

### Kompetenzentwicklungsbedarf für die digitalisierte Arbeitswelt

Abel, Jörg

Veröffentlichungsversion / Published Version

Forschungsbericht / research report

#### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Abel, J. (2018). *Kompetenzentwicklungsbedarf für die digitalisierte Arbeitswelt*. (FGW-Studie Digitalisierung von Arbeit, 9). Düsseldorf: Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung e.V. (FGW). <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-68357-6>

#### Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY-NC-ND Lizenz (Namensnennung-Nicht-kommerziell-Keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de>

#### Terms of use:

This document is made available under a CC BY-NC-ND Licence (Attribution-Non Commercial-NoDerivatives). For more information see:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



# FGW-Studie

## Digitalisierung von Arbeit 09



Jörg Abel

# Kompetenzentwicklungsbedarf für die digitalisierte Arbeitswelt

## Herausgeber



Forschungsinstitut  
für gesellschaftliche  
Weiterentwicklung

FGW – Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung e.V.  
Kronenstraße 62  
40217 Düsseldorf

Telefon: 0211 99450080  
E-Mail: [info@fgw-nrw.de](mailto:info@fgw-nrw.de)  
[www.fgw-nrw.de](http://www.fgw-nrw.de)

## Geschäftsführender Vorstand

Prof. Dr. Dirk Messner, Prof. Dr. Ute Klammer (stellv.)

## Themenbereich

Digitalisierung von Arbeit - Industrie 4.0  
Prof. Dr. Hartmut Hirsch-Kreinsen, Vorstandsmitglied  
Anemari Karacic, Wissenschaftliche Referentin

## Layout

Olivia Mackowiak, Referentin für Öffentlichkeitsarbeit

## Förderung

Mit finanzieller Unterstützung des Landes Nordrhein-Westfalen und des Europäischen Sozialfonds



EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Sozialfonds



Ministerium für Arbeit,  
Gesundheit und Soziales  
des Landes Nordrhein-Westfalen



## ISSN

2510-4101

## Erscheinungsdatum

Düsseldorf, Mai 2018

---

## Kompetenzentwicklungsbedarf für die digitalisierte Arbeitswelt

### Auf einen Blick

- Industrie 4.0 verändert die betriebliche Welt. Im Hinblick auf die Qualifikationen und Kompetenzen der Industriebeschäftigten liegen noch keine gesicherten empirischen Erkenntnisse vor. Nach optimistischen Trendaussagen wird eine generelle Höherqualifizierung erfolgen, während skeptische Forscher\_innen davon ausgehen, dass eine Polarisierung der Beschäftigten in eine Gruppe hoch- und eine Gruppe eher dequalifizierter Beschäftigter entstehen wird oder Geringqualifizierte durch Industrie 4.0 substituiert werden.
- In vielen Prognosen wurde davon ausgegangen, dass der Bedarf an fachlichen Kompetenzen sinken wird, da Entscheidungen durch die Technik (Assistenzsysteme etc.) getroffen, extrafunktionale Kompetenzen jedoch wichtiger werden. Inzwischen verbreitet sich die Auffassung, dass die fachlichen Anforderungen nicht unbedingt sinken werden.
- In den Unternehmen besteht Optimierungsbedarf bei den strukturellen Voraussetzungen der (Industrie-4.0-)Weiterbildung. Insbesondere die kleinen und mittleren Unternehmen mit ihren geringen Ressourcen und fehlenden Strukturen weisen Nachholbedarf auf. Ihnen kommt indes zugute, dass Qualifizierungsmaßnahmen zunehmend arbeitsplatznah stattfinden werden, eine Lernform, die sie schon lange praktizieren.

## **Abstracts**

### **Kompetenzentwicklungsbedarf für die digitalisierte Arbeitswelt**

Die Expertise fokussiert die neuen Qualifikations- und Kompetenzanforderungen, die für die Produktionsbeschäftigten in der Industrie 4.0 durch die zunehmende Vernetzung und Digitalisierung der betrieblichen und überbetrieblichen Wertschöpfungskette entstehen werden. Diese Entwicklung läuft in vielen Unternehmen gerade erst an, sodass derzeit keine gesicherten Aussagen über die Folgen für die Beschäftigten vorliegen. Auf der Basis vorliegender Studien und zweier Betriebsfälle werden unterschiedliche Szenarien über die zukünftige Entwicklung der Arbeit 4.0 diskutiert, aus denen jeweils spezifische Qualifikations- und Kompetenzbedarfe resultieren. Darüber hinaus wird die betriebliche Weiterbildungssituation in den Blick genommen: Sind die Unternehmen in der Lage, ihre Beschäftigten auf die Industrie 4.0 vorzubereiten? Für die erkannten Herausforderungen werden Handlungsvorschläge für die landespolitischen Akteure abgeleitet.

### **Competency development for digital workplaces**

This paper focusses on worker's future requirements concerning their technical and vocational skills amid an accelerating digitization of industry. However, at present no profound conclusions can be drawn, because the digitization is still at its beginning. Thus, on the basis of a systematic literature review and two business cases two scenarios are discussed, typifying possible demands of skills and competencies. Furthermore, the focus is pointed especially at the question concerning the resources of companies to promote further training/qualification. Finally, implications regarding labour-policy and state legislature are derived.

# Inhalt

Verzeichnis der Abbildungen .....	iv
Verzeichnis der Tabellen.....	vi
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Industrie 4.0: Was ist das eigentlich? .....</b>	<b>4</b>
<b>3 Zum konzeptionellen Hintergrund und der Methode.....</b>	<b>15</b>
3.1 Das soziotechnische System .....	16
3.2 Qualifikation und Kompetenz.....	20
3.3 Tätigkeitskonzept .....	30
3.4 Qualifizierung und Kompetenzentwicklung .....	33
3.5 Zur Methode.....	36
3.6 Zwischenfazit .....	40
<b>4 Qualifikations- und Kompetenzanforderungen digitalisierter Arbeitsplätze .....</b>	<b>41</b>
4.1 Szenarien: Wohin entwickeln sich die Qualifikationsstrukturen?.....	45
4.2 Fachliche Qualifikations- und Kompetenzanforderungen.....	55
4.3 Extrafunktionale Anforderungen digitalisierter Arbeitsplätze .....	62
4.4 Zwischenfazit .....	69
<b>5 Qualifikations- und Kompetenzentwicklung.....</b>	<b>80</b>
5.1 Zur Lage der Weiterbildung in der Industrie .....	82
5.2 Lehr- und Lernformen in Industrieunternehmen.....	91
5.3 Neue Formen des Lernens.....	101
5.4 Zwischenfazit .....	106
<b>6 Handlungsempfehlungen und Forschungslücken.....</b>	<b>109</b>
6.1 Was gibt's? .....	110
6.2 Was sollte es geben? .....	118
6.3 Statt eines Schlusswortes [...].....	124
<b>Literatur.....</b>	<b>125</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>146</b>

## Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Einordnung von Industrie 4.0.....	5
Abbildung 2: Status quo bei der Digitalisierung von Kernprozessen, 2015 bis 2016 (in Prozent) .....	13
Abbildung 3: Das soziotechnische System .....	17
Abbildung 4: Schnittstellen des soziotechnischen Systems .....	18
Abbildung 5: Formen betrieblicher Weiterbildung .....	34
Abbildung 6: Verbreitung digitaler Anwendungen in der Logistik, 2016 (in Prozent) .....	42
Abbildung 7: Geschätzte Veränderung des Entscheidungsspielraums durch die Digitalisierung nach Branchen, 2016 (in Prozent).....	43
Abbildung 8: Szenarien der Qualifikationsentwicklung bei Industrie 4.0 .....	48
Abbildung 9: Wichtigste zukünftige Qualifikationen in allen Unternehmen ab zehn Beschäftigten, 2015 (in Prozent).....	74
Abbildung 10: Struktur und Aufgaben betrieblicher Personalpolitik.....	81
Abbildung 11: Weiterbildungsbeteiligung nach Unternehmen bzw. Betrieben, 2005 bis 2016 (in Prozent) .....	83
Abbildung 12: Unternehmen mit Weiterbildungsplan oder -programm und Jahresbudget nach Beschäftigtengrößenklassen, 2015 (in Prozent).....	86
Abbildung 13: Weiterbildung für die digitale Arbeitswelt, 2017 (n = 505; in Prozent).....	90
Abbildung 14: Anstieg des Weiterbildungsbedarf für die digitale Arbeitswelt, 2016 (n = 300; in Prozent) .....	90
Abbildung 15: Lernen im Prozess der Arbeit, 2007 bis 2016 (Anteil der Unternehmen in Prozent) ....	93
Abbildung 16: Ausgewählte Instrumente der Personalentwicklung, 2014 (Anteil der Unternehmen in Prozent mit jeweiligem Instrument) .....	95
Abbildung 17: Maßnahmen zur Kompetenzentwicklung – heute, 2016 .....	96
Abbildung 18: Maßnahmen zur Kompetenzentwicklung – zukünftig, 2016.....	96
Abbildung 19: Lehr- und Informationsveranstaltungen, 2007 bis 2016 (Anteil der Unternehmen in Prozent) .....	97
Abbildung 20: Bedeutung von selbstorganisiertem und individuellem Lernen, aktuell und zukünftig (n = 157) .....	99
Abbildung 21: Stellenwert digitaler Lernformen in den nächsten drei Jahren, 2011 (n = 74-76; in Prozent) .....	101
Abbildung 22: Derzeitige Wichtigkeit digitaler Medien in der beruflichen Weiterbildung im Betrieb, 2015 (n = 2.439) .....	102

Abbildung 23: APPsist-Systemlösung .....	104
Abbildung 24: Wichtigste Maßnahmen der Kompetenzentwicklung in Abhängigkeit vom Unternehmenstyp, 2016 .....	107
Abbildung 25: Leistungsangebot der Qualifizierungsberatung in NRW .....	114

## Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Übersicht über Industrie-4.0-Technologiefelder und -Technologien .....	8
Tabelle 2: Anteil der Betriebe mit eingesetzten Industrie-4.0-Technologien, 2015 (n = 3.006).....	9
Tabelle 3: Aktueller und geplanter Einsatz digitaler Technologien in der Produktion, 2015 (n = 1.282) .....	11
Tabelle 4: Soziotechnische Einflussfaktoren auf Qualifikation und Kompetenz.....	19
Tabelle 5: Ordnung von Schlüsselqualifikationstypen .....	25
Tabelle 6: Überblick ausgewählter Kompetenztypologien .....	26
Tabelle 7: Systematisierung betrieblicher Lernformen.....	35
Tabelle 8: Interviews in den Fallstudienunternehmen .....	36
Tabelle 9: Entwicklungspfade industrieller Einfacharbeit.....	50
Tabelle 10: Zukunftsbilder der Produktionsarbeit .....	52
Tabelle 11: Zukünftige fachliche Qualifikationsanforderungen .....	59
Tabelle 12: Zukünftige überfachliche Qualifikationsanforderungen .....	65
Tabelle 13: Kompetenzanforderungen bei Industrie 4.0 aus Sicht von Unternehmen (in Prozent).....	71
Tabelle 14: Bedeutung ausgewählter Kompetenzbereiche – heute, 2014 (in Prozent) .....	75
Tabelle 15: Bedeutung ausgewählter Kompetenzbereiche – in fünf bis zehn Jahren, 2014 (in Prozent) .....	77
Tabelle 16: Anforderungen in der betrieblichen Weiterbildung bis 2025 (in Prozent) .....	79
Tabelle 17: Weiterbildungsbeteiligung nach Betriebsgröße (in Prozent) .....	84
Tabelle 18: Weiterbildungsbeteiligung der Betriebe nach der [...], 2016 (in Prozent) .....	85
Tabelle 19: Hürden bei der Nutzung von digitalen Medien in der Aus- und Weiterbildung (1 = große Hürde, 3 = keine Hürde; n = 2.686 bis 2.968 je nach Hürde) .....	105
Tabelle 20: Kennzahlen zur Nutzung des Beratungsschecks, 2010, 2015 bis 2017 .....	113
Tabelle 21: Kennzahlen zur Nutzung des Beratungsschecks, 2009, 2015 bis 2017 .....	115

# 1 Einleitung<sup>1</sup>

Die Diskussion über Industrie 4.0 ebbt nicht ab; auch wenn die anfangs überschwängliche Euphorie inzwischen einer etwas nüchterneren Sichtweise gewichen sein mag, verbinden sich weiterhin große Hoffnungen mit den Entwicklungen, die sich u. a. unter den Stichworten *Industrie 4.0*, *Digitalisierung* oder *Smart Factory* subsumieren lassen. Allerdings zeigt sich zugleich, dass die öffentliche Diskussion aufgeregter ist als die betriebliche Realität: Laut einer neueren Untersuchung von Pfeiffer et al. (2016a) spielen Themenfelder wie Web 2.0 oder cyberphysische Systeme (CPS) in nicht einmal 50 Prozent der befragten Unternehmen aktuell eine Rolle, bei etwas ‚exotischeren‘ Anwendungen wie den sogenannten Wearables geben keine neun Prozent an, dass das Thema für ihr Unternehmen relevant wäre.

Unstrittig unter den zur Diskussion Beitragenden ist allerdings, dass sich durch Industrie 4.0 die Arbeit wandeln wird. Unterschiedliche Szenarien werden präsentiert – vielfach nicht auf Basis empirischer Befunde. Demzufolge ist – je nach interessenpolitischer Couleur – für die Beschäftigten entweder vorwiegend Positives (höhere Qualifikationsanforderungen, mehr Verantwortung, bessere Work-Life-Balance etc.; vgl. Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech 2015) oder eher Negatives (Verlust von Berufen etc.; vgl. Frey/Osborne 2013; Bonin et al. 2015) zu vermelden: Der „Dirigent der Technik“ (acatech 2015a, S. 45) trifft auf das „Paradigma des assistierten Bedieners“, das nicht unbedingt impliziert, dass „die Technik das Werkzeug und ‚der Mensch‘ der Benutzer der Technik“ (Steinberger 2013, S. 7) sei. Schon ein flüchtiger Blick auf die relevante Literatur bestätigt, dass die Kenntnisse von der Reichweite, der Intensität und den betrieblichen Einsatzfeldern von Industrie 4.0 unzureichend sind (vgl. als Überblick Holtgrewe et al. 2015; Itermann/Niehaus 2015; aus Sicht der Industrie z. B. Kärcher 2015); dementsprechend sind Beschreibung und Analyse der Auswirkungen von Industrie 4.0 von Unsicherheit geprägt. Besondere Unklarheit herrscht im Themenfeld *Qualifikation* (als Kenntnisse und Fertigkeiten, die für die Ausführung einer bestimmten Tätigkeit notwendig sind) und *Kompetenz* (als erlernbare Fähigkeit eines Beschäftigten, bestimmte Aufgaben selbstständig durchzuführen): Was müssen die Beschäftigten zukünftig unter den Bedingungen von Industrie 4.0 können? Bislang werden „die Qualifikationsanforderungen in der Literatur [...] auf der Ebene vergleichsweise unspezifischer und generischer Wunschlisten verhandelt“ (Holtgrewe et al. 2015, S. 30). Da verwundert es nicht, wenn die Überlegungen, wie das neue Wissen den Beschäftigten vermittelt werden soll, ebenfalls in den Kinderschuhen stecken.

---

<sup>1</sup> Besonderer Dank gilt den Kollegen vom Forschungsgebiet Industrie- und Arbeitsforschung der TU Dortmund für die gemeinsamen kritisch-konstruktiven Diskussionen zu Industrie 4.0 und Digitalisierung, aufgrund derer manche Einsicht erst möglich wurde. Anemari Karačić vom FGW gilt ein besonderer Dank für die administrative Begleitung dieser Expertise. Darüber hinaus möchte ich mich bei meinen Interviewpartner\_innen für ihre Auskunftsfreudigkeit bedanken.

### *Untersuchungsfragen und -feld*

Die Untersuchungsfragen kreisen um das Themenfeld *Qualifikation und Kompetenz* sowie deren Entwicklung im Sinne von betrieblicher Personalentwicklung. Qualifikations- und Kompetenzanforderungen resultieren aus der konkreten Arbeitsaufgabe bzw. Tätigkeit, dem organisatorischen Umfeld (Arbeitsbereich, Arbeitsgruppe etc., auch betriebsübergreifend) und der eingesetzten Technik. Die jeweils spezifischen Anforderungen an Qualifikation und Kompetenz ergeben sich in diesem soziotechnischen Verständnis aus dem Verhältnis der drei Dimensionen Technik, Organisation und Person zueinander; Veränderungen in einer Dimension ziehen Anpassungsprozesse bei den anderen Dimensionen nach sich. Aufgrund der Technikdominanz bei Industrie-4.0-Einführungsprozessen ist davon auszugehen, dass deren tiefgreifende technische Veränderungsprozesse sowohl organisatorische als auch personelle Anpassungen nach sich ziehen, was neue Qualifikations- und Kompetenzanforderungen bedingt.

Vor diesem Hintergrund werden in dieser Expertise auf der Grundlage der aktuellen (wissenschaftlichen) Literatur Antworten auf die folgenden Fragenkomplexe gesucht:<sup>2</sup>

- Wie verändern sich Tätigkeits- bzw. Aufgabenzuschnitte durch den betrieblichen Einsatz von Industrie-4.0-Techniken? Gibt es Verschiebungen zwischen eher operativen und eher dispositiven und planenden Tätigkeiten? Inwieweit hängen die beobachtbaren Veränderungen von der konkreten Industrie-4.0-Technik ab? Welche Aufgaben werden vom ‚System‘ übernommen?
- Welche neuen Qualifikations- und Kompetenzanforderungen entstehen durch die veränderten Tätigkeits- bzw. Aufgabenzuschnitte? Lassen sich Verlagerungstendenzen von Qualifikations- zu Kompetenzanforderungen erkennen? Werden beruflich vermittelte Qualifikationen unwichtiger? Gibt es explizite Industrie-4.0-Kompetenzen?
- Wie werden die neuen Qualifikations- und Kompetenzanforderungen vermittelt? Welche Maßnahmen der Qualifizierung ergreifen die Unternehmen derzeit? Welche sind in Planung? Inwieweit kommen neue Qualifizierungskonzepte zum Einsatz?

Die Expertise konzentriert sich auf das verarbeitende Gewerbe bzw. die Industrie. Dies geschieht aus zwei Gründen: Zum einen konzentriert sich der Einsatz von Digitalisierungs- und Industrie-4.0-Techniken derzeit in den Produktions- und produktionsnahen Bereichen nieder, dementsprechend liegen auch für dieses Feld die meisten Untersuchungen vor; zum anderen ist NRW weiterhin „ein Industrieland und muss das auch bleiben“ (Fröhlich 2018), wie der NRW-Ministerpräsident Laschet anlässlich seines Besuchs des Technoparcs in Harsewinkel betonte. Im Zentrum stehen die Fertigungs- und Montagebereiche sowie die produktionsnahen Dienstleis-

---

<sup>2</sup> Die Diskussion über den strukturellen Wandel von Arbeit und den Folgen für Qualifikationen, Kompetenzen und Qualifizierung ist nicht digitalisierungsspezifisch und somit auch nicht neu (vgl. als Überblick Ahrens/Gessler 2018).

tungen (Instandhaltung, Fertigungssteuerung etc.); nicht explizit betrachtet werden die kaufmännischen Bereiche wie beispielsweise Einkauf, Vertrieb oder Personal (zur Digitalisierung von Dienstleistungsarbeit vgl. Staab/Nachtwey 2016; zu den Folgen für die Arbeitsqualität vgl. Roth 2017). Bei den Qualifikationsstufen stehen die Un- und Angelernten, die Facharbeiter\_innen sowie die Meister\_innen und Techniker\_innen im Fokus, da sie derzeit am intensivsten von den Folgen der Industrie-4.0-Implementierung betroffen sind.

Diese Fokussierung resultiert aus den bislang beobachtbaren Implementierungsstrategien der Unternehmen. Digitalisierungs- und Industrie-4.0-Techniken werden derzeit vorwiegend zum einen in den Fertigungs- und Montagebereichen (Industrieroboter, Assistenzsysteme etc.) und zum anderen in den produktionsnahen Bereichen eingesetzt (MES für die Fertigungssteuerung, Tracking & Tracing etc.). Demzufolge sind in erster Linie die angesprochenen Unternehmensbereiche und Beschäftigtengruppen von Industrie 4.0 betroffen, was wiederum Auswirkungen auf die wissenschaftliche Forschung hat.<sup>3</sup>

### *Vorgehen*

Die Beantwortung der Untersuchungsfragen setzt in einem ersten Schritt eine Klärung zentraler Begriffe der Expertise voraus. Diese Vorarbeit ist erforderlich, um ein gemeinsames Verständnis zu gewährleisten; dies ist bei manchen der Begriffe (z. B. *Industrie 4.0*, *Kompetenz*) umso dringlicher, als selbst in den jeweiligen Fachdisziplinen Klage über eine fehlende einheitliche Definition geführt wird. Dabei wird in *Kapitel 2* eine vergleichsweise weit gefasste Begriffsbestimmung von Industrie 4.0 vorgeschlagen, um die unterschiedlichen Diskussionsstränge in der Öffentlichkeit und der Wissenschaft integrieren zu können. Im anschließenden *Kapitel 3* werden die konzeptionellen Grundlagen präsentiert: Begonnen wird mit dem soziotechnischen System, mit dem die Beziehungen zwischen den betrachteten, auf Qualifikation und Kompetenzen Einfluss nehmenden Dimensionen abgebildet werden (*Kapitel 3.1*). Die Unterscheidung zwischen Qualifikation und Kompetenz und deren Bestimmung sind insofern von Relevanz, da in der Literatur vielfach von einer deutlichen Zunahme bestimmter Kompetenzen durch Industrie 4.0 zuungunsten von Qualifikationsanforderungen ausgegangen wird (*Kapitel 3.2*). In *Kapitel 3.3* wird ein Ordnungskonzept für die Qualifikations- und Kompetenzentwicklung präsentiert. In *Kapitel 3.4* folgen Hinweise zum methodischen Vorgehen; insbesondere die beiden Unternehmen, die im Rahmen dieser Expertise untersucht wurden, werden vorgestellt.

Die beiden *Kapitel 4* und *5* präsentieren die Ergebnisse der Literaturstudie und der kleinen empirischen Untersuchung. Im *4. Kapitel* werden zunächst die Ergebnisse zu den Qualifikations- und Kompetenzveränderungen zusammengetragen, wobei mit den in der Öffentlichkeit diskutierten Szenarien der Einwicklung von Arbeit unter den Bedingungen von Industrie 4.0 begonnen wird (*Kapitel 4.1*). Anschließend werden zunächst die Resultate zu den fachlichen Qualifikatio-

---

<sup>3</sup> Einen Schub erhielt die Industrie-4.0-Forschung durch die BMBF-Ausschreibung *Industrie 4.0 – Forschung auf den betrieblichen Hallenboden* vom 27. Juni 2014 (vgl. Anhang).

nen und Kompetenzen erörtert (Kapitel 4.2), bevor die sogenannten Schlüsselkompetenzen näher analysiert werden (Kapitel 4.3). In *Kapitel 5* wird zunächst die betriebliche Weiterbildungssituation näher untersucht (Kapitel 5.1); die Kapitel 5.2 und 5.3 setzen sich mit Lehr- und Lernformen auseinander. Das Kapitel wird abgeschlossen durch ein Zwischenfazit (Kapitel 5.4).

Das die Expertise beschließende *Kapitel 6* rezipiert die vorliegenden Förderprogramme der NRW-Landesregierung (Kapitel 6.1), fasst die Ergebnisse der Expertise zusammen und formuliert Handlungsempfehlungen (Kapitel 6.2); ein optischer Ausblick beschließt die Expertise (Kapitel 6.3).

## 2 Industrie 4.0: Was ist das eigentlich?<sup>4</sup>

In der vermeintlich ‚guten, alten Zeit‘ näherte man sich unklaren Begriffen oder Phänomenen noch mit dem aus der Heinz-Rühmann-Filmkomödie *Die Feuerzangenbowle* bekannten pädagogischen Kniff des Physiklehrers Bömmels: „Wat is en Dampfmaschin? Da stelle mer uns janz dumm.“ (Der Spiegel 1987) Verfolgt man die aktuelle Berichterstattung in den Zeitungen, liest die Studien aus der Wissenschaft oder nimmt die Stellungnahmen involvierter Verbände zur Kenntnis, drängt sich nicht der Eindruck auf, dass es eine Lösung – vergleichbar mit Bömmels anschließender unkonventioneller Erklärung – in Bezug auf Industrie 4.0 geben könnte. Schon im Jahr 2014 ließen sich 104 verschiedene Begriffsdefinitionen identifizieren, die „stark [variieren] in Zielrichtung und Betrachtungsbereich“ (Bauer et al. 2014, S. 18; vgl. Icks et al. 2017, S. 3-5).<sup>5</sup>

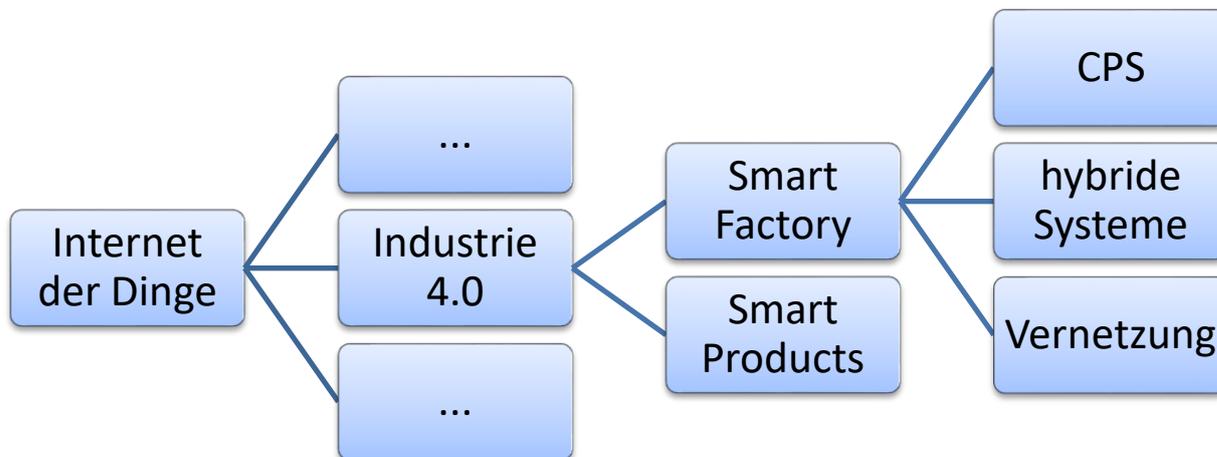
Die Verständigung über die Inhalte der zentralen Begriffe wird zudem durch unterschiedliche Diskussionsebenen erschwert: Gerst weist zu Recht auf die Unterscheidung zwischen der Vision Industrie 4.0, für die die in Abbildung 1 präsentierten Inhalte relevant sind, und der Diskussion in der Öffentlichkeit hin, in der es um viel handhabbarere bzw. leichter verständliche Themen wie Roboter, RFID-Chips oder Schicht-Doodle geht (vgl. Gerst 2014, S. 10).

---

<sup>4</sup> Der nachfolgende Definitionsversuch bleibt Industrie-4.0-immanent; eine eigentliche notwendige, hier aber zu weit führende Kritik an derartigen Managementkonzepten unternimmt u. a. Minssen (vgl. Minssen 2017).

<sup>5</sup> Dementsprechend verwundert es nicht sonderlich, wenn bei einer ifaa-Unternehmensbefragung ca. 92 Prozent den Begriff *Industrie 4.0* zwar kannten, aber nur knapp 33 Prozent ihn für ‚klar‘ definiert hielten (vgl. ifaa 2015, S. 10).

Abbildung 1: Einordnung von Industrie 4.0



Quelle: eigene Darstellung (nach Gerst 2014, S. 4, S. 10; Gerst 2017, S. 3)

Weitgehend einig sind sich alle Beiträger\_innen darüber, dass es sich bei Industrie 4.0 um die „echtzeitfähige, intelligente, horizontale und vertikale Vernetzung von Menschen, Maschinen, Objekten und IKT-Systemen zum dynamischen Management von komplexen Systemen“ (Bauer et al. 2014, S. 18) handelt. Abbildung 1 zeigt die Konkretisierung von Industrie 4.0 bis hinunter auf die betriebliche Ebene, wobei der Kern in der Verknüpfung von realen, physischen mit informationsverarbeitenden, virtuellen Objekten und Prozessen durch cyberphysische Systeme (CPS), die vernetzt miteinander interagieren, sowie den hybriden Systemen als Verhältnis von automatisierten Entscheidungen und durch den Menschen generierten Entscheidungen besteht (vgl. N. N. 2015).

*Vernetzung* ist die zentrale Chiffre, mit der sich Industrie 4.0 von früheren Technologiewellen absetzt:

„Ging es bei der Automatisierung noch in erster Linie um die automatische, lineare Verkettung von aufeinanderfolgenden, zuvor fest definierten Arbeitsabläufen und deren Ausführung durch Maschinen, so ist die Bedeutung der Vernetzung viel weitgreifender. Vernetzung ermöglicht die Verknüpfung von nicht linearen Produktionsketten, entsprechend den sich kontinuierlich wechselnden Anforderungen durch den Markt.“ (Fraunhofer IPA 2015, S. 6)

Durch die Aufrüstung von Maschinen und Anlagen mit Sensoren, Aktoren etc. entstehen sogenannte *embedded systems* als Grundlage der Vernetzung; die Vernetzung bezieht sich sowohl auf die vertikale Integration innerhalb eines Betriebs als auch auf die horizontale Integration in einem Wertschöpfungsnetzwerk (vgl. Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft 2013, S. 24). Bis die horizontale und die vertikale Vernetzung bzw. Integration jedoch Realität werden können, ist eine Vielzahl von Herausforderungen zu lösen: Unterschiedliche Datenstandards oder fehlender Austausch von Auftragsdaten zählen ebenso dazu wie die Notwendigkeit der Betrachtung des gesamten Produktlebenszyklus oder ein entsprechendes Informations- und Wissensmanagement (vgl. Agiplan et al. 2015, S. 280-290).

