

Frank Hartmann

## 1.2.2 Zukünftige Anforderungen an Kompetenzen im Zusammenhang mit Industrie 4.0 – Eine Bestandsaufnahme

### Einführung

Der folgende Beitrag beschäftigt sich mit Anforderungen an Kompetenzen, die aus der Digitalisierung generell und der Digitalisierung in der Industrie im Besonderen resultieren. Hierzu wurde die umfangreiche Diskussion der vergangenen Jahre in Deutschland zu Folgen der Digitalisierung für die Arbeit ausgewertet. Dies erfolgte auf der Basis einer Literaturanalyse, in deren Mittelpunkt die Diskussion um Industrie 4.0 in Deutschland steht. Es wurden über 24 Studien aus den Jahren 2014-2016 zum Thema analysiert. Diese Studien wurden mit 14 Kategorien, die dem Spannungsverhältnis Mensch-Organisation-Technik zugeordnet sind, unter Zuhilfenahme des Analyse-Tools atlas.ti, kodiert und die Ergebnisse anschließend synthetisiert. Im Ergebnis dessen wird in diesem Beitrag die aktuelle Diskussion über Digitalisierung und Zukunft der Arbeit unter dem Gesichtspunkt von Kompetenzanforderungen systematisch ausgewertet. Am Ende des Artikels wird auf einige Engführungen in der Diskussion aufmerksam gemacht, um für zukünftige Herausforderungen zu sensibilisieren.

### Anforderungen an Arbeit in der gegenwärtigen Diskussion

Wie unterschiedlich die Auffassungen zur Arbeit der Zukunft in Deutschland auch sein mögen, die Arbeitswissenschaftler\_innen und Industriosozio-log\_innen aber auch z. B. Historiker\_innen gehen mehrheitlich von der Annahme aus, dass die Erwerbsarbeit, wie sie sich im 19. und 20. Jahrhundert herausgebildet hat, gegenwärtig wie in der Zukunft Bestand haben wird. Es gehe nicht um das Ende der Erwerbsarbeit, sondern um deren tiefgreifende Veränderung im Dreieck von Markt/Betrieb, Familie/Haushalt sowie Staat/Politik (Kocka 2016, S.12). Die traditionelle Erwerbsarbeit wird in diesem Verständnis elastischer und fluider. Gleichzeitig erweitert sich wieder die lange Zeit dominierende Einengung des Arbeitsbegriffs auf Erwerbsarbeit. Andere Arbeitsformen wie Eigenarbeit, Hausarbeit oder ehrenamtliche Arbeit gewinnen an Boden (Kocka 2016 S.14).

In der wissenschaftlichen Diskussion, aber auch im öffentlichen Diskurs, besteht weitgehend Konsens, auch darin, dass Anforderungen an Arbeit nicht direkt und unmittelbar technologischen Entwicklungen folgen. Arbeit ist im Zusammenhang mit der Entwicklung

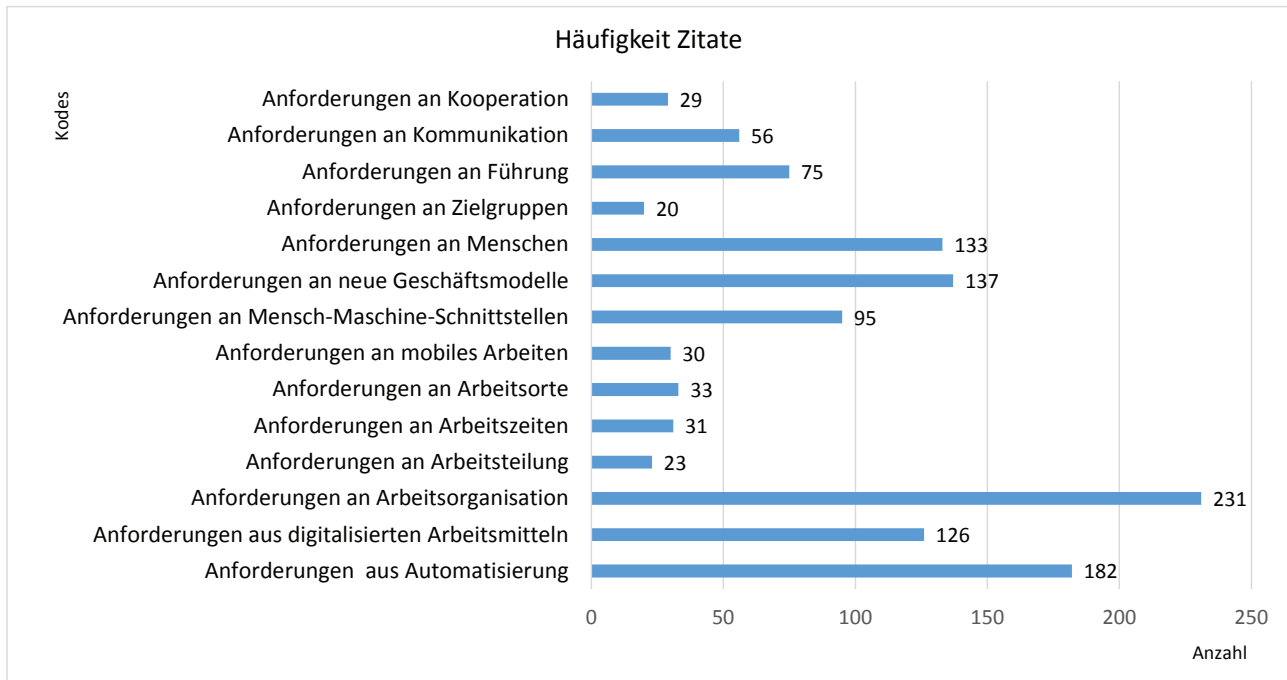
und Einführung neuer Technologien gestaltbar. In diesem Zusammenhang rückt das soziotechnische System Mensch-Technik-Organisation in den Fokus, welches sich infolge der Digitalisierung verändert (Hirsch-Kreinsen 2014a). Ein Schlüsselfaktor und Treiber ist hierbei die Flexibilisierung der Leistungserbringung auf Grundlage von zunehmenden Marktvolatilitäten, bedingt durch den Trend zur Individualisierung, durch Dynamisierung und zunehmende Komplexität. Flexibilität bezieht sich auf Anlagen in ganzen Wertschöpfungsketten und -netzen und auf das Management sowie auf Mitarbeiter hinsichtlich der Arbeitszeiten, Arbeitsorte und Arbeitsinhalte (Spath et al. 2013). Am Ende einer Vision Industrie 4.0, die im Mittelpunkt der Diskussion um die Arbeit der Zukunft steht, geht es schließlich um die Fähigkeit zur Selbstorganisation der soziotechnischen Systeme, um diese Flexibilität herstellen zu können (Spath et al. 2013). Auch andere Autoren sehen dies in ähnlicher Weise (Bischoff et al. 2015; Güttel et al. 2016). Die Bewältigung von Flexibilisierung geht zudem einher mit der Innovationsfähigkeit und Innovationsbereitschaft von Unternehmen und Mitarbeitern im Spannungsverhältnis von Mensch-Technik-Organisation (Pfeiffer 2016 und Albrecht et al. 2016).

In diesem zentralen Spannungsfeld werden in der Diskussion wichtige Fragen der Zukunft der Arbeit behandelt.

