

# Veränderte Kompetenzanforderungen im Rahmen von Digitalisierung und Industrie 4.0

Fabian Hecklau, Ronald Orth, Florian Kidschun, Sokol Tominaj<sup>1</sup>

**Zusammenfassung:** Die digitale Transformation ist zentraler Treiber für Industrie 4.0. Rasante technische Entwicklungen führen dazu, dass sich Anforderungen an die Kompetenzen der Mitarbeiter verändern. Ziel des Beitrags ist es, die Kompetenzen zu identifizieren, die in der Industrie 4.0 eine zentrale Rolle spielen und zukünftig weiter an Bedeutung gewinnen werden. Hierzu werden die Ergebnisse einer Sekundär- und Primärdatenanalyse vorgestellt. Diese Veröffentlichung zielt ferner darauf ab, einen Beitrag zur Harmonisierung der Grundlagen sowie zur weiteren Entwicklung des Kompetenzmanagements in einer von Digitalisierung geprägten Arbeitswelt zu leisten.

**Keywords:** Kompetenzmanagement, Kompetenzen, Digitalisierung, Mitarbeiter, Industrie 4.0

## 1 Einleitung

Die großen Herausforderungen des neuen Technologiezeitalters, in dem die Informations- und Kommunikationstechnologien die Produktion grundlegend verändern, müssen von der Industrie bewältigt werden. Unternehmen sehen sich angesichts des digitalen Strukturwandels mit rasanten technischen Entwicklungen und damit auch kürzer werdenden Innovationszyklen konfrontiert [Bm15], [Bm14], [HK15]. Dies hat u.a. zur Folge, dass sich Berufsbilder und Anforderungen an die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Mitarbeiter stark verändern werden. Eine systematische Erfassung und Entwicklung der Mitarbeiterkompetenzen ist daher ein kritischer Erfolgsfaktor, um die modernen Technologien der Industrie 4.0 nutzen und um mit neuen Arbeitsinhalten umgehen zu können [Sp13].

Ziel des Beitrags ist es, Kompetenzen zu identifizieren, die in einer digitalisierten Arbeitswelt eine zentrale Rolle spielen und zukünftig weiter an Bedeutung gewinnen werden. Hierzu wird ein mehrstufiges Vorgehen definiert, welches die Durchführung einer Sekundär- sowie Primärdatenanalyse umfasst.

Die zentralen Ergebnisse sind im zweiten Kapitel dargestellt. Vor dem Hintergrund der in den Studien identifizierten Kompetenzen, sollte in einem weiteren Schritt herausgefunden werden, welche Kompetenzen aus Expertensicht als besonders wichtig für die zukünftige Arbeitswelt in der Industrie 4.0 eingeschätzt werden. Daher wurde die Sekundärdatenanalyse anschließend durch eine Primärdatenanalyse erweitert. Das Ziel

---

<sup>1</sup> Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik, Pascalstr. 8-9, 10587 Berlin; fabian.hecklau@ipk.fraunhofer.de; ronald.orth@ipk.fraunhofer.de; florian.kidschun@ipk.fraunhofer.de; sokol.tominaj@ipk.fraunhofer.de

der Studie war es, die Ergebnisse der Literaturanalyse durch aktuelle Meinungen aus einem Expertenkreis zu ergänzen und inhaltlich zu interpretieren (Kapitel 3). Im vierten Kapitel werden Anforderungen an zukünftige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten diskutiert.

## **2 Inhaltsanalyse: Erforderliche Kompetenzen in der Industrie 4.0**

Im Folgenden werden zunächst das Vorgehen und die Methodik der Sekundärdatenanalyse vorgestellt und anschließend die daraus resultierenden Ergebnisse veranschaulicht ausgeführt.

### **2.1 Vorgehen**

Im Rahmen der Sekundärdatenanalyse wurden Studien aus geeigneten Quellen identifiziert und analysiert, die Kompetenzen im Zusammenhang mit der Entwicklung von Industrie 4.0 und des digitalen Transformationsprozesses im Allgemeinen beschreiben. Ziel der Analyse war es, Unterschiede und Übereinstimmungen innerhalb des Datenmaterials herauszuarbeiten, um einen Beitrag zur Harmonisierung von Grundlagen und zur weiteren Entwicklung des Kompetenzmanagements in der Industrie 4.0 zu leisten.

Für die Datenerhebung wurde eine umfassende Internetrecherche durchgeführt, und es wurden die folgenden Datenbanken verwendet, die ein breites Spektrum an Veröffentlichungen des untersuchten Themenfeldes abdecken: Business Source Complete, Web of Science Core Collection, EconBiz und OLC Wirtschaftswissenschaften.

Der Studienauswahlprozess wurde anhand der folgenden Schlüsselwörter durchgeführt: „Industrie 4.0“, „Digitale Transformation“ in Kombination mit den folgenden Begriffen: Treiber, Trends, Jobs, Fähigkeit(en), Wissen, Qualifikation(en), Arbeit, Fähigkeit, Kompetenz(en). Ferner wurden diese Begriffe auch anhand ihrer englischen Übersetzung eingesetzt.

Alle Treffer wurden zuerst anhand des Titels und der Zusammenfassung erfasst. Um geeignete Quellen für die weitere Analyse zu identifizieren, wurden anschließend nach der Leitlinie von Meline (2006) folgende Ein- bzw. Ausschlusskriterien definiert [Me06]:

- Der Zeitraum der Studien liegt nicht länger als fünf Jahre zurück.
- Die Studien müssen von renommierten Wissenschaftlern, Forschungseinrichtungen bzw. Universitäten oder Beratungsunternehmen durchgeführt und veröffentlicht worden sein.
- Es werden nur Studien mit solider wissenschaftlicher Grundlage oder einer angemessenen Stichprobengröße berücksichtigt: Unternehmensumfragen mit einer Stichprobengröße mit  $N \geq 80$ , Experteninterviews mit einer Stichprobengröße von

N<sub>≥</sub>12 sowie Szenarioanalysen und Fallstudien, die ihr methodisches Design und Vorgehen hinreichend belegen.

Am Ende des Auswahlverfahrens erfüllten insgesamt 12 Studien die oben skizzierten Kriterien und wurden zur detaillierten Analyse ausgewählt. Die Gesamtzahl der darin befragten Unternehmen beträgt ca. 2.700. Ferner sind mehr als 90 Expertenmeinungen eingeflossen.

Die Auswertung der Studien zu Kompetenzen im Zusammenhang mit Industrie 4.0 basiert methodisch auf der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring [Ma10]. Im ersten Schritt wurden aus den Studien ausgewählte Inhalte erfasst, zum Teil in die deutsche Sprache übersetzt und den folgenden Analysekategorien zugeordnet: (1) Quelle: Titel der Veröffentlichung, Autor, Jahrgang, (2) Herkunft der Studien nach Institution, (3) regionale Abdeckung und fokussierte Sektoren, (4) Typ der Studie (z.B. Unternehmensbefragung, Szenarioanalyse, Fallstudie) sowie (5) Aussagen zu Kompetenzen im Kontext der neuen Anforderungen durch die Digitalisierung und Industrie 4.0.<sup>2</sup>

Der Veröffentlichungszeitraum der Studien erstreckt sich von 2014 bis 2016. Zusammen decken sie mehr als 30 Industrie- und Schwellenländer ab. Bei Betrachtung des regionalen Fokus lässt sich ferner feststellen, dass Deutschland in 11 der 12 Studien untersucht wird. In fünf Fällen handelt es sich um rein quantitative Studien, die auf Online-Befragungen von Unternehmensvertretern basieren. Bei den weiteren Studien handelt es sich um Expertenbefragungen, Szenarioanalysen, Fallstudien oder einer Kombination davon. Diese Quellen liefern Einschätzungen und Erwartungen hinsichtlich des zukünftigen Kompetenzbedarfs. Sie geben somit Einblicke in aktuelle Fachdiskussionen, welche die Ergebnisse der quantitativen Studien unterstützen und erweitern.