Ein *cyberphisches System* (CPS) ist „eine Fusion aus den Elementen der Mechanik, Elektronik und Informatik“ (Reinhart et al., S. 555) und damit ein „System, das reale (physische) Objekte und Prozesse verknüpft mit informationsverarbeitenden (virtuellen) Objekten und Prozessen über offene, teilweise globale und jederzeit miteinander verbundene Informationsnetze“ (N. N. 2015, S. 18); CPS sind damit „technologische Voraussetzung für die intelligente Fabrik“ (Fraunhofer IPA 2015, S. 10). Sehr plastisch formulieren Schuh et al.:

„CPS stellen in einem System aus Systemen die Verbindung zwischen der digitalen und physischen Welt her. Diese Systeme können Maschinen, Produkte, intelligente Sensorik oder Betriebsmittel sein, die in die Lage versetzt werden, eigenständig Informationen auszutauschen, Vorschläge für zu ergreifende Maßnahmen anzubieten oder im begrenzten Rahmen Aktionen selbstständig auszulösen und sich somit autonom zu steuern. Ein Ziel von ‚Industrie 4.0‘ ist die Entwicklung eines selbstoptimierenden, selbstkonfigurierenden und selbstdiagnostizierenden Produktionssystems.“ (Schuh et al. 2015, S. 2)

Allerdings sind die Definitionen von CPS meist wenig trennscharf bzw. können letztlich alles Mögliche beinhalten: „Konkreter, CPS bezeichnen ‚intelligente‘ Geräte, Verkehrsmittel, Maschinen wie aber auch Logistik-, Koordinations- und Managementprozesse, die mit fortgeschrittenen Internetanwendungen verknüpft sind.“ (Hirsch-Kreinsen/ten Hompel 2015, S. 3)

Der Begriff *hybride Systeme* fokussiert die Beziehung zwischen Mensch und Technik. Im Zuge von Industrie 4.0 kommt es zu einer neuen Vermessung der Entscheidungshoheit: „Durch das Neben- und Miteinander menschlicher und künstlicher Sozialsysteme entstehen hybride Systeme verteilten Handelns, in denen Entscheidungen im Verbund von menschlichen Entscheidern und (teil-)autonomer Technik getroffen werden [...]“ (Weyer 2007, S. 37). Die Kernfrage bei hybriden Systemen ist die Verteilung der Entscheidungsgewalt: Diskutiert werden insbesondere das Automatisierungsszenario mit der Entscheidungshoheit bei der Technik (etwa autonomes Fahren) und das WerkzeugszENARIO, bei dem der Mensch der Entscheider bleibt (vgl. Windelband 2014). Beim Hybridszenario dagegen „[werden] Kontroll- und Steuerungsaufgaben kooperativ und interaktiv durch Technologien, vernetzte Objekte und Menschen wahrgenommen“ (Buhr 2015, S. 14). Wie die jeweils konkreten Handlungszuschreibungen erfolgen, ist nicht vorrangig ein technisches Problem, sondern durch die betrieblichen Akteur\_innen gestaltbar – mit jeweils spezifischen Auswirkungen (am Beispiel der Logistikarbeit vgl. Zeller et al. 2010, S. 50-53).

Die Skizzierung der Kernelemente der Industrie 4.0 bzw. der Smart Factory zeigt, dass bei der Analyse der Technologiefolgen für die Beschäftigten zwischen der Digitalisierung und der Automatisierung unterschieden werden muss: Bei manchen Industrie-4.0-Definitionsansätzen spielt die ‚klassische‘ Automatisierung keine hervorgehobene Rolle (vgl. exemplarisch Bitkom et al. 2015, S. 15; Fraunhofer IPA 2015, S. 5).<sup>6</sup> Gerade angesichts der Veränderungen auf den globalen Märkten mit der Zunahme kundenindividueller Produkte stößt klassische Automatisierung an

---

<sup>6</sup> Für eine stärker automatisierungstechnische Sicht vgl. Krzywdzinski et al. 2015 mit Verweisen auf cyberphysische Systeme, flexible Roboter oder Assistenzsysteme als ‚Kernelemente‘ von Industrie 4.0.

Grenzen; die Digitalisierung ist somit das eigentlich Neue bei Industrie 4.0 und nicht zuletzt ein „Kernbaustein“ (Bitkom et al. 2015, S. 15) der Industrie-4.0-Umsetzung.

### **Infobox: Industrie 4.0**

Industrie 4.0 lässt sich – allen Unstimmigkeiten und Differenzen zum Trotz – als die „echtzeitfähige, intelligente, horizontale und vertikale Vernetzung von Menschen, Maschinen, Objekten und IKT-Systemen zum dynamischen Management von komplexen Systemen“ (Bauer et al. 2014, S. 18) bestimmen. Auch wenn die Begriffe Digitalisierung und Vernetzung das eigentlich Neue in dieser Debatte kennzeichnen, sollen im Rahmen dieser Expertise darüber hinaus relevante Automatisierungstechnologien betrachtet werden.

### *Industrie-4.0-Technologien*

Bei dem Versuch, die Industrie-4.0-Technologien zu benennen, gerät man in ähnlich schweres Fahrwasser wie bei der Definition von Industrie 4.0. Auch hier lassen sich keine verlässlichen ‚Auflistungen‘ finden, was dazu gerechnet werden kann bzw. muss und was nicht.<sup>7</sup> Die Tabelle 1 zeigt eine kleine Anzahl aktueller Publikationen zum Thema Industrie-4.0-Technologien. Wenig überraschend ist, dass bestimmte Technologien bzw. Techniken von allen als relevant eingestuft werden: Dazu zählen insbesondere Sensorik und Aktorik, aber auch die damit eng verbundenen cyberphysischen Systeme oder Big Data. Auffallend ist der sehr unterschiedliche Konkretisierungsgrad der einzelnen Technologien bzw. Techniken: Von der sehr allgemein gehaltenen Funktechnik oder der Kommunikation bis zu den sehr konkreten Beispielen Schichtabstimmung über Web 2.0 (dem sogenannten Schicht-Doodle) oder Tracking durch den Kunden kommt alles vor.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> Dies deckt sich mit den nicht repräsentativen Erfahrungen als empirischer bzw. empirische Sozialwissenschaftler\_in in den Industrieunternehmen: Techniken und Technologien, die in gänzlich anderen Zusammenhängen angeschafft und genutzt werden, bekommen plötzlich das Label *Industrie 4.0*, um die Fortschrittlichkeit des Unternehmens zu verdeutlichen (vgl. exemplarisch Pfeiffer et al. 2016a, S. 60).

<sup>8</sup> Die Vermutung liegt nahe, dass diese exemplarisch vorgestellten Technologielisten dem jeweiligen Erkenntnisinteresse der Studie geschuldet sind; es ging den Autor\_innen somit gar nicht um eine generelle Systematisierung denkbarer Industrie-4.0-Technologien, sondern um eine möglichst begründete Auswahl der jeweils näher zu betrachtenden Technologien.

Tabelle 1: Übersicht über Industrie-4.0-Technologiefelder und -Technologien

Industrie-4.0-Technologien	Agiplan et al. 2015; Hartmann/Hartmann 2017	Spöttl et al. 2016	Pfeiffer et al. 2016a
Sensorik, Aktorik	X	X	
Vernetzung		X	
Funktechnik		X	
Big Data		X	X
Cloud Computing		X	
CPS	X	X	X
Datensicherheit		X	
Kommunikation	X		
Mensch-Maschine-Schnittstelle	X		
Software	X		
Standards und Normung	X		
Schichtabstimmung über Web 2.0			X
Mobile Devices			X
Tracking durch den Kunden bzw. die Kundin			X
Robotik			X
Additive Verfahren			X
Wearables, Augmentation			X

Quelle: eigene Darstellung (nach Agiplan et al. 2015, S. 18; Hartmann/Hartmann 2017, S. 9; Spöttl et al. 2016, S. 56; Pfeiffer et al. 2016a, S. 24-28)

Für die Fragen nach den Veränderungen von Qualifikations- und Kompetenzbedarfen und den daraus resultierenden Anforderungen für deren Entwicklung ergibt sich insofern eine etwas unbefriedigende Situation, da quasi eine standardisierte, weitgehend akzeptierte Vergleichsfolie in Bezug auf die Technikdimension fehlt. Nicht nur die generelle Problematik des frühen Standes der Umsetzung von Industrie 4.0 ist zu nennen (vgl. Hartmann/Hartmann 2017, S. 9; Reckfort

2017, S. 99), der die Prognose verallgemeinerbarer Trends in Bezug auf Qualifikationen und Kompetenzen erschwert, sondern zudem ist die Gefahr schwerlich zu bannen, aufgrund der in den publizierten Untersuchungen beschriebenen (Einzel-)Fälle ‚Äpfel mit Birnen‘ zu vergleichen, obwohl es um vermeintlich Gleiches wie etwa CPS oder Assistenzsysteme geht.

Ein weiteres Problem ist die überschaubare Datenlage zur Verbreitung von Industrie-4.0- oder Digitalisierungstechnologien. Eine aktuelle Studie stammt vom Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), die allerdings nicht auf das verarbeitende Gewerbe beschränkt ist, sondern auch Dienstleistungen umfasst und folgenden Anspruch erhebt: „Ziel der Befragung war es, eine repräsentative Datengrundlage zur Beschreibung des Umfangs und der Nutzungsformen digitaler Geräte und Medien in der täglichen Arbeit und in der beruflichen Aus- und Weiterbildung in Betrieben zu liefern.“ (Gensicke et al. 2016, S. 13) Befragt wurden deutschlandweit 3.006 Betriebe (zum Sample vgl. Gensicke et al. 2016, S. 13-20).

**Tabelle 2: Anteil der Betriebe mit eingesetzten Industrie-4.0-Technologien, 2015 (n = 3.006)**

Nutzung digitaler Geräte im Arbeitsprozess	Anteil Betriebe (in Prozent)		
	Nutzung	keine Nutzung	keine Angabe
Desktop-PC mit Internetzugang	92	8	0
Smartphone	78	22	0
Laptop mit Internetzugang	76	24	0
Scanner	72	28	1
Tablet	47	52	1
MDE-Geräte, also Geräte für die mobile Datenerfassung	12	86	2
3D-Drucker	9	90	1
Nutzung digitaler Neuentwicklungen im Arbeitsprozess	Anteil Betriebe (in Prozent)		
	Nutzung	keine Nutzung	keine Angabe
Datenuhr	3	96	2
Wearables	2	96	2
Head-Mounted Display	2	96	2
Datenbrille	1	97	2

Quelle: eigene Darstellung (nach Gensicke et al. 2016, S. 25-26)

Die Studie zeigt eindrücklich, dass die gängigen IT-Techniken in den Unternehmen weit verbreitet sind, aber die mit der Industrie-4.0-Euphorie aufkommenden Sinnbilder wie Datenbrillen oder die sogenannten Wearables zu vernachlässigen sind (vgl. Tabelle 2). Zwar ist in den Unternehmen der Internetzugang inzwischen de facto flächendeckend umgesetzt (vgl. Gensicke et al. 2016, S. 27), aber damit sind in erster Linie (Hardware-)Technologien abgedeckt, die seit zehn bis fünfzehn Jahren Einzug in die Unternehmen gehalten haben. Die ‚wirklich‘ neuen Technologien wie beispielsweise die Wearables sind kaum in den Unternehmen präsent; erschwerend kommt hinzu, dass die Erhebung nur die Aussage zulässt, dass eine bestimmte Technologie überhaupt im Unternehmen eingesetzt wird – ob dies aber lediglich in einem Pilotversuch oder flächendeckend geschieht, bleibt offen.

Aufgrund des Zuschnitts der befragten Unternehmen mussten zudem Technologien ausgewählt werden, die für alle Unternehmen prinzipiell relevant sein können, was im Umkehrschluss heißt, dass Technologien, die nur im verarbeitenden Gewerbe sinnvoll genutzt werden können, aber beispielsweise nicht in Versicherungen oder im Einzelhandel, nicht abgefragt wurden. Das sind aber letztlich die Technologien, etwa Software wie MES oder Automatisierungstechniken wie Roboter, die für die Produktionsunternehmen wesentlich relevanter sein dürften als Datenuhren etc.<sup>9</sup> Vor diesem Hintergrund mahnt die Studie implizit zwar davor, zu euphorisch von der Verbreitung von Industrie-4.0-Technologien zu schwärmen, aber sie hilft nur begrenzt weiter im Hinblick auf die Beantwortung der Frage, welche Industrie-4.0-Technologien tatsächlich weiter verbreitet sind.

Bei dieser Frage hilft die Paneluntersuchung Modernisierung der Produktion des Fraunhofer ISI weiter. In der Erhebungswelle 2015 wurden die Unternehmen nach dem aktuellen und geplanten Einsatz verschiedener Technologien gefragt (vgl. Tabelle 3). Wenig überraschend ist die große Verbreitung von PPS; bemerkenswert ist vielmehr zum einen, dass Industrie-4.0-Technologien (z. B. ‚echtzeitnahe Produktionsplanungssystem‘) nur in jedem vierten Unternehmen zu finden sind, und zum anderen, dass der Bedarf in den Unternehmen offenbar nicht so stark ist: Nur jedes zehnte Unternehmen plant bei diesem Anwendungsfall eine Anschaffung, bei anderen Technologien liegen die Werte teilweise noch niedriger.

---

<sup>9</sup> Aber auch innerhalb etwa des verarbeitenden Gewerbes gilt diese Problematik: „Bei der Interpretation dieser ersten Befunde ist zu berücksichtigen, dass aufgrund spezifischer Produktionscharakteristika nicht jede Technologie für jeden Betrieb eine notwendige bzw. sinnvolle technische Lösung für die Produktion darstellt. Betriebe mit manueller Fertigung oder Betriebe in Einzel- und Kleinserienproduktion werden aufgrund ihrer Produktionsbedingungen kaum eine automatisierte Logistik oder ein echtzeitnahe Produktionssystem einsetzen. Betriebe mit hohem Automatisierungsgrad und Großserienproduktion werden diese Technologien hingegen nutzbringend anwenden können.“ (Lerch et al. 2017, S. 4)

**Tabelle 3: Aktueller und geplanter Einsatz digitaler Technologien in der Produktion, 2015 (n = 1.282)**

	Technologie genutzt	Nutzung geplant bis 2018
Softwaresystem zur Produktionsplanung und -steuerung	67	6
digitale Visualisierung am Arbeitsplatz der Werker_innen	33	10
digitaler Austausch mit Kund_innen/Lieferant_innen	31	5
Techniken zur Automatisierung und Steuerung der inter-nen Logistik	30	10
echtzeitnahes Produktionsplanungssystem	27	10
mobile Geräte zur Programmierung und Bedienung von Anlagen und Maschinen	19	8
Product-Lifecycle-Management-Systeme	11	6

Quelle: eigene Darstellung (nach Lerch et al. 2017, S. 3)

#### *Verbreitung von Industrie 4.0 in der Industrie*

„Autonome Produktionsanlagen in Verbindung mit intelligenten Werkstücken können zu einer weitgehenden Selbststeuerung von Produktionen führen. Wird den Werkstücken über Chip-Technologien ihr Arbeitsplan mitgegeben, so können sie sich praktisch selbstständig den Weg durch die Produktion suchen. Dieses Vorgehen setzt den bereits bestehenden Weg einer Dezentralisierung der Produktion in extremer Weise fort. Der Weg reicht von zentral gesteuerten Werkstätten und Fließbandanlagen über flexible Fertigungs- und Leitstandsysteme nun bis hinunter zu den einzelnen Produktionsanlagen.“ (Scheer 2013, S. 6)

So weit, wie es einer der frühen Protagonisten beschreibt, ist Industrie 4.0 in der deutschen Produktionsrealität mit Sicherheit noch nicht, wenngleich sie als Managementkonzept oder Unternehmensstrategie in den Industrieunternehmen angekommen ist. Während vor wenigen Jahren Industrie 4.0 bei den Unternehmensverantwortlichen vielfach ein Stirnrundeln hervorrief, wird heute allenthalben ihre Bedeutung für das eigene Unternehmen betont. Nutzten noch 2014 ca. 70 Prozent der mittelständischen Unternehmen keine digitalen Technologien im Produktionsprozess (vgl. Agiplan et al. 2015, S. 69) und haben sich nur ca. 41 Prozent intensiver mit dem Thema beschäftigt (vgl. Hammermann 2016; mit etwas höheren Werten ZEW 2015), führt an der Digitalisierung heute kein Weg mehr vorbei.

Die vorliegenden Ergebnisse sind trotz des unterschiedlichen Studiendesigns vergleichbar:

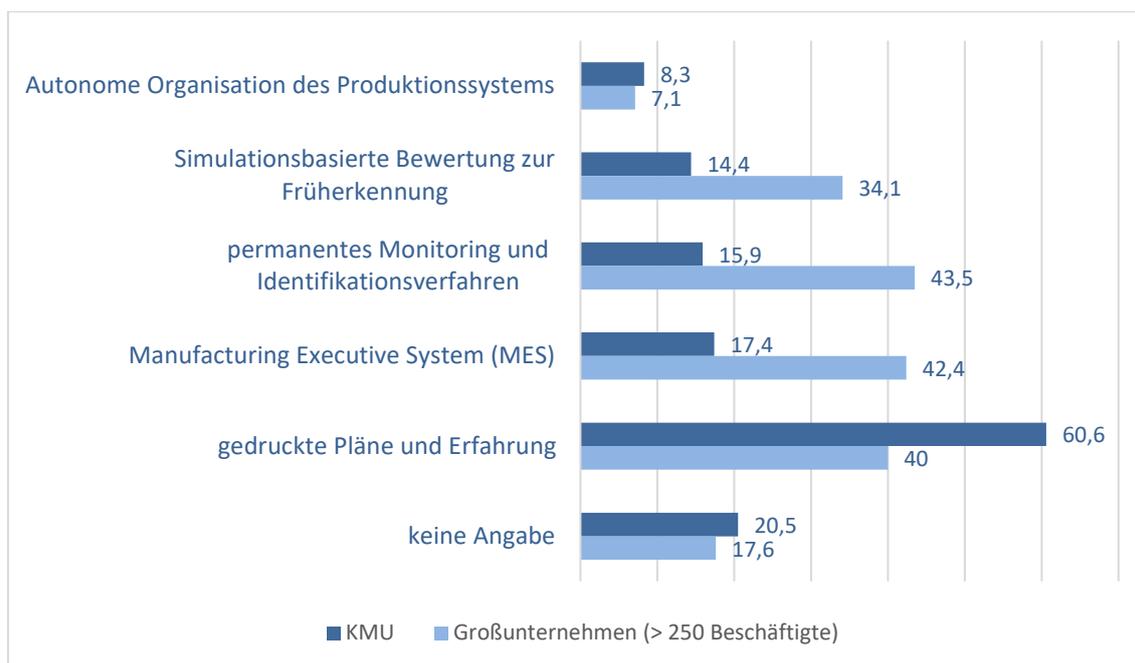
- Im Maschinen- und Anlagenbau gab es 2015 immerhin noch knapp 28 Prozent Unternehmen, die sich mit Industrie 4.0 entweder gar nicht beschäftigt haben oder dazu nichts sagen konnten; der Rest beschäftigt sich mehr oder weniger intensiv mit Industrie 4.0, ein gutes Viertel sogar intensiv (Pfeiffer et al. 2016, S. 60).

- Eine Studie von Bitkom und Ernst & Young kam zu dem Ergebnis, dass 77 Prozent der befragten Industrieunternehmen (über 100 Beschäftigte) Industrie 4.0 für ‚wichtig‘ oder ‚sehr wichtig‘ hielten (Bitkom/Ernst & Young 2016a, S. 7); die meisten ‚sehr wichtig‘-Nennungen gab es in Unternehmen mit mehr als 500 Beschäftigten (45 Prozent) sowie in den Branchen Sonstiges Verarbeitendes Gewerbe (38 Prozent) und Maschinenbau (36 Prozent).<sup>10</sup>
- Der Mittelstand ist demgegenüber etwas zurückhaltender: Einer aktuellen Untersuchung von A. T. Kearney und BDI (2017, S. 14) zufolge haben nur 55 Prozent der Mittelständler sich damit befasst, was Industrie 4.0 in den nächsten fünf Jahren für sie bedeutet; 20 Prozent der befragten Unternehmen haben sich mit dem Thema noch nicht beschäftigt. Im Mittelstand wird Industrie 4.0 eher als Herausforderung und weniger als Chance betrachtet.
- Abbildung 2 bestätigt nochmals die Differenzen zwischen den Betriebsgrößenklassen: In den Unternehmen mit über 250 Beschäftigten sind die Industrie-4.0-Technologien deutlich verbreiteter als in den KMU, so dass ein „erhebliches Entwicklungspotenzial für die weitere Umsetzung digitaler Technologien [besteht]. Dies gilt insbesondere für KMU.“ (acatech 2016c, S. 15) Dies bestätigt sich an der Industrie 4.0 zugewiesenen Bedeutung, die mit der Betriebsgröße steigt (vgl. Icks et al. 2017, S. 13).

---

<sup>10</sup> Im Vergleich zu der Vorjahresbefragung (vgl. Bitkom/Ernst & Young 2016b) ist zum einen auffällig, dass die strategische Bedeutung von Industrie 4.0 (‚sehr wichtig‘) bei den Unternehmen mit über 500 Beschäftigten um vier Prozentpunkte stieg; zum anderen ist bemerkenswert, dass die Elektroindustrie einen massiven Bedeutungsverlust von Industrie 4.0 angegeben hat: Hier sank der Wert von 41 Prozent (‚sehr wichtig‘) auf 32 Prozent (vgl. Bitkom/Ernst & Young 2016a).

Abbildung 2: Status quo bei der Digitalisierung von Kernprozessen, 2015 bis 2016 (in Prozent)



Quelle: eigene Darstellung (nach acatech 2016c, S. 15)

Diese Zurückhaltung seitens des Mittelstands resultiert unter Umständen aus den verschiedenen Herausforderungen, die mit Industrie 4.0 einhergehen. Ein Blick auf geplante Industrie-4.0-Investitionen im Folgejahr der Befragung zeigt, dass über 50 Prozent der befragten Unternehmen vorsichtig mit ‚Investitionen werden eher zunehmen‘ antworten (vgl. Bitkom/Ernst & Young 2016a, S. 16). Dieses vorsichtige Agieren hat zum einen mit fehlenden Ressourcen zu tun, was insbesondere für die kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) gilt (vgl. Felden/Hack 2014), aber zum anderen auch mit ungelösten Fragen im Hinblick auf die Industrie-4.0-Implementierung und den erzielbaren Nutzen.

Dabei sehen die Unternehmen eine Vielzahl offener Punkte, die jenseits fehlender Ressourcen die Umsetzung von Industrie-4.0-Visionen bremsen. Die Bandbreite ist groß:

- 59 Prozent der Unternehmen klagen im Jahr 2017 über den zu hohen Investitionsbedarf, der noch schwerer zu legitimieren ist, wenn der wirtschaftliche Nutzen der Investitionen unklar bleibt, was 25 Prozent der Unternehmen angegeben haben (vgl. Bley et al. 2017, S. 26; vgl. zudem Saam et al. 2016, S. 52; Bitkom/Ernst & Young 2016a, S. 17).
- Bei den technischen Aspekten ragen insbesondere die Themen Datensicherheit und fehlende Standards heraus: 48 Prozent der befragten Unternehmen sahen 2017 im Datenschutz ein Problem (vgl. Bley et al. 2017, S. 26) bzw. jeweils ca. 25 bis 26 Prozent machen Handlungsbedarf beim Schutz von mitarbeiter- bzw. unternehmensbezogenen Daten aus (vgl. Saam et al. 2016, S. 52). Dieses Thema ist weniger relevant geworden: Noch 2015 gaben über 73 Prozent fehlende Datensicherheit als Hemmnis an (vgl. BDI/PwC

2015, S. 27). Der aktuelle Wert für fehlende Standards ist mit 50 Prozent vergleichbar hoch (vgl. Bley et al. 2017, S. 26).

- Ebenfalls hohe Werte erhielt das Item ‚zu wenig qualifiziertes Personal‘: Das sehen 57 Prozent als ein Hemmnis auf dem Weg zu Industrie 4.0 in ihrem Unternehmen an (vgl. Bley et al. 2017, S. 26). Hier ist eine Zunahme zu beobachten: 2015 hatten nur 45 Prozent fehlendes Know-how der Beschäftigten als Problem angegeben (vgl. BDI/PwC 2015, S. 28).
- In diesen Kontext gehört auch das Item ‚mangelnde IT-Kompetenzen der Beschäftigten‘, das immer wieder als Problem angeführt wird: Demnach gaben 67 Prozent der befragten Unternehmen 2015/2016 an, dass die fehlende IT-Kompetenz die Industrie-4.0-Einführung etwas (46 Prozent) oder stark (21 Prozent) erschwere (vgl. Saam et al. 2016, S. 52). Bei einer neueren Untersuchung verliert dieser Aspekt seine Problematik deutlich: Laut Bley et al. ist ‚mangelndes IT-Know-how‘ nur für 25 Prozent der befragten Unternehmen heikel (vgl. Bley et al. 2017, S. 26).
- Ein Aspekt darf nicht unerwähnt bleiben: Industrie 4.0 bedeutet nicht nur technische Innovationen im Betrieb oder personelle Anpassungsmaßnahmen, sondern in einem nicht zu unterschätzenden Umfang organisatorische und damit zusammenhängend unternehmenskulturelle Veränderungen: So geben 57 Prozent an, die ‚Anpassung der Unternehmens- und Arbeitsorganisation‘ behindere die Digitalisierung im Unternehmen etwas (44 Prozent) oder stark (13 Prozent) (vgl. Saam et al. 2016, S. 52). Wesentlich geringere Werte ermittelten Schlund et al. (vgl. Schlund et al. 2014, S. 12): In ihrer Befragung gaben 31 Prozent an, dass der Organisation die Fähigkeit zur Veränderung fehle.

### Zwischenfazit

Der Begriff *Industrie 4.0* und seine um ihn kreisenden Satelliten wie beispielsweise *CPS* oder *Smart Products* bleiben weiter schillernd. Es scheint sich bislang keine allgemein akzeptierte Definition durchgesetzt zu haben; die Mehrzahl der Begriffsbestimmungen ist stark technikgetrieben.

Die eigentliche Innovation an der Vision Industrie 4.0 ist weniger die materielle Technik, die sich in Robotern, fahrerlosen Transportsystemen oder ähnlichen (Automatisierungs-)Techniken niederschlägt, sondern das quasi immaterielle digitale Abbild („digitaler Zwilling“) der physischen (Produktions-)Welt bzw. des Wertschöpfungsprozesses, mithin die „Vision, dass alle Teilnehmer des Produktionssystems vollständig technisch und funktionell vernetzt sind“ (VDI 2015, S. 19). Deshalb lauten die entscheidenden Begriffe u. a. *Digitalisierung* oder *vertikale und horizontale Integration*. Diese auf den Kern der Thematik verweisende Charakterisierung wird im weiteren Verlauf der Expertise jedoch geöffnet, um anschlussfähig an die öffentliche Debatte zu bleiben, die die Automatisierungstechnik (insbesondere Roboter und Assistenzsysteme) stark fokussiert.

Darüber hinaus sind zwei Ergänzungen anzufügen. Brandt verweist zu Recht auf den folgenden Aspekt: „Sinnvoll erscheint mir, unter Industrie 4.0 nicht einen definierten Endzustand zu verstehen, sondern eher eine Richtung angestrebter Veränderungen, bei der Digitalisierung, Internet (der Dinge) und Automation eine wichtige Rolle spielen.“ (Brandt 2015, S. 15) Nicht zuletzt befeuert durch die von interessierten Akteur\_innen verbreiteten Visionen wird Industrie 4.0 vielfach als quasi sich selbst genügendes Ziel (*l'art pour l'art*) und weniger „als Mittel zum Zweck“ (Schlick et al. 2014, S. 59) betrachtet, um bestimmte (strategische) Unternehmensziele (z. B. Verringerung der Durchlaufzeiten, Qualitätssteigerung, höhere Kundenzufriedenheit oder Entwicklung neuer Geschäftsmodelle) zu realisieren (vgl. hierzu Hirsch-Kreinsen 2016).

Die zweite Ergänzung – oder besser Relativierung – bezieht sich auf die Dominanz der technologischen Seite von Industrie 4.0:

„Es wird implizit davon ausgegangen, dass Industrie 4.0 vorrangig ein technologisches Thema ist und Anwendungsbeispiele noch nie dagewesene technische Komplexität implementieren und ein technologisch hohes Innovationspotenzial aufweisen. Dies ist ein grundlegendes Missverständnis.“ (Schlick et al. 2014, S. 59)

Vielmehr sind die relevanten Basistechnologien bekannt<sup>11</sup>; im Fokus stehen eher die Vernetzung und Optimierung technischer und/oder organisatorischer Prozesse. Hier deutet sich mit dem Hinweis auf Technik und Organisation an, dass die Fragen bezüglich Qualifikationen und Kompetenzen, deren Veränderungen und Entwicklung nicht allein der Technik geschuldet sind, sondern in dem – im folgenden Kapitel näher auszuführenden – soziotechnischen Dreiklang von Technik, Organisation und Personal begründet liegen.

### 3 Zum konzeptionellen Hintergrund und der Methode

In der Diskussion um Industrie 4.0 wird – insbesondere im wissenschaftlichen Kontext – auf das soziotechnische System zurückgegriffen, um die durch die Digitalisierungs- und Industrie-4.0-Technologien angestoßenen Veränderungsprozesse auf betrieblicher und überbetrieblicher Ebene zu analysieren. Diesem bewährten Konzept wird auch in der vorliegenden Expertise vertraut (Kapitel 3.1). Weniger eindeutig und konsensuell sind dagegen die disziplinären Diskussionen zu den hier im Fokus stehenden Begriffen *Qualifikation* und *Kompetenz* (Kapitel 3.2); die bisherige Debatte geht von deutlichen Veränderungen in Bezug auf die Qualifikations- und Kompetenzanforderungen aus. Im Unterschied zu Frey und Osborne, die den Verlust einer Vielzahl von Berufen durch Digitalisierung heraufbeschwören (vgl. Frey/Osborne 2013), soll begründet eine andere Herangehensweise verfolgt werden: In Kapitel 3.3 wird stattdessen ein Tätigkeitskonzept präsentiert, mit dessen Hilfe sich realitätsnäher beschreiben lässt, welche Aufgaben und Tätigkeiten zukünftig entfallen oder neu hinzukommen können; diese Tätigkeiten definieren die notwendigen, gegebenenfalls neuen Qualifikations- und Kompetenzanforderungen. Auf diese neuen Qualifikations- und Kompetenzanforderungen müssen die Beschäftigten und die

---

<sup>11</sup> Schon 2014 schrieb Bornemann: „[...] denn die Inhalte der ‚Industrie 4.0‘ beschreiben lediglich die nächsten Schritte bereits bestehender Automatisierungsprozesse“ (Bornemann 2014, S. 1).