- Welche Beschäftigungsperspektiven ergeben sich in der Zukunft?
- Welche Qualifikations- und Kompetenzanforderungen entstehen?
- Wie verändern sich Formen der Arbeitsorganisation und Arbeitsteilung?
- Was sind zukünftige Arbeitsbedingungen? (Ittermann et al. 2015)

Im Folgenden konzentriert sich der Autor auf Anforderungen an Kompetenzen. Diese Anforderungen lassen sich auf einzelne Komponenten des soziotechnischen Systems Mensch-Technik-Organisation beziehen. Sie umfassen aber auch solche Anforderungen, die auf die Gestaltung der Zusammenhänge zwischen diesen einzelnen Komponenten gerichtet sind.

Die Anforderungsanalyse basiert auf einer Sichtung der deutschsprachigen Literatur zur Arbeit im Zusammen-



**Abbildung 1: Kodes und Anzahl von Zitaten in der Literaturanalyse**

hang mit der zunehmenden Digitalisierung, insbesondere in der Industrie. Wie oben bereits erwähnt wurden Textpassagen zu unterschiedlichen Arten von Anforderungen mittels 14 Kodes analysiert. Die verwendeten Kodes sind aus der Abbildung 1 ersichtlich, ebenso wie die Anzahl von Zitaten (identifizierte Textpassagen pro Kode), die von 20 bis 231 reicht.

Nicht alle 24 Studien wurden in der Analyse wegen ihres inhaltlichen Fokus gleichermaßen berücksichtigt. Aufgrund erheblicher inhaltlicher Redundanzen und Überschneidungen sowie aus Gründen der Systematik wurden auch nicht alle Zitate in der Synthese verarbeitet. Das ist auch ein Grund dafür, dass in den folgenden Darstellungen auf einige Autor\_innen häufiger Bezug genommen wird. Einzelne, inhaltlich eng zusammenhängende, Kategorien wurden zusammengeführt. In der Synthesephase wurde auch deutlich, dass sich einige Anforderungen eher auf übergreifende Aspekte von Arbeit beziehen, andere stärker direkt auf Kompetenzen und Qualifikationen abzielen. In diesem Beitrag werden zunächst die übergreifenden Anforderungen skizziert, bevor auf solche Anforderungen eingegangen wird, die sich eher auf Kompetenzen beziehen.

### **Anforderungen an Arbeitsorganisation und Arbeitsteilung**

Beim Thema neue Anforderungen an die Arbeitsorganisation in Folge der Digitalisierung der Industrie stehen die *Neuorganisation der vertikalen Wertschöpfungskette* (von der Eingangslogistik über Produktion, Marketing/Vertrieb, Ausgangslogistik bis hin zu Kundendienst

und Service) und der *horizontalen Wertschöpfungskette* (vom Vorlieferant über Zulieferer, EndproduktHersteller, Händler, Industriekunden bis hin zu Logistikern) im Mittelpunkt. Voraussetzung für eine solche Neuorganisation der Wertschöpfungsketten sind im Idealfall der Industrie 4.0 selbststeuernde Produktionssysteme, die eine Anpassung an wechselnde Kundenwünsche, Störeinflüsse oder auch an sich verändernde Zulieferungen ermöglichen. Nach Auffassung von Regionomica muss diese Anpassungsfähigkeit oder *Flexibilität* zielgerichtet und systematisch organisiert werden (Regionomica 2014). Hirsch-Kreinsen weist allerdings begründet darauf hin, dass die einzelnen Flexibilitätsanforderungen in den Branchen und Unternehmen extrem unterschiedlich sein dürften (Hirsch-Kreinsen 2014a). Sie hängen mit der unterschiedlichen Komplexität der Leistungsangebote, der spezifischen Stellung in der Wertschöpfungskette und mit der Konditionierung eines Unternehmens zusammen. Auch spezifische Märkte und Marktbeziehungen beeinflussen die Anforderungen an Flexibilität, die somit nicht einheitlich sind.

Generell erforderlich wird allerdings ein *breiteres Verständnis über das Zusammenwirken des gesamten Produktionsprozesses, der Logistikanforderungen sowie der Lieferbedingungen*. Neben dem steigenden Bedarf an Überblickswissen erlangen in diesem Zusammenhang auch soziale Kompetenzen einen erhöhten Stellenwert, da mit der intensivierten Integration früher getrennter Funktionsbereiche der Bedarf an Interaktion – real wie computervermittelt – mit unterschiedlichen Personengruppen und weiteren Funktionsbereichen ansteigt (Hirsch-Kreinsen 2014). Für die Gestaltung der Arbeits-

organisation ergibt sich die Notwendigkeit, Produktentwicklung, Prozess- und Produktionssystemgestaltung sowie Vertrieb und Service integrativ zu entwickeln. Wichtig wird der Rückfluss von Erfahrungen aus dem Einsatz von Anlagen und Systemen in die Entwicklung. Gleichzeitig stellt sich die Aufgabe der Verknüpfung von Wertschöpfungsketten hin zu flexiblen Wertschöpfungsnetzen (Apt et al. 2016).

Kennzeichnend für die Arbeitsorganisation bezogen auf den Menschen ist die Erwartung, dass heutige Organisationsstrukturen flexibler und durchlässiger werden und *mehr Spielraum für individuelle Ansprüche lassen*. Die Flexibilität der Produktionsprozesse kann einhergehen mit einer flexibleren Ausgestaltung von Tätigkeiten, dies sicher auch wiederum unterschiedlich in verschiedenen Branchen bzw. Wirtschaftsbereichen (Apt et al. 2016).

Mit Industrie 4.0-Systemen und Flexibilität auf der Grundlage autonom agierender Komponenten verbindet sich in der Diskussion immer wieder auch die Vorstellung stärkerer Dezentralisierung und von Hierarchieabbau in Fabriken, was dazu führt, dass die *Stellung der Werker in den Produktionsprozessen gestärkt* wird (Hirsch-Kreinsen 2015a). „Die Werker sind zukünftig in der Lage, auf Basis intelligent vernetzter Produkte, Produktionsmaschinen, Fertigungsressourcen etc., die untereinander Auftrags- und Fertigungsinformationen austauschen, situationsorientiert Entscheidungen zu treffen“ (Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2014, S. 16).

Im Zusammenhang mit neuen Formen der Arbeitsorganisation im Zuge der Digitalisierung der Industrie unterscheidet Hirsch-Kreinsen *zwei arbeitsorganisatorische Muster*, die in der Diskussion eine bedeutende Rolle spielen und Konsequenzen für zukünftige Anforderungen an Arbeit und Kompetenzen haben. In der *polarisierten Organisationsform* finden sich auf der einen Ebene hoch qualifizierte Experten und technische Spezialisten mit einem hohen Grad an Entscheidungskompetenz. Auf der anderen Seite finden sich ausführende Beschäftigte, mit abgewertetem Qualifikations- und Kompetenzprofil und geringer Entscheidungskompetenz (Hirsch-Kreinsen 2014). Dieses Organisationsmuster entspricht in etwa dem Szenario Growing Gap von Pfeiffer (siehe weiter unten), die ihre Szenarien im Unterschied zu Hirsch-Kreinsen empirisch und nicht theoretisch abgeleitet hat (Pfeiffer et al. 2016). In der so genannten Schwarm-Organisation arbeiten locker vernetzte, qualifizierte und gleichberechtigte Beschäftigte zusammen. Für einzelne Beschäftigte gibt es keine definierten Aufgaben mehr, vielmehr handelt das Arbeitsteam situationsbestimmt und selbstorganisiert im Produktionssystem, das hochgradig automatisiert ist (Hirsch-Kreinsen 2014). Es entstehen hohe Anforderungen an die Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit der Beschäftigten und ihre Fähigkeit, im Prozess gemeinsam zu lernen. Dieses arbeitsorganisatorische

Muster ist gut vergleichbar mit dem Szenario General Upgrade von Pfeiffer.

