al. 2016

Schlund, S./Hämmerle, M./Strölin, T.: *Industrie 4.0 – Eine Revolution in der Arbeitsgestaltung. Wie Automatisierung und Digitalisierung unsere Produktion verändern werden*. Ingenics/Fraunhofer IAO. URL: https://www.ingenics.de/assets/downloads/de/Industrie40_Studie_Ingenics_IAO_VM.pdf [Stand: 07.11.2016].

Spöttl et al. 2016

Spöttl, G./Gorltd, C./Windelband, L./Torsten Grantz, T./Richter, T.: *Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E-Industrie, bayme vbm Studie*. URL: https://www.baymevbm.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2016/Downloads/baymevbm_Studie_Industrie-4-0.pdf [Stand: 07.11.2016].

Glossar

Assistenzsysteme: Solche sowohl aus Software als auch aus Hardware bestehenden Systeme unterstützen den Menschen bei der Bewältigung seiner Aufgaben, indem sie ihm assistieren. Diese Hilfe kann beispielsweise in der Vorbereitung der Entscheidungsfindung bei Planungsproblemen (wie im Fall logistischer Assistenzsysteme) bestehen oder bei der ereignisbasierten Unterstützung der operativen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mithilfe mobiler smarter Endgeräte erfolgen.

Indirekt gesteuerte/IT-gestützte Arbeitsmittel: In der ZEW-IAB-Umfrage werden Arbeitsmittel, bei denen die Technik einen Großteil der Arbeit übernimmt und der Mensch nur indirekt tätig ist, als indirekt gesteuerte Produktionsmittel erfasst. Dies sind zum Beispiel CNC-Maschinen, Industrieroboter oder verfahrenstechnische Anlagen sowie Computer, Terminals oder elektronische Kassen.²⁶

Industrie 4.0: Der Begriff Industrie 4.0 steht für die vierte industrielle Revolution, eine neue Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten. Dieser Zyklus orientiert sich an zunehmend individualisierten Kundenwünschen und erstreckt sich von der Idee beziehungsweise dem Auftrag über die Entwicklung und Fertigung, die Auslieferung eines Produkts an den Endkunden bis hin zum Recycling, einschließlich der damit verbundenen Dienstleistungen. Basis ist die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen in Echtzeit durch Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen sowie die Fähigkeit, aus den Daten den zu jedem Zeitpunkt optimalen Wertschöpfungsfluss abzuleiten. Durch die Verbindung von Menschen, Objekten und Systemen entstehen dynamische, echtzeitoptimierte und selbstorganisierende, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die sich nach unterschiedlichen Kriterien wie beispielsweise Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch optimieren lassen.²⁷

Infrastruktur-/organisationsbezogene Kompetenzen beziehungsweise Fähigkeiten: In dieser Kategorie lassen sich heterogene unternehmensspezifische Kompetenzen und Mitarbeiterfähigkeiten bündeln, die auf die grundlegende (technische) Infrastruktur (zum Beispiel Netzwerk-/Datenbankadministration

oder IT-Architekturen) sowie auf die Organisationsstruktur und Unternehmenskultur (zum Beispiel Führungskompetenz oder eigenverantwortliche Entscheidungen) ausgerichtet sind.

IT-Kompetenz: Mit dem Begriff IT-Kompetenz wird im engeren Sinne Spezialwissen im Bereich (der Entwicklung von) Software sowie Informations- und Kommunikationstechnologien zusammengefasst (zum Beispiel Coding oder das Zusammenspiel von Hard- und Software); im weiteren Sinne kann unter IT-Kompetenz auch ein grundlegendes Verständnis für die Prozesse und Anwendungen von Softwareprogrammen oder Informations- und Kommunikationstechnologien verstanden werden – oft mit einer interdisziplinären und bereichsübergreifenden Ausrichtung.

Kompetenzentwicklung: Mit Kompetenzentwicklung ist der Prozess gemeint, bei welchem Schüler, Studierende und Beschäftigte in Bezug auf eine bestimmte Thematik (etwa Industrie 4.0) neue Kompetenzen erlangen (zum Beispiel Wissen, Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten).