Unternehmen mit angepassten Weiterbildungs- bzw. Qualifizierungsmaßnahmen reagieren. Wie die sich unterscheiden, wird in Kapitel 3.4 vorgestellt. Im abschließenden Kapitel 3.5 wird die methodische Basis dieser Expertise vorgestellt; dazu zählt die Darstellung von zwei Unternehmensbeispielen aus der Metall- und Elektroindustrie, einem KMU und einem Großunternehmen, deren Industrie-4.0-Aktivitäten auf einige typische Aspekte der Industrie-4.0-Einführung und der Folgen für die Beschäftigten verweisen.

### 3.1 Das soziotechnische System

In den Publikationen vieler Industrie-4.0-Verfechter\_innen wird zwar die zentrale Rolle des Menschen im Industrie-4.0-Kontext betont, letztlich aber

„werden technische Visionen digital vernetzter cyber-physischer Systeme vorgetragen, in denen sich Aufträge selbstständig durch die Wertschöpfungsketten hindurchsteuern, ihre Bearbeitungsmaschinen buchen und ihre Auslieferung an die Kunden selbsttätig organisieren. Diese Konzeptionen kommen zum Teil ohne den expliziten Einbezug menschlicher Arbeitskraft aus.“ (Huchler 2016a, S. 59)

Allerdings ist auch die Smart Factory der Industrie 4.0 keine menschenleere Fabrik, wie man sie sich bei CIM erhoffte (vgl. Noack et al. 1990; Fiedler/Regenhard 1991; zur Entwicklung der Computerisierung in Deutschland vgl. Schuhmann 2012), sondern ein soziotechnisches System, das sich nicht auf die technische Dimension reduzieren lässt.

Der in den 1950er Jahren von dem Londoner Tavistock-Institut entwickelte soziotechnische Ansatz fokussierte zunächst das sogenannte primäre Arbeitssystem, das als „operative Tätigkeiten ausführendes, [...] abgrenzbares Subsystem einer Organisation“ konzeptualisiert wurde und sich „außer durch soziotechnische Innenbeziehungen auch durch Außenbeziehungen zur Systemumwelt auszeichnet“ (Sydow 1985, S. 26-27). Zwar wurden ursprünglich nur ein technisches und ein soziales Subsystem aufgeführt, aber schon bald erkannten die Protagonist\_innen, dass Organisation als drittes Gestaltungsfeld aufzunehmen war: Es zeigte sich, dass die Technik bzw. Technologie nicht die Organisation determinierte, sondern dass trotz vergleichbarer Technik unterschiedliche Organisationsformen möglich sind (vgl. acatech 2016a). Damit entstand die heute gängige Unterscheidung in Technik, Organisation, Person (T-O-P) oder Mensch, Technik, Organisation (M-T-O) mit drei Subsystemen; Abbildung 3 illustriert diese Zusammenhänge sowie die auf das soziotechnische System einwirkenden Rahmensetzungen.

**Abbildung 3: Das soziotechnische System**

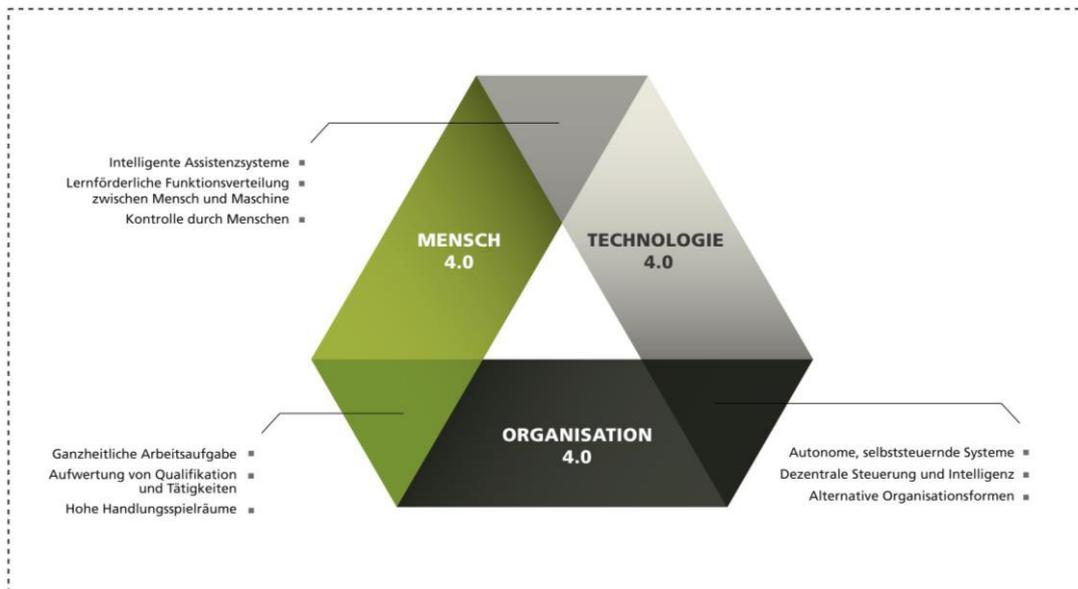


Quelle: Hirsch-Kreinsen/ten Hompel 2016, S. 7

Der soziotechnische Ansatz blieb nicht von Kritik verschont (vgl. Sydow 1985, S. 60-90); gleichwohl bietet er eine nützliche Heuristik, die durch ihre Verschränkung der drei Subsysteme eindrücklich auf die gegenseitigen Abhängigkeiten von Technik, Organisation und Personal hinweist und somit situationsbezogen Gestaltungsalternativen für die betrieblichen Akteure eröffnet. Eine Verengung auf bzw. Vorentscheidung für bestimmte Ausprägungen gilt es zu vermeiden; das betrifft auch die technischen Wahlmöglichkeiten. Die Auswahl der im Unternehmen eingesetzten Technik unterliegt Freiräumen, „wenn auch die Technologie als Variable angesehen wird“ (Sydow 1985, S. 63). Das Augenmerk muss sich somit auf die Schnittstellen richten: Mensch-Technologie; Technologie-Organisation; Mensch-Organisation. Bei diesen Schnittstellen geht es vorrangig „um das Ziel einer aufeinander abgestimmten Gestaltung des sozio-technischen Gesamtsystems“ (Hirsch-Kreinsen/ten Hompel 2016, S. 6).

Die in dieser Expertise betrachteten Veränderungen von Qualifikations- und Tätigkeitsanforderungen – und mittelbar teilweise der sich daraus ergebenden Qualifizierungsmaßnahmen – resultieren somit aus den drei soziotechnischen Dimensionen respektive ihren Schnittstellen (vgl. Abbildung 4). Diese Schnittstellen sind zu fokussieren, denn es geht nicht um die jeweilige Gestaltung der drei einzelnen soziotechnischen Teilsysteme, sondern um die „Wechselwirkung und die Kombination der Elemente, mithin technisch-soziale Konfigurationen“ (Hirsch-Kreinsen/ten Hompel 2015, S. 5). Diese Neugestaltung der ‚technisch-sozialen Konfigurationen‘ verweist einerseits direkt auf die Veränderungen der Tätigkeits- und Aufgabenzuschnitte und damit auf die Qualifikations- und Kompetenzanforderungen und andererseits auf die sich ergebenden Qualifizierungsnotwendigkeiten und -möglichkeiten.

Abbildung 4: Schnittstellen des soziotechnischen Systems



Quelle: Hirsch-Kreinsen/ten Hompel 2016, S. 9

Eine genauere Betrachtung der drei Schnittstellen offenbart vor dem Hintergrund des aktuellen Industrie-4.0-Standes zentrale Themen, die sich auf die Frage der Entwicklung von Qualifikations- und Kompetenzanforderungen auswirken (vgl. zum Folgenden Hirsch-Kreinsen/ten Hompel 2015, S. 7-8):

- **Schnittstelle Technologie-Mensch**  
Bei dieser Schnittstelle geht es um die Beantwortung der Kernfrage, wie Funktionen, Aufgaben und Entscheidungen zwischen Maschine und Mensch verteilt sind (vgl. Weyer 2007) und „inwieweit die Beschäftigten unmittelbar am System überhaupt in der Lage sind, diese zu kontrollieren und damit die Verantwortung über den Systembetrieb zu übernehmen“ (Hirsch-Kreinsen 2015, S. 90).
- **Schnittstelle Organisation-Mensch**  
Diese Schnittstelle ist, wie die anderen letztlich auch, nicht Industrie-4.0-spezifisch oder der Digitalisierung geschuldet. In einer normativen Perspektive geht es um das generelle Ziel, Arbeitsaufgaben und Tätigkeitszuschnitte so zu gestalten, dass sie möglichst ganzheitlich sind, Entscheidungsmöglichkeiten eröffnen und Lernmöglichkeiten schaffen.

- **Schnittstelle Technologie-Organisation**  
 Der jeweilige Stand der Technik im Unternehmen bzw. in der Wertschöpfungskette hat Einfluss auf die Ausgestaltung der Dimension Organisation, ohne einem Technikdeterminismus das Wort zu reden. Nicht nur, dass bei einem gegebenen Technikeinsatz weiterhin alternative Einsatzformen existieren, sondern das Kriterium ‚Einbindung in die bestehende oder zu verändernde Arbeitsorganisation‘ verweist auch schon zum Zeitpunkt des Investitionsentscheidens darauf, dass die Ausgestaltung der Schnittstelle Technologie-Organisation menschengemacht und nicht technikdeterminiert ist (vgl. Kärcher 2015).

**Tabelle 4: Soziotechnische Einflussfaktoren auf Qualifikation und Kompetenz**

	Technik	Organisation	Personal
<b>Arbeitsplatz, Arbeitsmittel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assistenzsysteme</li> <li>- Mensch-Roboter-Kollaboration</li> <li>- Mensch-Maschine-Schnittstelle</li> <li>- Usability</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Handlungs- und Entscheidungsspielraum</li> <li>- Aufgabengestaltung und -vielfalt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informationsbedarf und -bereitstellung</li> <li>- Qualifikation und Kompetenz</li> <li>- Befähigung und Verantwortung</li> </ul>
<b>Arbeitsprozess, Arbeitssystem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- prospektives Design von Produkten und Produktionsprozessen</li> <li>- lernförderliche Technikgestaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organisation von Befugnis und Verantwortung</li> <li>- Verortung von Entscheidungsfunktionen</li> <li>- Systemeinführung</li> <li>- lernförderliche Prozessgestaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- technologie- und innovationsabhängige Kompetenzentwicklung, Personalentwicklung</li> <li>- zwischenmenschliche Prozesse und Kommunikation</li> </ul>
<b>Unternehmen, unternehmensübergreifend</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- betriebs- und unternehmensübergreifende Geschäftsprozesse und Wertschöpfungsketten</li> <li>- technologische Ressourcenflexibilität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- personenbezogener Datenschutz und Persönlichkeitsrechte</li> <li>- Arbeitszeitgestaltung und Flexibilität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Personalstrategie und Personalmanagement</li> <li>- Verfügbarkeit von Fachkräften</li> <li>- demografischer Wandel</li> <li>- Anpassung von Aus- und Weiterbildungscurricula</li> </ul>

Quelle: eigene Darstellung (nach DIN/DKE 2015, S. 60)

Obwohl die Industrie-4.0-Debatte von den Stimmen der Technikvisionär\_innen dominiert wird, mehren sich die Wortmeldungen derer, die darauf verweisen, dass die ‚Sozio‘-Dimensionen Organisation und Mensch (bzw. Personal) letztlich die zentralen Faktoren für die jeweils konkrete

Ausgestaltung betrieblicher Wertschöpfungsprozesse sind. Dabei werden als Treiber unterschiedliche Aspekte angesehen: Dies kann die Arbeitsorganisation (vgl. Holtgrewe et al. 2015, S. 22), ein Mix aus unterschiedlichen Faktoren wie beispielsweise Steuerung und Führung, Arbeitsorganisation und Systemkompetenz (vgl. Deuse et al. 2015, S. 102) oder die Arbeitsaufgabe als „Verknüpfung des sozialen mit dem technischen System“ (Schaper 2014, S. 375) und somit als „Kern des soziotechnischen Systems und damit im Fokus der menschengerechten Gestaltung von Arbeit“ (DIN/DKE 2015, S. 60) sein.

In der Tabelle 4 werden manche Einflussfaktoren, die sich anhand der drei soziotechnischen Dimensionen ergeben, aufgeführt, die bei Industrie-4.0-Techniken – aber nicht nur dort – auf unterschiedlichen „Wirkebenen“ (DIN/DKE 2015, S. 60) bedeutsam werden. In der Folge werden insbesondere die Arbeitsplatz- und die Arbeitsprozessebene im Fokus stehen. Auf beiden Ebenen spielt sich derzeit in den Betrieben die Mehrzahl der Industrie-4.0-Initiativen ab; es sind aber auch die Wirkebenen, bei denen technische Veränderungen unmittelbar auf die Qualifikations- und Kompetenzanforderungen durchschlagen. Neben den technischen Faktoren, die – Fragen der Ergonomie vernachlässigt – auf die Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Maschine abzielen, lauten die zentralen Begriffe, die im weiteren Verlauf immer wieder betrachtet werden, *Entscheidungsspielräume*, *Autonomie*, *Aufgabenvielfalt*, *lernförderliche Gestaltung von Technik und Organisation* sowie *Personalentwicklung*. Die überbetriebliche Ebene, insbesondere bei Zulieferern, wird zwar bei Industrie-4.0-Implementierungen nicht aus den Augen verloren, wird derzeit jedoch eher zweitrangig behandelt: Allein die Implementierung der geplanten betriebsinternen Industrie-4.0-Projekte stellt die Unternehmen schon vor große Herausforderungen.

### 3.2 Qualifikation und Kompetenz

Qualifikationen und Kompetenzen (bzw. deren notwendige Anpassungen und Veränderungen) sind im Industrie-4.0-Diskurs, sofern er nicht ausschließlich technisch fokussiert ist, zentrale Begriffe:

„Ein entscheidender Baustein für die erfolgreiche Umsetzung der Industrie 4.0 in den Unternehmen, die nachhaltige Gestaltung der künftigen Arbeitswelt und die Befähigung von Menschen für das digitale Zeitalter ist die Qualifizierung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Vor diesem Hintergrund sollen mithilfe der vorliegenden Studie die künftigen Kompetenzbedarfe der Unternehmen ermittelt und die erwarteten Qualifizierungsanforderungen [...] benannt werden.“ (acatech 2016b, S. 12; vgl. Forschungsunion/acatech 2013, S. 56-58)

Allerdings sind die Begriffe *Qualifikation* und *Kompetenz*, die beide zum Kern des arbeits- und industriesoziologischen Erkenntnisinteresses zählen, gerade aufgrund ihrer breiten auch im alltäglichen Sprachgebrauch Verwendung in den einschlägigen Fachdisziplinen nicht eindeutig definiert: „Ihrer Vielzahl wegen kaum noch registrierbar, hatten sie anscheinend schon bald mehr Verwirrung gestiftet, als dass sie zur Klärung beigetragen hätten.“ (Bolder 2010, S. 813)

Es ist hier nicht der Ort, die Ideengeschichte insbesondere des Kompetenzbegriffs zu rekapitulieren (zu dieser Ideengeschichte vgl. Kobelt 2008; Dewe 2010; Erpenbeck 2013; zum soziologischen Bedeutungshorizont Kurtz 2010), aber ein gewisser inflationärer Gebrauch dieses „Modewortes“ (Kurtz 2010, S. 7) seit den 1980er Jahren ist nicht zu verkennen: „Der Begriff ‚Kompetenz‘ hat Konjunktur“ (von Rosenstiel 2013, S. 1) und scheint „eine neue Begriffsmode im Reigen einer sich hochschaukelnden Fachrhetorik“ (Arnold 2002, S. 27) begründet zu haben. Dass dabei häufiger über das Ziel hinausgeschossen wurde und Kompetenz inzwischen zu einem „Reizwort“ (Pfadenhauer 2010, S. 150) werden konnte, zeigt eine Sottise von Manfred Moldaschl eindrücklich:

„Wenn jemand einen Pudding kocht und dieser Pudding auch gelingt: schreiben wir dieser Person dann ein Puddingkochvermögen zu? Oder betrachten wir den Pudding, weniger konkretistisch, als Ergebnis eines allgemeinen Kochvermögens, oder noch allgemeiner, einer nutritiven Haushaltskompetenz? Und was wäre, wenn die Person nur nach Rezept gekocht hat, also nach Anweisung und ohne eigenes Verständnis des Vorgangs: Müssten wir ihr dann wenigstens eine allgemeine oder spezifische Lese- und Ausführungsfähigkeit zubilligen? Oder kämen wir womöglich ganz ohne Kompetenzzuschreibungen aus, indem wir die vorliegenden Küchenressourcen (Puddingpulver, Topf, Herd, Kochanweisung) katalogisieren und daraus das Potenzial der Puddingproduktion ableiten?“ (Moldaschl 2006, S. 1)

Dieses inzwischen schon mehrere Jahrzehnte andauernde Ringen um die allgemeingültige Definition soll hier nicht nachgezeichnet werden. Für den vorliegenden Zusammenhang reichen Definitionen aus, die „als größter gemeinsamer Nenner des Diskurses gelten“ (Bolder 2010, S. 813) können. Diese Genügsamkeit ist insofern angemessen, als in vielen der Publikationen im Zuge der Industrie-4.0-Diskussionen beide Begriffe eher ‚umgangssprachlich‘ verwendet werden und meist keine explizite Bindung an einen spezifischen Theorie- oder Definitionsstrang einer der involvierten Fachdisziplinen aufweisen (vgl. zur ‚Traditionslosigkeit‘ der Verwendung des Kompetenzbegriffs Arnold 2002, S. 31).

Eine wirkmächtige und breit rezipierte Definition beider Begriffe liefern North et al.:

„Wird von *Qualifikation* gesprochen, sind fertig ausgeprägte, von dritter Stelle bewertete, bestätigte, beglaubigte oder zertifizierte Fähigkeiten einer Person gemeint.“ (North et al. 2013, S. 43; Hervorhebung: JA) Sie „bezeichnen klar zu umreißen Komplexe von Wissen im engeren Sinne<sup>12</sup>, Fertigkeiten und Fähigkeiten, über die Personen bei der Ausübung beruflicher Tätigkeiten verfügen müssen, um anforderungsorientiert handeln zu können.“ (Erpenbeck/Sauter 2013, S. 32)

„*Kompetenz* ist die erlernbare Fähigkeit, situationsadäquat zu handeln. Kompetenz beschreibt die Relation zwischen den an eine Person oder Gruppe herangetragenen oder selbst gestellten Anforderungen und ihren Fähigkeiten bzw. Potenzialen, diesen Anforderungen gerecht zu werden. Kompetenz ist ein in den Grundzügen eingespielter Ablauf zur Aktivierung, Bündelung und zum Einsatz von persönlichen Ressourcen für die erfolgreiche Bewältigung von anspruchsvollen und komplexen Situationen, Handlungen und Aufgaben. Kompetentes Handeln beruht

---

<sup>12</sup> „*Wissen im engeren Sinne*, d. h. Informations-, Fach- und Sachwissen (= ‚wissen was‘), reicht sicher nicht aus, komplexe Problemstellungen in der Praxis zu lösen. Die Mitarbeiter benötigen zusätzlich motivatorisches Wissen, wie Normen und Werte (= ‚wissen warum‘), aber auch prozedurales Wissen (= ‚wissen wie‘), um Prozesse zu verstehen und zu beeinflussen.“ (Erpenbeck/Sauter 2013, S. 29)

auf der Mobilisierung von Wissen, von kognitiven und praktischen Fähigkeiten sowie sozialen Aspekten und Verhaltenskomponenten wie Haltungen, Gefühlen, Werten und Motivation.“ (North et al. 2013, S. 43; Hervorhebung: JA; vgl. Geldermann et al. 2005; Fritsch et al. 2007; Pfadenhauer 2010; Kreulich et al. 2016; Hartmann 2017b)

Die Definitionen zielen zunächst darauf ab, dass Qualifikationen sich auf berufsbezogenes Wissen beziehen, das in irgendeiner Weise kodifiziert ist (etwa in Ausbildungsordnungen) und dem Absolventen bzw. der Absolventin eines formalisierten Lern- bzw. Ausbildungsprozesses Möglichkeiten eröffnet, bestimmte Positionen auf dem Arbeitsmarkt besetzen zu können (vgl. Bolder 2010, S. 813); der Qualifikationsbegriff ist somit „sachverhaltsorientiert“ (Mytzek 2004, S. 19). Wendet man sich dem Begriff der Kompetenz zu, werden die Operationalisierung und die Ausdifferenzierung schon schwieriger: „Komposita wie Sozialkompetenz, Medienkompetenz, Organisationskompetenz u.v.a.m. weisen darauf hin, dass es sich bei Kompetenz um ein vielschichtiges Phänomen handelt.“ (Pfadenhauer 2010, S. 157)

Dieses ‚vielschichtige Phänomen‘ reduziert sich in der im Fokus stehenden Debatte um Qualifikation und Kompetenz in der Industrie 4.0 auf Konzepte, die primär aus der Qualifikations- und Bildungsforschung stammen. Deshalb wird sich nachfolgend auf diesen Diskussionsstrang konzentriert (zu einer umfassenden Auseinandersetzung mit dem Kompetenzbegriff und den disziplinären Zugängen vgl. Kurtz/Pfadenhauer 2010). Dabei wird der Versuch unternommen, die Vielfalt der Kompetenzausprägungen oder -typen zu dezimieren, um – auf der Basis vorliegender empirischer Industrie-4.0-Ergebnisse – bestimmte Trends identifizieren zu können. Denn trotz aller Unterschiedlichkeit in den verwendeten Begriffen und ihren Bestimmungen zeigt sich, dass die Beiträger\_innen zur Industrie-4.0-Debatte deutliche Veränderungen bei den Kompetenzen erwarten: Insgesamt wird eine Aufwertung der Schlüsselqualifikationen (vgl. Mertens 1972) oder der extrafunktionalen Qualifikationsanforderungen (vgl. Dahrendorf 1956) erwartet.<sup>13</sup>

Doch wie lassen sich die in der Diskussion verwendeten Kompetenzausprägungen etwas systematisieren, damit die vorliegenden Vermutungen und Ergebnisse der durch Industrie 4.0 induzierten Kompetenzveränderungen eingeordnet werden können? Um sich der Vielfalt bestehender Typologien zu nähern, hilft es zunächst, sich auf die erwähnten Ursprünge, insbesondere auf Mertens (vgl. Mertens 1974), zu besinnen.

Die Ausgangssituation Anfang der 1970er Jahre ist durchaus mit der aktuellen Situation vergleichbar. Mertens diagnostiziert

„eine grundlegende Unsicherheit über diejenige Art von Bildung, welche als ernst- und dauerhaft verwendbarer Grundstock für die berufliche Existenz anzusehen ist: Fehlt es, wenn die bildungsmäßige Fundierung einer beruflichen Existenz mißlingt, an Abstraktionsvermögen oder fehlt es an ‚Praxisnähe‘ im Sinne von direkt am Arbeitsplatz verwertbarer Fertigkeit?“ (Mertens 1974, S. 39)

---

<sup>13</sup> Diese Begriffe werden mal synonym, mal nicht synonym verwendet; sie lassen sich zudem unter dem Begriff „überfunktionale Qualifikationen“ (Richter 2007, S. 12) subsumieren.

Unter den gänzlich anderen Voraussetzungen eines tayloristisch-fordistischen Produktionssystems stellte sich dennoch offenbar ein ähnliches Problem wie aktuell in Zeiten von Digitalisierung und Industrie 4.0:

„[...] der rasche Wandel von Arbeitsplatzverhältnissen verbiete[t] es, berufliche Bildung unmittelbar auf gegebene Arbeitsplätze auszurichten – sie wäre jeweils nur für wenige einander ähnliche Arbeitsplätze verwendbar und ihr Inhalt so raschem Wandel unterworfen, daß Curriculum-Reformen immer hinter der Wirklichkeit zurückbleiben müßten.“ (Mertens 1974, S. 39)

Der Ausweg lautet bei Mertens ‚Schlüsselqualifikation‘, was heute unter dem Label *Kompetenz* gefasst wird:

„Sie [die Schlüsselqualifikationen – JA] beziffern spezifische Voraussetzungen für eine Wirklichkeitsbewältigung durch den einzelnen in einer rationalen, humanen, kreativen, flexiblen und multi-optionalen Umwelt. Sie können gleichzeitig als ebenso geeignet für die Bewältigung einer flexiblen und variantenreichen Arbeitswelt ausgegeben werden. [...] Gelegentlich wird für diese übergeordneten Bildungsziele und -elemente der Terminus ‚Schlüsselqualifikationen‘ erwähnt, der zur Beschreibung ihrer Schlüsselrolle für die Erschließung von Verstehens-, Verarbeitungs- und Verhaltensmustern gut geeignet erscheint.“ (Mertens 1974, S. 40)

Auch die Folgerungen klingen durchaus aktuell: Generalisierung (*Training on the Job*) statt Spezialisierung, „instrumentelles Bildungsverständnis (Zugriffswissen, *know how to know*)“ sowie Bildung als „Befähigung zur Problembewältigung“ (Mertens 1974, S. 40):

„Schlüsselqualifikationen sind demnach solche Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten, welche nicht unmittelbaren und begrenzten Bezug zu bestimmten, disparaten praktischen Tätigkeiten erbringen, sondern vielmehr

- a) die Eignung für eine große Zahl von Positionen und Funktionen als alternative Optionen zum gleichen Zeitpunkt, und
- b) die Eignung für die Bewältigung einer Sequenz von (meist unvorhersehbaren) Änderungen von Anforderungen im Laufe des Lebens.“ (Mertens 1974, S. 40)

„Je dynamischer, komplexer und unvorhersehbarer die gesellschaftliche, technische, wirtschaftliche und damit persönliche Umweltentwicklung verläuft, desto größere Bedeutung erhalten für die existentielle Bewältigung von Herausforderungen solche Bildungselemente, welche Schlüsselcharakter haben.“ (Mertens 1974, S. 40)<sup>14</sup>

Für Mertens war unstrittig, dass „Schlüsselqualifikationen selbst ebenfalls dem Wandel unterliegen“, dennoch dürfe man sich nicht der Mühe entsagen, eine „Ordnung nach verschiedenen Typen von Schlüsselqualifikationen“ (Mertens 1974, S. 40) zu entwerfen. Mertens kommt auf vier Typen (vgl. Tabelle 5), von denen für die weitere Betrachtung von Kompetenztypen bzw.

---

<sup>14</sup> Auch wenn die Verweise naturgemäß nicht fallen – zur damaligen Zeit hielt man sich mit Superlativen etwas mehr zurück –, ist die Verbindung zu Begriffen wie 4. Industrielle Revolution und dem „disruptiven Charakter der neuen Technologien“, die natürlich alle ‚intelligent‘ bzw. ‚smart‘ sind, naheliegend; die Revolution wird zu einem „Paradigmenwechsel in der Mensch-Technik- und Mensch-Umgebungs-Interaktion“ führen (Forschungsunion/acatech 2013, S. 27; zur Bedeutung von Industrie 4.0 als ‚Technologieversprechen‘ vgl. Hirsch-Kreinsen 2016).

-ausprägungen insbesondere die ersten drei Typen relevant erscheinen. Die Vintage-Faktoren<sup>15</sup> sind eine treffende Beschreibung eines typischen Problems zwischen älteren und jüngeren Beschäftigten in Betrieben, führen aber für die Analyse der Veränderungen von Schlüsselqualifikationen bzw. Kompetenzen nicht sonderlich weiter.

---

<sup>15</sup> „Vintage-Faktoren dienen in einer Erwachsenenbildung, die integrierender Bestandteil des Bildungssystems und der Bildungsbiographie des einzelnen ist, der Aufhebung intergenerativer Bildungsdifferenzen. Das sind solche Differenzen, die im Bildungsstand zwischen Jüngeren und Älteren aus der Weiterentwicklung der Schullehrpläne in der Zeit zwischen verschiedenen Absolventengenerationen entstehen. Ein Beispiel: Der Schulabsolvent von 1950 kam ohne Kenntnisse in der Cantorschen Mathematik (Mengenlehre) aus; der Schüler von 1980 hat früh in Kategorien der Mengenlehre zu denken gelernt. Das Handicap Älterer im gesellschaftlichen Wettbewerb resultiert teilweise aus solchen Lehrplandiskrepanzen.“ (Mertens 1974, S. 42)

Tabelle 5: Ordnung von Schlüsselqualifikationstypen

Typ	Basisqualifikationen	Horizontalqualifikationen	Breitenelemente	Vintage-Faktoren
<b>Beschreibung</b>	Basisqualifikationen stellen das Allgemeinere über das Speziellere, sie erlauben einen vertikalen Anwendungstransfer auf die speziellen Anforderungen in Beruf und Gesellschaft.	Möglichst effiziente Nutzung der Informationshorizonte der Gesellschaft für den einzelnen gewährleisten, und zwar entweder generell (gesichertes Wissen) oder aktuell (rascher Zugriff zu abrufbarem, andernorts gespeichertem Wissen bei einer ad hoc auftretenden Problemstellung).	Spezielle Kenntnisse und Fertigkeiten, die über breite Felder der Tätigkeitslandschaft nachweislich als praktische Anforderung am Arbeitsplatz auftreten.	Sie dienen der Aufhebung intergenerativer Bildungsdifferenzen. Diese Differenzen entstehen, da sich der Bildungsstand zwischen Jüngeren und Älteren aufgrund der Weiterentwicklung von Ausbildungsplänen etc. unterscheidet.
<b>Konkretisierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ logisches Denken</li> <li>▪ analytisches Vorgehen</li> <li>▪ kritisches Denken</li> <li>▪ strukturierendes Denken</li> <li>▪ dispositives Denken</li> <li>▪ kooperatives Vorgehen</li> <li>▪ konzeptionelles Denken</li> <li>▪ Entscheidungsfähigkeit</li> <li>▪ kreatives Vorgehen</li> <li>▪ Verstehen von Zusammenhängen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wissen über das Wesen von Informationen</li> <li>▪ Gewinnung von Informationen</li> <li>▪ Verstehen von Informationen</li> <li>▪ Verarbeiten von Informationen</li> </ul>		

Quelle: eigene Darstellung (nach Mertens 1974, S. 41-42)

Tabelle 6: Überblick ausgewählter Kompetenztypologien

Art der Kompetenz	North (2013)	Geldermann et al. (2005)	Fritsch et al. (2007)	Dewe (2010)	Pfadenhauer (2010)	Weimer (2012)	Jochmann (2007)	Erpenbeck/Sauter (2013)	Kreulich et al. (2016)
Fachkompetenz	✓		✓		✓	✓			✓
Fach/Methoden-K.		✓						✓	
Methodenkomp.			✓		✓				✓
Sozialkompetenz	✓		✓	✓	✓				✓
sozial-kommunikative Kompetenz		✓						✓	
Selbstkompetenz	✓	✓		✓					✓
Führungskompetenz	✓						✓		
Personenkompetenz		✓	✓		✓	✓		✓	
Sachkompetenz				✓					
Handlungskomp.					✓				
Verhaltenskomp.						✓			
Problemlösungk.							✓		
Aktivität/Handlungs-Kompetenz								✓	
Motivationsstrukturkompetenz							✓		
Managementkomp.							✓		

Quelle: eigene Darstellung (nach North 2013; Geldermann et al. 2005; Fritsch et al. 2007; Dewe 2010; Pfadenhauer 2010; Weimer 2012; Jochmann 2007; Erpenbeck/Sauter 2013; Kreulich et al. 2016)

Mertens bietet mit seiner Typologie eine Basis, auf der sich verschiedene Kompetenztypen herausarbeiten lassen; eine Vielzahl von Mertens ‚Konkretisierungen‘ findet sich in den heutigen Typologien wieder, um daraus eine die Darstellung der Empirie leitenden Heuristik zu destillieren. Tabelle 6 fasst unterschiedliche Typologien zusammen, die von Kompetenzforscher\_innen (vgl. z. B. Erpenbeck/Sauter 2013; North 2013) im Zuge des einflussreichen QUEM-Projekts (vgl. z. B. Geldermann et al. 2005; Fritsch et al. 2007) entwickelt wurden oder aus anderen Zusammenhängen wie der Innovationsforschung oder der Hochschulentwicklung stammen (vgl. z. B. Weimer 2012; Kreulich et al. 2016).