Der Schwerpunkt der inhaltlichen Analyse liegt auf der Auswertung der Aussagen zu Kompetenzen vor dem Hintergrund der neuen Anforderungen einer digitalisierten Arbeitswelt in der Industrie 4.0. Daher wurden Aussagen hierzu codiert und nach ihrer Häufigkeit der Nennung ausgezählt. In diesem Zusammenhang wurden synonyme und bedeutungsnahen Begriffe (inkl. ihrer Übersetzungen aus dem Englischen) nach inhaltlichen Klassen geordnet. So wurden beispielsweise in der Kategorie „IT-Sicherheit“ Begriffe wie IT-Sicherheitskompetenzen, Sensibilität für IT-Sicherheit, Verständnis von IT-Sicherheit und IT-Security zusammengefasst.

Ziel der inhaltsanalytischen Vorgehensweise war es, durch das Herausfiltern zentraler Bestandteile aus dem Ausgangsmaterial, die in den Studien bestehende Heterogenität und Komplexität zu reduzieren. Die identifizierten Kompetenzen wurden daher nach gängigen und akzeptierten Kategorien aus der Kompetenzmanagementliteratur (vgl. z.B. [HE07], [NRS13]) klassifiziert und zugeordnet: (1) Fachkompetenz, (2) Methodenkompetenz, (3) Soziale Kompetenz sowie (4) Persönliche Kompetenz.

---

<sup>2</sup> Eine Übersicht der Studien befindet sich im Anhang des Beitrags.

## 2.2 Ergebnisse

In den folgenden Abschnitten sind die in den Studien identifizierten Kompetenzen zur Bewältigung der digitalen Transformation den vier oben genannten Kompetenzdimensionen zugeordnet.

### Fachkompetenz

Fachkompetenz umfasst alle berufsbezogenen Kenntnisse, notwendiges Wissen sowie überwiegend motorische oder sensorische Fähigkeiten für dessen Anwendung. Fachliche Kompetenzen ermöglichen es, schwierige Herausforderungen schöpferisch zu bewältigen [NRS13], [So11], [HE07]. Tabelle 1 zeigt die in den Studien identifizierten Fachkompetenzen, denen im Kontext von Digitalisierung und Industrie 4.0 eine hohe Bedeutung zugewiesen wird.

Tabelle 1: Fachkompetenzen – Ergebnisse der Inhaltsanalyse

Kompetenzen	Studie / Quellen
Fachliche Fertigkeiten	[Jo16]
Fachsprachenkenntnisse	[Jo16]
Fachübergreifende Kenntnisse	[Ge15], [St14], [Th16], [Ba14], [Lo15]
Fachwissen (techn. Verständnis)	[Jo16], [Th16]
Medienkompetenz	[Jo16], [Th16]
Programmierkenntnisse	[Jo16], [St14], [HS16], [Lo15], [Sp16]
Prozessverständnis	[Ge15], [Ba14], [Jo16], [Th16], [Lo15], [Sp16]
Verständnis IT-Sicherheit	[Ge15], [Th16], [St14], [Ho15], [Sp16], [BR16]
Wissen über Standards & Normen	[Ge15]

### Methodenkompetenz

Methodenkompetenz umfasst alle Fähigkeiten und Fertigkeiten für die allgemeine Problemlösung und Entscheidungsfindung. Methodenkompetenzen befähigen Mitarbeiter dazu, neuartige und komplexe Probleme selbstständig, zielgerichtet und planmäßig mit Hilfe von gelernten Denkweisen und Arbeitsverfahren zu lösen [NRS13], [So11], [HE07]. Methodenkompetenzen, denen im digitalen Zeitalter der Industrie 4.0 eine hohe Bedeutung zugewiesen wird, werden in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Methodenkompetenz – Ergebnisse der Inhaltsanalyse

Kompetenzen	Studie / Quellen
Analytische Fähigkeiten	[Ge15], [Jo16], [Th16], [Ho15], [St14], [Lo15], [Sp16], [BR16]
Entscheidungsfähigkeit	[Jo16], [St14], [Ba14], [Th16], [Sp16]
Forschungskompetenz	[St14]
Kreativität	[Jo16], [St14]
Organisationsfähigkeit	[Ge15]
Problemlösungsfähigkeit	[Jo16], [St14], [Ba14], [Th16], [Wo15]
Unternehmerisches Denken	[Jo16], [St14]
Zeitmanagement	[Ge15], [Jo16]

### Soziale Kompetenz

Soziale Kompetenz umfasst alle Fertigkeiten und Fähigkeiten, um mit anderen Menschen kooperieren und kommunizieren zu können. Diese Kompetenzen ermöglichen einer Person in sozialen Interaktionen auf fairer Ebene gemeinsame Ziele zu erreichen [NRS13], [So11], [HE07]. Die in den Studien identifizierten Sozialen Kompetenzen, denen im Rahmen der Digitalisierung und Industrie 4.0 eine hohe Bedeutung zugewiesen wird, werden in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Soziale Kompetenz – Ergebnisse der Inhaltsanalyse

Kompetenz	Quellen
Beziehungsfähigkeit	[Jo16], [St14]
Delegationsfähigkeit	[Th16]
Didaktische Lehrfähigkeit	[Ge15], [Jo16], [St14]
Kommunikationsfähigkeit	[Ge15], [Jo16], [HS16], [Ba14], [Th16], [Lo15], [Sp16]
Konfliktfähigkeit	[Jo16]
Kooperationsfähigkeit	[Jo16], [St14], [HS16], [Ba14], [Th16], [Lo15], [Sp16]
Teamfähigkeit	[Ge15], [Jo16], [St14]

### Persönliche Kompetenz

Persönliche Kompetenzen sind Fähigkeiten und Fertigkeiten, eigene Einstellungen, Werthaltungen und Ideale verstehen, reflektieren und weiterentwickeln zu können [NRS13], [So11], [HE07]. Tabelle 4 zeigt die in den Studien identifizierten Persönlichen Kompetenzen, denen im Zeitalter der Digitalisierung und Industrie 4.0 eine hohe Bedeutung zugewiesen wird.

Tabelle 4: Personale Kompetenz – Ergebnisse der Inhaltsanalyse

Kompetenz	Quellen
Flexibilität	[Jo16], [St14]
Lern- und Veränderungsfähigkeit	[Ge15], [Jo16], [Ba14], [St14]
Motivationsfähigkeit	[Ge15], [Th16]
Nachhaltigkeitsbewusstsein	[Jo16], [St14]
Normativ-ethische Einstellung	[St14]
Risikobereitschaft	[Jo16]
Stressresistenz und Belastbarkeit	[St14]
Verantwortungsbereitschaft	[Th16]

### 3 Expertenbefragung: Erforderliche Kompetenzen für Industrie 4.0

Im Folgenden werden zunächst das Vorgehen der Primärdatenanalyse vorgestellt und anschließend die daraus resultierenden Ergebnisse veranschaulicht ausgeführt.

#### 3.1 Vorgehen

Vor dem Hintergrund der in den Studien identifizierten Kompetenzen wurde in einem weiteren Schritt ermittelt, welche aus Expertensicht als besonders wichtig für die zukünftige Arbeitswelt in der Industrie 4.0 eingeschätzt werden. Ziel war es, die Ergebnisse der Literaturanalyse durch aktuelle Meinungen aus einem Expertenkreis zu ergänzen und inhaltlich zu interpretieren. Hierzu wurden zwei Gruppen unabhängig voneinander befragt.