Arbeitsteilung wird in zunehmendem Maße digital vermittelt, wobei sich neue Anforderungen an die Arbeitsteilung zunächst auf Menschen selbst und auf das Spannungsverhältnis von Mensch und Organisation beziehen können. Gründe für neue Anforderungen bestehen sowohl darin, dass ganze Wertschöpfungsprozesse durch den Einsatz digitaler Arbeitsmittel transparenter, besser beherrschbar und teilbar gemacht werden, als auch in der Möglichkeit, einzelne Arbeitsprozesse digital zu zerlegen (Apt et al. 2016). Dies ermöglicht auch eine räumliche Arbeitsteilung mit ihren möglichen Vor- und Nachteilen. Das Problem hierbei liegt in der *Definition von passfähigen Teilaufgaben, der Sicherung der Qualität der Bearbeitung der Teilaufgaben und beim qualitätsgerechten Assembling* (etwa beim Einsatz von Crowdworkern). Diese Fragmentierungsprozesse stellen anspruchsvolle Aufgaben dar, deren Bearbeitung neben den fachlichen Qualifikationen auch spezielle interkulturelle und soziale Qualifikationen erfordert (Apt et al. 2016).

Neue Anforderungen an die Arbeitsteilung beziehen sich aber auch auf das Spannungsfeld zwischen Mensch und Technik. Intensiv diskutiert wird hier die zukünftige Arbeitsteilung zwischen Algorithmen und Menschen. Werden in der Zukunft arbeitsteilig einfache Inhalte automatisch von Algorithmen analysiert während der Mensch für komplexere Sachverhalte zuständig bleibt? Wo wird die Grenze verlaufen und wie werden die Schnittstellen zukünftig aussehen? In diesen Kontext gehört auch die Frage, ob es eine künstliche Kompetenz gibt und was das für die Arbeitsteilung bedeutet (siehe hierzu den Beitrag von Veit Hartmann in diesem Band, S. 86ff). Apt et al. gehen davon aus, dass in der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine die Vorteile des Menschen „...hinsichtlich Wahrnehmung, Beurteilung, Induktion, Improvisation und Langzeitgedächtnis mit den Vorteilen von Maschinen in Sachen Geschwindigkeit, Kraft, Repetition, Berechnung, Multitasking und Kurzzeitgedächtnis...“ verbunden werden können (Apt et al. 2016, S. 57), was wiederum mit neuen Anforderungen an personale Kompetenzen verbunden sein wird.

### **Anforderungen an Mensch-Maschine-Schnittstellen**

Im Zusammenhang mit der Entwicklung hin zu Industrie 4.0 werden zwei unterschiedliche Automatisierungskonzepte diskutiert, die jeweils zu spezifischen Anforderungen an die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle führen. Im technologiezentrierten Ansatz hat das menschliche Arbeitshandeln lediglich einen kompensatorischen Charakter. In einem eher komplementären Ansatz geht es um eine Aufgabenteilung zwischen Mensch und Maschine, die die spezifischen Stärken und Schwächen menschlicher Arbeit und

technischer Automation identifiziert und die Mensch-Maschine-Interaktion so gestaltet, dass die jeweiligen Stärken entfaltet werden können (Hirsch-Kreinsen 2015). Dies schließt ein, dass sich die Kombination aus Mensch und Maschine am Anforderungsprofil der zu verrichtenden Tätigkeit orientiert. Der Anteil des Menschen kann variabel sein, z. B. je nach Qualifikation (Apt et al. 2016). „Eine solche Arbeitsteilung benötigt jedoch intuitive Übergabestrategien und auch die Möglichkeit des Menschen, Maschinenarbeit zumindest temporär zu übernehmen“ (Apt et al. 2016, S. 57). Dabei muss die Technik den Menschen verstehen (Umgebungswahrnehmung, reaktives Verhalten, Aufmerksamkeitssteuerung und Situationsinterpretation) und umgekehrt (Apt et al. 2016). In der Produktionswelt der Zukunft müssen Maschinen also in der Lage sein, sensorische Rückmeldungen eines Menschen zu verarbeiten – das kann bis hin zur Steuerung durch Gedanken gehen. Auf der anderen Seite müssen die Maschinen die Fähigkeit besitzen, ihren internen Zustand nutzerfreundlich zu visualisieren (Kärcher 2015).

Die Entwicklung derartiger Interaktionen wird demzufolge als ein wichtiger Faktor für die Akzeptanz und den Erfolg von Industrie-4.0 Konzepten betrachtet. In der Diskussion sind Lösungen auf dem Gebiet der „...Gestensteuerung, des Einsatzes von mobilen HMI-Displays oder Head-up-Displays ... in der Produktion und Logistik für natürliche, intuitive und multimodale Mensch-Roboter-Interaktion, bessere Umgebungswahrnehmung und Navigation sowie neue Formen der mobilen Manipulation...“ (Regionomica 2014, S. 16).

Kooperative Mensch-Technik-Arrangements können nach Apt et al. mit einer Individualisierung von Arbeitsprozessen einhergehen „...welche die persönlichen Fähigkeiten des Werkers berücksichtigt und somit Ansätze für die Gestaltung eines inklusiven Arbeitsmarktes bietet, indem etwa sprachliche, kognitive oder körperliche Einschränkungen ausgeglichen bzw. besondere Fähigkeiten genutzt werden (Nutzung von Diversity-Potenzialen)“ (Apt et al. 2016, S. 42).

### **Anforderungen an Arbeitszeiten und Arbeitsorte sowie mobiles Arbeiten**

Flexibles Produzieren in den Unternehmen setzt neben flexibler Technik auch die Verbreitung flexibler Arbeitszeiten voraus. Neue technische Möglichkeiten, wie etwa webbasierte Tools zur Kommunikation über den Schichtensatz oder mobile Assistenzsysteme, ermöglichen ein flexibleres Arbeiten im Betrieb (Lorenz et al. 2015 und Pfeiffer 2016). Auch außerhalb des Betriebes unterstützen digitale Technologien das flexible Arbeiten (mobiles Arbeiten). Eine stärkere Vermengung von Arbeitszeit und Freizeit kann Folge dieser Entwicklung sein. Dies muss nicht von vornherein negativ für die Beschäftigten sein, sondern kann auch deren Ansprüchen entgegenkommen, etwa an die Vereinbarkeit von Beruf

und Familie. Entscheidend wird daher nicht die Frage sein, ob und wie flexibel Arbeitszeiten sein werden, sondern in welchem Maße die flexible Arbeitszeitgestaltung selbstbestimmt ist (Absenger et al. 2016).

Neben technischen Voraussetzungen sind organisatorische Maßnahmen Voraussetzung hierfür, so z. B. die Entwicklung und der Einsatz veränderter und neuer Arbeitszeitmodelle. Bereits gegenwärtig organisiert die Hälfte der Beschäftigten ihre Arbeitszeit mit Hilfe von Zeitkonten und ähnlichen Instrumenten und verfügt hierdurch über Spielräume (Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) 2015). Verschiedene Arbeitszeitregelungen werden seit längerer Zeit angewendet. „Dazu zählen Teilzeit, individuell vereinbarte Arbeitszeiten, flexible Tages- und Wochenarbeitszeit, Vertrauensarbeitszeit, Telearbeit, flexible Jahres- oder Lebensarbeitszeit, Jobsharing und Sabbaticals (BMFSFJ 2013 und Apt et al. 2016, S. 26).