Die – notwendigerweise unvollständige – Zusammenstellung der diskutierten Kompetenztypen zeigt folgendes:

- Die von den Autor\_innen identifizierten Kompetenzen sind vielfältiger Natur. Die zehn angeführten Typologien weisen 15 Kompetenzen aus, doch selbst bei gleicher Benennung einer Kompetenz verbirgt sich dahinter nicht immer dieselbe Bedeutung.
- Erweitert man die ausgewählten Studien, zeigen sich in manchen Fällen gänzlich andere Ordnungsmuster:
  - So unterscheiden beispielsweise Buck und Witzgall Aufgaben- und Prozesskompetenzen, wobei erstere Ähnlichkeiten zur Qualifikation bzw. zu den noch auszuführenden Fachkompetenzen aufweisen und letztere „Bezug auf die Voraussetzungen der Werker zur Kooperation, Kommunikation und zum fortlaufenden Lernen im Arbeitsprozess“ (Buck/Witzgall 2012, S. 405) nehmen.
  - Eine weitere Variante ist die Definition von sehr spezifischen Kompetenzen, was im Zuge der Industrie-4.0-Diskussion zunehmend um sich greift und mit dem Label ‚digitale Kompetenzen‘ etikettiert wird: „Digitale Kompetenzen sind (neue) Fähigkeiten, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in die Lage versetzen, digitale Technologien anzuwenden, im Rahmen ihres Aufgabenprofils zu nutzen und darüber hinaus die digitale Transformation von Geschäftsprozessen mit voranzutreiben.“ (DGFP 2016, S. 10) Eine Spielart dieser Variante ist die Auflistung sehr (projekt-)spezifischer Kompetenzen wie u. a. Schnittstellenkompetenzen, Energiewendekompetenz, Kompetenzmanagement 4.0 oder Künstliche Kompetenz (vgl. Hartmann 2017b, S. 39-40).

Auch wenn etwa die DGFP-Autor\_innen bei der Ausdifferenzierung des Begriffs im weiteren Verlauf ansatzweise anschlussfähig an den Mainstream der Kompetenzdiskussion werden, erinnern diese Typologien stark an das erwähnte ‚Puddingkochvermögen‘ von Moldaschl. Das fehlende Abstraktionspotential bzw. die fehlende Möglichkeit der Generalisierung lassen diese konkretistischen Typisierungsansätze wenig brauchbar erscheinen, um Verschiebungen von Qualifikations- und Kompetenzanforderungen im Zuge von Digitalisierung und Industrie 4.0 zu erkennen.

- Die in Tabelle 6 aufgeführten Kompetenzen sind nicht immer trennscharf bzw. bewegen sich auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen: So ist beispielsweise die Problemlösungskompetenz bei Jochmann ein eigenständiger Typ, während Kreulich et al. sie der Methodenkompetenz zuordnen (vgl. Jochmann 2007; Kreulich et al. 2016).

Nachfolgend wird auf eine verbreitete Unterscheidung von Kompetenzarten Bezug genommen, die in identischer oder ähnlicher Form in Industrie-4.0-Untersuchungen vorzufinden ist: die Unterscheidung zwischen *Fachkompetenz*, *Methodenkompetenz*, *Sozialkompetenz* und *Selbstkompetenz*.

Die *Fachkompetenz*<sup>16</sup>, für die eine „allgemein gültige Definition“ (North 2013, S. 216) nicht vorliegt, weist Parallelen bzw. Überschneidungen mit dem Qualifikationsbegriff auf. Mit Erpenbeck und Sauter wurde Qualifikation als „Fertigkeiten und Fähigkeiten“ bestimmt, die „bei der Ausübung beruflicher Tätigkeiten“ (Erpenbeck/Sauter 2013, S. 32) erforderlich sind. Wenn Kreulich et al. mit Blick auf die akademische Ausbildung betonen, dass „fachliche Kompetenzen sich auf den für die Ausübung des Berufes erforderlichen akademischen Inhalt“ (Kreulich et al. 2016, S. 22, 25) beziehen, wird die Abgrenzung zwischen dem Qualifikations- und dem Kompetenzbegriff schwierig, auch wenn es die Auffassung gibt, dass Qualifikation (und Wissen) eine Untermenge von Kompetenz bildet (vgl. Erpenbeck/Sauter 2013, S. 22) und somit Unschärfen quasi unvermeidlich sind.

Fachkompetenz bedarf der Qualifikation als Fundierung: Das in der Phase des Qualifikationserwerbs (Lehre, Studium etc.) erworbene Wissen bildet die Basis, um fachliche Probleme in der Arbeitstätigkeit schöpferisch zu bewältigen. Rationales Handeln in ex ante nicht eindeutig definierten Situationen setzt Fachkompetenz voraus wie „Wissen über Organisationen, Strukturen und Prozesse [...], Verfahren usw.“ (North 2013, S. 216).

Zwischen der Fach- und der *Methodenkompetenz* besteht eine enge Beziehung: Nicht umsonst ziehen etwa Geldermann et al. oder Erpenbeck und Sauter die Fach- und Methodenkompetenz zu einem Typ zusammen (vgl. Geldermann et al. 2005; Erpenbeck/Sauter 2013). Um Probleme lösen zu können, ist in fachlicher Hinsicht nicht nur „Wissen im engeren Sinne“ (Erpenbeck/Sauter 2013, S. 27) erforderlich, sondern in starkem Maße sind es auch die „Fertigkeiten und Fähigkeiten, die es ermöglichen, Aufgaben und Probleme zu bewältigen, indem sie die Auswahl, Planung und Umsetzung sinnvoller Lösungsstrategien ermöglichen“ (Kreulich et al. 2016, S. 25). Dazu müssen Probleme analysiert und verstanden werden (abstraktes Denken, Ausdrucksvermögen etc.), anschließend müssen (kreative) Lösungen oder Konzepte gesucht werden, über die entschieden (Alternativen beurteilen, Prioritäten setzen etc.) werden muss (vgl. Kreulich et al. 2013, S. 28-33).<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> Dewe spricht statt von Fachkompetenz von Sachkompetenz (vgl. Dewe 2010, S. 112).

<sup>17</sup> In diesem Kompetenztyp findet sich viel von dem wieder, was Mertens als Basisqualifikationen bezeichnet hat (vgl. Mertens 1974).

Die beiden nächsten Typen lösen sich stärker von den fachlichen, durch die Qualifikation gegebenen Kompetenzen. Die *Sozialkompetenz* zielt auf Kommunikation, Kooperation und Führung (vgl. Kreulich et al. 2016, S. 38-44; Buck/Witzgall 2012, S. 405); die hohe Bedeutung der Kommunikation für die Sozialkompetenz belegt die Bezeichnung bei manchen Autor\_innen als sozialkommunikative Kompetenz (vgl. Geldermann et al. 2005; Erpenbeck/Sauter 2013). Kommunikation umfasst sowohl die Fähigkeit, Kontakte anzubahnen und zu knüpfen, als auch rhetorische Fertigkeiten und Verhandlungsgeschick; Kooperation beinhaltet zum einen die immer mehr in den Vordergrund rückende Teamfähigkeit (konsensorientierte und konfliktfreie Zusammenarbeit mit anderen), zum anderen aber auch das Potential, auftretende Konflikte zu lösen und Überzeugungen zu vertreten; Führung ist hier zu verstehen als Einflussnahme von Vorgesetzten auf Untergebene – und bedarf natürlich kommunikativer und kooperativer Fähigkeiten und Fertigkeiten, sodass Führung auch als ‚Anwendungsfall‘ von Kooperation und Kommunikation gelten kann (oder – wie bei Jochmann 2007 – als eigener Typ im Kompetenzmodell).

Die *Selbstkompetenz*, oder auch personale Kompetenz (vgl. z. B. Geldermann et al. 2005), beschränkt sich nicht auf die Arbeitswelt, sondern umfasst „allgemeine Persönlichkeitseigenschaften“ (Kreulich et al. 2016, S. 25) bzw. „persönlichkeitsbezogene Grundfähigkeiten“ (Dewe 2010, S. 112), die in allen Lebenslagen relevant sind. Dementsprechend umfangreich sind die Kataloge der Eigenschaften, die unter Selbstkompetenz subsumiert werden: Zum Teil tauchen Merkmale auf, die schon anderen Kompetenztypen zugeordnet wurden (z. B. Entscheidungsfähigkeit; vgl. North 2013, S. 216), oder Selbstkompetenz verkommt zu einer *catch all*-Kategorie, unter die all das einzusortieren ist, was nicht recht an andere Stellen zu passen scheint. Kreulich et al. (vgl. Kreulich et al. 2016, S. 34-38; außerdem vgl. Dewe 2010, S. 112; Weimer 2012, S. 190) fokussieren deshalb drei Eigenschaften, wohl wissend, dass es mehr gibt: (Selbst-)Lernkompetenz, der insbesondere vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung des (lebenslangen) Lernens eine herausragende Bedeutung zukommt; ethisches Verhalten „umfasst die Fähigkeit und die Bereitschaft, Handlungen anderer, aber auch der eigenen Person, vor dem Hintergrund der geltenden Moral zu reflektieren und das eigene Verhalten daran zu orientieren“ (Kreulich et al. 2016, S. 36); unternehmerische Kompetenz als „die Fähigkeit und Bereitschaft, Ideen und Chancen in Taten umzusetzen“ (Kreulich et al. 2016, S. 37), wie beispielsweise Eigeninitiative, Innovations- und Risikobereitschaft oder Entschlossenheit, Ziele zu setzen und zu erreichen.

### **Infobox: Qualifikation und Kompetenz**

*Qualifikation* umfasst Wissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten, die für die Berufsausübung Voraussetzung sind, um den gestellten Anforderungen gerecht zu werden. Der Erwerb von Qualifikationen findet in der Regel in strukturierten und formalisierten Lehr-/Lernzusammenhängen statt und wird abschließend zertifiziert.

*Kompetenzen* sind nicht berufsbezogen, sondern bezeichnen die erlernbare Fähigkeit, in unterschiedlichen Situationen angepasst und systematisch zu handeln. Normalerweise wird nach Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz unterschieden.

Die Expertise wird sich vorwiegend an den ausgeführten Unterscheidungen zwischen Qualifikationen und Kompetenzen einerseits sowie zwischen Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenzen andererseits orientieren. Damit unterscheidet sich das Vorgehen von den Überlegungen von Pfeiffer et al.:

„Die Unterscheidung in fachliche und Querkompetenzen folgt daher nicht den in der Bildungsdebatte üblichen Differenzierungen von fachlich-inhaltlichen, methodischen und sozialen Kompetenzen, sondern der empirisch fundierten Enge zu Industrie 4.0 versus allgemein notwendiger werdenden, dazu quer liegenden Fähigkeiten. [...] Ob es sich hierbei um ein Übergangsphänomen handelt, oder ob die bisher tragenden bildungspolitischen Unterscheidungen angesichts der neuen Entwicklungen an ihre Grenzen stoßen, wird sich möglicherweise erst in den kommenden Jahren beantworten lassen.“ (2016a, S. 93)

Der Einwand, dass Begriffe und Konzepte bei tiefgreifenden Veränderungsprozessen erst ihre Tauglichkeit unter Beweis stellen müssen, um auch zukünftig das tragende Gerüst der Analyse bilden zu können, ist nachvollziehbar. Gleichwohl scheinen die bildungspolitisch gesetzten Kompetenzarten ein Abstraktionsniveau aufzuweisen, das es – zumindest in einem ersten Zugriff – nicht notwendig zu sein scheint, sie ungeprüft über Bord zu werfen. Das heißt im Umkehrschluss nicht, Modifikationen etwa bei den jeweiligen Ausprägungen auszuschließen. Hier muss ein iterativer Prozess auf der Begriffs- und Konzeptebene in Gang gesetzt werden, an dessen Ende durchaus der vermeintliche Kompetenzkanon aufgebrochen werden kann.

### **3.3 Tätigkeitskonzept**

Die Auseinandersetzung mit den Ergebnissen von Frey und Osborne (vgl. Frey/Osborne 2013) zeigt, dass sich die Folgen der Digitalisierung schwerlich auf Berufsebene abschätzen lassen; vielmehr ist eine Betrachtung auf der Tätigkeitsebene weiterführend, die als Fundament der Analyse der Folgen für die Qualifikations- und Kompetenzanforderungen dient (vgl. zum Folgenden Frieling 2006; Hirsch-Kreinsen 2009).

Arbeit (hier: Industriearbeit) – und damit die arbeitsbezogenen Anforderungen an die Beschäftigten – unterliegt einem permanenten Wandel; mit Rückgriff auf das soziotechnische Konzept

ist davon auszugehen, dass Veränderungen in den Dimensionen Technologie und/oder Organisation Anpassungen in der Dimension Personal bzw. Mensch nach sich ziehen. Unterscheiden lassen sich vier generelle Veränderungsfaktoren:

- „a) Einsatz neuer Technologien und Techniken,
- b) neue Produkte und Materialien,
- c) Veränderungen in den Produktentstehungsprozessen bzw. der Arbeitsorganisation und
- d) Veränderungen gesetzlicher Rahmenbedingungen.“<sup>18</sup> (Frieling 2006, S. 316; vgl. Frieling 2006, S. 317-319)

Einige Beispiele für diese Veränderungsfaktoren wurden in Tabelle 4 aufgeführt (vgl. Kapitel 3.1); dort wurde darauf verwiesen, dass in dieser Expertise die Schwerpunkte auf dem Arbeitsplatz und dem Arbeitsprozess liegen und überbetriebliche Einflüsse bzw. Abhängigkeiten trotz der Bedeutung horizontaler Integration im Rahmen von Industrie 4.0 somit weitgehend außerhalb der Betrachtung bleiben.

Aus Gründen der Komplexitätsreduzierung wird auf ein vergleichsweise einfaches Tätigkeitskonzept rekurriert, das drei Arbeitstätigkeiten unterscheidet und zwei wesentliche Vorteile bietet: Es ist zum einen „technologieunspezifisch“ und beachtet zum anderen „betriebsübliche Kategorien“ (Frieling 2006, S. 320), ist also in seinen Formulierungen praxisorientiert:

- *„Bearbeitende Tätigkeiten“*
  - Einfache manuelle Tätigkeiten (z. B. Einlegen, Montieren, Bestücken, Transportieren etc.)
  - Komplexe manuelle Tätigkeiten (z. B. schwierige Fügetätigkeiten)
  - Einsatz von Arbeitsmitteln und Werkzeugen (einfach, komplex)
  - Umgang mit Maschinen (Bedienen, Einrichten, Überwachen)
  - Informationsverarbeitung (Lesen, EDV-Eingabe, Auswahl)
  - Parameter einstellen (z. B. Druck, Temperatur, Vakuum etc.)
  - Programmerstellung (Programme anpassen, ändern etc.)
- *„Unterstützende Tätigkeiten“*
  - Logistik (mit Fördermittel, Materialdisposition, Materialverfolgung etc.)
  - Qualitätssicherung (Fehler erkennen, dokumentieren, Nacharbeit, Selbstprüfung, Auditieren, SPC-Karten führen, Prüfmittel überwachen etc.)
  - Instandhaltung (Werkzeuge warten, Anlagen überprüfen, Transport- und Fördermittel warten, Reinigen, Störungsbeseitigung etc.)
- *„Übergreifende Tätigkeiten“*
  - Mitarbeit am kontinuierlichen Verbesserungsprozess (z. B. Arbeitsplatzumfeld, Produkt, Prozess)
  - Administrative Tätigkeiten (z. B. Führen von Kennzahlen, Aufschreibungen durchführen etc.)
  - Organisation und Kommunikation (z. B. Urlaubsplanung, Gruppeneinteilung, Ausgleichsschichtenplanung etc.).“ (Frieling 2006, S. 320-321; Hervorhebung: JA)

Das Analyseraster von Hirsch-Kreinsen (vgl. Hirsch-Kreinsen 2009) ist vergleichbar aufgebaut und unterscheidet sich nur in zwei Aspekten:

---

<sup>18</sup> Der Faktor ‚d‘ ist nicht integraler Bestandteil des soziotechnischen Dreiecks, nimmt aber auf diesen Einfluss im Sinne politischer Regulation (vgl. Abbildung 3).

- Zum einen benennt Hirsch-Kreinsen die einzelnen Tätigkeiten anders und unterscheidet zwischen primären, sekundären und tertiären Tätigkeiten. Die primären Tätigkeiten umfassen die „technisch-funktionalen Kernaufgaben eines Arbeitsprozesses“ (Hirsch-Kreinsen 2009, S. 16); die sekundären beinhalten dispositive und sichernde Tätigkeiten (vgl. Zeller 2003; Clement 2007); die tertiären schließen „Aufgaben der längerfristigen Prozessoptimierung und der Problemlösung“ (Hirsch-Kreinsen 2009, S. 16) ein. Bei den tertiären Tätigkeiten richtet Hirsch-Kreinsen seinen Fokus stärker als Frieling auf zukunftsorientierte Tätigkeiten, die tendenziell auf (hoch-)qualifizierte Arbeitskräfte abzielen.
- Die Zuordnung einzelner beschreibender Elemente differiert an einigen Stellen: So fasst Hirsch-Kreinsen beispielsweise den Aspekt *Organisation und Kommunikation* als den sekundären und nicht wie Frieling als den übergreifenden Tätigkeiten zugehörig auf.

Aufgrund der hohen Übereinstimmung werden die einzelnen Tätigkeitstypen bzw. Begriffe von Frieling und Hirsch-Kreinsen im weiteren Verlauf synonym genutzt und dienen der Strukturierung der Tätigkeitsanalyse. Das jeweilige ‚Mischungsverhältnis‘ der beschriebenen Tätigkeitsdimensionen ergibt die jeweils spezifische *funktionale Komplexität* einer Arbeitsaufgabe bzw. Tätigkeit. Die Komplexität nimmt zu, wenn beispielsweise neue Funktionen an den Arbeitsplatz angegliedert werden, Jobrotation eingeführt wird oder einzelne Arbeitsumfänge ausgeweitet werden. Etwas vereinfacht ist davon auszugehen, dass die Komplexität einer Gesamttätigkeit dann am höchsten ist, wenn eine Arbeitskraft ausschließlich tertiäre Tätigkeiten ausübt. Zu der funktionalen Komplexität gesellt sich als zweite arbeitssoziologische Grundkategorie die *Handlungsautonomie*, die „auf das Ausmaß der zeitlichen und funktionalen Dispositions- und Entscheidungsspielräume der Beschäftigten“ (Abel et al. 2014, S. 87) abzielt. Die Handlungsautonomie ist niedrig, wenn die Durchführung der einzelnen Tätigkeiten bzw. Aufgabenbestandteile exakt vorgegeben sind, und sie ist hoch, wenn die Tätigkeiten eine Vielzahl von eigenverantwortlichen Entscheidungen erfordern.

### **Infobox: Tätigkeitsanalyse**

Die Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Qualifikations- und Kompetenzanforderungen der Beschäftigten lassen sich nicht sinnvoll über eine Berufsklassifizierung abbilden, sondern bedürfen einer Analyse auf der Aufgaben- bzw. Tätigkeitsebene. Unterschieden werden primäre/bearbeitende, sekundäre/unterstützende und tertiäre/übergreifende Tätigkeiten.

Die jeweilige Zusammensetzung der drei Tätigkeitstypen ergibt einen jeweils spezifischen Grad der funktionalen Komplexität und der Handlungsautonomie. Je höher beide sind, desto anspruchsvoller bzw. qualifizierter ist die konkrete Tätigkeit.

Die Protagonist\_innen von Industrie 4.0 bzw. der industriellen Digitalisierung gehen – so die Annahme – davon aus, dass die „interne Tertiarisierung“ (Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech 2015, S. 106) zunehmen wird, aufgrund der Automatisierung als Teil von Industrie 4.0 somit die primären bzw. bearbeitenden Tätigkeiten zurückgehen werden und die höhere Qualifikations- und Kompetenzanforderungen stellenden sekundären, unterstützenden sowie tertiären, übergreifenden Tätigkeiten zunehmen werden. Damit geht eine Erhöhung der Handlungsautonomie einher, eine Entwicklung, die die Digitalisierungsbefürworter\_innen mit Begriffen wie „Dirigenten der Wertschöpfung“ (Bauernhansl 2013, S. 34) belegen oder die sie mit der „Rolle des Erfahrungsträgers, Entscheiders und Koordinators“ (Kagermann 2013, S. 3) hervorheben. Der Grundtenor des Mainstreams der Industrie-4.0-Debatte geht somit in Richtung einer Aufwertung menschlicher Arbeit und prognostiziert damit sowohl sich deutlich ändernde als auch die Notwendigkeit höherwertiger Qualifikations- und Kompetenzanforderungen.

### 3.4 Qualifizierung und Kompetenzentwicklung

Weiterbildung wird für die Arbeitnehmer\_innen und die Unternehmen zunehmend wichtiger, um ihre Beschäftigungsfähigkeit und ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten: So nimmt zukünftig die „Halbwertszeit‘ von formaler Erstausbildung“ (Becker/Hecken 2011, S. 367) stetig ab, die seit vielen Jahren betonte Bedeutung des lebenslangen Lernens steigt weiterhin an oder die Zyklen, Neues zu lernen, werden kürzer – diese Entwicklungen lassen Weiterbildung, Qualifizierung und Kompetenzentwicklung für die Beschäftigten und Unternehmen immer wesentlicher werden:

„Die große Frage ist also nicht das ‚Ob‘, sondern das ‚Wie‘: Wie lassen sich Prozesse der Kompetenzentwicklung im Betrieb gestalten und dauerhaft stabilisieren? Mit welchen Instrumenten, Methoden und Strukturen ist eine lernende Organisation zu realisieren?“ (Hardwig 2004, S. 10)

Das ‚Wie‘ ist zu ergänzen um das ‚Was‘: In dieser Expertise erfolgt deshalb eine Konzentration auf die betriebliche Weiterbildung und ihre unterschiedlichen Ausprägungen. Nicht primär arbeitsrelevante (universelle) Weiterbildung, etwa das Erlernen des Klavierspiels in der Freizeit, wird nachfolgend nicht betrachtet.

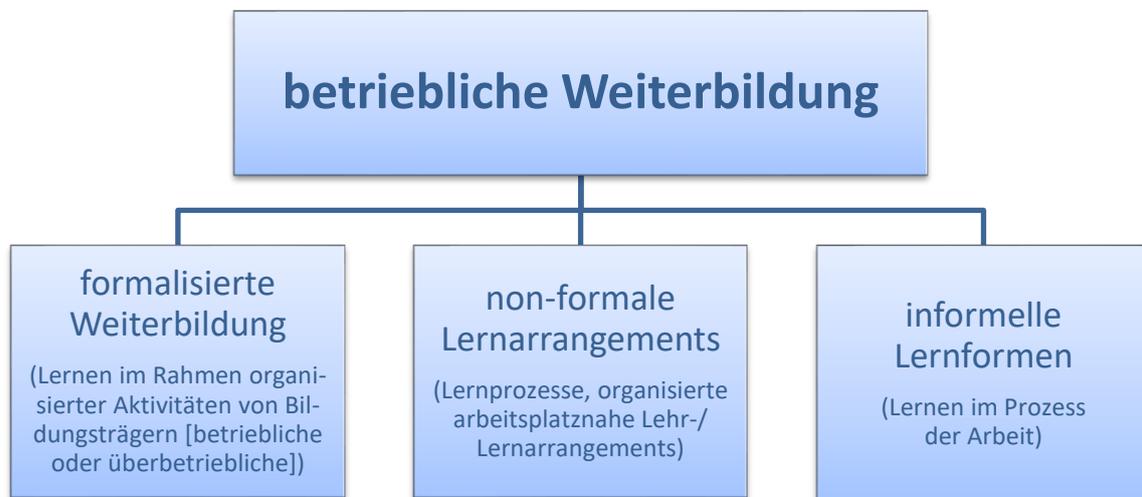
*Berufliche (Weiter-)Bildung* ist nicht eindeutig definiert (vgl. Dobischat/Düsseldorff 2010; Gloystein/Pletz 2017). Meist finden pragmatische Begriffsbestimmungen Verwendung, die sich an der Definition des Deutschen Bildungsrats orientieren:

„Demnach ist berufliche Weiterbildung jeder Bildungsvorgang nach einer vorherigen schulischen bzw. beruflichen Ausbildung, der nach der Aufnahme der ersten Berufstätigkeit stattfindet. Berufliche Weiterbildung umfasst alle organisierten und damit auch institutionalisierten Lernprozesse, die entweder an eine in einem formalen Erstausbildungsgang erworbene oder an eine durch Berufserfahrung gewonnene Qualifikation anknüpfen und eine weitere berufliche Bildung intendieren.“ (Becker/Hecken 2011, S. 370)

Jedoch wurde diese Definition angesichts der entstandenen Lern- und Lehrformen zu eng, da sie die in den Unternehmen verbreiteten informellen und nonformalen Formen der Weiterbildung

ausschließt. Deshalb nahm der Deutsche Bildungsrat schon 1970 die Weiterbildung als vierte Säule des deutschen Bildungswesens auf, wobei die betriebliche Weiterbildung sich in die drei Bereiche *formalisierte Weiterbildung*, *non-formale Lernarrangements* (Unterweisungen, Team-sitzungen, Coaching etc.) sowie *informelle Lernformen* (Messebesuche etc.) differenzieren lässt (vgl. Abbildung 5).

**Abbildung 5: Formen betrieblicher Weiterbildung**



Quelle: eigene Darstellung (nach Baethge et al. 2006, S. 11; Faust/Holm 2001, S. 71-72; Gloystein/Pletz 2017, S. 46)

Tabelle 7: Systematisierung betrieblicher Lernformen

		Gestaltung des Lernens		
		individuelles Lernen (Individuen entscheiden selbst über den Lernprozess.)	angeleitetes Lernen (Der bzw. die Lehrende verantwortet den Lernprozess.)	kooperatives Lernen (Die Beteiligten lernen mit- und voneinander.)
Arbeitsbezug des Lernens	arbeitsimmanent (Inhalte des Lernens sind äquivalent zu Inhalten des Arbeitsprozesses.)	Learning by Doing; Arbeitsanweisungen, Checklisten, Leitfäden etc.	Unterweisung durch Vorgesetzte und Kolleg_innen; Jobrotation	Projektarbeit
	arbeitsgebunden (Lerninhalte werden durch den Arbeitsprozess bestimmt; Lern- und Arbeitsprozess sind nicht identisch.)	Fachinformationen; Zeitschriften; interne Wissensmanagementsysteme	Coaching; interne Schulungen und Trainings; Mentoring	interne Workshops und Meetings; Qualitätszirkel; Lerninseln etc.
	arbeitsbezogen (Lerninhalte werden nicht durch den Arbeitsprozess bestimmt, stehen aber in Kontext zu diesem.)	Besuch von Fachmessen und Kongressen; Lernen mit Multimedia	externe Schulungen und Trainings inkl. Hersteller- und Produktschulungen	medial gestützter Austausch mit Kolleg_innen

Quelle: eigene Darstellung (nach Jäckel et al. 2006, S. 14-16)

Vor dem Hintergrund der wachsenden Bedeutung betrieblicher Weiterbildung, die in der Unternehmenspraxis überwiegend eine nonformale und informelle Weiterbildung ist, haben Jäckel et al. (vgl. Jäckel et al. 2006) eine Systematik betrieblicher Lernformen entwickelt, die auf der Differenzierung von Baethge et al. (vgl. Baethge et al. 2006) fußt, aber sich zum einen stärker auf das Lernen im Arbeitsprozess (bzw. „arbeitsintegrierte Kompetenzentwicklung“ oder „arbeitsimmanente Qualifizierung“; Jäckel et al. 2006, S. 10) konzentriert, also die Tätigkeit und den Arbeitsprozess in den Blick nimmt, und zum anderen die Gestaltung des Lernprozesses fokussiert (vgl. Tabelle 7). Das Ergebnis ist eine – nicht vollständige – Sammlung betrieblicher Lernformen. Mit Blick auf Industrie 4.0 stellt sich die Frage, inwieweit diese Lernformen für die zu erwartenden neuen Anforderungen noch adäquat sein werden.

An dieser Ausweitung des Weiterbildungsbegriffs wird Kritik geübt, da der Begriff so aufgeweicht wird, „dass sich im Grunde genommen jede erwerbstätige Person gleichzeitig permanent in Weiterbildung befindet“ und „Weiterbildung im weiteren Sinne‘ schwerlich empirisch messbar“ (Becker/Hecken 2011, S. 370) wäre. Diese Kritik ist nicht von der Hand zu weisen: Weiterbildung oder Qualifizierung so umfassend zu definieren, dass de facto alles als Lernen bestimmt werden kann, lässt den Begriff unscharf und damit fragwürdig erscheinen. Das schlägt sich na-

turgemäß in den quantitativen Studien nieder: Wie sich noch zeigen wird, passen manche quantitativ erhobenen Werte zur betrieblichen Weiterbildung (im weiteren Sinne) mit den Erfahrungen in qualitativ durchgeführten betrieblichen Fallstudien nicht zusammen. Wird bei letzteren immer wieder von betrieblichen Akteur\_innen (wie Betriebsräten, Beschäftigten, Frauen) hervorgehoben, dass sie kaum in den Genuss von Weiterbildungsmaßnahmen kämen, vermittelt die Statistik eher ein optimistischeres Bild.