Die Stichprobe setzte sich aus einem Expertenkreis aus insgesamt 39 Personen zusammen. Dabei sind 29 der Befragten Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen am Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik und besitzen insbesondere Expertise im Themenfeld Industrie 4.0. Die zweite Gruppe bestand aus einer Professorin und neun Masterstudierenden des Studiengangs Wirtschaftspsychologie an der Business School Berlin Potsdam. Die Expertise dieser Gruppe liegt insbesondere im Themenfeld des betrieblichen Kompetenzmanagements. Die Ergebnisse der beiden Gruppen werden im weiteren Verlauf gemeinsam berichtet.

Die Datenerhebung fand zunächst anhand einer schriftlichen Befragung statt. Hierzu wurde der Fragebogen den Teilnehmern im Rahmen eines Workshops persönlich vorgelegt. Im Fragebogen wurden die in Kapitel 2 identifizierten Kompetenzen aufgelistet und anhand der vier Kompetenzdimensionen strukturiert (Fachkompetenz, Methodenkompetenz, Soziale Kompetenz und Persönliche Kompetenz). Die Probanden

sollten pro Kompetenzkategorie die maximal fünf wichtigsten Kompetenzen auswählen, die aus ihrer Sicht zur Bewältigung der digitalen Transformation von zentraler Bedeutung sind. Die Auswertung der Einschätzungen der Experten fand noch während des Workshops statt. Die Ergebnisse wurden im Anschluss im Plenum diskutiert und gemeinsam interpretiert.

### 3.2 Ergebnisse

Anhand der vier oben genannten Kompetenzkategorien werden in den folgenden Abschnitten die Ergebnisse der Expertenbefragung vorgestellt. Dabei werden jeweils die fünf Kompetenzen pro Kategorie erläutert, denen aus Sicht der Experten die höchste Bedeutung beigemessen wird. Im Anschluss an die jeweilige grafische Aufbereitung erfolgt eine inhaltliche Interpretation der Ergebnisse. Diese basiert auf der Diskussion mit den befragten Experten und wird an ausgewählten Stellen durch Aussagen der in Kapitel 2 analysierten Quellen ergänzt.

#### Fachkompetenz

Im Bereich der Fachkompetenz stuften über 92% der Teilnehmer das Verständnis für Prozesse als wichtig ein. Mehr als zwei Drittel gaben an, dass zukünftig fachübergreifende Kenntnisse eine entscheidende Rolle einnehmen werden, gefolgt von Medienkompetenz (62%) und dem Verständnis für IT-Sicherheit (56%). Etwas weniger als die Hälfte der Teilnehmer stuften Programmierkenntnisse als wichtig ein (46%).



Abbildung 1: Fachkompetenz – Ergebnisse der Experteneinschätzung (Top 5)

- Bedingt durch den Bedarf flexibler auf Anforderungen zu reagieren, optimieren Unternehmen ihre internen Prozesse, welche eine immer höhere Prozesskomplexität aufweisen, sodass ein breiteres und tieferes *Prozessverständnis* beim Denken und Handeln in vernetzten und übergreifenden Prozessen unabdingbar wird [Ge15], [Ba14], [Jo16], [Th16], [Lo15], [Sp16].
- Aufgrund der zunehmenden Interdisziplinarität und Vernetzung von Aufgaben, wird der Bedarf an *fachübergreifenden Kenntnissen* größer werden. So werden zum Beispiel die Kombination von Know-how, das sich auf einen bestimmten Job oder Prozess bezieht (z. B. Techniken für das Arbeiten mit Robotern oder das Wechseln von Werkzeugen an Maschinen) und IT-Kompetenz, (z. B. Zugriff auf Schnittstellen,

Programmierung), stärkeres interdisziplinäres Denken und Handeln erfordern [Ge15], [St14], [Th16], [Ba14], [Lo15].

- Das virtuelle Zusammenarbeiten und die intensive Nutzung von IT-Systemen und Plattformen erfordert ausgeprägte *Medienkompetenz*, um mit sozialen Medien oder intelligenten Kommunikationsgeräten arbeiten zu können. Mitarbeiter müssen dazu die Fähigkeit besitzen mit modernen Medien richtig und sicher umzugehen und entsprechende Verhaltensregeln zu berücksichtigen [Jo16], [Th16].
- Die zunehmend virtuelle Arbeit auf Servern oder Plattformen verpflichtet Mitarbeiter, für hinreichend *IT-Sicherheit* zu sorgen, um sensible Daten vor unerlaubtem Zugriff zu schützen. Dementsprechend müssen Mitarbeiter für die sensible Nutzung von Daten geschult werden und die Einstellung für eine regelkonforme Arbeit aufweisen [Ge15], [Th16], [St14], [Ho15], [Sp16], [BR16].
- Die wachsende Nachfrage nach *Programmierkenntnissen* stellt einen entscheidenden Faktor für die Weiterentwicklung von Berufsprofilen dar, so z.B. beim Umgang mit Daten oder bei der Steuerung und Vernetzung technischer Systeme [Jo16], [St14], [HS16], [Lo15], [Sp16].

### Methodenkompetenz

Im Cluster Methodenkompetenz haben die Befragten die folgenden fünf Kompetenzen als besonders wichtig eingeschätzt (Abbildung 2): Analytische Fähigkeiten (77%), Problemlösungsfähigkeit (62%), gefolgt von Entscheidungsfähigkeit (44%), unternehmerischem Denken (38%) sowie Zeitmanagement (38%).

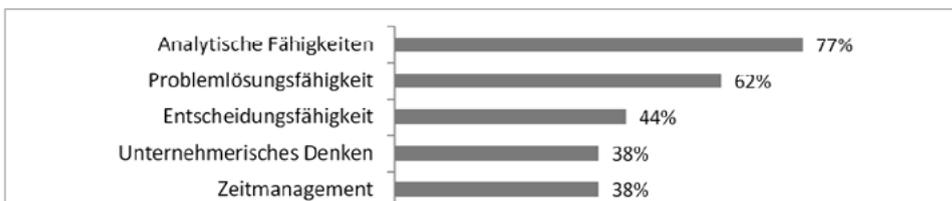


Abbildung 2: Methodenkompetenz – Ergebnisse der Experteneinschätzung (Top 5)

- Die höhere Technologieintegration, die exponentiell wachsende Menge an übertragenen, gesammelten und gespeicherten Daten sowie der daraus resultierende Umfang führen dazu, dass *analytische Fähigkeiten* eine entscheidende Rolle für Industrie 4.0-Mitarbeiter spielen (z.B. in Bezug auf Big Data-Analysen und Datenmanagement, IT-Netzwerkssysteme und Geschäftsanalysen). Das Strukturieren und Untersuchen großer Datenmengen und komplexer Prozesse wird unerlässlich. Daher muss das Verständnis für Informationen und Daten bei den Mitarbeitern vorhanden sein, um die technischen Potenziale in Unternehmen umsetzen zu können [Ge15], [Jo16], [Th16], [Ho15], [St14], [Lo15], [Sp16], [BR16].