Zeitliche Flexibilität gibt es in vielen Ausprägungen. Je nach Lebensphase der Mitarbeiter werden hier unterschiedliche Konzepte attraktiv sein (Spath et al. 2013). Für die Zukunft wird mit einer stärkeren Nutzung von lebensphasenorientierten Arbeitszeitmodellen gerechnet (Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) 2015). Insbesondere die Gestaltung von Übergängen, etwa beim Berufseinstieg, beim Wechseln zwischen unterschiedlichen Beschäftigungsformen oder bei einem flexiblen Renteneintritt, wird wahrscheinlich an Bedeutung gewinnen (Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) 2015).

Neben Humanisierungsaspekten bietet flexibles Arbeiten auch die Chance, soziale Gleichheit in den Betrieben zu fördern (Absenger et al. 2016). So stehen beispielsweise „...selbstbestimmte Arbeitszeiten und Homeoffice zurzeit vorwiegend hochqualifizierten Beschäftigten und Führungskräften zur Verfügung“ (Brenke 2016 und Lott 2015a). Da Führungspositionen nach wie vor oftmals von Männern besetzt sind (Holst und Kirsch 2016), sind Frauen vom flexiblen Arbeiten häufig ausgeschlossen. „Die Verbreitung digitaler Kommunikations- und Informationstechnologien könnte daher in Zukunft benachteiligten Beschäftigtengruppen zugutekommen, indem man ihnen entsprechende Möglichkeiten zur Verfügung stellt“ (Absenger et al. 2016 S. 7).

Neben der Flexibilisierung von Arbeitszeiten sind auch Aspekte der Arbeitsverdichtung durch Intensivierung der Arbeitszeit basierend auf technischen Systemen und digitalisierten Abläufen in der Diskussion (Apt et al. 2016).

Weit mehr als bisher könnten sich auf der Basis digitalisierter Planungs- und Steuerungssysteme zeitlich und räumlich flexible Formen der Projektarbeit durchsetzen, die unternehmensinterne und externe Beschäftigte umfassen (Ittermann et al. 2015).

Was Anforderungen an Arbeitsorte im Zusammenhang mit der Digitalisierung der Industrie betrifft, ergeben diese sich bezüglich der Gestaltung der Arbeitsorte/plätze im Unternehmen und die Unternehmensgrenze hinaus, wenn die Beschäftigten außerhalb des traditionellen Betriebes arbeiten, sei es an anderen Betriebsorten, mobil oder zu Hause im Homeoffice. Wobei geregelt sein sollte, dass der heimische Arbeitsplatz arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen hinsichtlich Ergonomie und Arbeitssicherheit entspricht (Apt et al. 2016).

Anforderungen an Arbeitsorte intern ergeben sich beispielsweise aus der Notwendigkeit der Integration von planenden, organisierenden, durchführenden und kontrollierenden Tätigkeiten an einem Arbeitsplatz (BITKOM e.V. et al. 2015). Sie resultieren aber auch aus der Gewährleistung der Betriebssicherheit, des Datenschutzes und der IT-Sicherheit (BITKOM e.V. et al., 2015). Die Mobilität und geringere Kabelgebundenheit digitaler Geräte tragen zu einer zunehmend flexiblen, intelligenten und vernetzten Produktionsumgebung bei (Apt et al. 2016).

Mühlbradt zeigt im Weiteren, dass eine ganze Reihe von Konzepten aus der Arbeitspsychologie, der Organisationsforschung und dem Industrial Engineering Ansatzpunkte für eine lernförderliche Gestaltung von Arbeitsumgebungen liefern (Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), 2014). Die Schaffung eines Arbeitsumfeldes, das eine Mischung aus individueller und kooperativer Arbeit ermöglicht, wird hervorgehoben, unter Berücksichtigung unterschiedlicher Arbeitsaufgaben in verschiedenen „Arbeitszonen“ (Apt et al. 2016).

Die Digitalisierung der Industrie, wie auch des Dienstleistungssektors geht einher mit neuen Anforderungen an das dauerhafte oder zeitweise mobile Arbeiten, unabhängig vom festen Arbeitsplatz, zu Hause oder von unterwegs. Der Vorteil für die Beschäftigten besteht in der Zeitersparnis (Wegfall von Arbeitswegen) und einer autonomen Arbeitseinteilung.

Im Idealbild der Industrie 4.0 entsteht aus technischer Sicht eine transparente Fabrik durch die IT-Integration aller Anlagenkomponenten und Hierarchieebenen der Fertigung hinweg, was einen Zugriff auf die erforderlichen Informationen zur Steuerung von überall aus ermöglicht und die Arbeitsbindung an den Produktionsort löst (Regionomica 2014). Damit werden Voraussetzungen für ein hohes Maß an mobilem Arbeiten auch in der Industrie geschaffen. In anderen Bereichen, etwa der Dienstleistungserbringung, ist dieser Trend bereits relativ weit fortgeschritten. Die Arbeit wird über Internet-Plattformen vermittelt und organisiert und von sogenannten Click- bzw. Crowdworkern als Soloselbstständige übernommen (Apt et al. 2016).

Als problematisch erscheint bei einer längerfristigen Entkopplung von Betrieb und Arbeitsort der Verlust der

Bindung an das Arbeitsteam. Vorteile der Teamarbeit wie etwa das Freisetzen von Kreativität, gemeinsames Lernen, komplementäres Wissen und komplementäre Kompetenzen sowie unterschiedliche Erfahrungen können nicht ausgeschöpft werden. Aus diesem Grund wird auch gefordert, dass Mitarbeiter in den betrieblichen Arbeitsalltag eingebunden bleiben. Kommunikation, Partizipation und Mitbestimmung sollen sichergestellt werden (Absenger et al. 2016).

### **Anforderungen an Geschäftsmodelle**

Konkrete Anforderungen an Geschäftsmodelle und aus diesen an Kompetenzen im Zuge der Digitalisierung der Industrie werden bisher wenig thematisiert. In der Diskussion geht es eher um generelle Chancen für neue Geschäftsmodelle, die aus veränderten Wertschöpfungsstrukturen resultieren (Bauernhansl et al. 2014). Immerhin lässt die Definition des Geschäftsmodells erwarten, dass sich in veränderten Akteursbeziehungen innerhalb von Netzwerken auch neue Anforderungen an Geschäftsmodellinnovationen ergeben. „Ein Geschäftsmodell beschreibt die Grundlogik, wie eine Organisation Werte schafft. Dabei bestimmt das Geschäftsmodell, (1) was ein Organisation anbietet, das von Wert für Kunden ist, (2) wie Werte in einem Organisationssystem geschaffen werden, (3) wie die geschaffenen Werte dem Kunden kommuniziert und übertragen werden, (4) wie die geschaffenen Werte in Form von Erträgen durch das Unternehmen „eingefangen“ werden, (5) wie die Werte in der Organisation und an Anspruchsgruppen verteilt werden und (6) wie die Grundlogik der Schaffung von Wert weiterentwickelt wird, um die Nachhaltigkeit des Geschäftsmodells in der Zukunft sicherzustellen“ (Bieger und Reinhold 2011). Genannt werden in diesem Kontext etwa Best Practices, die sich auf Zahlungs-, Abrechnungs- und Lizenzmodelle oder rechtliche Aspekte wie etwa Haftungsfragen insbesondere bei Service Level Agreements (SLAs) für Software as a Service (SaaS) (z. B. Customer-Relationship-Management-Lösungen) und Platform as a Service (PaaS) (z. B. Google App Engine als Plattform zum Entwickeln von Webanwendungen) beziehen (BITKOM e.V. et al. 2015).