Diese Kritik wird sich in dieser Expertise nicht gänzlich widerlegen lassen; sie führt indes dazu, die statistischen Belege mit Vorsicht zu lesen. Gleichwohl dürfen die informellen Qualifizierungsformen nicht vernachlässigt werden, da sie, vielfach von den Betroffenen selbst gewünscht, zentrale Maßnahmen betrieblicher Weiterbildung darstellen. Nicht zuletzt zielen u. a. digitale Assistenzsysteme darauf, nonformale und informelle Lernprozesse im betrieblichen Alltag anzuregen und zu unterstützen.

### 3.5 Zur Methode

Die vorliegende Expertise basiert auf zwei methodischen Zugängen: der Literaturstudie sowie einer kleinen empirischen Primärerhebung. Bei der *Literaturanalyse* wird sowohl die einschlägig wissenschaftliche als auch die praxisbezogene Literatur aus den letzten Jahren verarbeitet; populärwissenschaftliche Inhalte oder solche aus tagesaktuellen Medien werden in der Regel nicht berücksichtigt.

Um die Literaturanalyse mit einigen aktuell erhobenen empirischen Daten zu unterfüttern, wurde je ein mittelgroßes Unternehmen und ein Großunternehmen aus der Metall- und der Elektroindustrie untersucht. Die beiden *Fallstudien* wurden qualitativ durchgeführt; neben leitfadengestützten Interviews (vgl. Tabelle 8) wurden Betriebsbegehungen durchgeführt und betriebliche Unterlagen gesichtet; die Interviews wurden elektronisch aufgezeichnet und anschließend protokolliert. Interviewt wurden sowohl Führungskräfte als auch Produktionsbeschäftigte; im Großunternehmen wurde zudem mit dem Betriebsrat gesprochen.

**Tabelle 8: Interviews in den Fallstudienunternehmen**

	KMU	Großunternehmen
<b>Führungskräfte</b>	4	5
<b>Produktionsbeschäftigte</b>	1	5
<b>Betriebsrat</b>	./.	2
<b>Gesamt</b>	5	12

Quelle: eigene Darstellung

### *KMU: Verlagerung der Fertigungssteuerung an die Maschine*

Das mittelgroße Unternehmen liefert mit seinen ca. 200 Beschäftigten Dreh- und Frästeile vorwiegend an Großkunden. In den letzten Jahren wurde die Angebotspalette um Montagetätigkeiten erweitert, um Komponenten und Baugruppen anbieten zu können. Dadurch entwickelte sich das Unternehmen von einem Facharbeiterbetrieb zu einem Unternehmen, bei dem sich in der Produktion Facharbeiter\_innen (Zerspanungsmechaniker\_innen) sowie Un- und Angelernte (vorwiegend in der Montage) die Waage halten.

Wie viele andere Unternehmen aus der Zulieferbranche ist das Unternehmen von einigen Großkunden mit einer Vielzahl spezieller Wünsche abhängig und steht nicht nur unter dem allgegenwärtigen Termindruck, sondern auch unter einem massiven Preis- und Kostendruck. Eine Möglichkeit, diesen Kostendruck zu mindern, ist die Erhöhung der Maschinenauslastung; dies lässt sich beispielsweise durch Rüstzeitminimierungen (externes Rüsten, SMED [Single Minute Exchange of Dies] etc.), aber auch durch eine optimierte Fertigungssteuerung erreichen. Ein häufig beschrittener Weg, insbesondere bei Großunternehmen, ist der Einsatz eines Manufacturing Execution System (MES), einem typischen Vertreter der neuen Industrie-4.0-Technologien. Das MES ermöglicht durch die digitale Vernetzung mit den Produktionsmitteln, in Echtzeit die Fertigungssteuerung an die sich wechselnden Gegebenheiten anzupassen, sodass jederzeit die optimale Auslastung der Maschinen und Anlagen gewährleistet ist. Eine zentrale Voraussetzung für den MES-Einsatz ist insbesondere die Betriebsdaten- (BDE) und Maschinendatenerfassung (MDE), deren Verbreitung in KMU nicht sehr hoch ist.

Normalerweise findet die Fertigungssteuerung außerhalb der Werkstatt im ‚Büro‘ statt; dort laufen die Fäden zusammen, um eine bestmögliche Maschinenbelegung unter Wahrung von Teileverfügbarkeit, Wirtschaftlichkeit oder Termintreue zu sichern. In die Fertigungssteuerung spielen somit unterschiedliche Anforderungen und betriebliche Bereichsinteressen hinein, die durchaus widersprüchlich sind und von den Fertigungssteuer\_innen auftragspezifisch austariert werden müssen. Durch den Einsatz von BDE und MDE als erstem Schritt zu Industrie 4.0 wollen viele Unternehmen ihre Fertigungssteuerung optimieren; es werden nicht mehr nur Start und Beendigung eines Auftrags gemeldet, sondern eine Reihe weiterer Daten werden erhoben und in Echtzeit an die Fertigungssteuerung übermittelt, um auf Kundenwünsche, Werkzeugbrüche, Maschinenschäden oder andere plötzliche Störungen kurzfristig zu reagieren.

Das Untersuchungsunternehmen verlässt bei dieser Maßnahme jedoch den klassischen Pfad und verlagert Teile der Fertigungssteuerung auf den Shopfloor. Die Grundüberlegung ist, dass die Facharbeiter\_innen ihre Maschinen, die sie einrichten und auf denen sie fertigen, am besten kennen: „Die brauchen nur die Transparenz der Daten, damit sie endlich ihre Entscheidungen

selbst treffen können.“ (Inhaber Metallbetrieb)<sup>19</sup> In dem Pilotbereich arbeiten sowohl Zerspanungsmechaniker\_innen (teilweise mit Technikerabschluss) als auch einige wenige langjährig angelernte Beschäftigte mit einem großen Erfahrungshintergrund. Im Grundsatz macht jeder Beschäftigte im Pilotbereich alles, also sowohl Einrichten und Programmieren als auch Bedienen; Einschränkungen gibt es zum einen in Bezug auf das Rüsten – hier übernehmen die Angelernten nur Hilfseinrichteraufgaben – und zum anderen in der Einsatzflexibilität: Obwohl dies erklärtes Ziel der Geschäftsführung ist, können nicht alle Beschäftigten alle Maschinen rüsten, programmieren und bedienen. Insgesamt handelt es sich um sehr gut qualifizierte, erfahrene Beschäftigte, die in einem definierten Rahmen schon länger Feinplanungsaufgaben übernehmen, indem sie die Reihenfolge der Aufträge – in Absprache mit dem Vorgesetzten – verändern können, um beispielsweise Rüstzeiten zu minimieren.

### *Großunternehmen: papierlose Fertigung*

In dem zweiten Betrieb, einem Produktionsstandort eines Großunternehmens, wird mit der ‚papierlosen Fabrik‘ eine alte Idee wiederbelebt. Angesichts der neuen IT-Möglichkeiten lassen sich in verschiedenen Unternehmen Ansätze beobachten, unter dem Label Industrie 4.0 einen erneuten Versuch einer solchen zu starten. Die Gründe hierfür sind vielfältig: (1) Informationen auf Papier sind tendenziell veraltet, weil sie nicht in Echtzeit aktualisiert werden können. (2) Die Kosten sollen gesenkt werden: Eine mehrwöchige, bereichsspezifische Untersuchung hat ergeben, dass eine Arbeitskraft über den Untersuchungszeitraum hinweg 24 Stunden mit Drucken beschäftigt war; addiert man Papier- und sonstige Kosten hinzu, ergibt sich nur für den Pilotbereich eine prognostizierte Einsparung von ca. 16.700,- EUR p. a. (3) Die Umwelt wird geschont.

Das Familienunternehmen stellt mit knapp 19.000 Beschäftigten weltweit Automatisierungstechnik her. Der untersuchte Produktionsstandort fertigt und montiert mit etwa 2.000 Beschäftigten sowohl Klein(st)- als auch Großserien; die Fertigungsbeschäftigten sind vorwiegend Facharbeiter\_innen und die Montagebeschäftigten vorwiegend Angelernte. Im Rahmen einer umfassenden Reorganisation des gesamten Standortes wurde parallel eine Reihe von Industrie-4.0-Projekten angestoßen (Vernetzung von Softwarepaketen, Entwicklung von Assistenzsystemen etc.). Im Untersuchungsbereich sollen die Auftragsunterlagen den Beschäftigten an den Maschinen und Anlagen nicht mehr in Papierform, sondern ausschließlich digital zur Verfügung gestellt werden. Die Auftragsunterlagen setzen sich im Kern u. a. aus dem Arbeitsplan, dem Einrichteblatt, dem Materialschein, dem Prüfbericht bzw. -plan und der Zeichnung zusammen.

Die Planung und Umsetzung der papierlosen Fertigung wird begleitet von diversen Hindernissen: Diese reichen von den wenig flexiblen bürokratischen Strukturen eines Großunternehmens

---

<sup>19</sup> Diese Verlagerung von Entscheidungskompetenzen wird von manchen Beschäftigten im Betrieb in Frage gestellt, selbst von der operativen Ebene, die eigentlich eine qualifikatorische Aufwertung erwarten dürfte: „Das würde nicht viel bringen. Man beschwert sich zwar immer, dass es nicht stimmt, aber man kann ja nicht alle Faktoren berücksichtigen. Wir wissen, was für uns an der Maschine günstiger ist, aber für den, wo das im Büro macht, für den sind die Termine wichtiger, die Zusagen.“ (Vorarbeiter Metallbetrieb)

über die Abhängigkeit des Standorts von Vorgaben der Zentrale und fehlenden zeitlichen Ressourcen bis hin zu der Konfliktlinie zwischen jüngeren und älteren Beschäftigten. Unter dem Gesichtspunkt der Veränderungen von Aufgaben und Tätigkeiten sowie Qualifikations- und Kompetenzanforderungen ist der letzte Aspekt der interessanteste.

Die Diskussion über die mehr oder weniger ausgeprägte Affinität von älteren und jüngeren Beschäftigten zu neuen Technologien ist nicht neu (vgl. exemplarisch Reidick 2016) und lässt sich im Untersuchungsunternehmen zum wiederholten Male beobachten: Die älteren Beschäftigten finden „es nicht so prickelnd“ (Meister Automatisierungstechnik), keine Papierunterlagen mehr zu bekommen. Die Informationen wären zwar völlig identisch, allerdings nutzen die Beschäftigten das Papier, um sich Notizen zu machen, für die folgende Schicht Informationen festzuhalten etc. Das Hauptargument der Skeptiker\_innen ist jedoch, dass sich die Zeichnungen auf den (zu kleinen) Bildschirmen nicht vernünftig lesen lassen: „Das passt nicht“ (Meister Automatisierungstechnik), ältere Mitarbeiter\_innen wollen „gern die Zeichnung in die Hand nehmen und sich ihre Toleranzen von Hand grad‘ noch mal an die Passung schreiben“ (Disponent Automatisierungstechnik); außerdem kann man „den Bildschirm auch schlecht mitnehmen“ (Meister Automatisierungstechnik). Für die Protagonist\_innen zählt dieses Argument nicht: Zum einen wurden inzwischen große TFT-Bildschirme angeschafft, zum anderen gibt es deutliche Vorteile gegenüber dem Papier: „Ich kann auf einer Zeichnung kein 3D drehen, auf dem Papier, auf einer Zeichnung kann ich nicht mir eine spezielle Stelle genauer angucken, wenn ich sehen will, welches Detail sich da verbirgt, wie ein Kabel da angeschlossen wird, wie das um die Ecke gelegt wird [...]“ (Fertigungsleiter Automatisierungstechnik).

Unabhängig von der Bewertung der jeweiligen Vor- und Nachteile wird deutlich, dass sich an den einzelnen Tätigkeiten und Aufgaben nichts verändert: „Wenn ich mich allerdings an meinem Arbeitsplatz umdrehen muss, statt dass das gepinnte Papier oder Zeichnung an der Wand hängt, sehe ich einfach einen Bildschirm, da sehe ich jetzt wirklich keinen Unterschied.“ (Fertigungsleiter Automatisierungstechnik) Es verändert sich nur das Medium, die Inhalte der Auftragsunterlagen sowie die Tätigkeiten der Beschäftigten bleiben gleich. Dementsprechend ist der Qualifizierungsaufwand vergleichsweise gering: Bestimmte Aufgaben müssen schon jetzt am PC erledigt werden (etwa BDE-An- und Abmeldung), sodass eine Einweisung erforderlich ist für den Umgang mit den Bildschirmen (Zoomen etc.) und die Beschäftigten lernen müssen, ihre Notizen, Anmerkungen etc. in entsprechend vorgesehene Felder in der Software einzufügen. Erleichternd kommt hinzu, dass das Qualifikationsniveau im Untersuchungsbereich hoch ist; der Fertigungsleiter Automatisierungstechnik schätzt, dass der Qualifizierungsaufwand in der Montage mit dem hohen Anteil Angelernter wesentlich höher wäre.

In beiden Unternehmen sind die skizzierten Industrie-4.0-Projekte noch nicht abgeschlossen. Wie meist bei diesen betrieblichen Reorganisationsvorhaben werden die Zeitpläne aus verschiedenen Gründen nicht eingehalten – was nicht zuletzt am Widerstand der betroffenen Beschäftigten liegt, die – unzulänglich in den Prozess eingebunden – nicht einschätzen können, was sie erwartet, oder gar um ihren Arbeitsplatz fürchten. In beiden Fällen gingen die verantwortlichen

Führungskräfte davon aus, dass sich die Qualifikations- und Kompetenzanforderungen wenig bis gar nicht ändern würden, da sich – wie beim Großunternehmen – ja nur das Medium ändern würde (vom Papier zum Bildschirm) oder – wie im KMU – die betroffenen Facharbeiter\_innen so qualifiziert seien, dass sie die neuen Steuerungsaufgaben quasi nebenbei erlernen würden. Inwieweit diese Annahmen (bzw. Hoffnungen) sich bestätigt haben, lässt sich derzeit noch nicht abschließend einschätzen.

### **3.6 Zwischenfazit**

In diesem dritten Kapitel wurden die begrifflichen Grundlagen für die weitere Prüfung vorliegender Studien zur Qualifikations- und Kompetenzentwicklung gelegt. Der Ausgangspunkt der Analyse ist ein soziotechnisches Verständnis: Industrie 4.0 bzw. Digitalisierung ist eine technikgetriebene betriebliche Prozessinnovation, deren Implementierung Auswirkungen auf die Organisationsstrukturen und die Gestaltung von Arbeit hat. Die Mehrheit der Protagonist\_innen geht davon aus, dass die Tätigkeiten durch Industrie 4.0 anspruchsvoller werden, die Beschäftigten somit neue Qualifikationen und insbesondere neue Kompetenzen erlernen müssen. Dies geschieht weniger durch formale Weiterbildung als vielmehr durch arbeitsplatznahe Qualifizierungsformen, die zunehmend durch neue Industrie-4.0-Techniken unterstützt werden.

## 4 Qualifikations- und Kompetenzanforderungen digitalisierter Arbeitsplätze

„Durch das Zusammenwachsen von IKT, Produktions- und Automatisierungstechnik und Software werden mehr Arbeitsaufgaben in einem technologisch, organisatorisch und sozial sehr breit gefasstem Handlungsfeld zu bewältigen sein.“ (Forschungsunion/acatech 2013, S. 59)

„Jede Aussage zur Industrie 4.0, ihrer Ausgestaltung und ihrer Konsequenzen ist zum heutigen Zeitpunkt notwendigerweise spekulativ.“ (Kärcher 2015, S. 47)

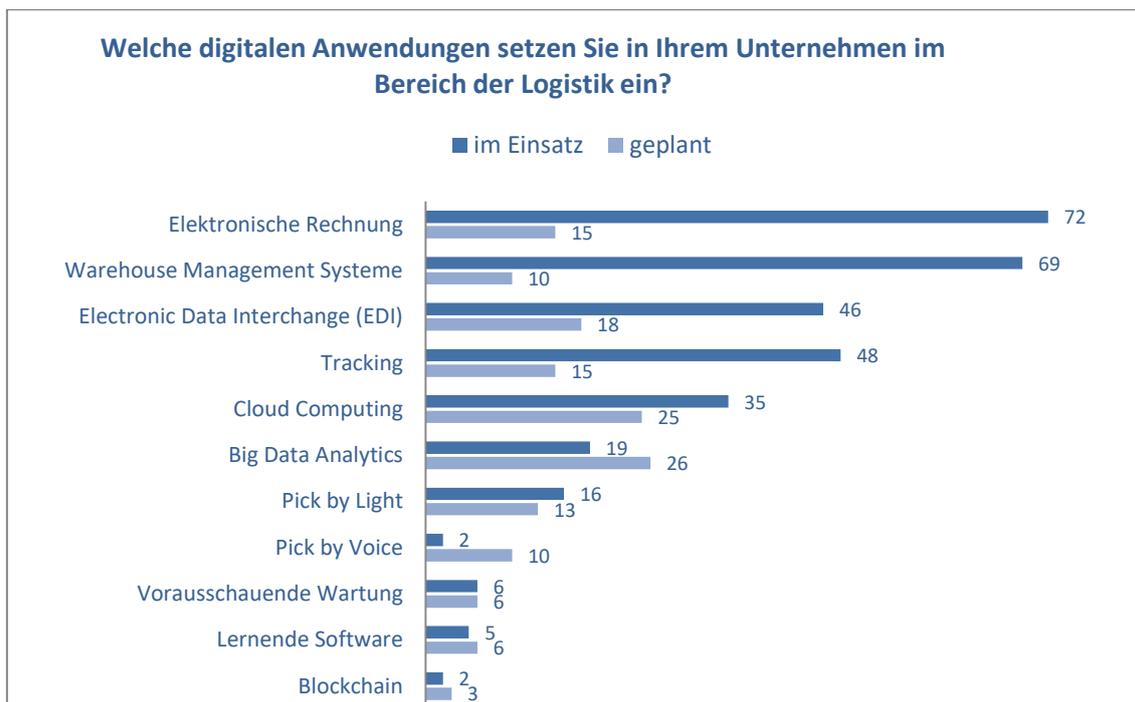
„Eindeutige Aussagen, welche Kompetenzen genau an welcher Stelle auf welcher Fachkräfteebene zu erwarten sind, finden sich – und das ist der eigentlich spannende Befund – erstaunlich selten. Häufig bleiben die Aussagen vage und lassen sich auch bei intensivem Nachfragen nicht immer ausreichend konkretisieren. Noch sind viele Themen zu neu, zu selten faktisch umgesetzt oder im Einzelfall bei dem jeweiligen Interviewpartner noch nicht angekommen.“ (Pfeiffer et al. 2016a, S. 93)

Alle Aussagen haben weiterhin ihre Berechtigung. Auch wenn die Studien zu Industrie 4.0, Digitalisierung oder CPPS stetig zunehmen, ist der Stand der Umsetzung – mit Ausnahme von einigen Vorreiterunternehmen – in vielen Unternehmen nicht so fortgeschritten, dass sich belastbare Aussagen über Qualifikations- und Kompetenzveränderungen treffen ließen. Viele eingesetzte Techniken sind noch nicht so ausgereift, dass sie für einen breiten Einsatz in der Produktion tauglich wären, erfordern (zu) hohe Investitionen oder erbringen aus Sicht der Unternehmen nicht den von den Anbieter\_innen versprochenen Nutzen; eine Studie des Industrie-4.0-freundlichen Branchenverbandes Bitkom zeigt beispielsweise, dass selbst in der Logistik, die als eine der Kernanwendungen von Industrie 4.0 gilt, neue Industrie-4.0-Technologien nicht nur nicht sonderlich verbreitet sind, sondern die befragten Unternehmen (n = 508) offenbar auch keine Planungen in der Schublade haben, sie in Zukunft einzuführen (vgl. Abbildung 6).

Die Interpretation dieser (oder anderer) Umfrageergebnisse ist allerdings generell schwierig, da nicht mehr ausgesagt werden kann, als dass die jeweilige Technik im Unternehmen im Einsatz ist; offen bleibt indes: Wird die Technik im gesamten Unternehmen genutzt? Oder nur an einzelnen Arbeitsplätzen oder nur in einem Pilotbereich? Wird die gesamte Funktionalität etwa einer Software genutzt? Oder nur bestimmte Module? etc. Daraus ergibt sich notwendigerweise eine Unsicherheit bzw. eine reduzierte Aussagekraft bei der Ableitung von (zukünftigen) Qualifikations- und Kompetenzanforderungen.

Die Protagonist\_innen von Industrie 4.0 hoben, wie mehrfach erwähnt, die besondere Rolle des Menschen hervor. Industrie 4.0 bringt für die Beschäftigten viele Verbesserungen – selbst den Un- und Angelernten, die aufgrund der Automatisierung ihren Arbeitsplatz sehr wahrscheinlich verlieren werden, gehe es letztlich besser, da ihre belastenden, stupiden und unter Umständen gesundheitsgefährdenden Arbeitsplätze wegfallen würden: „Damit ist auch klar: Einfache Hilfstätigkeiten für gering oder nicht qualifizierte Arbeitnehmer wird es in dieser Form, zumindest aber im heutigen Umfang, nicht mehr geben.“ (Bitkom/Ernst & Young 2016b, S. 16; htc 2016, S. 7) Die (hoch-)qualifizierten Beschäftigten werden durch Industrie 4.0 noch qualifiziertere Aufgaben übernehmen.

Abbildung 6: Verbreitung digitaler Anwendungen in der Logistik, 2016 (in Prozent)



Quelle: eigene Darstellung (nach Rohleder 2017, S. 9)

Diese Versprechen der Industrie-4.0-Verfechter\_innen sind naturgemäß (auch) politisch motiviert; um ihren Arbeitsplatz bangende und Dequalifizierung fürchtende Beschäftigte, die der neuen Vision die Gefolgschaft verweigern, würden die Erfolgsaussichten einer Industrie-4.0-Implementierung trüben: Im Großunternehmen werden die Beschäftigten „misstrauisch [...] bei 4.0, weil es wird alles einfacher gemacht [...], jeder kann es überall machen, es werden überall Standards erstellt“ (Teamleiter Automatisierungstechnik):

„Und das ist auch ein kleines Problem, wo man als Vorgesetzter hat, dass die Leute manchmal nicht so mitspielen. Da muss man schon sehr viel Überzeugungsarbeit leisten, weil wenn man mit der Brechstange kommt, das bringt gar nichts. Die stellen sich dann quer, die stellen sich auch dumm. Und da muss man mit Überzeugungsarbeit und sehr viel Feingefühl drangehen, dass die Leute auch mitarbeiten, mit dir arbeiten.“ (Teamleiter Automatisierungstechnik)

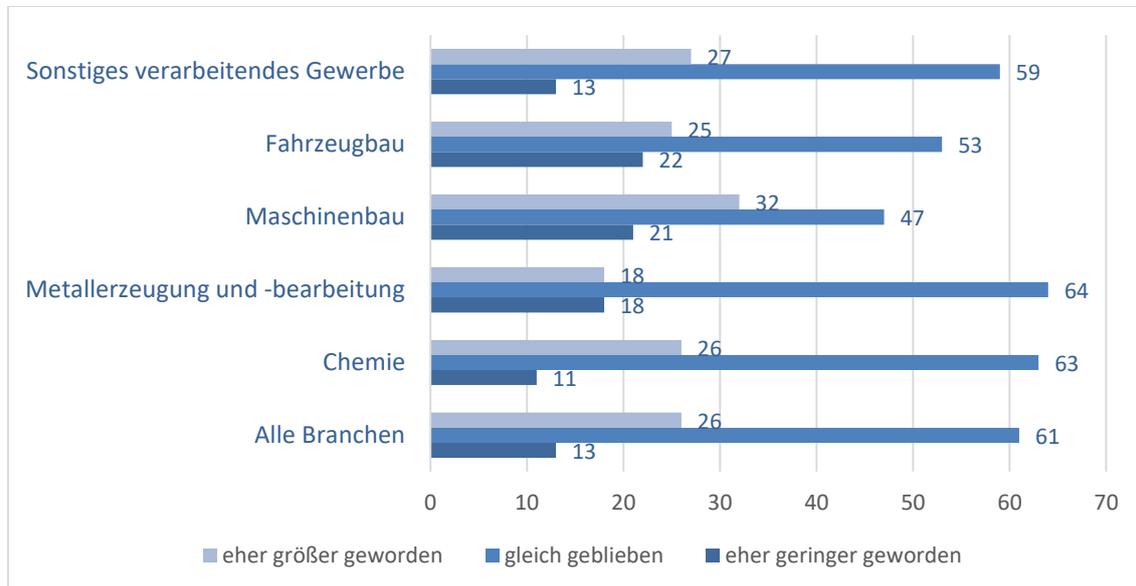
Dem entgegenwirkend soll der Mensch zum „Dirigenten der Technik“ (acatech 2015a, S. 45) werden, „gut ausgebildete Mitarbeiter“ (Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech 2015, S. 14) bzw. „hoch qualifizierte und flexible Mitarbeiter [bedienen] intelligent automatisierte, sich selbst organisierende und optimierende Prozesse“ (Plattform Industrie 4.0 2015, S. 5)<sup>20</sup>; gebraucht werden „Beschäftigte, die als Entscheider und Steuerer agieren [können]“ (Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft 2013, S. 57). Aller-

<sup>20</sup> An dieser Stelle sei nur fragend angemerkt, wozu bei einer automatisierten, sich selbst organisierenden und optimierenden Anlage noch qualifizierte ‚Bediener\_innen‘ gebraucht werden; benötigt werden doch eher Konstrukteur\_innen, Programmierer\_innen oder Instandhalter\_innen.

dings wird der Ton inzwischen zurückhaltender: „Industrie 4.0 als sozio-technisches System bietet die *Chance*, das Aufgabenspektrum der Mitarbeiter zu erweitern, ihre Qualifikationen und Handlungsspielräume zu erhöhen und ihren Zugang zu Wissen deutlich zu verbessern.“ (Plattform Industrie 4.0 2015, S. 4; Hervorhebung: JA) Die Hoffnungen und Versprechungen für die Beschäftigten der Industrie-4.0-Visionär\_innen lassen sich zu einigen Trends zusammenfassen:

- Generell steigen die Anforderungen an die Beschäftigten; gleichzeitig verändern sie sich: Neue Anforderungen kommen aufgrund der Industrie-4.0-Technologien hinzu (z. B. IT-Kompetenzen, bereichsübergreifendes Systemverständnis) und verdrängen andere, veraltete Qualifikationen und Kompetenzen (Bitkom/Ernst & Young 2016b, S. 16). Zu berücksichtigen ist, dass sich kausale Beziehungen zwischen Qualifikations- und Kompetenzveränderungen in der Regel nicht herstellen lassen. Frieling (vgl. Frieling 2006) verwies zu Recht darauf, dass Qualifikations- und Kompetenzanforderungen sich aufgrund unterschiedlicher Einflussfaktoren ändern (z. B. Globalisierung oder organisatorische Veränderungsprozesse; vgl. exemplarisch Kay et al. 2008), die den Trends, die die Industrie-4.0-Verfechter\_innen prognostizieren, widersprechen können, wenn beispielsweise Bürokratisierungstendenzen bei Entwickler\_innen zu Verlusten von Freiräumen führen (vgl. Weimer 2012, S. 189).

**Abbildung 7: Geschätzte Veränderung des Entscheidungsspielraums durch die Digitalisierung nach Branchen, 2016 (in Prozent)<sup>21</sup>**



Quelle: eigene Darstellung (nach Holler 2017, S. 42)

<sup>21</sup> „Die Grundgesamtheit der Erhebung sind Arbeitnehmer und Beamte, die eine regelmäßige wöchentlichen Arbeitszeit von mindestens zehn Stunden haben und deren Alter unter dem bis zum Befragungszeitpunkt aktuell gültigem gesetzlichen Rentenalter (von 65 Jahren und fünf Monaten) liegt. Freiberufler und Selbstständige sind nicht Teil der Erhebungen zum DGB-Index Gute Arbeit.“ (Holler 2017, S. 7)

- Die direkten, bearbeitenden Tätigkeiten nehmen ab; indirekte, unterstützende und übergreifende Tätigkeiten nehmen zu (Bitkom/Ernst & Young 2016b, S. 8; Senderek/Geisler 2015, S. 36), wie etwa „Entscheidungs-, Steuerungs- und Kontrollfunktionen im Prozessablauf“ (httc 2016, S. 7; vgl. am Beispiel der Entscheidungsspielräume Abbildung 7) – mit anderen Worten: Die Verantwortung der Fachkräfte steigt. Ergebnis ist eine „Entwicklung der Facharbeit hin zu sekundärer Facharbeit [...] bevorzugt Vorbereitungs-, Störungsbeseitigungs- und Kontrollaufgaben im Sinne ‚technischer Dienste‘“ (Zeller et al. 2010, S. 53).
- Die Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) wird enger, Mensch und Technik können sogar „in Einzelfällen verschmelzen“ (acatech 2015a, S. 15). Besonders deutlich wird das bei der Mensch-Roboter-Kollaboration, aber auch Assistenzsysteme sind ein Beispiel. Weyer spricht in diesem Kontext von hybriden Systemen (vgl. Weyer 2007; vgl. hierzu Kapitel 2).

Nachfolgend wird zu prüfen sein, ob sich diese optimistischen Trendaussagen der Industrie-4.0-Verfechter\_innen bestätigen lassen. Dazu werden zunächst verschiedene Szenarien diskutiert, die zu prognostizieren versuchen, welche Entwicklungsrichtungen aufgrund der Industrie-4.0-Implementierung denkbar sind (Kapitel 4.1). Im weiteren Verlauf werden aufgrund der im konzeptionellen Teil vorgenommenen Unterscheidung zwischen Qualifikationen und Kompetenzen die vorliegenden Untersuchungen daraufhin geprüft, wie sich die Qualifikationsanforderungen (Kapitel 4.2) und wie sich die Kompetenzanforderungen verändern (Kapitel 4.3), bevor ein Zwischenfazit das Kapitel beschließt (Kapitel 4.4).