- Darüber hinaus wird die Wichtigkeit der *Problemlösungsfähigkeit* unterstrichen, welche innerhalb der Prozesse in Teams, aber zunehmend auch in eigener Verantwortung benötigt wird. Mitarbeiter müssen in der Lage sein, Fehlerquellen zu identifizieren und Prozesse unabhängig voneinander und in Teams zu verbessern [Jo16], [St14], [Ba14], [Th16], [Wo15].
- Da Entscheidungsprozesse und die Übernahme von Verantwortung immer mehr auf die Prozessebene verlagert werden, gewinnt die *Entscheidungsfähigkeit* für Mitarbeiter in Unternehmen der digitalen Transformation an Bedeutung. Die zunehmende Flexibilisierung der Arbeit verlangt hierbei nach dezentralen Entscheidungsstrukturen, die mit einer höheren Autonomie und verstärkten Kommunikation der Mitarbeiter zusammenhängen [Jo16], [St14], [Ba14], [Th16], [Sp16].
- Aufgrund des steigenden Wettbewerbsdrucks wird es wichtiger, dass Mitarbeiter im Gesamtkontext ihres unternehmerischen Umfeldes Prozesse und Einflüsse mitbedenken. *Unternehmerisches Denken* wird damit zu einer wichtigen Kompetenz im digitalen Transformationsprozess (z.B. Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle) [Jo16], [St14].
- Da die Arbeitsprozesse sowie auch die Arbeitszeiten zunehmend flexibler gestaltet werden, ist es notwendig, die zur Verfügung stehende Zeit optimal zu nutzen. Zur Begegnung der Herausforderungen der Industrie 4.0 wird das effektive *Zeitmanagement* somit zu einer wichtigen Kompetenz [Ge15], [Jo16].

### Soziale Kompetenz

Im Bereich der Sozialen Kompetenz sieht die Mehrheit der Befragten die Kommunikationsfähigkeit (85%) und Kooperationsfähigkeit (69%) sowie die Teamfähigkeit (56%) als die wichtigsten Kompetenzen an. Darüber hinaus werden die Lehrfähigkeit (44%) und Beziehungsfähigkeit (36%) als wichtige Kompetenzen eingeschätzt (Abbildung 3).

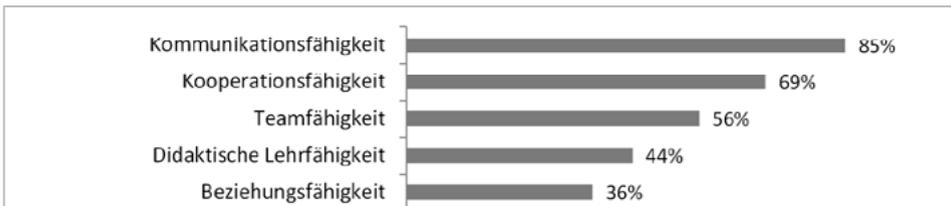


Abbildung 3: Soziale Kompetenz – Ergebnisse der Experteneinschätzung (Top 5)

- Im Zusammenhang mit der Digitalisierung stellen insbesondere das Arbeiten in stark vernetzten Geschäftsökosystemen auf virtuellen Plattformen, internationalen Teams und indirekten Kontakten erhebliche Herausforderungen dar. Mitarbeiter müssen in

einem größeren Umfang in virtuellen Umgebungen arbeiten und miteinander kooperieren. Diese virtuelle Zusammenarbeit erfordert ein hohes Maß an *Kommunikation* sowie *Kooperation*, welche ausschlaggebend für effizientes Arbeiten in dynamischeren und heterogeneren Teams sind [Ge15], [Jo16], [HS16], [Ba14], [Th16], [Lo15], [Sp16], [St14].

- Der vermehrte Einsatz funktionsübergreifender Teams kann nur mittels entsprechender organisatorischer und kooperativer *Teamfähigkeiten* realisiert werden. Darüber hinaus erfordert die steigende Diversität von Mitarbeitern Toleranz und interkulturelle Fähigkeiten [Ge15], [Jo16], [St14].
- Durch den demografischen Wandel wird es erforderlich, dass die Generation erfahrener Mitarbeiter ihr Wissen an die jüngeren Generationen weitervermittelt. Daher werden insbesondere die *didaktische Lehrfähigkeit* und die Fähigkeit Wissen zu kommunizieren notwendig [Ge15], [Jo16], [St14].

### Persönliche Kompetenz

Im Bereich der Persönlichen Kompetenz (Abbildung 4) wird die Flexibilität (92%) als wichtigste Eigenschaft im Digitalisierungskontext eingeschätzt. 79% der Befragten sehen darüber hinaus die Lern- und Veränderungsfähigkeit als zentral an, gefolgt von Stressresistenz und Belastbarkeit (44%) sowie Nachhaltigkeitsbewusstsein (41%) und Verantwortungsbereitschaft (41%).

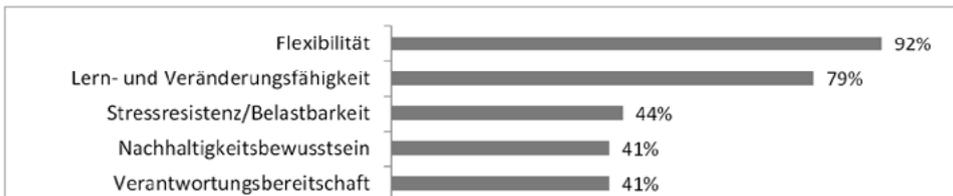


Abbildung 4: Persönliche Kompetenzen – Ergebnisse der Experteneinschätzung (Top 5)

- Aufgrund des steigenden Bedarfs an funktionsübergreifender Arbeit, innovativeren Produkten und der allgemeinen Notwendigkeit, flexibler und reaktionsschneller zu werden, stellt die *Flexibilität* eine entscheidende Kompetenz dar. Darüber hinaus überschreiten Telearbeit, Co-Working-Rooms, virtuelle Teams, Freelancer- und Online-Talentplattformen die physischen Grenzen von Arbeitsplätzen und damit auch die Grenzen zwischen Arbeit und Leben. Mitarbeiter werden zeit- und ortsunabhängig [Jo16], [St14].
- In dynamischen und innovativen Ökosystemen schaffen wechselnde Bedingungen und sich ändernde Situationen neue Herausforderungen, in denen Mitarbeiter Kenntnisse und umfassendes Wissen für das Verständnis von Wirkzusammenhängen erwerben müssen. In diesem Zusammenhang gewinnen die *Lern- und Veränderungsfähigkeit* zunehmend an Bedeutung, um innerhalb eines angemessenen

Zeitraums Kenntnisse und Fähigkeiten erwerben zu können, die es dem Mitarbeiter ermöglichen, neue Aufgaben auszuführen [Ge15], [Jo16], [Ba14], [St14].

- Aufgrund der dynamischen Prozesse, der immer flexibleren Arbeitszeiten und Einsatzorte, steigt die Belastung für den einzelnen Mitarbeiter und kann in Stress resultieren (ständige Erreichbarkeit, 24-Stunden-Gesellschaft). Daher ist eine wichtige Kompetenz eine ausreichende *Stressresistenz* zu entwickeln und dementsprechend eine gute *Belastbarkeit* innezuhaben.
- Das gesteigerte Bewusstsein gegenüber der Natur und dem Menschen führt dazu, dass sich Mitarbeiter ihrer Verantwortung bewusst werden und entsprechend auch im unternehmerischen Kontext handeln. Somit wird auch das *Nachhaltigkeitsbewusstsein* zu einer zentralen Kompetenz im Zeitalter der digitalen Transformation [Th16].

## 4 Perspektiven für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten

Die dargestellten Ergebnisse liefern die Basis für weitere aktuelle F&E-Aktivitäten am Fraunhofer IPK. Hierbei handelt es sich einerseits um wissenschaftlich-konzeptionelle Arbeiten und andererseits um die Entwicklung konkreter Methoden und deren Implementierung im betrieblichen Kontext.