Voraussetzung für neue oder modifizierte Geschäftsmodelle ist nach gängiger Lesart 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 (BITKOM e.V. et al. 2015). Dies erfordert dann auch spezifische Kompetenzen im Umgang mit Daten und deren Veredlung zu neuen Geschäftsmodellansätzen.

Neue und etablierte Wertschöpfungsnetze mit Mehrwert integrieren Produkt, Produktion und Service und ermöglichen die dynamische Variation der Arbeitsteilung. Inwieweit der Mehrwert innerhalb neuer Wertschöpfungsnetzwerke an die Veränderung oder Neu-

entwicklung von Geschäftsmodellen geknüpft ist, bleibt dabei meist vage.

Eine Rolle im Zusammenhang mit Geschäftsmodellen spielen, wie bereits erwähnt, neue Service-Plattformen, die KMU neue Möglichkeiten zur Entwicklung von Apps eröffnen und zur Partizipation an der Erbringung maschinenbegleitender Dienstleistungen befähigen. „Nicht nur produzierende Unternehmen profitieren so von der anwendungsspezifischen Transparenz, dem durchgängigen Informationszugriff und den gewonnenen Möglichkeiten der selektiven Kommunikation mit Herstellern und Betreibern“ (Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2014, S. 14).

Auch McKinsey verweist darauf, dass disruptive Industrie 4.0 Technologien das Potenzial zur Wertschöpfung mit neuen Geschäftsmodellen hätten und nennt beispielhaft *pay by usage* oder *subscription-based models*. Auch hier wird auf Plattformen als Beispiele für neue Geschäftsmodelle, etwa Technologieplattformen oder Brokerplattformen hingewiesen (McKinsey & Company 2015).

Neue Geschäftsmodelle werden insbesondere im Service- und Instandhaltungsbereich aufgrund der permanenten Auswertung von Daten mittels intelligenter Algorithmen, z.T. unter direkter Einbeziehung des Kunden, möglich.

Was die Neuausrichtung bestehender Geschäftsmodelle betrifft, so ist vor allem hervorzuheben, dass in der Industrie nicht mehr nur das Produkt bzw. der Verkauf von hochwertigen Maschinen im Vordergrund stehen, sondern, „... das Marketing rund um die Maschine, bestehend aus Services, Software-Applikationen und regelmäßigen Updates, die schnelle und lokal flexible Verfügbarkeit sowie eine kundenfreundliche Nutzung garantieren“ (Pfeiffer 2016, S. 65).

### Anforderungen an Menschen

Eine generelle Lagebeschreibung zum Stand des Wissens über zukünftige Anforderungen an personenbezogene Kompetenzen gab Pfeiffer, nach dem sie sich intensiv mit diesem Thema auseinandergesetzt und in exponierter Funktion die Bundesregierung beraten hat. „Eindeutige Aussagen, welche Kompetenzen genau an welcher Stelle auf welcher Fachkräfteebene zu erwarten sind, finden sich – und das ist der eigentlich spannende Befund – erstaunlich selten. Häufig bleiben die Aussagen vage und lassen sich auch bei intensivem Nachfragen nicht immer ausreichend konkretisieren. Noch sind viele Themen zu neu, zu selten faktisch umgesetzt oder im Einzelfall bei dem jeweiligen Interviewpartner noch nicht angekommen“ (Pfeiffer 2016 S. 93). Sie wird dabei mit der Einschätzung aus der iit-Foresightstudie *Digitale Arbeitswelt* aus dem gleichen Jahr unterstützt, in der ebenfalls davon ausgegangen wird „...dass bezüglich Industrie 4.0 zurzeit kein systematischer Prozess der Er-

mittlung zukünftig benötigter Qualifikationen existiert“ (Apt et al. 2016, S. 33). Ungeachtet dieser wertenden Statements und der Unterschiede zwischen den Begriffen Kompetenz und Qualifikation stellt sich der Stand der Diskussion wie folgt dar.

Pfeiffer hat sich insbesondere bezogen auf den Anlagen- und Maschinenbau intensiv mit Anforderungen resultierend aus der Digitalisierung der Industrie auseinandergesetzt. Für diesen Wirtschaftsbereich wird angenommen, dass aufgrund des Komplexitätsgrades seiner Produkte und Dienstleistungen in besonderem Maße mit neuen Anforderungen aus der Digitalisierung zu rechnen ist (Pfeiffer 2016). Bei den Anforderungen unterscheidet sie zwischen Anforderungen an die Arbeitsgestaltung und Anforderungen an Qualifikationen. Sie beschreibt zunächst drei Szenarien, die in der breiten wissenschaftlichen Diskussion immer wieder aufgegriffen werden und in etwas abgewandelter Form seit einiger Zeit in der Diskussion sind.

Das Szenario *Growing Gap* beschreibt die qualifikatorische Anreicherung der Arbeitsinhalte für eine kleine Gruppe von Facharbeitern und für akademische Bereiche. Für das Facharbeitersegment insgesamt wird eher mit einem sinkenden Qualifikationsniveau gerechnet. Benötigt werden Maschinenbediener ohne besondere Qualifikationen. Überwachung und Wartung der Maschinen und Anlagen erfolgen automatisiert. Die Koordination der Produktionsprozesse erfolgt durch Produktionsadministratoren. Diese müssen auch fähig sein, bei Störfällen zu intervenieren, was ein hohes technisches Verständnis der Produktionsprozesse erfordert. Damit geht es um die Aufwertung für spezielle Gruppen und insbesondere um deren vermittelnde Rolle zwischen vertikalen und horizontalen Digitalisierungsmaßnahmen. Die traditionelle Facharbeiterausbildung reicht hierfür nicht mehr aus, im Unterschied zu der ersten Gruppe reiner Maschinenbediener, die durch eine Facharbeiterausbildung bereits überqualifiziert sind.

Im Szenario *General Upgrade* geht man von einem Upgrading aller Qualifikationen aus. Hier geht es um neue Kompetenzen entlang der gesamten Prozesskette. Die Entscheidungen durch den Menschen bleiben vor Ort. Entscheidungshilfen wie technische Assistenzsysteme werden besser und unterstützen den Menschen. Auch planerische Elemente werden auf operativer Ebene stärker relevant und führen zu neuen Anforderungen. Es entstehen Anforderungen an das Prozesswissen, auch seitens der Kunden (Pfeiffer 2016). Zentral werden disziplinen- und hierarchie-übergreifende projekt- und teamförmige Kollaborationen. Dies erfordert kommunikative Kompetenzen und Erfahrungswissen.

Im Szenario *Central Link* steht die Zusammenführung der mechanisch-elektrischen Welt mit der digitalen Welt im Vordergrund. Der Mensch fungiert als Vermittler im realen Produktionsprozess und übernimmt die Informationsbewertung und Entscheidungsfindung. Gesucht

werden hier Techniker, die für IT affin sind und viele Prozessenerfahrungen haben.