Manuell gesteuerte/nicht-IT-gestützte Arbeitsmittel: In der ZEW-IAB-Umfrage werden Arbeitsmittel, bei denen der Mensch in hohem Maße selbst tätig ist (zum Beispiel Bohrmaschinen, Kraftfahrzeuge oder Röntgengeräte sowie Telefone, Fax- oder Kopiergeräte) als manuell gesteuerte Produktionsmittel bezeichnet.²⁸

Medien- und Digitalisierungskompetenz: Medienkompetenzen beinhalten insbesondere den technischen und organisatorischen Umgang mit neuen Medien. Digitalisierungskompetenzen bezeichnen das Wissen über die Wirkmechanismen der Digitalisierung und die Spielregeln in der digitalen Welt. Medien- und Digitalisierungskompetenzen beschreiben gemeinsam die Fähigkeiten zur Beherrschung, Anwendung und kritischen Einordnung digitaler Technologien.

Prozess-/kundenorientierte Kompetenzen beziehungsweise Fähigkeiten: In dieser Kategorie werden unternehmensspezifische Kompetenzen und Mitarbeiterfähigkeiten erfasst, die insbesondere interne und externe Prozesse von Unternehmen (zum Beispiel Prozessmanagement oder zunehmendes Prozess-Know-how) sowie den Umgang mit und die Anforderungen von Kunden (zum Beispiel Kundenbeziehungsmanagement oder Dienstleistungsorientierung) fokussieren.

26 | Vgl. Arntz 2016, i.E.

27 | Plattform Industrie 4.0/Wissenschaftlicher Beirat 2014.

28 | Vgl. Arntz 2016, i.E.



Qualifizierung: Qualifizierung beschreibt im betrieblichen Umfeld die Unterstützung der Beschäftigten beim Erlangen von neuen Kompetenzen. Der Begriff der Qualifizierung kann daher als Oberbegriff für Maßnahmen zum Aufbau, Erhalt und Ausbau von Fertigkeiten und Fähigkeiten, die zur Bewältigung beruflicher Anforderungen notwendig sind, verstanden werden. Von der Qualifizierung im betrieblichen Umfeld sind formale Qualifizierungswege und -formen (zum Beispiel in Schulen, Hochschulen und in der beruflichen Ausbildung) abzugrenzen.

Selbststeuernde/IT-integrierte Arbeitsmittel: In der ZEW-IAB-Umfrage werden Arbeitsmittel, mit deren Hilfe die Technik Arbeitsprozesse weitgehend selbstständig und automatisch übernimmt,

zusammengefasst. Dazu zählen Produktionsanlagen bis hin zu Smart Factories, cyber-physischen Systemen oder dem Internet der Dinge, Daten und Dienste sowie Analysetools mit Big Data, Cloud Computing Systeme oder Internetplattformen.²⁹

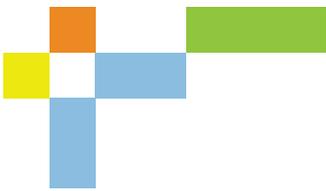
Technologie-/datenorientierte Kompetenzen beziehungsweise Fähigkeiten: In dieser Kategorie werden unternehmensspezifische Kompetenzen und Mitarbeiterfähigkeiten zusammengefasst, die auf die Beherrschung und Entwicklung von bestimmten Technologien (zum Beispiel Cloud-Architekturen oder die Fähigkeit zum Austausch mit Maschinen) sowie auf den Umgang mit und die Analyse von Daten (zum Beispiel Datenauswertung und -analyse oder interdisziplinäres Denken und Handeln) ausgerichtet sind.



acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

acatech vertritt die deutschen Technikwissenschaften im In- und Ausland in selbstbestimmter, unabhängiger und gemeinwohlorientierter Weise. Als Arbeitsakademie berät acatech Politik und Gesellschaft in technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen. Darüber hinaus hat es sich acatech zum Ziel gesetzt, den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu unterstützen und den technikwissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern. Zu den Mitgliedern der Akademie zählen herausragende Wissenschaftler aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen. acatech finanziert sich durch eine institutionelle Förderung von Bund und Ländern sowie durch Spenden und projektbezogene Drittmittel. Um den Diskurs über technischen Fortschritt in Deutschland zu fördern und das Potenzial zukunftsweisender Technologien für Wirtschaft und Gesellschaft darzustellen, veranstaltet acatech Symposien, Foren, Podiumsdiskussionen und Workshops. Mit Studien, Empfehlungen und Stellungnahmen wendet sich acatech an die Öffentlichkeit. acatech besteht aus drei Organen: Die Mitglieder der Akademie sind in der Mitgliederversammlung organisiert; das Präsidium, das von den Mitgliedern und Senatoren der Akademie bestimmt wird, lenkt die Arbeit; ein Senat mit namhaften Persönlichkeiten vor allem aus der Industrie, aus der Wissenschaft und aus der Politik berät acatech in Fragen der strategischen Ausrichtung und sorgt für den Austausch mit der Wirtschaft und anderen Wissenschaftsorganisationen in Deutschland. Die Geschäftsstelle von acatech befindet sich in München; zudem ist acatech mit einem Hauptstadtbüro in Berlin und einem Büro in Brüssel vertreten.

Weitere Informationen unter www.acatech.de

**Herausgeber:****acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2016**Geschäftsstelle
Karolinenplatz 4
80333 MünchenT +49 (0)89/52 03 09-0
F +49 (0)89/52 03 09-900info@acatech.de
www.acatech.deHauptstadtbüro
Pariser Platz 4a
10117 BerlinT +49 (0)30/2 06 30 96-0
F +49 (0)30/2 06 30 96-11Brüssel-Büro
Rue d'Egmont/Egmontstraat 13
1000 Brüssel (Belgien)
T +32 (0)2/2 13 81-80
F +32 (0)2/2 13 81-89

Empfohlene Zitierweise:

acatech (Hrsg.): *Kompetenzen für Industrie 4.0. Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze* (acatech POSITION),
München: Herbert Utz Verlag 2016.

ISSN 2192-6166/ISBN 978-3-8316-4502-2

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung,
des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege
und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH • 2016

Koordination: Dr. Andreas Heindl

Redaktion: Birgit Obermeier

Layout-Konzeption: Groothuis, Hamburg

Titelfoto: fotolia/Westend61

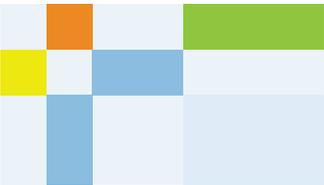
Konvertierung und Satz: Fraunhofer IAIS, Sankt Augustin

Printed in EC

Herbert Utz Verlag GmbH, München

Die Originalfassung der Publikation ist verfügbar auf www.utzverlag.de





Mit dem Wandel zu Industrie 4.0 verändert sich in den kommenden Jahren auch die Arbeitswelt tiefgreifend. Die technologischen Möglichkeiten zur Verknüpfung von Objekten, Daten und Prozessen stellen neuartige Anforderungen an Beschäftigte und Führungskräfte insbesondere in der Industrie. Qualifizierung wird zu einem zentralen Erfolgsfaktor, um eine doppelte digitale Kluft zu vermeiden – zwischen großen und kleineren Industrieunternehmen einerseits sowie zwischen hoch und niedrig qualifizierten Beschäftigten andererseits.

Die acatech POSITION analysiert auf Basis einer empirischen Erhebung, welche spezifischen Kompetenzen KMU und Großunternehmen zur Gestaltung und Anpassung von Produkten und Prozessen sowie zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle vor allem in der Industrie benötigen. Am Beispiel einer eigens entwickelten digitalen Lehrlösung wird veranschaulicht, wie verschiedene Beschäftigtengruppen in der Industrie über innovative Weiterbildungsformate individuell geschult werden können. Mit Empfehlungen für alle Bildungspartner sowie einer Roadmap skizziert acatech Meilensteine zur Umsetzung der Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0.

ISBN 978-3-8316-4502-2



9 783831 645022