### 4.1 Wissenschaftlich-konzeptionelle Arbeiten

Im Rahmen dieses Beitrags wurden 12 ausgewählte Studien mit dem Ziel analysiert, erfolgskritische Kompetenzen zu identifizieren, die in der Industrie 4.0 eine zentrale Rolle spielen und zukünftig weiter an Bedeutung gewinnen. Gegenwärtig werden weitere inhaltliche Auswertungen vorgenommen. Im Mittelpunkt stehen hier rund 20 Kompetenzmodelle, die sich im betrieblichen Einsatz befinden oder aus der Kompetenzmanagementliteratur stammen. Dabei wird ein kriteriengeleiteter Abgleich vorgenommen zwischen einerseits klassischen Kompetenzmodellen und andererseits Kompetenzmodellen, die insbesondere die Themen Industrie 4.0 und Digitalisierung adressieren. Hier zeichnet sich ab, dass in beiden Modellgruppen häufig sehr ähnliche Begrifflichkeiten genutzt werden, diese aber – wenn überhaupt – unterschiedlich interpretiert werden. Ein ähnliches Muster lässt sich auch in der hier durchgeführten Inhaltsanalyse erkennen. So werden beispielsweise im Bereich der Sozialen Kompetenzen die Kommunikations-, Kooperations- und Teamfähigkeit als zentral für die erfolgreiche Bewältigung von Industrie 4.0 angesehen (vgl. Kapitel 3). Allerdings wurden diese Kompetenzen auch schon früher als höchst relevant für eine erfolgreiche Organisationsgestaltung erachtet. Zukünftig muss es also darum gehen, hier noch einmal trennschärfer herauszuarbeiten, wie sich veränderte Kompetenzanforderungen durch Digitalisierung und Industrie 4.0 vom klassischen Verständnis unterscheiden bzw. wie

sich diese Sichtweisen schlüssig integrieren lassen. Erste Schritte hierzu hat beispielsweise die DGFP unternommen [De16].

Die oben skizzierten Harmonisierungsarbeiten können die betriebliche Anwendung positiv befördern, in dem sie ein geschärftes Vokabular bereitstellen. Hieran schließen sich weitere konzeptionelle Fragen an, z.B. wie die „neuen Digitalkompetenzen“ in bereits im betrieblichen Einsatz befindliche Kompetenzmodelle eingegliedert werden sollen. Hier bieten sich z.B. ein *integrativer Ansatz* (Digitalkompetenzen werden in bestehende Kompetenzdimensionen eingeordnet), ein *additiver Ansatz* (Digitalkompetenzen werden als eigenständige Dimension ergänzt) oder eine *Kombination beider Ansätze* an [OE19].

Konzeptionelle Arbeiten dieser Art können u.a. den Prozess zur Erstellung der Normungsroadmap „Innovative Arbeitswelt“ unterstützen. Diese vom DIN initiierte Initiative will aufzeigen, welche Bereiche, die den Arbeitsplatz und das unmittelbare Arbeitsumfeld des Menschen beeinflussen, durch Normung und Standardisierung unterstützt werden können. Innerhalb von acht unterschiedlichen Arbeitsgruppen werden hierzu Handlungsempfehlungen erarbeitet. Dabei sollen die Forschungsarbeiten zur Harmonisierung der Kompetenzdebatte im Kontext der Digitalisierung die Aktivitäten der Arbeitsgruppe „Wissen, Lernen, Kompetenz“ unterstützen. Diese Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit der Betrachtung von Entwicklungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten der Beschäftigten in zukünftigen Arbeitswelten. Die zentralen Themenfelder sind Kompetenz, Organisation, Lernformen, Lernkultur sowie eine lernförderliche Aufgabengestaltung.

## 4.2 F&E-Arbeiten für die betriebliche Anwendung

Kompetenzmodelle stellen einen Anforderungskatalog an die Beschäftigten dar, in dem Kompetenzen zur Leistungserbringung und Problemlösung verständlich dokumentiert sind. Sie schaffen somit die Grundlage für die Identifikation und Messung von Kompetenzen auf betrieblicher Ebene und eröffnen die Möglichkeit, gezielte Maßnahmen im Rahmen des Personalmanagements abzuleiten [SS16].

Die für die Digitalisierung wichtigen Fach- und Methodenkompetenzen sowie die Sozialen und Persönlichen Kompetenzen wurden in diesem Beitrag durch eine Sekundär- und Primärdatenanalyse identifiziert. Für Unternehmen besteht nun die Herausforderung, diese Kompetenzen im Hinblick auf die Anforderungen und Rahmenbedingungen des eigenen Unternehmens zu interpretieren und anzupassen. Dazu entwickelt das Fraunhofer IPK eine Kompetenzmanagement-Methodik, die sich am Lebenszyklus eines Mitarbeiters orientiert und es ermöglicht, ein umfassendes HR-Konzept unter Berücksichtigung wichtiger Kompetenzen der Mitarbeiter zu entwickeln (Abbildung 5). Das phasenorientierte Modell ermöglicht es, zentrale Aufgaben des HRM zu verknüpfen und am Lebenszyklus des Mitarbeiters auszurichten. Der Ansatz kombiniert u.a. die Entwicklung eines umfassenden Karriereplans für Mitarbeiter mit der Definition der erforderlichen Kompetenzprofile, um daraus notwendige Maßnahmen, wie Trainings oder Anreizsysteme abzuleiten. Somit wird eine Grundlage gelegt, um die Bedürfnisse des

Unternehmens mit den Bedürfnissen seiner Mitarbeiter in Einklang zu bringen.

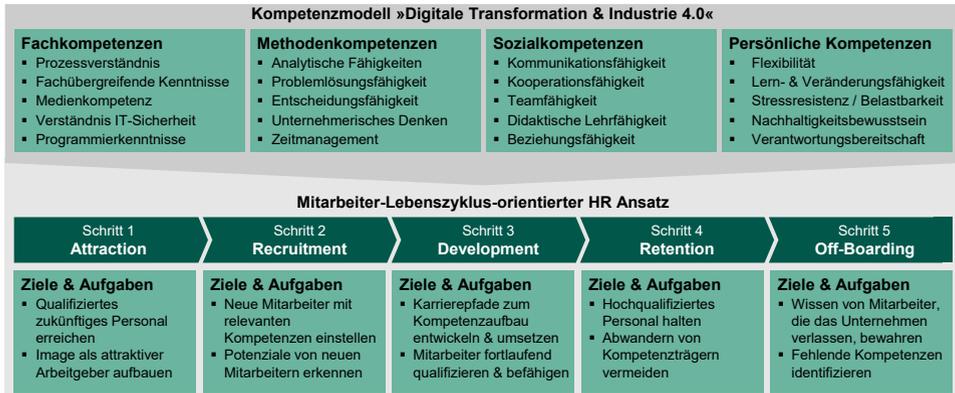


Abbildung 5: Konzeptentwurf für den fünfstufigen Ansatz für ein HR Konzept in Unternehmen

Das Lebenszyklus-Management der Mitarbeiter wird zunehmend durch digitale HR-Technologien unterstützt. Anhand der fünf Schritte des Modells werden im Folgenden Beispiele aufgezeigt, die den aktuellen Stand der Entwicklungen im Bereich People Analytics skizzieren.

Key-Performance Indicators werden von Unternehmen seit Mitte des letzten Jahrhunderts gesammelt, um auf deren Basis unternehmerische Entscheidungen zu treffen. Anfangs hatten HR-Manager Analytics-Methoden im Rahmen der Leistungsdiagnostik von potenziellen oder vorhandenen Mitarbeitern, beispielsweise in Assessment Centern, betrieben. In der Weiterentwicklung der Thematik hat sich People Analytics mittlerweile zu einer ganzheitlichen Methodik ausgeweitet, indem KPIs aus zahlreichen Quellen zur Ableitung bzw. Unterstützung von Managemententscheidungen im Bereich des Human Resource-Managements analysiert werden. Global Player wie Google haben Ihre Human Resource-Abteilungen bereits auf das datenbasierte Arbeiten trainiert und treffen Entscheidungen, wie in allen anderen Unternehmensbereichen, ausschließlich auf Basis von Datenauswertungen [RFS16, Su13].