Vor diesem eher generellen Hintergrund von Anforderungen, der weitreichende Möglichkeitsfelder und Handlungsoptionen offen lässt, werden auch relativ konkrete Anforderungen herausgearbeitet, sowohl an Kompetenzen fachlicher Art als auch an Querschnittskompetenzen, die im Folgenden zusammenfassend dargestellt werden. Pfeiffer diskutiert diese entlang unterschiedlicher Technologien, die für den Anlagen- und Maschinenbau eine wichtige Rolle spielen werden wie Web 2.0/Mobile Geräte; Cyber Physical Systems (CPS) Internet of Things (IoT), Additive Fertigungsverfahren; Robotik; Wearables. Als *fachliche Kompetenzanforderungen* werden hervorgehoben:

Bezogen auf Web 2.0/Mobile Geräte

- Anpassungslernen
- Flexible Arbeitsorganisation
- Medienkompetenz als Herausforderung

Bezogen auf CPS/IoT

- Neue Informatik-Inhalte
- Differenziertes Prozess- und Produktverständnis
- Übersetzungs- und Vermittlungsfähigkeiten zwischen Stofflichem und Virtuellem
- Verschränkung produktionstechnischer Kernkompetenz mit neuen Anforderungen des Arbeitens und Entscheidens in komplex vernetzten Strukturen (Pfeiffer, 2016 S. 101)

Während für den Einsatz von CPS/IoT neue fachliche Anforderungen gesehen werden, gilt das für Additive Fertigungsverfahren wie den 3D-Druck nicht. Auch für eine weitere Einführung der Robotik werden prinzipiell keine neuen Anforderungen gesehen, da Programmierer vorhanden und Techniker gut aufgestellt seien. Auch der stärkere Einsatz von Wearables (Datenbrillen, -handschuhe) wird nicht als ein wesentliches Thema für modifizierte Qualifikationen bewertet.

Als *querliegende Kompetenzanforderungen* identifiziert Pfeiffer (Pfeiffer 2016, S. 21):

- Fähigkeiten zu inter- und transdisziplinärer Kooperation
- Die Fähigkeit Stoffliches und Digitales zu verbinden
- Wissen um die Grenzen von Algorithmen und Risiken der Datensicherheit
- Systemisches Denken und Handeln unter Kontingenz
- Kreatives Ausgestalten von Neuem.

Im Sinne von *Querschnittskompetenzen* wird immer wieder auf die Selbstorganisationsfähigkeit, auf interkulturelle Kompetenzen, soziale Kompetenz und Kreativität verwiesen (Ittermann et al., 2015). Die Selbstorganisationsfähigkeit wird im Zusammenhang mit dem technischen System adressiert. So wird eine problem-lösungsspezifische, flexible und selbstorganisierende Teamarbeit im und am technischen System betont. Neben der Selbstorganisation wird auch auf die Problemlösungsfähigkeit als Anforderung verwiesen. Sie kann gesteigert werden durch technische Unterstützung und ein optimales Zusammenführen von Mensch-Maschine und IT-Systemen (Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF 2014).

Diese Querschnittskompetenzen lassen sich nicht ohne Weiteres in traditionellen Lern- oder Lehrsettings erwerben. „Diese Fähigkeiten...prägen sich aus im professionellen Handeln, sie sind unverzichtbarer Teil einer modernen Beruflichkeit und entstehen nur in der Dualität unterschiedlicher Lern- und lernförderlicher Arbeitsorte“ (Pfeiffer 2016, S. 21).

Widmet man sich weiteren Anforderungen an Menschen, die aus der Diskussion extrahiert werden können und wiederum auf Querschnittskompetenzen abzielen, so geht es insbesondere darum, das Aufgabenspektrum im Arbeitsprozess zu weiten, Qualifizierung voranzutreiben und Handlungsspielräume zu erweitern (BITKOM e.V. et al. 2015). Die dezentrale Selbststeuerung von Produktionsprozessen führt zu einem breiten Spektrum von Aufgabeninhalten und erweiterten Handlungsspielräumen, zu intensiver Kooperation und Kommunikation sowohl zwischen Menschen als auch zwischen Mensch und technischem System. Auch werden Wissens- und Tätigkeitsbereiche transparenter, da die etablierten Experten weniger als „Torwächter“ fungieren können (Ittermann et al. 2015). Der Zugang zu Wissen wird in digitalisierten Prozessen verbessert, lernförderliche Arbeitsmittel und Arbeitsformen können sich etablieren (BITKOM e.V. et al. 2015). Aufgrund flexibler und dezentraler Produktionseinheiten ergeben sich vermehrte Arbeitsinhalte, so auch Spath (Spath et al. 2013a).

Als neu zeichnen sich die Fähigkeit zum vernetzten Denken, zum Umgang mit Ungewissheit und zur Datenveredlung ab. Hinzu kommen Anforderungen an die Medienkompetenz sowie ein Verständnis für den Umgang mit Daten. Unter dem Begriff der *Systemkompetenz* wird auf die Fähigkeit verwiesen, Funktionselemente eines Systems zu erkennen, Systemgrenzen zu identifizieren, Funktionsweisen und Zusammenhänge zu verstehen und Vorhersagen über das Systemverhalten zu treffen.

Pfeiffer sieht einen steigenden Bedarf an disziplinen-, bereichs- und domänenübergreifendem Schnittstellenmanagement, branchenbezogene technische Kompetenzen haben höhere Bedeutung als IT-Kompetenzen. Der *Umgang mit sensiblen Daten* spielt in Digitalisierungs-

prozessen naturgemäß eine große Rolle. Hieraus resultieren zahlreiche Anforderungen an Mitarbeiter\_innen im Bereich des Datenmanagements und der Datensicherheit. Gleichzeitig erhöht sich damit die Verantwortung der Mitarbeiter\_innen (Regionomica 2014 und Pfeiffer 2016).

Auch neue *rechtliche Fragestellungen* führen zu speziellen Anforderungen. Hierbei geht es um die rechtliche Ausgestaltung der innerbetrieblichen Produktionsprozesse, beispielsweise hinsichtlich Haftungsfragen oder Versicherungsfähigkeit, und einer unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit in Netzwerken, beispielsweise in Bezug auf den Schutz von Unternehmensdaten (Regionomica 2014 und BITKOM e.V. et al. 2015).

Im Zusammenhang mit der Zunahme der Komplexität gewinnt nach Ittermann das subjektive *Erfahrungswissen* an Bedeutung. Fachkräfte müssen der Technik innewohnende Unzulänglichkeiten auf der Basis von Erfahrungswissen in enger Kommunikation mit der Maschine beheben können (Ittermann et al. 2015).

In der Studie von BCG wird auf die Notwendigkeit industrieller Data Scientists hingewiesen (Lorenz et al. 2015) ebenso auf die Verknüpfung von IT Kompetenzen mit dem Produktionswissen. Um diesen Anforderungen gerecht werden zu können, sind in vielen Bereichen Änderungen in der *Aus- und Weiterbildung* erforderlich. Notwendig sind Kombinationen von Kenntnissen aus unterschiedlichen Wissensbereichen, etwa der Informations- und Produktionstechnologien, der Softwareentwicklung und des Maschinenbaus oder auch der Technik und der Mechatronik.