Im Vorfeld soll auf die Grenzen der vorliegenden Studien kurz eingegangen werden (vgl. auch Bauer et al. 2018, S. 150):

- Die Trendaussagen vieler Industrie-4.0-Verfechter\_innen über die Folgen für die Beschäftigten basieren auf Technikvisionen, die bislang weder realisiert sind noch in absehbarer Zeit vermutlich in dem beschriebenen Umfang realisiert werden können.

Dafür sind u. a. folgende Gründe verantwortlich: (1) Neue Produktionstechnologien müssen sich in bestehende betriebliche Strukturen einpassen; nur in sehr seltenen Fällen sind Greenfield-Bedingungen vorhanden. (2) Die notwendigen Investitionen sind für die meisten Unternehmen kaum zu stemmen. Soll die Vision realisiert werden, ist es nicht mit dem Beschaffen von einigen Softwarepaketen oder einigen Leichtbaurobotern getan. (3) Der Weg zur Industrie 4.0 ist äußerst komplex; in vielen Fällen fehlen die Ressourcen, diesen Weg zu beschreiten. (4) Der Nutzen ist für die Anwender\_innen nicht immer gewährleistet.

Es ließen sich weitere Gründe anführen, die es zumindest erschweren, wenn nicht gar verhindern, dass die Visionen Realität werden. Dementsprechend ist zu berücksichtigen:

„Um die Chancen und Auswirkungen der Digitalisierung der Arbeit einschätzen zu können, muss die Frage nach den besonderen Eigenschaften und Kompetenzen sowohl der Technik wie auch der Menschen beantwortet werden. Klärung verspricht die Unterscheidung zwischen dem, was durch Technik ‚noch nicht‘ (aber potenziell, evtl. auch schon bald) übernommen werden kann, und dem, was aus bestimmten Gründen ‚nicht‘ (also niemals) in die Logik der Technik übersetzt werden kann.“ (Huchler 2016b, S. 111)

- Empirisch unterfütterte Studien zur Qualifikations- und Kompetenzentwicklung bei Industrie 4.0 liegen noch nicht sehr zahlreich vor. Die Thematik ist erst wenige Jahre aktuell; bis auf einige wenige Vorreiterunternehmen haben die meisten Unternehmen erst kürzlich dieses Thema für sich entdeckt und mit den Überlegungen begonnen, was für sie infrage kommt und was nicht. Dementsprechend lassen sich kaum gesicherte Aussagen über Auswirkungen treffen.
- Die Begriffsbestimmung von Industrie 4.0 (vgl. Kapitel 2) offenbarte nicht nur die Schwierigkeiten der Definition selbst, sondern auch die Vielfalt möglicher Technologien und Einsatzfelder. In Verbindung mit der insgesamt geringen Verbreitung avancierter Industrie-4.0-Technologien wird die Aussagekraft einzelner Untersuchungen bzw. Fallbeispiele nochmals eingeschränkt.
- Nicht nur die unterschiedlichen Technologien in Verbindung mit den jeweils betriebs-spezifischen Einsatzkonzepten erschweren generalisierende Trendaussagen; zusätzlich ist zwischen verschiedenen Beschäftigtengruppen zu differenzieren (Qualifikationsniveau, Aufgaben/Tätigkeiten etc.) (vgl. exemplarisch Zeller et al. 2010).

### 4.1 Szenarien: Wohin entwickeln sich die Qualifikationsstrukturen?

In der Arbeits- und Industriesoziologie zählt die Negierung des Technikdeterminismus zu einer Grundüberzeugung. Während in den 1960er- und 1970er Jahren viele Forscher\_innen noch der Auffassung nachgingen, dass eine spezifische Technik eine organisatorische Einsatzvariante mit sich bringe, ist inzwischen Konsens, dass die konkrete Einbindung von Produktionstechnik in die Wertschöpfungsprozesse ‚menschengemacht‘ ist, eine Erkenntnis, die auch in der Praxis angekommen ist:

„Es wird hier die Position vertreten, dass es [...] keinen technologischen Determinismus gibt: Es ist nicht so, dass ‚die technische Entwicklung‘ die Unternehmen dazu zwingen würde, den einen oder anderen dieser Wege zu gehen. Unternehmen können entscheiden, welchen Weg sie gehen wollen.“ (Kärcher 2015, S. 47; vgl. Forschungsunion/acatech 2013, S. 57)

Die im Einzelfall zu überprüfenden Einflussfaktoren sind u. a. Verfügbarkeit von Technik, betriebliche Personaleinsatzstrategien (vgl. Holtgrewe et al. 2015, S. 24) oder „Linienauseinandersetzungen“ (Kern/Schumann 1985, S. 33) im Management:

„Solche Übergangszeiten sind dadurch gekennzeichnet, daß den allgemeinen Kapitalinteressen kein blockartiges, stromlinienförmiges Kapitalverhalten entspricht, sondern die natürlich weiterhin verbindliche Verwertungserwartung nach neuen Einlösungen sucht. Unterschiedliche positionelle, funktionelle und professionelle Interessenlagen bekommen in diesem Prozeß der

Suche, Erprobung und Durchsetzung gleichermaßen Bedeutung wie generationsspezifische Erfahrungunterschiede und unterschiedliche ‚Philosophien‘.“ (Kern/Schumann 1985, S. 33)

Erst diese Grundüberzeugung, dass eine „Varianz der Kombinationen aus Technologieeinsatzvarianten und Organisationsformen“ (Bauer et al. 2015, S. 5) bzw. „Gestaltungsspielräume“ (Hirsch-Kreinsen/ten Hompel 2015, S. 13) möglich sind, lässt es sinnvoll erscheinen, überhaupt unterschiedliche Entwicklungspfade zu diskutieren. Inzwischen wurden verschiedene Szenarien formuliert, die teilweise empirisch gestützt sind, teilweise eher „theoretisch abgeleitet“ (Hartmann 2017a, S. 21) wurden.

### *Automatisierungs- vs. Spezialisierungsszenario<sup>22</sup>*

Diese Szenarien gehen auf ein BMBF-Forschungsvorhaben mit dem Titel *Qualifikationserfordernisse durch das ‚Internet der Dinge‘ in der Logistik (QinDiLog)* (2009-2010) zurück; bearbeitet wurde es von einer Bremer Forschergruppe um Georg Spöttl und Lars Windelband (Institut Technik und Bildung [ITB] der Universität Bremen). Untersucht werden sollte, wie das Internet der Dinge die Anforderungen an Beschäftigte der mittleren Qualifikationsebene verändern würde; empirisch geforscht wurde in Logistikbereichen der Lebensmittel- und Autoindustrie.

Im Fokus des Vorhabens stand u. a. die Frage, wie sich durch das Internet der Dinge (bzw. die Digitalisierung) das Verhältnis von Mensch und Technik verändert. Bei dem *Automatisierungsszenario* wird davon ausgegangen, dass die Technik eine Vielzahl der Aufgaben übernimmt, Kontrolle ausübt und in Echtzeit Entscheidungen trifft; Einfluss- und Gestaltungsmöglichkeiten liegen somit bei der Technik und nicht mehr bei den Facharbeiter\_innen. Für die betroffenen Beschäftigten bedeutet das eine massive Dequalifizierung, Erfahrungswissen wird entwertet und die Beschäftigten sind nicht mehr in der Lage, die komplexe Technik, etwa im Störfall, zu bedienen (vgl. Ahrens 2016a, S. 47):

„Je mehr Entscheidungen von Computerprogrammen übernommen werden, desto mehr verschwindet die Fähigkeit, mit komplexen Situationen umzugehen und die Arbeitswelt bewusst zu gestalten. Die Entwicklung zu ‚Industrie 4.0‘ birgt die Gefahr, dass Erfahrungen, Wissen und Intuition der Facharbeiter durch Computerprogramme und Software ersetzt werden, die auf Statistiken, Algorithmen und Wahrscheinlichkeitsberechnungen beruhen. Diese ersetzen immer mehr die menschliche Entscheidung. Die Arbeit wird weiter standardisiert, digital quantifiziert, zu Parametern innerhalb von Algorithmen strukturiert.“ (Windelband 2014, S. 157)

Für die meisten (gewerblichen) Beschäftigten bleiben im Sinne „geführter Arbeit“ (Windelband et al. 2010, S. 87) lediglich bearbeitende (primäre) Tätigkeiten mit geringen Qualifikations- und Kompetenzanforderungen übrig; ihnen stehen vergleichsweise wenige hochqualifizierte Beschäftigte gegenüber, die für Entwicklung, Instandhaltung und Programmierung verantwortlich sind (vgl. exemplarisch Bauer et al. 2015, S. 4). Dahinter steht eine Personaleinsatzstrategie, die

---

<sup>22</sup> In der Literatur wird auch der Begriff *Werkzeugszenario* verwendet. Windelband verweist auf folgenden Unterschied: „Der Begriff des Spezialisierungsszenarios wird gewählt, da er sich – zumindest prinzipiell – auf alle Qualifikationsebenen bezieht. Der alternative Begriff des ‚Werkzeugszenarios‘ fokussiert vornehmlich auf die mittlere Qualifikationsebene.“ (Windelband/Dworschak 2015, S. 77) In dieser Expertise werden beide Begriffe dennoch synonym verwendet.

auf Reduzierung von Lohnkosten und Austauschbarkeit von Beschäftigten (Randbelegschaften, Einsatz von Leiharbeitskräften) abzielt (vgl. Holtgrewe et al. 2015, S. 24).

Das *Spezialisten-* bzw. *Werkzeugszenario* steht für den entgegengesetzten Pol: Die Technik unterstützt den Beschäftigten bei seiner Arbeit, so dass „Industrie 4.0‘ als ‚Assistenzsystem‘“ (Windelband 2014, S. 156) oder „Unterstützungsinstrument“ (Windelband et al. 2010, S. 87) genutzt wird. Kontrolle und Entscheidungen verbleiben beim Beschäftigten; um Kontrolle ausüben und Entscheidungen treffen zu können, werden ihm die notwendigen Informationen bereitgestellt: „Der Facharbeiter wäre hier noch der ‚Lenker und Denker‘ im System.“ (Windelband 2014, S. 156) Das setzt eine passende Ausgestaltung des soziotechnischen Systems und eine entsprechende Qualifikations- und Kompetenzentwicklung der Beschäftigten voraus.

Manche Autor\_innen bringen zusätzlich ein *Hybridszenario* in die Diskussion ein, das zwischen dem Werkzeug- und Automatisierungsszenario angesiedelt sei (vgl. Kapitel 2; Buhr 2015, S. 14; Ittermann et al. 2015, S. 54); diese ‚Spielart‘ wird jedoch nur unzureichend ausgeführt.<sup>23</sup> Bezogen wird u. a. auf Weyer (etwa durch Zeller et al. 2010), der betont, dass „aus einem instrumentellen Verhältnis zu Technik vielmehr schrittweise ein interaktives Verhältnis [wird], das die Technik zu einem Partner und Mitentscheider in kooperativen Prozessen macht“ (Weyer 2006, S. 2).<sup>24</sup>

### *Substitution, Polarisierung und Upgrading von Arbeit*

Die Differenzierung zwischen dem Werkzeug- und dem Automatisierungsszenario basiert vorrangig auf der Betrachtung der Mensch-Maschine-Interaktion in Bezug auf die Übernahme etwa von Kontrollaufgaben oder Entscheidungen. Die Forschergruppe um Hirsch-Kreinsen bezieht bei ihrer Typenbildung stärker als Windelband et al. die arbeitsorganisatorische Dimension ein (vgl. Hirsch-Kreinsen/ten Hompel 2015) und kommt auf die drei Typen bzw. Entwicklungstrends *Substitution von Arbeit*, *Polarisierung von Arbeit* sowie *Upgrading von Arbeit* (vgl. Abbildung 8).<sup>25</sup>

Das Szenario *Substitution von Arbeit* greift die verbreitete Annahme in der Industrie-4.0-Diskussion auf, dass zukünftig einfache, geringqualifizierte Tätigkeiten wegfallen werden, da sie sich weitgehend automatisieren lassen.<sup>26</sup> Der Arbeitsplatzabbau, so die Prognose, ereilt jedoch nicht

---

<sup>23</sup> Hier ist zu bedenken, dass offenbar eine begriffliche Dopplung bei der hybriden Szenarien vorliegt. Mit Verweis auf Weyer (vgl. Weyer 2007) meint *hybrid* ein irgendwie geartetes Verhältnis zwischen Mensch und Technik in Bezug auf das Treffen von Entscheidungen (vgl. Kapitel 2). In diesem Sinne sind auch das Werkzeug- und das Automatisierungsszenario hybride Systeme. Die genannten Autoren scheinen aber zwischen den beiden Polen noch ein drittes, eben das Hybridszenario, zu sehen.

<sup>24</sup> Das Thema der sogenannten ‚verteilten Handlungsträgerschaft‘ hier weiter zu verfolgen, würde den Rahmen sprengen (vgl. mit Blick auf Digitalisierung und Industrie 4.0 kritisch Huchler 2016b).

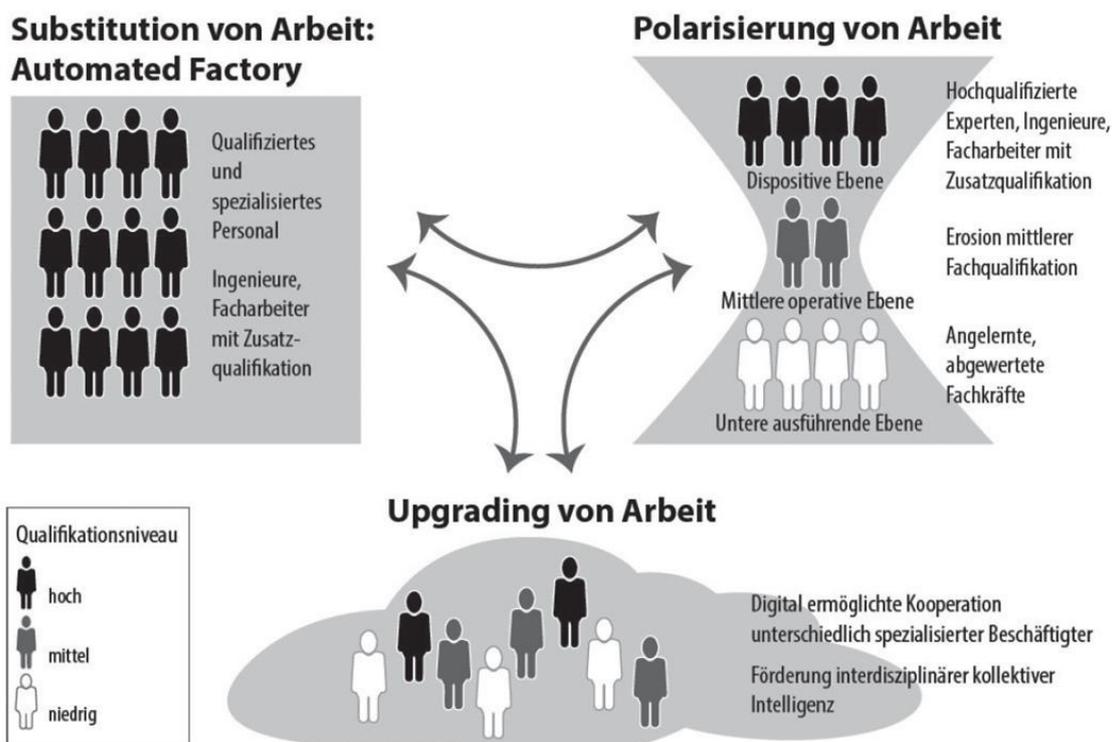
<sup>25</sup> In früheren Veröffentlichungen tauchte das Szenario ‚Schwarmorganisation‘ (vgl. z. B. Hirsch-Kreinsen/ten Hompel 2015) auf, das sich in den neueren nicht mehr findet und deshalb nicht weiter ausgeführt wird.

<sup>26</sup> Aber: „Den perfekten Algorithmus, der die Menschen in der Produktion ablöst, gibt es nicht.“ (Brandt 2016, S. 21)

nur die Einfachbeschäftigten, sondern kann auch Teile der qualifizierten Facharbeiterbelegschaft betreffen. Im Unterschied zu CIM, wo die ‚menschenleere Fabrik‘ ein häufig verwendetes Schlagwort war (vgl. Menez et al. 2016), wird das Thema Beschäftigungsverluste aktuell deutlich sensibler behandelt; es wird von interessierter Seite betont, dass Industrie 4.0 keine Beschäftigung kosten werde, „ja längerfristig sogar positive Arbeitsmarkteffekte haben wird“ (Ittermann et al. 2016, S. 16).

Die verbleibenden Arbeitsplätze erfordern tendenziell höhere Qualifikationsanforderungen; die Beschäftigten haben große Freiräume und müssen sehr flexibel auf unerwartete Herausforderungen (Störungen etc.) reagieren können. Das setzt etwa für die Facharbeiter\_innen Zusatzqualifikationen voraus; außerdem ist eine Akademisierung zu erwarten, der Anteil der Ingenieur\_innen wird steigen.

Abbildung 8: Szenarien der Qualifikationsentwicklung bei Industrie 4.0



Quelle: Ittermann et al. 2016, S. 13

Das Szenario *Polarisierung von Arbeit* greift eine Beschreibung auf, die schon Kern und Schumann in ihrer Studie *Industriearbeit und Arbeiterbewußtsein* (1970) als eine Entwicklungstendenz in der industriellen Produktion diagnostizierten: Aufgrund der zunehmenden Mechanisierung wird es auf der einen Seite Beschäftigte geben, die repetitive, stark arbeitsteilige und monotone Tätigkeiten verrichten, und auf der anderen Seite Beschäftigte mit aufgewerteten Tätigkeiten.

Dieses Muster, so die Annahme, wiederholt sich bei qualifizierten Industrie-4.0-Tätigkeiten (Montage, Überwachung, indirekte Tätigkeiten), die sich standardisieren und dadurch leichter automatisieren lassen; allerdings werden sie bzw. können sie nicht komplett wegfallen, wie es das Substitutionsszenario nahelegt, sondern bleiben teilweise erhalten<sup>27</sup>: „So können durch den Einsatz entsprechend ausgelegter Assistenzsysteme viele komplexere Tätigkeiten in einfache Teiloperationen zerlegt und mit restriktiven Arbeitsvorgaben, die kaum noch Handlungsspielräume erlauben, versehen werden.“ (Ittermann et al. 2016, S. 19) Die Daten der WSI-Betriebsrätebefragung aus dem Jahre 2016 unterstützen diese Annahme: Zwar sagen 68 Prozent der befragten Betriebsrät\_innen, dass der Anteil standardisierter Tätigkeiten gleich geblieben sei, aber immerhin 25 Prozent berichten von einer Steigerung desselben (vgl. Ahlers 2018, S. 4).

Im Gegenzug werden Aufgaben in Richtung sekundärer oder tertiärer Tätigkeiten aufgewertet; ähnlich wie beim vorherigen Szenario werden Facharbeiter\_innen weiterqualifiziert oder Hochqualifizierte rekrutiert. Die mittlere, für die diversifizierte Qualitätsproduktion des Modells Deutschland charakteristische Facharbeiterebene bzw. ‚Produktionsintelligenz‘ (vgl. exemplarisch Cattero 1998) würde bei diesem Szenario wegfallen (vgl. Reiß 2015, S. 6; Apt et al. 2016, S. 9). Die Arbeitsteilung zwischen den verbleibenden einfachen und den hochqualifizierten Tätigkeiten ist ausgeprägt (vgl. Hirsch-Kreinsen/ten Hompel 2015, S. 10).

Das dritte Szenario *Upgrading von Arbeit* spiegelt die Hoffnungen vieler Industrie-4.0-Protagonist\_innen wider: Dieser „humanzentrierte Entwicklungspfad“ (Matthäi 2016, S. 26) zu Industrie 4.0 benötigt höherqualifizierte Arbeitskräfte – und zwar auf allen qualifikatorischen Ebenen –, damit „qualifizierte Wissensarbeit und traditionelle Produktionsarbeit immer weiter zusammenwachsen“ (Ittermann et al. 2015, S. 48) können:

„Durch die steigende Verfügbarkeit einer großen Vielfalt von Informationen über laufende Prozesse und deren Zusammenhänge ergeben sich neue und bislang nicht gekannte Anforderungen an Tätigkeiten und es eröffnen sich vielfältige Handlungsspielräume in der Arbeit. [...] Dies schließt auch die Förderung geringqualifizierter Tätigkeiten ein, wenn etwa der Einsatz von Datenbrillen oder Tablets in der industriellen Produktion zu schneller erlernbaren Tätigkeiten führt oder durch den intelligenten Einsatz von Assistenzsystemen eine qualifikatorische Aufwertung erfolgt.“ (Ittermann et al. 2016, S. 14)

Nötig ist für die Beschäftigten in der Industrie eine Vielzahl neuer Kompetenzen, die mehr oder weniger das gesamte Spektrum der definierten Kompetenzen umspannen (vgl. Kapitel 3.2), nicht zuletzt u. a. aufgrund der geringen Arbeitsteilung zwischen Planung und Ausführung, der geforderten Flexibilität oder der erhöhten Selbstorganisation (vgl. Ittermann et al. 2016, S. 15). Diese Höherqualifizierung impliziert zugleich, dass die Technik als Unterstützung genutzt wird (vgl. WerkzeugszENARIO).

Hirsch-Kreinsen hat auf der Grundlage der beschriebenen Szenarien sowie der Unterscheidungen von Windelband et al. das Beschäftigungssegment der industriellen Einfachbeschäftigten

---

<sup>27</sup> Die Gründe hierfür können unterschiedlicher Natur sein: Es kann geeignete Automatisierungstechnik fehlen, die Investitionskosten sind im Verhältnis zum erwarteten Nutzen zu hoch etc.

intensiver analysiert. Seine These ist, dass die allseits formulierte, vermeintliche Tatsache, einfache Tätigkeiten würden automatisiert und damit ersatzlos wegfallen (mit entsprechenden Auswirkungen auf dem Arbeitsmarkt), zu überdenken ist: „Vielmehr lassen sich verschiedene Entwicklungspfade von Einfacharbeit erkennen, die jeweils sehr unterschiedliche Zukunftsperspektiven für diesen Arbeitstypus bezeichnen.“ (Hirsch-Kreinsen 2017, S. 9) Im Ergebnis kommt Hirsch-Kreinsen auf vier verschiedene Typen, deren Spannweite von Substitution bis zu ‚alles bleibt, wie es war‘ reicht (vgl. Tabelle 9).

**Tabelle 9: Entwicklungspfade industrieller Einfacharbeit**

	Entwicklungspfad I Automatisierung	Entwicklungspfad II Upgrading	Entwicklungspfad III Digitalisierte Einfacharbeit	Entwicklungspfad IV Stabilisierung
<b>Nutzungsformen digitaler Technologien</b>	digital automatisierte Prozesse – Automatisierungskonzept	zunehmend digitalisierte Prozesse – vielfach Werkzeugkonzept	digitalisierte Prozesse – vorherrschend Optimierungskonzept	selektive Nutzung digitaler Technologien, strukturkonservativ optimierte Prozesse
<b>Arbeit und Arbeitsorganisation</b>	weitreichende Substitution einfacher Arbeit	Substitution plus Erweiterung und Aufwertung von Tätigkeiten, neue Gestaltungsspielräume für Arbeit	neue Formen, nicht automatisierbare Formen von Einfacharbeit, Abwertung komplexer Tätigkeiten	Strukturkonservatismus, Erhalt klassisch taylorisierter Arbeitsformen

Quelle: eigene Darstellung (nach Hirsch-Kreinsen 2017, S. 27)

In welche Richtung sich betriebsspezifisch die Entwicklung der Einfacharbeit bewegt, hängt – wie bei den meisten innovativen Produktionstechnologien – von einer Vielzahl von Struktur Faktoren ab; das beginnt mit der Betriebsgröße und geht über die Stellung am Arbeitsmarkt hin zur Technologieintensität des Unternehmens. Was die Ausführungen Hirsch-Kreinsens besonders interessant macht, ist der Hinweis auf den Strukturkonservatismus: Nicht nur, dass sich in der Regel nicht alles so schnell verändert, wie es die Protagonist\_innen gerne sähen (Stichwort: Evolution statt Revolution), sondern das Beharrungsvermögen betrieblicher Strukturen darf nicht unterschätzt werden.

*Growing Gap, General Upgrade und Central Link*

Pfeiffer et al. haben im Rahmen einer Studie über die Industrie-4.0-bedingten Qualifizierungsnotwendigkeiten im Maschinen- und Anlagenbau drei Szenarien entwickelt (vgl. Pfeiffer et al. 2016a): Das erste Szenario wird als *Growing Gap* bezeichnet und beschreibt eine Entwicklung, die auf der einen Seite dazu führt, dass der menschliche Einfluss so gestaltet wird, dass Fehler faktisch auszuschließen sind; dies geschieht mittels intuitiv bedienbarer Assistenzsysteme. Die

Bediener\_innen verstehen jedoch weder die Produktionsabläufe noch die diese steuernden Programme, sodass Dequalifizierung zu erwarten ist. Auf der anderen Seite müssen diese Systeme sowohl entwickelt und eingeführt als auch überwacht und instandgehalten werden. Für diese Tätigkeiten sind höherqualifizierte Beschäftigte vonnöten: Hierfür „braucht es wenige, aber sehr gut qualifizierte Experten, die technisch die physikalischen Vorgänge in ihrer fachlichen Tiefe und deren digitale Vernetzung in der Breite verstehen“ (Pfeiffer et al. 2016a, S. 83). Auch die Überwachungs- und Instandhaltungstätigkeiten werden auf dem bisherigen Facharbeiterniveau nicht mehr ausführbar sein; tendenziell ist – ähnlich wie bei den Entwickler\_innen – eine „Aka-demisierung“ (Pfeiffer et al. 2016a, S. 85) zu erwarten.

Das zweite Szenario betiteln die Autor\_innen mit *General Upgrade*. In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass sich zwar alle benötigten Informationen über den Produktionsprozess erfassen lassen, aber aufgrund der gestiegenen Komplexität sind „technologische Verfahren zur Komplexitätsreduktion limitiert“ (Pfeiffer et al. 2016a, S. 86). Dementsprechend liegt die „Interpretation und Bewertung der gesammelten Daten“ (Pfeiffer et al. 2016a, S. 86) beim Menschen, aufgrund der Fokussierung auf den Maschinen- und Anlagenbau somit vorwiegend auf den Facharbeiter\_innen – aber generell vermutlich auf allen Qualifikationsebenen. Das bedeutet, dass die Beschäftigten höher qualifiziert werden müssen, um die jeweils in ihrem Bereich anfallenden Informationen verarbeiten zu können.

Das dritte Szenario firmiert als *Central Link* und thematisiert die Vernetzung zwischen der gegenständlichen und der digitalen Welt. Hintergrund dieses Szenarios ist die fehlende direkte Anwendbarkeit der von „IT-Experten entwickelten Systemansätze [...] in den Produktionsbereich [...] Sie entstammen einem grundlegend andersartigen Verständnis von technischen Lösungen, das erst in die ‚Produktionssprache‘ übersetzt und nicht selten praxistauglich modifiziert werden muss.“ (Pfeiffer et al. 2016a, S. 90) Diese Übersetzungsleistungen können Meister\_innen und Techniker\_innen mit entsprechenden Qualifikationen übernehmen.

### *Weitere Szenarien*

Die vorgestellten Szenarien sind die, die in der wissenschaftlichen und öffentlichen Debatte am intensivsten diskutiert werden. Darüber hinaus existieren weitere Szenarien unterschiedlicher Couleur, von denen drei nachfolgend in gebotener Kürze skizziert werden sollen.

Der erste Vorschlag, der den Arbeitsgruppen der Plattform Industrie 4.0 entstammt, ist technisch dominiert und unterscheidet insgesamt *neun Anwendungsszenarien*: auftragsgesteuerte Produktion; wandlungsfähige Fabrik; selbstorganisierende adaptive Logistik; Value Based Services; Transparenz und Wandlungsfähigkeit für ausgelieferte Produkte; Anwenderunterstützung in der Produktion; smarte Produktentwicklung für die smarte Produktion; innovative Produktentwicklung; Kreislaufwirtschaft (vgl. Plattform Industrie 4.0 2016a, 2016b, 2017). Diese Szenarien sind wenig bedeutsam mit Blick auf die Entwicklung von Arbeit bei Industrie 4.0, sondern

belegen vielmehr den verbreiteten technisch dominierten Stand der Diskussion; bis auf das Szenario der Anwenderunterstützung in der Produktion fokussiert kein Szenario den Menschen in der digitalisierten Produktion (vgl. Plattform Industrie 4.0 2016b, S. 5).

Den entgegengesetzten Pol zu den Anwendungsszenarien der Plattform Industrie 4.0 bietet ein ‚Denk- und Diskursanstoß‘ von Gebhardt et al., die aus einer *Weiterbildungsperspektive* argumentieren und fünf Szenarien, die immer in „Mischformen auftreten“ (Gebhardt et al. 2015, S. 58), unterscheiden: ‚Wegfall‘ ungelernter Arbeitskräfte; reduzierte Fertigkeiten; Stärkung der berufsschulischen Ausbildung und höheren Berufsbildung; Akademisierung; Weiterbildung (vgl. Gebhardt et al. 2015, S. 55-57). Die beiden ersten Szenarien beschreiben Substitutions- und Dequalifizierungstendenzen, während die Szenarien drei bis fünf der Frage nachgehen, wie mit Bildung auf die Industrie-4.0-induzierten Entwicklungen reagiert werden kann.