Im Prozess der „Attraction“ von Mitarbeitern werden Unternehmen meist vor die Frage gestellt, wo und wann die besten Mitarbeiter angeworben werden sollten. So wurde bisher beispielsweise im Bankensektor die Strategie verfolgt, möglichst bestbenotete Bewerber von Eliteuniversitäten auszuwählen. Umfangreiche Datenerhebungen sowie Machine-learning-basierte Analysen haben jedoch gezeigt, dass die Top-Performer aus einer bestimmten Anzahl von Universitäten und Programmen stammten, die nicht mit der vorherigen Auswahl übereinstimmte. Durch dieses Wissen können Ressourcen nach der Auswertung besser eingesetzt werden [RFS16].

Im Bereich des „Recruitment“ zeigen High-Tech-Vorreiter wie Google, dass durch einen eigens entwickelten Algorithmus die Einstellungspraxis und Erfolgsquote eingestellter Mitarbeiter deutlich verbessert werden kann. Der Algorithmus hat belegt, dass mehr als

vier Interviews pro potenziellem Mitarbeiter keinen Mehrwert bieten und damit die Dauer von der Bewerbung bis zur Einstellung verkürzt werden kann. Ferner wurde der Algorithmus auf die Bewerbungsdaten von in der Vergangenheit abgelehnten Bewerbern eingesetzt, wodurch herausgefunden werden konnte, dass ca. 1,5% dieser Bewerber ein hohes Potenzial für eine Einstellung aufgewiesen haben [Su13]. Durch die strukturierte Weiterentwicklung solcher Tools kann der Recruiting Prozess weiter optimiert werden.

Am Beispiel des Unternehmens GE Digital wird der Nutzen von People Analytics bezüglich der Prozesse „Recruitment“ und „Development“ deutlich. GE Digital setzt auf strategische Talentplanung, welche eng mit Fort- und Ausbildungsprozessen und dem Recruiting verbunden ist. Dazu wurden über 6 Millionen personenbezogene Datenpunkte in einem Datenset gesammelt, um diese als Basis für die Talentplanung zu verwenden. Durch die gewonnenen Informationen konnte analysiert werden, wie ein erfolgreicher Mitarbeiter in Bezug auf Kompetenzen, Erfahrungen und Einsatzbereiche definiert wird. Neben der Datenanalyse wurden Vorhersagemodelle („predictive models“) eingesetzt, um mögliche aktuelle und zukünftige Lücken zu identifizieren, die Entwicklung von Recruitingstrategien zu unterstützen, den Bedarf an neuen Fachkräften zu ermitteln und Weiterentwicklungsprogramme neu zu gestalten. Die Ergebnisse dieser Auswertungen haben sowohl die Einstellungspraxis als auch den Einsatz von Trainee-Programmen bzw. gezielten Fortbildungsprogrammen beeinflusst. Mindestanforderungen an die Mitarbeiter konnten gezielt formuliert werden und die Mitarbeiter bei Bedarf entsprechend geschult werden.

Im Prozessschritt „Retention“ kann auf ein Beispiel der Firma Microsoft zurückgegriffen werden. Microsoft nutzt auf Basis des eigenen „People’s Models“ Datenanalysen dazu „Most Likely Leaver Profile’s“ von Mitarbeitern zu entwickeln. Diese Informationen werden mithilfe von Netzwerkdaten von sozialen Netzwerken ergänzt (z.B. LinkedIn), um zu analysieren, welche Mitarbeiter mit hoher Wahrscheinlichkeit das Unternehmen verlassen würden. Mit Hilfe dieses Wissens können Unternehmen aktiv auf ihre Mitarbeiter eingehen und mit unterschiedlichen Maßnahmen gezielt ansprechen [Ma16, HPS15].

Im Prozessschritt „Off-Boarding“ besteht eines der Hauptziele darin, das Wissen des Mitarbeiters, der das Unternehmen verlässt, in der Organisation zu halten. In diesem Zusammenhang existieren viele verschiedene Methoden aus dem Bereich des Wissensmanagements, (z.B. strukturierte Wikis), die dieses Ziel unterstützen. Darüber hinaus helfen Analysemethoden die Kompetenzen zu identifizieren, die durch den Weggang von Mitarbeitern dem Unternehmen nicht mehr zur Verfügung stehen. Durch die intelligente Verknüpfung von Methoden der Prozesse „Recruitment“ und „Development“ können die fehlenden Kompetenzen effektiv durch neue Mitarbeiter in das Unternehmen geholt oder durch Qualifizierung des bestehenden Personals abgedeckt werden.

Diese ausgewählten Beispiele veranschaulichen aktuelle Entwicklungen zum Einsatz von HR-Technologien entlang des Mitarbeiterlebenszyklus, die einerseits Potenziale auf

betrieblicher Ebene verdeutlichen, andererseits aber durchaus kritisch betrachtet werden können (z.B. Vereinbarkeit mit etablierten Wertvorstellungen von informationeller Selbstbestimmung und Datenschutz). Vor dem Hintergrund der gegenwärtigen Diskussion zu Kompetenzen und Personalentwicklung im Kontext der digitalen Transformation wurde daher mit den Expertengruppen (siehe Kapitel 3) erörtert, welche Herausforderungen und Fragestellungen für die Forschung und die betriebliche Anwendung existieren. Die wichtigsten Punkte dieser Diskussion lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- HR Analytics-Anwendungen generieren große personenbezogene Datenmengen. Wie kann der Datenschutz gewährleistet werden? Wer hat zu welchem Zweck Zugriff auf diese Daten? Wie ist mit diesen Daten umzugehen, wenn ein Mitarbeiter das Unternehmen verlässt?
- Sind die heutigen Instrumente der Eignungsdiagnostik geeignet, um Digitalkompetenzen valide zu bewerten? Welcher Bedarf besteht bei der Anpassung existierender Instrumente? Wie können digitale Technologien (z.B. Künstliche Intelligenz) in diesem Zusammenhang sinnvoll genutzt werden?
- Welche Potenziale bieten digitale Technologien bei der Kompetenzentwicklung (z.B. eLearning, Distance Learning, Lernfabriken, Augmented/Virtual Reality)? Wie lassen sich diese Technologien in den Arbeitsalltag integrieren?
- Wie können digitale Technologien einen Beitrag leisten, um Kompetenzen und Wissen im Unternehmen zu bewahren, wenn Mitarbeiter das Unternehmen verlassen?
- Welche neuen betrieblichen Funktionen und Rollen wird es aufgrund der zunehmenden Digitalisierung geben (z.B. Chief Digital Officer, Data Scientist)? Wie werden sich die veränderten Anforderungen in den Stellenprofilen widerspiegeln?
- Welche Anforderungen ergeben sich an die Entwicklung und Standardisierung von Kennzahlensystemen im HR-Bereich (z.B. ISO 30414 „Human Capital Reporting für interne und externe Berichterstattung“)?