Bereits weiter oben wurde darauf verwiesen, dass viele der genannten Kompetenzen nicht auf dem traditionellen Wege der Ausbildung erworben werden können. Aus diesem Grunde wird auch dem *Learning by Doing* in der Industrie 4.0 eine große Bedeutung beigemessen, ermöglicht durch den Einsatz digital unterstützender Tutorensysteme (Apt et al. 2016). Diese Systeme ermöglichen eine schnelle Einarbeitung in unterschiedliche Arbeitsprozesse, den Transfer von Wissen, etwa zwischen neuen Mitarbeitern und erfahrenen Mitarbeitern, oder die Sicherung des Erfahrungswissens älterer Mitarbeiter. Digitale Tutorensysteme können auch als Weiterbildungsinstrumente genutzt werden, die ein permanentes Lernen im Arbeitsprozess unterstützen (Apt et al. 2016). Diese Möglichkeiten digitaler Assistenzsysteme, als Lernzeuge zu fungieren, führt auch dazu, dass die Bedeutung formal erworbener Qualifikationen sinkt, ein Trend der schon seit längerer Zeit insgesamt zu beobachten ist und auch dazu geführt hat, Kompetenzen deutlich von Qualifikationen zu unterscheiden. Damit im Zusammenhang steht auch die Forderung, dass die Unternehmen bei der Personalbeschaffung sich stärker an Fähigkeiten als an bestimmten Qualifikationsprofilen und Ausbildungsberufen orientieren sollten, wollen sie Industrie 4.0 erfolgreich umsetzen (Lorenz et al. 2015).

## Anforderungen in den Bereichen Führung, Kooperation und Kommunikation

Mit der Digitalisierung der Industrie ergeben sich auch neue Anforderungen an die Führung. Hierbei lassen sich Anforderungen zur Gestaltung der überbetrieblichen Koordination und Kommunikation bei der Neugestaltung von Wertschöpfungsketten und -netzwerken von denen zum Management der unternehmensinternen Arbeitsabläufe unterscheiden.

Durch die digitale Vernetzung von Wertschöpfungsketten ist das Management gezwungen, die damit verbundene Komplexität zu beherrschen, die in einer Vielzahl unterschiedlicher beteiligter Akteure, Prozesse und Regelungen zum Ausdruck kommt. Gleichzeitig ergeben sich neue Anforderungen aus der Dynamik dieser Vernetzung. Auf schnelle und unerwartete Veränderungen in den Bedingungen und Prozessen muss durch das Management adäquat reagiert werden, und das möglichst proaktiv (Wintermann und Peschke, 2015; BITKOM e.V. et al. 2015).

Eine zunehmende Bedeutung wird die Fähigkeit erlangen, Innovationsimpulse aus anderen Bereichen aufzugreifen und diese auf die eigenen Produkte und Anwendungen zu beziehen (Pfeiffer 2016). Unternehmensintern sieht sich die Führung durch die Gestaltung veränderter und flexiblerer Arbeitszeit- und -organisationsmodelle herausgefordert. Gleichzeitig führen Flexibilisierung und Dezentralisierung der Produktion höchst wahrscheinlich dazu, dass Entscheidungskompetenzen und Autonomiespielräume hin zu den Mitarbeitern verlagert werden müssen, was zu veränderten Aufgabenschwerpunkten des Managements, weg von operativen hin zu strategischen Aufgaben führen wird (Apt et al. 2016).

Auf neue Anforderungen in den Bereichen Kooperation und Kommunikation wird in der Literatur zwar häufig verwiesen, sie werden jedoch nur selten näher spezifiziert. Hervorgehoben werden können rechtliche Rahmenbedingungen etwa bezüglich des Schutzes digitaler Güter, des Vertragsrechtes oder von Haftungsfragen in neuen Kooperationsbeziehungen (BITKOM e.V. et al. 2015). Auch die Definition von Standards spielt hier eine Rolle (McKinsey & Company 2015).

Was die Kommunikation betrifft wird „...eine sichere Kommunikation und Kooperation aller Teilnehmer firmenübergreifend in Echtzeit für die gesamte Lebenszeit des Produktes ...“ vorausgesetzt, „... die durch Internetbasierte Plattformen ermöglicht werden soll.“ (BITKOM e.V. et al., 2015, S. 10). Im McKinsey Report Industry 4.0 wird insbesondere die Kommunikation mit Kunden und Zulieferern hervorgehoben (McKinsey & Company 2015).

Die Anforderungen an Kompetenzen sind in der folgenden Tabelle stichwortartig zusammengefasst, unterschieden nach fachlichen Kompetenzen/Qualifikati-



Anforderungen an fachliche Kompetenzen / Qualifikationen	Anforderungen an Querschnittskompetenzen
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anpassungslernen</li> <li>▪ Informatikkenntnisse (IT-Prozesse)</li> <li>▪ Ganzheitliches Produkt- und Produktionsprozessverständnis</li> <li>▪ Verständnis der Produktionstechnik in vernetzten Strukturen</li> <li>▪ Fähigkeit, Stoffliches und Digitales zu verbinden</li> <li>▪ Verständnis für Algorithmen und sensible Daten / Datensicherheit</li> <li>▪ Systemkompetenz (Funktionselemente erkennen, Systemgrenzen identifizieren, Vorhersagen über Systemverhalten treffen)</li> <li>▪ Medienkompetenz</li> <li>▪ Rechtswissen (Haftungsfragen, Vertragsrecht)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Überbetriebliches Schnittstellenmanagement</li> <li>▪ Strategiefähigkeit</li> <li>▪ Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit bezogen auf interne Prozessabläufe, einschließlich Maschinen, bezogen auf Kunden und Zulieferer</li> <li>▪ Interkulturelle und soziale Qualifikation bezogen auf den Umgang mit Fragmentierungsprozessen</li> <li>▪ Wert und Rolle des subjektiven Erfahrungswissens</li> <li>▪ Selbstbestimmtes und selbstorganisiertes Handeln</li> <li>▪ Kreativität und Offenheit</li> </ul>

**Anforderungen an Kompetenzen/Qualifikationen im Überblick**

onen und Querschnittskompetenzen. Ein Blick auf die Tabelle zeigt, dass die eingangs zitierte Einschätzung von Pfeiffer, der zufolge eindeutige Aussagen darüber, welche Kompetenzen genau an welcher Stelle auf welcher Fachkräfteebene erwartet werden, selten zu finden sind, zutreffend ist. Vieles bleibt noch vage, für unterschiedliche Bereiche undifferenziert und oft allgemein, was für Querschnittskompetenzen jedoch nicht so überraschend ist.

**Offene Fragestellungen**

Sind die Vorstellungen über das was Industrie 4.0 sein kann schon sehr differenziert ausgearbeitet, so ist der Weg dorthin, vor allem für KMU sehr unterschiedlicher Branchen und Konditionierung sowie Stellung in Wertschöpfungsketten, weitgehend unklar. In ähnlicher Weise betrifft das auch zukünftige Anforderungen an Kompetenzen und Qualifikationen. Auch diese sind in ihren Konturen bereits relativ differenziert beschrieben worden. Was unklar bleibt, ist der Weg, den die Wirtschaft, und hier insbesondere die Industrie, in den nächsten Jahren einschlagen wird. Von diesem hängt maßgeblich ab, welche Kompetenzen dann tatsächlich abgerufen werden und wie man dieser Nachfrage nachkommt. Dementsprechend bleibt offen, ob sich ein starker technikgetriebener Automatisierungstrend durchsetzen wird, verbunden mit dem Zurückdrängen der Rolle des Menschen im Produktionsprozess, oder ein integrierendes Herangehen der Wirtschaft überwiegen wird. Konsequenzen hieraus ergeben sich insbesondere für die Ausgestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle, die Rolle von Assistenzsystemen, lernförderliche Arbeitsbedingungen. Damit bleibt auch die Diskussion zu „Polarisierung versus Upgrading“ von Qualifikationen ergebnisoffen.