Einen interessanten Weg sind Korge et al. bei ihrer Formulierung von *Zukunftsbildern* gegangen (vgl. Korge et al. 2016). Auf der Basis der Literatur diagnostizieren die Autoren zwei grundlegende Entwicklungstrends: zum einen die Digitalisierung, zum anderen die Arbeits- und Qualifikationsanforderungen. Bei der Digitalisierung unterscheiden sie zwischen Substitution und Assistenz, bei den Arbeits- und Qualifikationsanforderungen zwischen Upgrading und Polarisierung. Daraus resultiert eine Vier-Felder-Tabelle (vgl. Tabelle 10), bei der jedes Feld seine Berechtigung hat: „Alle Zukunftsbilder werden eintreten – abhängig von der Branche, vom Betrieb und von den Zeiträumen.“ (Korge et al. 2016, S. 34)

**Tabelle 10: Zukunftsbilder der Produktionsarbeit**

		Arbeits- und Qualifikationsanforderungen	
		Polarisierung	Upgrading
Digitalisierungskonzepte	Assistenz	Angelerntenproduktion	Facharbeiterproduktion
	Substitution	Vollautomatisierung	Prozessbetreuung

Quelle: eigene Darstellung (nach Korge et al. 2016, S. 34)

Zu den einzelnen Zukunftsbildern: (1) Die Angelerntenproduktion tritt auf in schwierig zu automatisierenden und arbeitsintensiven Produktionsprozessen; die Assistenzsysteme unterstützen die geringqualifizierten Beschäftigten, die vorrangig bearbeitende Tätigkeiten ausführen. Hohe Kontrollintensität, fehlende Dispositionsspielräume oder Verlust von Erfahrungswissen sind einige der Folgen. Für die Entwicklung der Produktionsprozesse sind (hoch-)qualifizierte Fachkräfte erforderlich. (2) Neben diesem durchaus dem Werkzeugszenario zuzurechnendem Zukunftsbild gibt es die Facharbeiterproduktion, bei der die Technik Hilfsmittel der Beschäftigten bleibt. IT-Kompetenzen sind zwingend erforderlich, Arbeiten im Team wird die Regel. (3) Die Vollautomatisierung ist zwar in manchen Produktionsbereichen schon technisch realisierbar, aber zu kostenintensiv; eine umfassende Verbreitung wird die Vollautomatisierung indes nicht

erfahren. Die dahinter stehende Vision der menschenleeren Fabrik macht betriebliche Beschäftigte weitgehend überflüssig, aber externe Spezialist\_innen werden weiterhin für die Aufrechterhaltung des Produktionsprozesses benötigt. (4) Das Zukunftsbild Prozessbetreuung ist im Unterschied zur Vollautomatisierung „sehr wahrscheinlich“ (Korge et al. 2016, S. 39). Die Beschäftigten sind für die Automatisierungstechnik verantwortlich und müssen sie „am Laufen halten“ (Korge et al. 2016, S. 39).

### *Zwischenfazit*

Die vorgestellten Szenarien weisen bei aller Unterschiedlichkeit im Detail eine Reihe von Gemeinsamkeiten auf, die als Grundlage für die vertiefende Betrachtung von Qualifikations- und Kompetenzanforderungen dienen können:

- (1) Auch wenn die Begriffe variieren oder Differenzen zu finden sind, zeigt sich gleichwohl eine beachtliche Übereinstimmung zwischen einigen Autorenkollektiven: Bildet die Unterscheidung zwischen Werkzeug- bzw. Spezialisierungsszenario auf der einen und Automatisierungsszenario auf der anderen Seite sozusagen die ‚Mutter‘ aller weiteren Typologien, so zeigen sich insbesondere zwischen der Forschergruppe um Hirsch-Kreinsen und der um Pfeiffer deutliche Übereinstimmungen: Die Polarisierung „entspricht in etwa dem Szenario Growing Gap von Pfeiffer“ und das Upgrading „ist gut vergleichbar mit dem Szenario General Upgrade von Pfeiffer“ (Hartmann 2017a, S. 21). Diese Parallelen finden sich auch in der Studie von Korge et al. wieder (vgl. Korge et al. 2016). Interessant ist, dass die vergleichbaren Ergebnisse auf unterschiedlichen Herangehensweisen basieren: Während Hirsch-Kreinsen et al. eher konzeptionell ihre Typen abgeleitet haben, sind insbesondere Windelband et al. sowie Pfeiffer et al. auf Grundlage empirischer Studien zu den Typen gekommen; gleichfalls Unterschiede lassen sich beim Fokus feststellen, der bei Hirsch-Kreinsen et al. eher die Arbeitsorganisation ist, während bei Windelband et al. das Verhältnis zwischen Mensch und Technik Kern der Untersuchung war.
- (2) Wenig überraschend, und auch aus früheren Technisierungswellen (z.B. CIM) bekannt, ist das aus Industrie 4.0 resultierende Gefahrenpotential für die un- und angelernten Produktionsbeschäftigten: Deren Tätigkeiten ließen sich am einfachsten substituieren.<sup>28</sup> Allerdings frönt keine\_r der Wissenschaftler\_innen der Vision einer menschenleeren Fabrik: In unterschiedlichen Varianten gibt es sehr wohl Bereiche, in denen eher einfache (bearbeitende bzw. primäre) Tätigkeiten, unterstützt durch Assistenzsysteme, ‚überleben‘ können.
- (3) Die Facharbeiter\_innen müssen sich ebenfalls umstellen. Ihre klassische Rolle werden sie nicht behalten können; die Szenarien gehen übereinstimmend davon aus, dass die Facharbeit stärker tertiariert wird bzw. sich „hin zu sekundärer Facharbeit“ (Zeller et

---

<sup>28</sup> Laut Bitkom Research (vgl. Bitkom Research 2017a, S. 20) gehen 57 Prozent der Unternehmen aus der Auto- und 51 Prozent der Unternehmen aus der Pharmabranche davon aus, dass als Folge der Digitalisierung einfache Tätigkeiten wegfallen werden (vgl. Spöttl et al. 2016, S. 3).

al. 2010, S. 53; vgl. Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaftswissenschaft 2013, S. 57; Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech 2015, S. 106; am Beispiel des Leichtbauroboters Rally 2015, S. 14) entwickelt. Das bedeutet, dass sich Aufgaben verschieben werden und den Facharbeiter\_innen zunehmend unterstützende (sekundäre) und übergreifende (tertiäre) Tätigkeiten abverlangt werden. Tendenziell würde das eine Höherqualifizierung bedeuten. Gleichzeitig wird aber auf die Gefahr verwiesen – etwa im Polarisierungsszenario –, dass Facharbeiter\_innen ebenfalls dequalifiziert werden können:

„Das nur als Beispiel: Vorher ist eine Maschine gerüstet worden. Die Frau oder der Mann, die Werkzeuge gerüstet haben, mussten viel Wissen haben: Was für Werkzeug? [...] Der Mann an der Maschine hat die Werkzeuge bekommen, hat sie an der Maschine vermessen, muss dann auch aufpassen [...] Es musste viel mehr Wissen mit reingedrückt werden. Und heute wird zum Beispiel selbst die Werkzeugvoreinstellung schon so automatisiert, dass ich nur Komplettwerkzeuge bekomme, wo eigentlich auch schon alles vorgegeben ist [...]: ‚Ich brauche die nur draufzumachen und zuzudrehen und brauche auf Start zu drücken. Das kann ja jeder Depp.‘“ (Teamleiter Automatisierungstechnik)

Die Punkte (2) und (3) bestätigen damit im Grundsatz die zitierten Vorstellungen der Industrie-4.0-Protagonist\_innen, wenngleich sie – insbesondere mit Blick auf die Un- und Angelernten – vorsichtiger argumentieren und dieser Beschäftigtengruppe unter bestimmten Bedingungen durchaus eine Zukunft zubilligen.

- (4) Die bisherigen Punkte verweisen insbesondere bei den Fachkräften auf eine tendenzielle Höherqualifizierung und eine Verschiebung der Aufgaben. Konkret geht es um die Entwicklung und Implementierung komplexer digitalisierter Produktionstechnik sowie deren Überwachung, Störungsbeseitigung und Instandsetzung. Mit Blick auf Pfeiffer et al. (2016a) werden der bzw. die ‚Produktionsadministrator\_in‘ (vgl. Hartmann 2017a), der bzw. die ‚Prozesscontroller\_in‘ (vgl. Windelband 2014) oder der bzw. die ‚Prozessbetreuer\_in‘ (vgl. Korge et al. 2016) eingeführt, die auf ein historisches Vorbild hinweisen:

„Er leistete nicht mehr direkt produktbezogene ‚Herstellungsarbeit‘, sondern indirekte, planende, steuernde und kontrollierende Arbeit der Systembetreuung, deren wichtigste Aufgabe darin bestand, die Funktionsfähigkeit und den kontinuierlichen Ablauf maschineller Systeme sicherzustellen und damit den Nutzungsgrad der Maschinen zu optimieren.“ (Baethge/Baethge-Kinsky 2006, S. 165)

Dieser ‚er‘ ist der bzw. die Systemregulierer\_in bei Kern und Schumann, der bzw. die einen neuen Arbeitstyp begründete (vgl. Kern/Schumann 1984) – dieses Begründungsmuster wiederholt sich bei der Industrie-4.0-Debatte, ohne bisher eine empirische Grundlage zu besitzen. Baethge und Baethge-Kinsky betonen in ihrer Rückschau, dass es eines „Experten der Praxis“ (2006, S. 165) bedurfte, der bzw. die Systemregulierer\_in also sowohl über theoretische als auch praktische Kenntnisse verfügen musste. Verschiedentlich wird im Zuge von Industrie 4.0 auf eine Akademisierung hingewiesen (vgl. z. B. Pfeiffer et al. 2016a; Gebhardt et al. 2015), mit der die Bedeutungszunahme theoretischen Wissens hervorgehoben wird. Die offenen Fragen lauten in diesem Kontext:

Reicht das? Geht es ohne praxiserprobtes Erfahrungswissen bzw. den Wissensbestand klassischer Facharbeit (etwa in Bezug auf Materialkenntnisse oder Werkzeugverhalten; vgl. Spöttl et al. 2016, S. 4; Ahrens 2016a, S. 47; BMAS 2016, S. 71-72)? Brauchen die Unternehmen zukünftig den „Facharbeiteringenieur“ (Hirsch-Kreinsen 2015, S. 92)?

- (5) Aufgrund der unter (4) skizzierten Tätigkeitszuschnitte wären die Qualifikations- und Kompetenzanforderungen, die an diese Fachkräfte zu stellen sind, zu formulieren. Allerdings sind die Studien in diesem Punkt wenig aussagekräftig: Viel mehr als die Notwendigkeiten, Komplexität zu beherrschen, über prozessspezifisches Wissen und entsprechendes IT-Wissen zu verfügen (vgl. z. B. Gloystein/Pletz 2017; Bitkom Research 2017a, S. 13; acatech 2015b, S. 23-24), ist den meisten Studien nicht zu entnehmen.

### 4.2 Fachliche Qualifikations- und Kompetenzanforderungen

„Der Grundtenor ist dabei, dass die erforderlichen Qualifikationen allgemein steigen werden.“ (Igelsböck et al. 2016, S. 84)

„Die Einschätzungen zu der Frage, welches Qualifizierungs- bzw. Kompetenzniveau Fachkräfte in der Produktion zum Arbeiten mit digitalisierten Anlagen benötigen und wie die Qualifizierung und Kompetenzentwicklung inhaltlich ausgerichtet werden soll, ergab sehr stark variierende Einschätzungen.“ (Spöttl et al. 2016, S. 85)

Dieses Ergebnis, das aus Experten- und Unternehmensbefragungen resultiert, verwundert wenig: Das liegt zum einen an den jeweils betriebsspezifischen soziotechnischen Verknüpfungen von Technik, Organisation und Personal, aufgrund derer die Befragten, insbesondere aus den Unternehmen, vor dem Hintergrund ihrer konkreten betrieblichen Erfahrungen geantwortet haben. Zum anderen ist jedoch – und hier zeigt sich erneut das grundlegende Problem der Abschätzung zukünftiger Qualifikations- und Kompetenzanforderungen – die Industrie-4.0-Umsetzung in den Unternehmen nicht fortgeschritten genug, um zuverlässige Aussagen treffen zu können.<sup>29</sup>

Wird die Perspektive gewechselt und nicht die Variation betont, sondern sich auf das Gemeinsame der eher spärlich vorliegenden Materialien zu den Qualifikationsveränderungen konzentriert, wird man zunächst sehr allgemein festhalten können, dass sich die Qualifikationsanforderungen durch Industrie 4.0 ändern werden. Daraus resultieren zwei Fragen: Wodurch verändern sich die Qualifikationsanforderungen? In welche Richtung ändern sie sich?

---

<sup>29</sup> Pfeiffer et al. weisen berechtigterweise darauf hin, dass in vielen Unternehmen die Strategien, beispielsweise in Bezug auf IT, noch gar nicht ausgereift genug sind, um etwa abschließend einschätzen zu können, wie dezentral oder zentral die IT-Aufgaben bewältigt werden sollen oder welche IT-Aufgaben intern erledigt oder extern beauftragt werden (vgl. Pfeiffer et al. 2016a, S. 98). Aus diesen (und anderen) Einflussfaktoren resultieren letztlich die genauen Qualifikationsanforderungen an die Beschäftigten.

Zur Beantwortung der ersten Frage sind die Tätigkeiten genauer unter die Lupe zu nehmen. Sehr intensiv haben das – schon unter dem Einfluss des ‚Internets der Dinge‘<sup>30</sup> – zwei Studien unternommen, die einmal die Logistik (vgl. Windelband et al. 2010), ein andermal die industrielle Produktion (vgl. Zeller et al. 2010) untersucht haben. In beiden Studien wurden unterschiedliche Tätigkeitsbereiche und Branchen untersucht, sodass das Untersuchungsdesign ein relativ breites Spektrum abdeckt.

Zum Erhebungszeitraum arbeiteten die Beschäftigten in der *Logistik* mit den sogenannten PDA (*Personal Digital Assistant*), die zwischenzeitlich durch das Smartphone und das Tablet verdrängt wurden, mit RFID(-Readern; *Radio Frequency Identification*) und den aufkommenden Telematikanwendungen (vgl. Windelband et al. 2010, S. 32-34). Windelband et al. beobachteten zum damaligen Zeitpunkt „für die Arbeits- und Geschäftsprozesse in den Unternehmen [...] in der Regel nur geringfügige oder gar keine Veränderungen“ (Windelband et al. 2010, S. 101). Für die Qualifikationsanforderungen bedeutete das, dass im Sinne des Automatisierungsszenarios bestimmte Tätigkeiten in der Logistik auf die Technik verlagert wurden, was zu Dequalifizierungen führte. Allerdings bedingte der Technikeinsatz neue Qualifikationen, die fast ausschließlich IT-bezogen sind: Basis-IT-Kenntnisse, grundlegende fachspezifische IT-Kenntnisse, Umgang mit den technischen Geräten etc. (vgl. Windelband et al. 2010, S. 103).

In dieser Studie kam ein Argument auf, das sich auch heute in den Unternehmen wiederfindet. Dieses zielt darauf ab, dass sich für die Beschäftigten durch die neuen IT-Techniken relativ wenig ändert, da die Neuerungen vorrangig mit der Benutzeroberfläche zu tun haben und die Nutzer\_innen die dahinter liegenden Prozesse nicht verstehen müssen. Ähnlich wurde von Unternehmensvertreter\_innen argumentiert, die im Rahmen dieser Expertise befragt wurden: Für das Metallunternehmen werden für die Fertigungsbeschäftigten seitens der Führungskräfte keine tiefgreifenden Veränderungen erwartet, denn zerspannt wird in der metallverarbeitenden Fertigung weiterhin, „ob die Daten jetzt vernetzt sind oder nicht“ (Abteilungsleiter Metallbetrieb). Das bedeutet im Umkehrschluss nicht, dass nicht neues (IT-)Wissen für die Beschäftigten erforderlich ist: Das bezieht sich in diesem Fall u. a. auf die eingesetzte BDE- und MDE-Software und deren Anwendung. Im Großunternehmen wird von den Führungskräften ähnlich argumentiert: „Wenn ich mich allerdings an meinem Arbeitsplatz mich umdrehen muss, statt dass das gepinnte Papier oder Zeichnung an der Wand hängt, sehe ich einfach einen Bildschirm, da sehe ich jetzt wirklich keinen Unterschied.“ (Abteilungsleiter Automatisierungstechnik)

Waren die Veränderungen zum damaligen Untersuchungszeitraum in der Logistik eher geringfügig, sind sie in der *Produktion* umfassender gewesen. Natürlich stand auch hier als neue Anforderung der Umgang mit der neuen IT-Technik im Fokus, aber die Grundlage, auf der die neuen Techniken eingesetzt wurden, war eine andere. Während in der Logistik insbesondere der Rück-

---

<sup>30</sup> Allerdings gestehen die Autor\_innen zu, dass dessen Realisierung in den Unternehmen am Anfang stand: „Bisher sind zum großen Teil weder die technologischen noch die organisatorischen Voraussetzungen für das ‚Internet der Dinge‘ in den Unternehmen gegeben.“ (Windelband et al. 2010, S. 101)

gang fachlicher Kommunikation hervorzuheben ist (vgl. Windelband et al. 2010, S. 75), verschieben sich in der Produktion die Schwerpunkte der Tätigkeiten in Richtung sekundärer und tertiärer Tätigkeitsbündel, die Auswirkungen auf die fachlichen Qualifikations- und Kompetenzanforderungen, aber auch auf die extrafunktionalen Kompetenzen (vgl. Kapitel 4.3) haben (vgl. zum Folgenden Zeller et al. 2010, S. 50-53):

- Aufgrund der Verlagerung von Entscheidungen auf die Technik erhöht sich für die Beschäftigten die Intransparenz von Arbeitsprozessen: Der Produktionsprozess wird zunehmend zur *Blackbox*, was heißt, „dass konkrete Handlungszuschreibungen zum Menschen einerseits und technischen Geräten andererseits uneindeutiger werden und Arbeitsprozesse für die handelnden Personen intransparenter und schwieriger nachvollziehbar werden“ (Zeller et al. 2010, S. 50). Oder um einen Praktiker zu Wort kommen zu lassen: „Die können nur digital arbeiten: Entweder es stimmt oder es stimmt nicht.“ (Vorarbeiter Metallbetrieb)
- Aufgrund der Produktionsautomatisierung entkoppelt sich die Verbindung Mensch-Maschine. Erfahrungswissen und subjektivierendes Handeln<sup>31</sup> (vgl. Böhle/Milkau 1988) werden nicht obsolet, aber verändern sich: Der sich ankündigende Werkzeugbruch wird vom bzw. von der Zerspanungsmechaniker\_in nicht mehr direkt vor Ort gehört, sondern diese\_r muss jetzt Daten interpretieren.
- Die traditionellen Facharbeiterkenntnisse, wie beispielsweise Werkzeugkenntnisse, Materialkenntnisse oder Kenntnisse in der Steuerung, werden unter Umständen nicht mehr bzw. in geringerem Maße benötigt, was zu einer Dequalifizierung führt.<sup>32</sup> Reiser et al. schildern ein Beispiel aus der Elektroindustrie:

„Die erforderliche Qualifikation des für den Fertigungsprozess einzusetzenden Personals kann durch die automatisierten Lötplätze reduziert werden. Wo vorher Handlöt-Facharbeiter eingesetzt werden mussten, können nun niedriger qualifizierte Mitarbeiter als Bediener eingesetzt werden.“ (Reiser et al. 2018, S. 141)
- Das Reagieren auf Störungen und deren Beseitigung sind ein „neues Kernelement der Facharbeit“ (Zeller et al. 2010, S. 51), die – in Anlehnung an die Diskussion über die Definition von Dienstleistungen – von Zeller et al. auch als „Gewährleistungsarbeit“ (Zeller et al. 2010, S. 51) charakterisiert wird (vgl. Berger/Offe 1980; Berger/Offe 1984) und

---

<sup>31</sup> „Der Begriff ‚erfahrungsgeleitet‘ betont die Rolle sinnlicher Erfahrung und das selbstständige Erfahrung-Machen als Grundlage des Erwerbs von Wissen. Der Begriff ‚subjektivierend‘ unterstreicht die kognitive und handlungspraktische Deutung von subjektiven Faktoren wie Gefühle und Empfinden. Des Weiteren weist er darauf hin, dass Arbeitsgegenstände als bzw. wie ein Subjekt, das in seinem Verhalten nicht vollständig berechenbar und beherrschbar ist, wahrgenommen werden.“ (Böhle 2010, S. 160-161)

<sup>32</sup> Das Problem zeigt sich auch in dem untersuchten KMU: Ein Vorarbeiter beklagt, dass die Auszubildenden keine praktischen Prüfungen machen müssen, sondern nur theoretisch über die Inhalte gesprochen wird: „Also es muss nur schön aussehen bei der Präsentation.“ (Vorarbeiter Metallbetrieb) Das Erlernen der notwendigen Material- oder Maschinenkenntnisse hängt somit von den Ausbilder\_innen ab.

gewisse Ähnlichkeiten mit Überwachungs- und Kontrolltätigkeiten aus der hochautomatisierten Prozessindustrie (vgl. exemplarisch Mickler 1975) aufweist.

Untersucht haben Zeller et al. die drei Tätigkeitsbündel Bedienen, Steuern und Instandhalten, die jeweils weiter operationalisiert wurden,<sup>33</sup> in unterschiedlichen Anwendungsfeldern<sup>34</sup>: „Überwachung von Maschinen durch intelligente und miteinander kommunizierende Maschinen“ (Zeller et al. 2010, S. 53-62), „Überwachung von Produkten durch Informationsspeicherung am Produkt“ (Zeller et al. 2010, S. 63-72) und „intelligente Materialbeschaffung über automatisierte Kanban-Systeme“ (Zeller et al. 2010, S. 72-77).

Ein zentrales Ergebnis der Studie war, dass sich zum damaligen Zeitpunkt die prognostizierten zukünftigen Qualifikationsanforderungen in den vier Anwendungsfeldern kaum unterscheiden, sodass die Differenzierung zwischen den Tätigkeitsfeldern Bedienen, Steuern und Instandhalten ausreicht (vgl. Zeller et al. 2010, S. 78).

---

<sup>33</sup> Untergliedert wurde in operative Prozesse, technische Prozesssicherung, Geschäfts-, Qualitäts-, Informationsprozesse sowie Umweltmanagement und Arbeitssicherheit (vgl. Zeller et al. 2010, S. 47).

<sup>34</sup> Das vierte Anwendungsfeld „Selbstorganisierende Produktion in der Digitalen Fabrik“ (Zeller et al. 2010, S. 77) wird nicht betrachtet, da es nur in einem Fall ansatzweise erkennbar gewesen war.

Tabelle 11: Zukünftige fachliche Qualifikationsanforderungen

Fachliche Qualifikation	Anwendertypen		
	Bedienen	Steuern	Instandhalten
<b>kombinierte Mechanik-, Elektronik-, IT-Kenntnisse</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Programmierkenntnisse in spezieller Software: SPS, Roboterprogramme, CNC</li> <li>▪ mechatronische Systeme</li> <li>▪ Denken in vernetzten Systemen</li> </ul>	
	bereichsübergreifende Kenntnisse: Zunahme des Bedarfs an Kenntnissen aus benachbarten Berufsgruppen für Elektrotechniker_innen, Mechaniker_innen, Fachinformatiker_innen		
<b>Kenntnisse im Bereich Netzwerktechnologien</b>		Basiswissen	erweiterte Kenntnisse
<b>Kenntnisse im Bereich Funktechnologie und Übertragungstechnik</b>	Basiskenntnisse: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anwendungsverständnis</li> <li>▪ Beherrschung von Verhaltenserfordernissen</li> </ul>	Kompetenzen zur Nutzung der/von Funktechnologien (z. B. Einstellen von Parametern)	Basiswissen Hochfrequenz
	Aufbau allgemeinen und spezifischen Fachwissens (z. B. RFID und Funktechnik)		
<b>fachspezifische Englischkenntnisse</b>	Basiskenntnisse für einfache Kommunikation: Lesen und Verstehen von Bedienungsanleitungen	Internationalisierung der Verknüpfung von Netzwerken: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kommunikationskompetenzen auf technischer Eben</li> <li>▪ Beherrschung von Englischkenntnissen, die Problembehebungen im Ausland ermöglichen</li> </ul>	
<b>Kenntnisse der Verfahrenstechnik (Werkstoffe)</b>	Basiskenntnisse		

Quelle: eigene Darstellung (nach Zeller et al. 2010, S. 85)

Die Tabelle 11 zeigt, dass die klassischen Tätigkeitsinhalte von Facharbeiter\_innen an Bedeutung gewinnen: Die Facharbeiter\_innen müssen die komplexeren, zunehmend miteinander vernetzten Maschinen und Anlagen beherrschen, was insbesondere erweiterte Software- und Maschinensteuerungskennnisse bedingt. Das gilt zuvörderst für das Steuern und Instandhalten, aber auch für die Tätigkeit des Bedienens nehmen die Kenntnisse zu, sodass eine Facharbeiterqualifikation Voraussetzung bleibt, zumal sowohl vermehrtes Wissen aus der Werkstoffkunde als auch erhöhte Kenntnisse in Bezug auf Prozessabläufe erwartet wird. Fachkenntnisse in unterschiedlicher Tiefe sind zudem für die neueren fachlichen Qualifikationsanforderungen erforderlich, die aus den Netzwerk- und Funktechnologien resultieren.

Fasst man die Studie von Zeller et al. zusammen, ist eine gegenläufige Entwicklung erkennbar (vgl. Zeller et al. 2010): Auf der einen Seite gibt es Tendenzen, die auf eine Dequalifizierung der

Facharbeiteraufgaben hinweisen, auf der anderen Seite lassen sich Trends identifizieren, die eine Höherqualifizierung zur Folge haben.

Die vergleichsweise frühen Studien von Windelband et al. und Zeller et al. (vgl. Windelband et al. 2010; Zeller et al. 2010) haben einige Nachfolger\_innen gefunden, die allerdings meist nicht den Detaillierungsgrad ihrer Vorgänger\_innen erreichen. Die Ergebnisse basieren vielfach auf Aussagen betrieblicher Expert\_innen und gehen nicht von Tätigkeitsbündeln aus, sondern fokussieren ausgewählte Industrie-4.0-Technologien (vgl. z. B. Pfeiffer et al. 2016a), während andere auch dies unbestimmt halten und allgemein nach ‚Digitalisierung‘ fragen (vgl. z. B. Hammermann 2016). In Fortführung der präsentierten Untersuchungen kommen ebenso die neueren Studien zu Ergebnissen, die zu denen von Windelband et al. und Zeller et al. (vgl. Windelband et al. 2010; Zeller et al. 2010) passen:

- Angesichts der Thematik – Internet der Dinge, Industrie 4.0, Digitalisierung – ist es wenig überraschend, dass unisono zukünftig vermehrt *IT-Kenntnisse* erwartet werden (vgl. Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech 2015, S. 107; Hammermann 2016, S. 11; Spöttl et al. 2016, S. 87; htcc 2016, S. 8; Vernim et al. 2016, S. 571; SGD 2016, S. 10; mit Bezug auf Instandhaltung Zinke et al. 2017, S. 24).<sup>35</sup> Die Anwendungsbandbreite ist groß und reicht von der Nutzung unterschiedlicher Anwendungen (Datenbanken, digitalisierte Netzwerke oder *Cloud-Computing*) über das Programmieren bis hin zur Anlagenbetreuung (vgl. z. B. Spöttl et al. 2016, S. 87; htcc 2016, S. 9).

Die Tiefe der notwendigen Kenntnisse hängt von den Beschäftigtengruppen ab: Je höher das Qualifikationsniveau, desto mehr werden vertiefte IT-Kenntnisse benötigt:

„Generell wird [...] differenziert zwischen den Personen, die mit dem Aufbau der CPS-Struktur zu tun haben, und denen, die sich innerhalb der Netzwerke bewegen bzw. deren Arbeitsplätze dort eingebunden sind. Bei ersteren – und hier wird meist von einer tendenziell größer werdenden Beschäftigungsgruppe ausgegangen – wird ein zunehmendes IT-Wissen erwartet.“ (Pfeiffer et al. 2016a, S. 96-97)

„Die Bandbreite an zukünftig potenziell benötigten IT-Kompetenzen der Beschäftigten reicht hier vom einfachen Bedienungswissen bis hin zur Modellierung und Administration komplexer IT-Architekturen, je nachdem in welcher Domäne die beruflichen Funktionsrollen angesiedelt sind bzw. sein werden.“ (Pfeiffer et al. 2016a, S. 98)

„Für viele Beschäftigte ist es allerdings ausreichend, Kenntnisse darüber zu haben, wie sie die Informations- und Kommunikationstechnologien als Arbeitsmittel adäquat einsetzen können.“ (Hammermann/Stettes 2016, S. 7) „IT-Fachqualifikationen werden heute selbst in Unternehmen 4.0 in der Regel nur von ausgewählten Mitarbeitern verlangt. Eine Schlüsselqualifikation für die gesamte Belegschaft stellen sie nach derzeitigem Stand noch nicht da.“ (Hammermann/Stettes 2016, S. 10)

---

<sup>35</sup> Die Bedeutung der IT-Qualifikationen ist unumstritten, aber Befragungen von ‚Personalentscheider\_innen‘ zeigen ebenfalls, dass ‚IT-Know-how‘ nicht die höchste Priorität genießt; höher eingestuft waren etwa Flexibilität und Lernbereitschaft (vgl. SGD 2016, S. 10).

Neben dieser notwendigen Differenzierung (Wer arbeitet wie woran mit IT-Systemen?) ist zu berücksichtigen, dass IT-Kenntnisse nicht allein selig machend sind. Wichtig ist, die jeweils benötigten IT-Kenntnisse in einen Zusammenhang zu bringen: „[...] es geht um die Verschränkung verschiedener Wissensdomänen.“ (Pfeiffer et al. 2016a, S. 97; vgl. Zinke et al. 2017, S. 9)

- Die Anforderungen, um *Störungen* rechtzeitig zu erkennen, die Ursachen zu diagnostizieren und die Störung zu beheben, wachsen beständig (vgl. Zinke et al. 2017, S. 9).  
  
„Mitarbeiter müssen verstärkt in der Lage sein, die Arbeitsweise, die Fehleranfälligkeit und die Schwachstellen einzelner Komponenten der IT-Systeme innerhalb der Produktion und im Zusammenhang mit den anderen Prozessen der Wertschöpfungskette zu bewerten, um bei Störungen die richtigen Schlüsse ziehen zu können, und um die Störungen gezielt zu beseitigen.“ (Spöttl et al. 2016, S. 103)
- Mit den beiden ersten Punkten eng verknüpft ist die Bewältigung der steigenden Komplexität aufgrund der digitalen Vernetzung durch die horizontale und vertikale Integration; hierdurch entstehen „verstärkt auch Schnittstellen zwischen verschiedenen Fachbereichen“ (Zinke et al. 2017, S. 9) und Unternehmen. Das erfordert von den Beschäftigten ein „differenziertes *Prozess- und Produktverständnis*“ (Hartmann 2017a, S. 25; Hervorhebung: JA).
- Pfeiffer et al. (2016a) haben, wie erwähnt, entlang von *Industrie-4.0-Techniken* geprüft, welche neuen Qualifikationsanforderungen benötigt werden. Das bemerkenswerte Ergebnis ist, dass neue fachliche Anforderungen nur im Technikfeld CPS und ‚Internet der Dinge‘ auf die Beschäftigten zukommen. Für die Mehrzahl der anderen untersuchten Techniken (wie Roboter, 3D-Druck oder Wearables) gilt das indes nicht.