## **5 Fazit und Ausblick**

Der rasante Wandel der Arbeitswelt wird von Faktoren wie Digitalisierung, Globalisierung und Flexibilisierung geprägt. Technische Entwicklungen führen zunehmend dazu, dass sich die Anforderungen an die Mitarbeiterkompetenzen enorm verändern. Ziel des Beitrags ist es, relevante Kompetenzen zu identifizieren, die unter den veränderten Rahmenbedingungen der Digitalisierung eine zentrale Rolle spielen. Die Ergebnisse der Primär- und Sekundärdatenanalyse zeigen, dass Mitarbeiter (zukünftig) zunehmend flexibel und lernbereit sein müssen, um dynamisch wechselnden Arbeitsinhalten begegnen zu können. Des Weiteren steigt durch die erhöhte Kollaboration auch die Komplexität, so dass Mitarbeiter vermehrt funktionsübergreifend arbeiten und dabei teamfähig und kooperativ agieren müssen. Ein zusätzliches Prozessverständnis ist

dafür unumgänglich. Sowohl das veränderte Aufgabenspektrum, zumeist mit mehr Verantwortung gepaart, als auch der Umgang mit komplexen Datenmengen erfordern entsprechende Analyse- und Entscheidungsfähigkeiten. Zusätzlich gewinnen Medienkompetenzen durch die Integration von Medien- und Digitalisierungsinhalten in den Arbeitsalltag immer mehr an Bedeutung.

Der hier entwickelte Kompetenzkatalog stellt ein Zwischenergebnis dar. Weitere Forschungsarbeiten sollten sich u.a. darauf konzentrieren, Begrifflichkeiten zu schärfen, um somit eine Harmonisierung der Kompetenzdebatte zu unterstützen. Darüber hinaus sind Methoden und Lösungen zu entwickeln, um die Erfassung, Bewertung und Entwicklung digitaler Kompetenzen auf betrieblicher Ebene zu fördern.

Der in diesem Beitrag skizzierte Mitarbeiter-Lebenszyklus-basierte Ansatz konnte bereits erfolgreich in der Praxis getestet und weiterentwickelt werden. Dazu fand er im Rahmen des EU H2020 geförderten Projekts EPIC (Excellence Center for Production Informatics and Control) beim EPIC Centre of Excellence Anwendung. Im Ergebnis dieser exemplarischen Anwendung konnte ein umfassendes HR Konzept für das EPIC Centre of Excellence erstellt werden, welches u.a. ausführliche Rollenbeschreibungen und Kompetenzprofile sowie vordefinierte Qualifizierungspfade und Trainings enthält. Darüber hinaus war es möglich, die Wichtigkeit der oben genannten Kompetenzen, insbesondere bei der Erstellung von konkreten Kompetenzprofilen für einzelne Mitarbeitergruppen und -rollen, zusätzlich zu validieren. Weitere pilothafte Anwendungen im industriellen Umfeld sind geplant.

## Quellen

- [Ba14] Bauer et al. (2014): Industrie 4.0- Eine Revolution der Arbeitsgestaltung. Wie Automatisierung und Digitalisierung unsere Produktion verändern werden. Ingenics AG, Fraunhofer IAO, Ulm.
- [Bm15] BMAS (2015): Arbeiten 4.0 - Arbeit weiter denken. Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Berlin, S. 60.
- [Bm14] BMBF (2014): Die neue Hightech-Strategie - Innovationen für Deutschland, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin, S.21.
- [BR16] Blanchet, M.; Rinn, T. (2016): The Industrie 4.0 transition quantified. How the fourth industrial revolution is reshuffling the economic, social and industrial model. Roland Berger.
- [De16] Deutsche Gesellschaft für Personalführung e.V. (2016): Leitfaden: Kompetenzen im digitalisierten Unternehmen. DGFP-Praxispapiere (02), 2016.
- [HE07] Heyse, V.; Erpenbeck, J. (2007): Kompetenzmanagement - Methoden, Vorgehen, KODE® und KODE®X im Praxistest, Waxmann, Münster, ISBN:

978-3-8309-1825-7.

- [HK15] Häusling, A.; Kahl, M. (2015): Auf dem Weg zum agilen Unternehmen - Wie HR als Katalysator wirkt. In: Bentele, M.; Niemeier, J.; Schütt, P.; Weber, M. (Hrsg.): Smart & Social - Wissensaktivierung im digitalen Zeitalter, 17. Kongress für Wissensmanagement, Social Collaboration und Industrie 4.0, GITO mbH Verlag, Berlin, S. 111-119.
- [Ho15] Hoberg, P.; Krcmar, H.; Oswald, G.; Welz, B. (2015): Skills for Digital Transformation. TU München, Garching.
- [HPS15] Holthaus, C.; Park, Y.; Stock-Homburg, R. (2015): People Analytics und Datenschutz–Ein Widerspruch? In: Datenschutz und Datensicherheit – DuD. September 2015, Volume 39, Issue 10, pp. 676–681 <https://doi.org/10.1007/s11623-015-0497-2>
- [HS16] Hammermann, A.; Stettes, O. (2016): Qualifikationsbedarf und Qualifizierung. Anforderungen im Zeichen der Digitalisierung. Institut der deutschen Wirtschaft, Köln.
- [Jo16] Joerres, J.; McAuliffe, J.; Beba, U.; Awad, A.B. et al. (2016): The Future of Jobs - Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum.
- [Lo15] Lorenz, M.; Rüßmann, M.; Strack, R.; Lueth, K.L.; Bolle, M. (2015): Man and Machine in Industry 4.0 - How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025? Boston Consulting Group.
- [Ma10] Mayring, P. (2010): Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Bd. 14, Beltz Pädagogik, Weinheim und Basel, ISBN: 978-3407255334.
- [Ma16] Marr, B. (2016): The 8 HR Analytics Every Manager Should Know About. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2016/03/01/the-8-hr-analytics-every-manager-should-know-about/#1b0a9e68788f> (Stand 01.03.2019).
- [Me06] Meline, T. (2006): Selecting Studies for Systematic Review: Inclusion and Exclusion Criteria. In: Contemporary issues in communication science and disorders, volume 33, spring 2006, pp. 21–27.
- [OE19] Orth, R.; Engel, A. (2019): Kompetenzmodelle im Kontext der Digitalen Transformation. Internes Arbeitspapier Fraunhofer IPK, Berlin.
- [RFS16] Romrée, H.; Fechey-Lippens, B.; Schaninger, B. (2016): People analytics reveals three things HR may be getting wrong. <https://www.mckinsey.com/business-functions/organization/our-insights/people-analytics-reveals-three-things-hr-may-be-getting-wrong>

(Stand 01.03.2019).

- [Rü15] Rüßmann, M.; Lorenz, M.; Gerbert, P.; Waldner, M.; Justus, J.; Engel, P.; Harnisch, M. (2015): Industry 4.0. The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. Boston Consulting Group.
- [Sp13] Spath, D.; Ganschar, O.; Gerlach, S.; Hämmerle, M.; Krause, T.; Schlund, S. (2013): Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, Fraunhofer Verlag, Stuttgart, ISBN: 978-3-8396-0570-7.
- [Sp16] Spöttl, G.; Gorltd, C.; Windelband, L.; Grantz, T.; Richter, T. (2016): Industrie 4.0 - Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie. Bayme vbm, Bremen.
- [SS16] Sauter, W.; Staudt, F.-P. (2016): Strategisches Kompetenzmanagement 2.0. Potenziale nutzen – Performance steigern. Springer Gabler. Heidelberg. ISBN: 978-3-658-11294-3.
- [St14] Störmer, E.; Patscha, C.; Prendergast, J.; Daheim, C.; Rhisiart, M.; Glover, P.; Beck, H. (2014): The Future of Work Jobs and Skills in 2030. UK Commission for Employment and Skills.
- [Su13] Sullivan, J. (2013): How Google Is Using People Analytics to Completely Reinvent HR. TLNT. <https://www.tlnt.com/how-google-is-using-people-analytics-to-completely-reinvent-hr/> (Stand: 01.03.2019).
- [Th16] Ten Hompel, M.; Anderl, R.; Gausemeier, J.; Meinel, C.; Schildhauer, T.; Beck, M.; Schaper, N.; Maier, G.; Nagel, L.; Cirullies, J.; Engelmeier, G.; Flum, T.; Heindl, A.; Kaufhold, T.; Schwede, C.; Zajac, M.; Winter, J. (2016): Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 - Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen, Kooperation aus acatech, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML und equeo GmbH, München.
- [Wo15] Wolter, M.; Mönning, A.; Hummel, M.; Schneemann, C.; Weber, E.; Zika, G. et al. (2015): Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Nürnberg.