In Übereinstimmung mit Reiß bleibt festzustellen, dass die Diskussion in Deutschland stark auf die Großindustrie fokussiert war und ist. Andere Wirtschaftsbereiche wurden bei den Betrachtungen bislang zu wenig berücksichtigt. Gleichmaßen ist Reiß in der Kritik zuzustimmen, dass im Vordergrund der Diskussion Flexibilität und Effizienz der Produktion stehen. Damit fokussiert sie auf Prozessinnovationen und Produktinnovationen geraten an den Rand des Blickfeldes. Somit wird im Zusammenhang mit der Zukunft der Arbeit ein ganz wesentlicher Blick auf Anforderungen an Kreativität, die Fähigkeiten zur Co-Creation mit Kunden verstellt (Reiß 2015). „Digitalisierung ermöglicht es Kunden, um ein Vielfaches intensiver in die Gestaltung und Erstellung von Produkten einzubeziehen“ (Reiß 2015, S. 4).

Weiterhin bleibt die Diskussion in weiten Teilen beschränkt auf die Sicht von Unternehmen, sei es nach innengerichtet oder über die Unternehmensgrenze hinweg auf Wertschöpfungsketten. Produktion und Arbeit außerhalb von Unternehmen und damit der Blick auf „ein fluider werden von Arbeit und Produktion“, wie eingangs von Kocka angedeutet, bleiben weitgehend unberücksichtigt. Damit geraten auch jüngere Entwicklungen etwa im Bereich User Innovation, Peer-to-Peer-Production oder auch der Maker Bewegung in ihren vielseitigen Facetten nicht in das Blickfeld der aktuellen Diskussion. Auch der Frage nach den Orten und Formen der Arbeit der Zukunft wird zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Die Rolle von Kreativität an bestimmten Standorten und in Regionen (Florida 2005) oder auch die Rolle innovativer Milieus (Camagni 1996) wird im Zusammenhang mit Arbeit kaum diskutiert und lässt Raum für weitere Forschung.

**Literatur:**

- Absenger, N.; Ahlers, E.; Herzog-Stein, A.; Lott, Y.; Maschke, M. und Schietinger, M. (2016). Digitalisierung der Arbeitswelt!? Ein Report aus der Hans-Böckler-Stiftung.
- Albrecht, T.; Ammermüller, A.; Apt, W.; Becker-Neetz, G.; Boes, A.; Bovenschulte, M.; Hartmann, E.; Hegewald, U.; Kalkhake, P.; Kämpf, T.; Kolat, D.; Mikfeld, B.; Pfeiffer, S.; Scholz, A. M.; Siebenhaar, K.; Sprügel, J.; Verbeek, H.; Wischmann, S. und Zirten, H. (2016). Digitalisierung der Arbeitswelt. Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Abteilung Grundsatzfragen des Sozialstaats, der Arbeitswelt und der sozialen Marktwirtschaft.
- Apt, W.; Bovenschulte M.; Hartmann, E. und Wischmann, S. (2016). Foresight-Studie „Digitale Arbeitswelt“. Institut für Innovation und Technik.
- Bauernhansl, T.; Diegner, B.; Diemer, J.; Dümmler, M.; Eckert, C.; Herfs, W.; Heyn, H.; Hilger, C.; ten Hompel, M.; Kalhoff, J.; Kubach, U.; Liggesmeyer, P.; Loewen, U.; Nebel, W.; Quetschlich, M.; Quetschlich, E.-J.; Stiedl, T. und Spaeth, B. (2014). Industrie 4.0 – Whitepaper FuE-Themen. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie - Plattform Industrie 4.0.
- Bieger, T. und Reinhold, S. (2011). Das wertbasierte Geschäftsmodell - Ein aktualisierter Strukturansatz. In: Bieger, T. et al. (eds.) Innovative Geschäftsmodelle. Berlin Heidelberg Springer Verlag.
- Bischoff, J.; Taphorn, D. W.; Braun, N.; Fellbaum, M.; Goloverov, A.; Ludwigs, S.; Hegmann, T.; Prasse, C.; Henke, M.; Ten Hompel, M.; Döbbeler, F.; Fuss, E.; Kirsch, C.; Mättig, B.; Braun, S.; Guth, M.; Kaspers, M. und Scheffler, D. (2015). Erschließen der Potenziale der Anwendung von Industrie 4.0 im Mittelstand. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.
- BITKOM e.V.; VDMA e.V. und ZVEI e.V. (2015). Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 - Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. Berlin, Frankfurt am Main.
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2015). Grönbuch Arbeiten 4.0 - Arbeit weiter denken. Berlin, April 2015.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2014). Industrie 4.0 - Innovationen für die Produktion von morgen. Bonn.
- Camagni, R. (1996). The Concept of Innovative Milieu and Its Relevance for Public Policies in European Lagging Regions. Hayes, K.; Buttom, K.; Nijkamp, P. und Diangsheng, L. (Hrsg.) Regional Dynamics, Bd. 2, Cheltenham 1996, S. 269-292.
- Florida, R. L. (2005). Cities and the creative class, New York, Routledge.
- Güttel, W.; Gschwandtner, J. und Gschwandtner A. (2016). Die inkrementelle Revolution. Industrie 4.0 bei technosert electronic. Austrian Management Review Vol. 6 /2016, S. 84-97.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2014a.) Entwicklungsperspektiven von Produktionsarbeit. Hrsg. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Zukunft der Arbeit in der Industrie 4.0. S. 37-42.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2014b.) Welche Auswirkungen hat "Industrie 4.0" auf die Arbeitswelt? WISO direkt - Analysen und Konzepte zur Wirtschafts- und Sozialpolitik ed. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung, Abt. Wirtschafts- und Sozialpolitik.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2015). Entwicklungsperspektiven von Produktionsarbeit. In Botthoff, A. und Hartmann, E.-A. (2015). Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0, Springer-Verlag, S. 89-98.
- Ittermann, P.; Niehaus, J. und Hirsch-Kreinsen, H. (2015). Arbeiten in der Industrie 4.0. Trendbestimmungen und arbeitspolitische Handlungsfelder. Technische Universität Dortmund.
- Kocka, J. (2016). Thesen zur Geschichte und Zukunft der Arbeit. IGZA Working Paper.
- Lorenz, M.; Rußmann, M.; Strack, R.; Lasse, K. und Bolle, M. (2015). Man and Machine in Industry 4.0. How Will Technology Transform the Industrial Workforce Trough 2025? In: GROUP, B. C. (ed.).
- McKinsey & Company (2015). Industry 4.0 How to navigate digitization of the manufacturing sector. München.
- Pfeiffer, S.; Lee, H.; Zirnic, C. und Suphan, A. (2016). Industrie 4.0 - Qualifizierung 2025, VDMA.
- Regionomica (2014). Machbarkeitsstudie Moderne Industrie/Industrie 4.0 in Brandenburg.
- Reiß, T. (2015). Industrie 4.0. Zehn Thesen aus der Sicht der Innovationsforschung. Fraunhofer ISI. Karlsruhe.
- Spath, D.; Ganschar, O.; Gerlach, S.; Hämmerle, M.; Krause, T. und Schlund, S. (2013). Produktionsarbeit der Zukunft-Industrie 4.0, Stuttgart, Fraunhofer Verlag Stuttgart.