## Anhang

Tabelle 5: Überblick über analysierte Kompetenzstudien (eigene Darstellung)

Quelle	Institution	Titel	Sektor und Unternehmensgröße	Regionaler Fokus	Art der Studie
[HS16]	IDW	Qualifikationsbedarf und Qualifizierung. Anforderungen im Zeichen der Digitalisierung	Verschiedene Sektoren / keine Größenbeschränkung	Deutschland	Unternehmensbefragung (N=1.394)
[Ba14]	Fraunhofer IAO	Industrie 4.0- Eine Revolution der Arbeitsgestaltung	Verschiedene Sektoren / alle Größen (Fokus auf Automotive, Maschinen - und Anlagenbau)	Deutschland	Unternehmensbefragung (N=518)
[Jo16]	World Economic Forum	The Future of Jobs	Verschiedene Sektoren / keine Größenbeschränkung	ASEAN, Australien, Brasilien, China, GCC, Frankreich, Indien, Deutschland, Italien, Japan, Mexiko, Türkei, Südafrika, UK, USA	Unternehmensbefragung (N=371)
[Th16]	acatech, Fraunhofer IML, equo GmbH	Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0	Verschiedene Sektoren / alle Größen (Fokus auf Automotive, Maschinen - und Anlagenbau)	Deutschland	Unternehmensbefragung (N=345)
[Ho15]	TU München	Skills for Digital Transformation	Verschiedene Sektoren / keine Größenbeschränkung	Argentinien, Australien, China, Deutschland, Italien	Unternehmensbefragung (N=81)
[St14]	UK Commission for Employment and Skills	The Future of work: Jobs and Skills in 2030	Verschiedene Sektoren / keine Größenbeschränkung	UK	Szenarioanalyse, inkl. Expertenbefragung (N=34)
[Lo15]	Boston Consulting Group	Man and Machine in Industry 4.0	Produktionsunternehmen / keine Größenbeschränkung	Deutschland	Szenarioanalyse, inkl. Expertenbefragung (N=20)
[Sp16]	bayme vbm	Industrie 4.0 - Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie	Metall- und Elektroindustrie, Kleine und mittlere Unternehmen	Deutschland	Expertenbefragung (N=42), Literaturanalyse, Fallstudien, Experten-Workshops
[Wo15]	IAB	Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft	Verschiedene Sektoren / keine Größenbeschränkung	Deutschland	Szenarioanalyse
[BR16]	Roland Berger	The Industrie 4.0 transition quantified  How the fourth industrial revolution is reshuffling the economic, social and industrial model	Verschiedene Sektoren, insb. Automotive / keine Größenbeschränkung	Südkorea, China, Brasilien, USA, Italien, Japan, UK, Frankreich, Deutschland	Szenarioanalyse
[Rü15]	Boston Consulting Group	Industry 4.0   The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries	Produzierendes Gewerbe / keine Größenbeschränkung	Deutschland	Szenarioanalyse, Fallstudien
[Ge15]	VDI / ASME	A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective	Produzierendes Gewerbe / keine Größenbeschränkung	Deutschland und USA	Szenarioanalyse

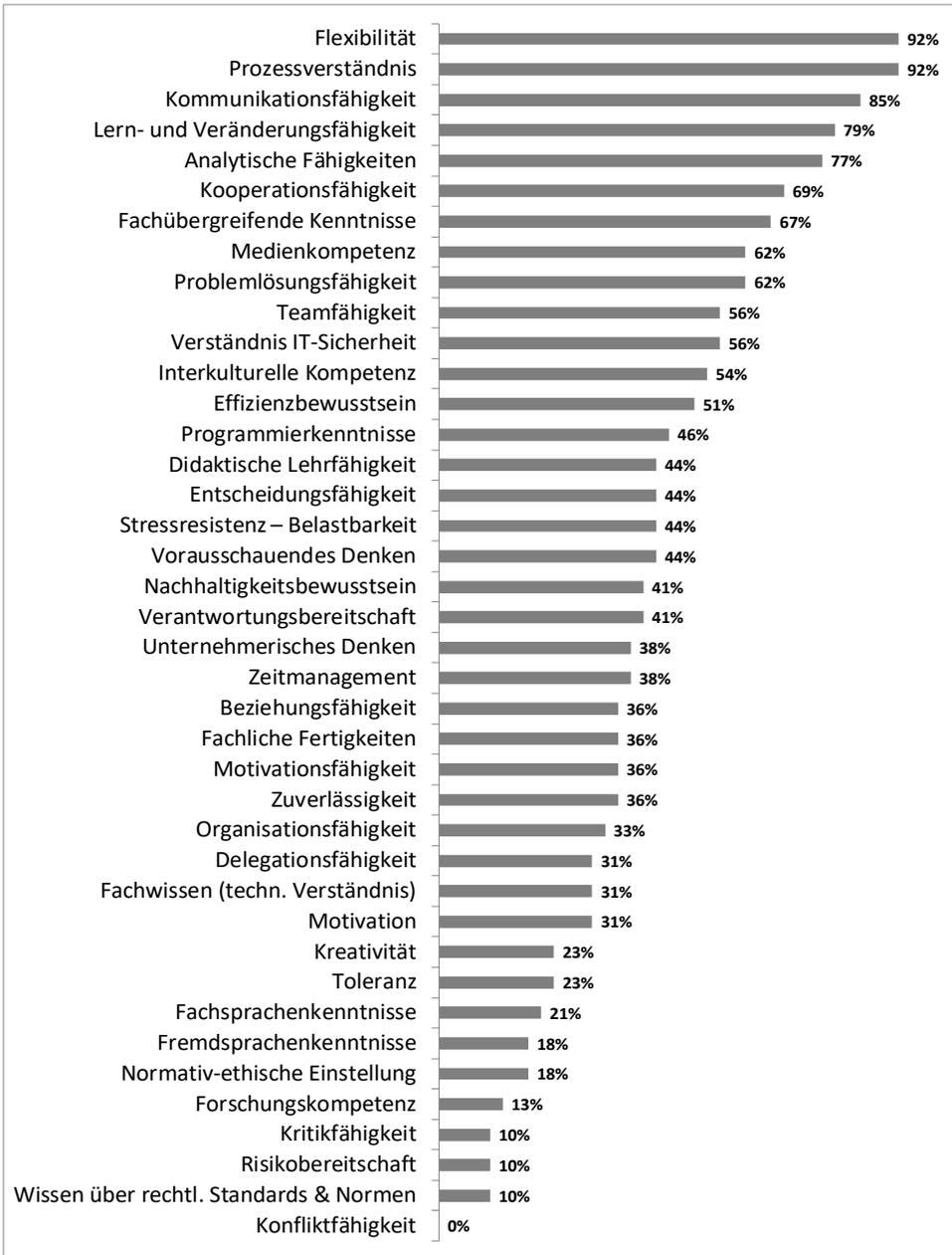


Abbildung 6: Einschätzung der Relevanz von Kompetenzen für Industrie 4.0 (eigene Darstellung)