Mit Blick auf fachliche Qualifikationen und Kompetenzen ist zu konstatieren, dass die beschriebenen neuen, sich aus Industrie 4.0 ergebenden Anforderungen nicht allein mit IT-Kenntnissen zu bearbeiten sind. Vielmehr ist zu bedenken, dass „branchenbezogene technische Kompetenzen höhere Bedeutung [haben] als IT-Kompetenzen“ (Hartmann 2017a, S. 25), „das hohe, bereits erreichte Kompetenzniveau im mechanisch-elektronischen Bereich“ (Pfeiffer et al. 2016a, S. 97; vgl. Hammermann/Stettes 2016, S. 10) darf somit nicht aufgegeben werden (zu verschiedenen fachlichen Anforderungen vgl. Spöttl et al. 2016, S. 87-88).

- Das bedeutet für *Produktionsbeschäftigte*: „Beschäftigte auf dem Hallenboden müssen durch CPS also produktionstechnologisch vergleichsweise wenig Neues lernen [...] Auch aus wettbewerblicher Perspektive gilt es, das dafür nötige Fach- und Erfahrungswissen zu halten und weiterhin zu generieren.“ (Pfeiffer et al. 2016a, S. 99; vgl. Spöttl et al. 2016, S. 44; Senderek 2018, S. 97, 100) Bei den Facharbeiter\_innen in der Produktion kann sich das Fehlen praktischen Erfahrungswissens nachteilig auswirken: „Doch kann kein Erfahrungswissen aufgebaut werden, wenn die Fachkraft nicht aktiver Bestandteil im Produktionsprozess ist.“ (Spöttl et al. 2016, S. 47)

- Bei *Instandhalter\_innen* ist davon auszugehen, dass weiterhin umfassende fachliche Kompetenzen erforderlich sind: „Herkömmliche Berufsbilder der industriellen Metall- und Elektroberufe tragen diesem Bedarf zwar Rechnung, können jedoch nicht alle anfallenden Tätigkeiten in einem Berufsbild abbilden.“ (Zinke et al. 2017, S. 24; vgl. Spöttl et al. 2016, S. 44; Senderek 2018, S. 97) Die neuen Tätigkeiten an den automatisierten Anlagen, die steigende „Komplexität der Arbeitsaufgabe“ und die Konfrontation mit „neuartigen Problemen“ (Hengstebeck et al. 2018, S. 56) entspringen weitgehend den zunehmenden IT-Themen wie Netzwerke, IT-gestützte Fehlerdiagnosen oder auch Hardware (vgl. Zinke et al. 2017, S. 24; Spöttl et al. 2016, S. 106).
- Verschiedentlich wird auf eine größer werdende Gruppe „*technischer Spezialisten*“ (Spöttl et al. 2016, S. 46; Hervorhebung: JA) für die Planung und Gestaltung der digitalisierten Fabrik verwiesen, die „von vielen als die Gewinnergruppe der neuen Entwicklung gesehen“ (Spöttl et al. 2016, S. 47) wird. Nicht eindeutig ist, wie sich diese Gruppe rekrutiert: Einerseits können dies teilweise Facharbeiter\_innen mit entsprechenden Weiterqualifizierungen sein (vgl. z. B. Senderek 2018, S. 100), andererseits werden dies Beschäftigte mit akademischer Ausbildung sein.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Veränderungen bei den fachlichen Qualifikationsanforderungen zum derzeitigen Zeitpunkt überschaubar bleiben. IT-Kenntnisse werden zukünftig eine größere Rolle spielen, aber in unterschiedlichem Umfang: Produktionsbeschäftigte, etwa bei der Maschinenbedienung, benötigen einige Basiskenntnisse, während die Verantwortlichen für die Implementierung vernetzter, automatisierter Anlagen umfangreiche IT-Kenntnisse haben müssen. Etwas überraschender ist hingegen, dass ‚traditionelle‘ Fachkenntnisse nicht obsolet werden, sondern weiterhin eine zentrale Rolle spielen werden und in Richtung Verknüpfung unterschiedlicher Wissensdomänen gehen.<sup>36</sup> Dies spricht eher dafür, dass das Werkzeugszenario für realistisch gehalten wird, eine weitgehende Übernahme der Entscheidungen durch die Technik im Sinne des Automatisierungsszenarios somit nicht unbedingt sinnvoll ist. Es ist aber bei der Skizzierung der veränderten Tätigkeiten und Aufgaben gleichzeitig deutlich geworden, dass Kompetenzveränderungen relevanter sein werden als fachliche bzw. IT-Qualifikationsanpassungen.

### 4.3 Extrafunktionale Anforderungen digitalisierter Arbeitsplätze

Die Protagonist\_innen der Industrie 4.0. wiesen schon früh auf die hohe Bedeutung von Kompetenzen hin; diese würden dafür sorgen, dass Arbeit in der Smart Factory zu einer anspruchsvollen und herausfordernden Tätigkeit wird:

„Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird die Arbeit in Industrie 4.0 an alle Beschäftigten deutlich erhöhte Komplexitäts-, Abstraktions- und Problemlösungsanforderungen stellen. Darüber hin-

---

<sup>36</sup> Ein klassisches Beispiel hierfür ist der bzw. die Mechatroniker\_in. Dieses Berufsbild wurde erstmals 1998 eingeführt und speist sich aus Anteilen der Disziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik.

aus wird den Arbeitnehmern ein sehr hohes Maß an selbstgesteuertem Handeln, kommunikativen Kompetenzen und Fähigkeiten zur Selbstorganisation abverlangt." (Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft 2013, S. 57)

Die Promotorengruppe geht davon aus, dass sich in erster Linie die Kompetenzen und weniger die Qualifikationsanforderungen verändern werden. Dies bestätigt die folgende Synopse zu Industrie-4.0-bedingten Kompetenzveränderungen. Dabei wird an die in Kapitel 3.2 vorgestellte Unterscheidung zwischen Fach- und Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz angeknüpft. Zuvor werden die beiden Studien von Windelband et al. und insbesondere Zeller et al. (vgl. Windelband et al. 2010; Zeller et al. 2010) mit ihren in Bezug auf Kompetenzen aussagekräftige Ergebnissen vorgestellt.

Die Tabelle 12, die künftige Kompetenzanforderungen, untergliedert nach Tätigkeitsfeldern, auflistet, zeigt, dass sich laut den Ergebnissen von Zeller et al. nur Methoden- sowie Sozialkompetenz verändern werden, aber nicht die Selbstkompetenz (vgl. Zeller et al. 2010).

Bei der *Methodenkompetenz* lassen sich drei größere Blöcke unterscheiden, die für neue Anforderungen sorgen:

- Die Beschäftigten müssen über den eigenen Arbeitsplatz und die eigenen Zuständigkeiten hinausblicken. Waren früher bei betrieblichen Rationalisierungsmaßnahmen arbeitsplatzbezogene „Insellösungen“ (Fiedler/Regenhard 1991, S. 166) trotz der Leitlinie der ‚systemischen Rationalisierung‘ (vgl. Altmann et al. 1986) und entsprechender Managementkonzepte wie CIM (vgl. z. B. Hirsch-Kreinsen et al. 1990) oder Lean Production (vgl. Womack et al. 1992) die Regel, kommen Vernetzungen im Sinne vertikaler und horizontaler Integration immer mehr zum Zuge. Die Beschäftigten müssen sich in die Situation der vor- und nachgelagerten betriebsinternen Bereiche oder gar von externen Partnern in der Wertschöpfungskette hineindenken.
- Informationen und Daten werden in der digitalisierten Industrie 4.0 immer wichtiger: Es müssen die ‚richtigen‘ Daten ausgewählt werden, sie müssen in Echtzeit vorliegen etc. Deshalb müssen die Beschäftigten wissen, wann sie welche Daten brauchen und wie sie die Daten beschaffen können; darüber hinaus müssen sie sie ‚lesen‘ und interpretieren sowie die richtigen Schlüsse ziehen können (Entscheidungen fällen).
- Eng mit dem zweiten Punkt der Informationen und Daten zusammen hängt der dritte Aspekt der Methodenkompetenz: Die Führungskräfte und die Beschäftigten müssen – etwa bei Störungen – Problemlösungsprozesse, unter Umständen gemeinsam mit anderen Beschäftigten, beherrschen:

„Das ist an einer bestimmten Maschine, da geht es um den Rüstablauf. Um Daten zu kriegen, also Basic zu haben, was sind unsere Probleme, an was hängt es, machen wir dann immer schöne Blätter und lassen die Mitarbeiter mitschreiben. So eine Selbstaufschreibung. Das machen wir schon seit eineinhalb Jahren [...] Ganz viele Blätter schon ausgeteilt und hangeln uns dann anhand der Daten, die wir da ausgewertet haben [...] Bei der Problemlösungsroutine haben wir halt ein Ziel, das ist meine EKZ, meine Erfolgskennzahl [...] Da haben wir ganz oft den

Fall gehabt, dass wir irgendwo Maßnahmen ergriffen haben und Dinge gemacht haben, die im Großen und Ganzen an unserem übergeordneten Ziel nichts geändert haben. Jetzt haben wir gerade aktuell den Fall, dass wir auch wieder die Mitarbeiter mitschreiben lassen [...], damit wir wissen, wo liegen unsere Probleme, und eigentlich die Basics überhaupt nicht eingehalten haben: Haben es überhaupt alle verstanden, was wir von denen wollen? Also für mich war das immer klar, für die [Führungskräfte – JA] war das immer klar, was gewollt wird. Und da sind Ergebnisse rausgekommen, die waren schon ein bisschen erschreckend: Wie viel Interpretationsspielraum wir in unseren Fragestellungen hatten. Das ist unglaublich, hätte ich nie gedacht. Das ist jetzt so ein Ding, da hat es uns sehr geholfen.“ (Meister Automatisierungstechnik)

Neben dem großen Block der Methodenkompetenz verweisen Zeller et al. nur auf die Teamfähigkeit im Rahmen der *Sozialkompetenz* (vgl. Zeller et al. 2010). Die Beschäftigten müssen mit anderen zusammenarbeiten können und greifen dabei auf unterschiedliche Kommunikationsformen zurück: verbal, schriftlich, mittels neuer Technologien.

Wie bei den fachlichen Qualifikationen spielen die unterschiedlichen Anwendungsfelder keine Rolle; die neuen Kompetenzanforderungen ähneln sich. Unterschiede gibt es zwar zwischen den Tätigkeitsbereichen, wobei die grundsätzlichen Kompetenzanforderungen aber vergleichbar sind: Beispielsweise Überblickswissen oder Fähigkeit zur Informationsbeschaffung sind für alle Tätigkeitsfelder relevant – wenngleich in unterschiedlicher Intensität.

Nachfolgend werden die Ergebnisse verschiedener neuerer Studien zusammengetragen, um zu prüfen, inwieweit die skizzierten Ergebnisse noch gültig sind bzw. ob inzwischen neue Kompetenzanforderungen relevant geworden sind. Die Autor\_innen der *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0* waren sich jedenfalls relativ sicher, was den Beschäftigten in Bezug auf Kompetenzen abverlangt werden wird:

„Darüber hinaus wird den Arbeitnehmern ein sehr hohes Maß an selbstgesteuertem Handeln, kommunikativen Kompetenzen und Fähigkeiten zur Selbstorganisation abverlangt. Kurzum: Die subjektiven Fähigkeiten und Potenziale der Beschäftigten werden noch stärker gefordert sein.“ (Forschungsunion/acatech 2013, S. 57)

### *(Fach- und) Methodenkompetenz*

Auf der ‚Rangliste‘ der erforderlichen Fach- und Methodenkompetenzen stehen die Begriffe *Problemlösekompetenz* und *Abstraktionsvermögen* (vgl. z. B. Zinke et al. 2017, S. 25; acatech 2016b, S. 12; Plattform ‚Digitale Arbeitswelt‘ 2016, S. 3) ganz weit oben. Beide Begriffe sind eng miteinander verbunden: Vielfach fokussieren Tätigkeitsbeschreibungen für die digitalisierte Produktion angesichts weitgehend automatisierter, sich selbst steuernder Prozesse einerseits Überwachungs- und Kontrollaufgaben (der Mensch als „Überwachungsorgan“ [Gentner/Oßwald 2016, S. 72]) und andererseits die Störungsbeseitigung.

Tabelle 12: Zukünftige überfachliche Qualifikationsanforderungen

	Überfachliche Qualifikationen	Anwendertypen		
		Bedienen	Steuern	Instandhalten
Methodenkompetenz	Fähigkeiten und Methodenkenntnisse, die es erlauben, sich einen schnellen Überblick über gesamte Produktionsabläufe zu verschaffen	Überblick über Strukturen der Netzwerke		
		Zunahme des Überblicks über Abläufe in mehreren eigenen Produktions-/Prozessabschnitten aufgrund höherer Anzahl zu betreuender Maschinen	Überblick über Wertschöpfungsprozesse im Produktionsbereich	
			Überblick über und Verantwortung für Abläufe in Produktions-/Prozessabschnitten des Zuständigkeitsbereichs (z. B. Linie)	Überblick über Abläufe in Produktions-/Prozessabschnitten zur Abschätzung von Konsequenzen von Instandhaltungsarbeiten auf andere Maschinen und Prozesse
		Festlegung von Strategien für optimale Nutzung: Erstellung zeitlicher und organisatorischer Arbeitspläne		
	Steigender Anteil an Planungsaufgaben und die Auswirkungen verstärkter Maschinenkommunikation erfordern tiefgreifendes Systemverständnis.			
	Analysefähigkeiten und Kompetenzen zum Umgang mit abstrakten Informationen	Fähigkeiten zur Interpretation von Signalen und Umsetzung gemäß Vorgaben (ggf. Weiterleitung/Kommunikation an Betreiber_innen)	Eigene Reaktion oder Einleitung von Reaktionen	
Fähigkeiten zur Interpretation von Störsignalen und eigene Behebung, sonst Weiterleitung an Instandhalter_innen			Fähigkeiten, mit höheren Anforderungen an Aufgabenbewältigung aufgrund bereits extern erfolgter Auswertung eingehender Infos, die zu interpretieren sind, umzugehen und entsprechende Instandhaltungsarbeiten vorzunehmen	

Quelle: eigene Darstellung (nach Zeller et al. 2010, S. 86-87)

Fortsetzung Tabelle 12: Zukünftige überfachliche Qualifikationsanforderungen

	Überfachliche Qualifikationen	Anwendertypen		
		Bedienen	Steuern	Instandhalten
Methoderkompetenz	Fähigkeiten zur selbstständigen zeitnahen Informationsbeschaffung	Fähigkeit der selbstständigen Informationsbeschaffung/Kenntnisaneignung zwecks Erhalt von Kompetenzen zur Interpretation von Signalen etc. bei Systemwandel		Informationsbeschaffung bei komplexitätsbedingten Problemen mithilfe der Nutzung unterschiedlicher Informationsquellen zur Lösung von aufgrund mangelnder Unterteilbarkeit von Einzelprozessen aufgrund von Vernetzung
	Organisation von Problemlösungsprozessen und Nutzung neuer Kommunikationswege	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fähigkeiten der interaktiven Informationsverarbeitung mithilfe von Bildverarbeitungsgeräten etc.</li> <li>▪ Fähigkeit, Dokumentationen den vorgegebenen Systemerfordernissen anzupassen</li> <li>▪ Teamfähigkeit zur gemeinsamen Lösung von Problemen aufgrund komplexer Störungen</li> </ul>		
Sozialkompetenz	Teamfähigkeit		Fähigkeit, mit Kolleg_innen gemeinsam Lösungen hervorzubringen	

Quelle: eigene Darstellung (nach Zeller et al. 2010, S. 86-87)

Bei vernetzten Prozessen müssen die Beschäftigten mehr als in der nicht digitalisierten Produktion in größeren Zusammenhängen denken. Waren die Produktionsbeschäftigten bislang meist für einen begrenzten Aufgabenbereich (etwa eine bestimmte Anzahl von Maschinen) zuständig, sei es in der Bedienung, im Steuern oder im Rüsten, weitet sich ihr Arbeitsfeld in der Smart Factory aus: Sie bedürfen eines „umfassenden Verständnisses der grundlegenden Netzwerkstrukturen“ (Zinke et al. 2017, S. 25), das immer bei Störungen besonders relevant wird. Die bisherigen, durch langjährige Erfahrungen aufgebauten Problemlösungsstrategien werden gegebenenfalls obsolet; es müssen aufgrund der „Informatisierung von Arbeits- und Produktionsprozessen“ (Ittermann et al. 2015, S. 15) neue Wege gefunden werden und es muss neues Erfahrungswissen aufgebaut werden. Das betrifft einerseits die neuen Industrie-4.0-Technologien (Handhabung und Bedienung, aber auch Verstehen und Interpretieren der bereitgestellten Informationen; vgl. Gebhardt et al. 2015, S. 49) und andererseits das Verständnis, was womit wie zusammenhängt, mit anderen Worten: „Systemisches Denken“ (Hartmann 2017, S. 25) bzw. „analytisches und kreatives Denkvermögen“ (Gebhardt et al. 2015, S. 49; vgl. Plattform „Digitale Arbeitswelt“ 2016, S. 3) „über Prozessketten hinweg“ (Pfeiffer et al. 2016a, S. 112) ist gefordert. Hierfür sind indes weitere, soziale Kompetenzen gefordert; die fachlich-methodischen allein reichen nicht aus. Gebhardt und Grimm nutzen dafür den Begriff der ‚Netzkompetenz‘, der sich nicht recht in die in dieser Expertise vorgenommene Kompetenzdifferenzierung einfügt (vgl. Gebhardt/Grimm 2017, S. 122):

„Der Begriff Netz bezieht sich auf die Vernetzung von Welten, einerseits am Arbeitsplatz und andererseits in der gesamten Gesellschaft. Diese Vernetzung geschieht innerhalb und zwischen Organisationen (Betrieben, Abteilungen) und Systemen, technischer und sozialer Art. Darüber hinaus wachsen durch die steigende informationstechnische Durchdringung ehemals voneinander isoliert agierende Arbeitsbereiche während des Arbeitsprozesses zusammen, sodass fortan zwischen Prozessen, Personen, Maschinen und Produkten auf einer physikalischen oder logischen Ebene, on- und offline, kommuniziert werden kann, interpersonal, interdisziplinär, international und interkulturell. Jene komplexer werdende Ausgestaltung von Arbeit und Gesellschaft führt zum Bedarf der Netzkompetenz.“ (Gebhardt/Grimm 2017, S. 120)

Auch wenn in den vorliegenden Einschätzungen zu den zukünftigen Fach- und Methodenkompetenzen selten explizit formuliert wird, welche spezifischen Beschäftigtengruppen in der industriellen Produktion gemeint sind, schwingt dennoch in vielen Analysen und Vermutungen mit, dass notwendige Entscheidungen, sei es im Normalbetrieb oder bei Störungen, nicht auf die Technik verlagert werden (können): Der Mensch bleibt somit der viel beschworene Entscheider: „Das Aufgabenfeld der Fabrikbelegschaft wandelt sich von ‚Bedienern‘ hin zu ‚Steuernden‘ und ‚Regulierenden‘.“ (Gentner/Oßwald 2016, S. 72) Folglich sind fachliche und methodische Qualifikationen und Kompetenzen für die Beschäftigten – sehr wahrscheinlich in Abhängigkeit von dem Aufgabenfeld und der betrieblichen Position – eine nicht hintergehbare Grundbedingung für die Ausübung ihrer Tätigkeiten. Die Frage bleibt, wie tief und welche Ausrichtung die fachlich-methodischen Kompetenzen haben müssen: Vermutet wird, dass die direkten Produktionsbeschäftigten „zumindest grundlegende informationstechnische Qualifikationen“ benötigen, während Beschäftigte in indirekten Produktionsbereichen „interdisziplinäre Fach- und Methodenkompetenzen“ sowie „verstärkt informationstechnische und ingenieurwissenschaftliche

Kenntnisse sowie Fachwissen aus dem Bereich Automatisierungstechnik nachweisen“ (Gentner/Oßwald 2016, S. 74) sollten.

### *Sozialkompetenz*

Sozialkompetenz wurde näher bestimmt durch die Aspekte von Kommunikation, Kooperation und Führung. In neueren Studien wird dieser Kompetenz ein wesentlich größerer Stellenwert eingeräumt als in der frühen Studie von Zeller et al., bei denen die Sozialkompetenz sich sehr stark auf Kommunikation (persönlich und elektronisch, über Abteilungsgrenzen hinweg) und Kooperation (Teamfähigkeit) beschränkte (vgl. Zeller et al. 2010).

Der inzwischen erreichte höhere Stellenwert der Sozialkompetenz resultiert aus dem Vernetzungscharakter von Industrie 4.0. Wenn die kolportierten Visionen ernst genommen werden, wird sich alles und jede\_r miteinander vernetzen und austauschen – bezogen auf die Beschäftigten insbesondere in ihrer Rolle als ‚Entscheider\_in‘ oder ‚Dirigent\_in‘ der Smart Factory: Dafür „wird den Arbeitnehmern ein sehr hohes Maß an [...] kommunikativen Kompetenzen“ (Forschungsunion/acatech 2013, S. 57; vgl. Plattform ‚Digitale Arbeitswelt‘ 2016, S. 3; Ahrens 2016a, S. 46) abverlangt – am besten gepaart mit „Kommunikationsfreude“ (Gentner/Oßwald 2016, S. 75). Auch hier bleibt die Frage unbeantwortet, wer in welcher Weise besonders von den Kommunikationsanforderungen betroffen ist; mit Blick auf Unternehmen lässt sich zumindest Folgendes konstatieren: „So brauchen Unternehmen in Zukunft vor allem kommunikationsstarke Mitarbeiter, die selbstständig agieren, organisieren und planen können.“ (Hammermann/Stettes 2015, S. 37) Etwas konkreter werden Wolf et al., die bei der Fertigungssteuerung von dauerhaft notwendiger abteilungsübergreifender Interaktion ausgehen:

„Auch während des Betriebs sind ein regelmäßiger Austausch und die Zusammenarbeit über die Abteilungsgrenzen hinweg nötig, wenn Fehler oder Probleme behoben werden müssen oder sich Randbedingungen so deutlich ändern, dass sie für das reibungslose Funktionieren des Systems angepasst werden müssen. Um diese Zusammenarbeit zu erleichtern, ist es für alle Beteiligten hilfreich, wenn sie über ein gewisses Maß an IT-Kenntnissen verfügen, um gezielter Bedarfe und Hindernisse an die jeweils andere Partei kommunizieren zu können.“ (Wolf et al. 2018, S.127)

Die Hinweise werden mit Blick auf den Aspekt Kooperation noch dürftiger: Übrig bleibt die „Abstimmung von Arbeitsaufgaben im Team“ (Zinke et al. 2017, S. 25; vgl. Vernim et al. 2016, S. 571), durchaus auch darüber hinaus (vgl. Pfeiffer et al. 2016a, S. 112). Teamfähigkeit entwickelte sich zwischenzeitlich in den Unternehmen zu einer Kompetenzanforderung, die quasi automatisiert in den Stellenbeschreibungen auftaucht. Der Bedarf, sich mit Kolleg\_innen im Betrieb oder darüber hinaus auszutauschen, hat in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen und gehört inzwischen zum Kerninventar diverser Managementkonzepte wie Lean Production, Lean Management, KVP oder Ganzheitliche Produktionssysteme, sodass für viele Unternehmen gilt: Ohne Team oder Gruppe geht nichts mehr!

Trotz dieser vermeintlich dürftigen Ernte insbesondere in Bezug auf die Sozialkompetenz *Kooperation* gingen 2014 ca. 77 Prozent aller befragten Unternehmen davon aus, dass die Kompetenz

*Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit* in den nächsten fünf bis zehn Jahren ‚etwas‘ oder ‚deutlich steigen‘ werde; je höher der betriebliche Digitalisierungsgrad ist, desto höher ist der Anteil der Unternehmen, die ‚deutlich steigen‘ angekreuzt haben und vice versa. Besonders hohes Interesse an den Kommunikations- und Kooperationskompetenzen ihrer Beschäftigten haben die Unternehmen, „die mit Hilfe internetgestützter Technologien Arbeitsorganisationen flexibler gestalten, Steuerungssysteme dezentralisieren oder neue unternehmensinterne Kommunikationsnetzwerke aufbauen möchten“ (Hammermann/Stettes 2016, S. 37; vgl. Hammermann/Stettes 2016, S. 11, S. 13-16).

### *Selbstkompetenz*

Unter Selbstkompetenz werden allgemeine Persönlichkeitseigenschaften mit den Aspekten (Selbst-)Lernkompetenz, ethisches Verhalten und unternehmerische Kompetenz gefasst. Besondere Beachtung findet in vielen Studien die „Selbstorganisationsfähigkeit“ (Hartmann 2017a, S. 25; vgl. Ittermann et al. 2015, S. 16-17; Apt et al. 2016, S. 28) bzw. die Notwendigkeit, „eigenständig agieren“ (Hammermann/Stettes 2016, S. 10) und ein „sehr hohes Maß an selbstgesteuertem Handeln“ (Ahrens 2016a, S. 46) erbringen zu können. Bei dieser Fähigkeit existieren Überschneidungen zu der Sozialkompetenz *Teamfähigkeit*: Selbstorganisation hat somit eine doppelte Bedeutung. Sie kann einerseits darauf verweisen, dass „Beschäftigte, Produkte und Objekte zu selbstorganisierenden Systemen“ (Ittermann et al. 2015, S. 55) sich verknüpfen, andererseits kann der Begriff auf eine individuelle Selbstorganisation verweisen, bei der es beispielsweise darum geht, eigenorganisiert Lernprozesse anzustoßen.

Hierhin zählen zudem die *unternehmerische Kompetenz*, wenn „die Optimierung von Produktions- und Automatisierungsprozessen auch in Zukunft zu wichtigen Aufgaben der Mitarbeiter“ (Gentner/Oßwald 2016, 72) gehören wird, sowie „Eigeninitiative“ und die Fähigkeit des „selbstgesteuerten Lernens“ (Gentner/Oßwald 2016, S. 75).

## **4.4 Zwischenfazit**

Zieht man aus den Ausführungen zu den (vermutlich) zukünftig wichtiger werdenden Kompetenzen der Beschäftigten ein Zwischenfazit, lässt sich Folgendes konstatieren:

- (1) Bei den unterschiedlichen Studien, Trendreporten oder Untersuchungen lassen sich einige Gemeinsamkeiten erkennen: Unisono wird die Zunahme notwendiger Kompetenzen prognostiziert, die alle drei bzw. vier in dieser Expertise unterschiedenen Kompetenztypen umfasst. Bemerkenswert ist, dass vielfach nicht davon ausgegangen wird, dass Qualifikation sowie Fach- und Methodenkompetenzen an Bedeutung verlieren werden. Vielmehr werden diese für weiterhin wichtig gehalten und müssen durch eine Anzahl jeweils zu definierender Sozial- und Selbstkompetenzen ergänzt werden.
- (2) Welche Kompetenzen im Einzelnen aus welchen Gründen besonders wichtig sind, lässt sich kaum aus den Studien herauslesen. Wie unsicher sich in dieser Hinsicht auch die

Unternehmen sind, zeigt Tabelle 13: Die Studie von Schlund et al., die mit einem besonders ausgearbeiteten Itemkatalog aufwartet, erreicht bei ihren Antwortmöglichkeiten durchgängig recht hohe Zustimmungswerte (vgl. Schlund et al. 2014), während bei den drei anderen aufgeführten Studien die entsprechenden Werte teilweise deutlich darunter liegen: Dies zeigt sich beispielsweise bei dem Item *stärkeres interdisziplinäres Denken und Handeln* oder besonders deutlich bei den Items *Fähigkeiten, Entscheidungen eigenverantwortlicher zu treffen* oder *zunehmende Koordination von Arbeitsabläufen/Koordinationsfähigkeit*.

Die Unterschiede können naturgemäß mit unterschiedlichen methodischen Ansätzen und Samples zusammenhängen: So hatte beispielsweise die Befragung von Schlund et al. „Produktionsverantwortliche und Geschäftsführer“ (Schlund et al. 2014, S. 8) im Fokus, während etwa in der SGD-Studie „Personalentscheider“ (SGD 2016, S. 14) die Zielgruppe waren. Dass deren jeweilige Sichtweisen auf erforderliche bzw. nicht erforderliche Kompetenzen divergent sein können, ist nachvollziehbar, zeigt jedoch zugleich, dass es in den Unternehmen offenbar noch keine abschließenden Klärungen zwischen den Verantwortlichen darüber gibt, wie die jeweils spezifische Industrie-4.0-Strategie auszu- sehen und welche Auswirkungen diese für die betriebliche Personalpolitik hat.<sup>37</sup>

Die Differenzen erklären sich zudem durch die unterschiedlichen betrieblichen Rahmenbedingungen wie beispielsweise die Betriebsgröße: Dies zeigt sich insbesondere an der htcc-Studie, bei der sich bei der Relevanz einzelner Items zwischen den befragten KMU und Großunternehmen (sowie Expert\_innen) teils gravierende Abweichungen ergaben. So halten fast doppelt so viele Großunternehmen *Medienkompetenz* für wichtig, während *Persönlichkeitskompetenz* von den KMU wesentlich wichtiger eingestuft wurde als von den Großunternehmen (vgl. htcc 2016, S. 9; vgl. acatech 2016c). In einer anderen Studie wurden unterschiedliche arbeitsorganisatorische Strategien wie Flexibilität oder dezentrale Steuerung als Ausgangssituation gesetzt: Je nachdem, wie intensiv Unternehmen eine der angeführten arbeitsorganisatorischen Varianten verfolgen, unterscheiden sich ihre jeweiligen Kompetenzanforderungen teilweise erheblich (vgl. Hammermann/Stettes 2016, S. 14, S. 16).

---

<sup>37</sup> Dafür spricht zudem die Vielzahl der in den Studien verwendeten Items; bei Aufnahme weiterer Studien in die Tabelle 13 wäre die Anzahl nochmals gestiegen. Auch dies spricht für die Unsicherheit bei der Einschätzung der Qualifikations- und Kompetenzveränderungen durch Industrie 4.0 bzw. Digitalisierung.

Tabelle 13: Kompetenzanforderungen bei Industrie 4.0 aus Sicht von Unternehmen (in Prozent)

	Schlund et al. (2014) <sup>38</sup>	httc (2016) <sup>39</sup>	SGD (2016) <sup>40</sup>	acatech (2016b) <sup>41</sup>
	Zustimmung in Prozent (gerundet)			
Bereitschaft zum lebenslangen Lernen/Lernbereitschaft			62	
stärkeres interdisziplinäres Denken und Handeln	77	47		61
höhere IT-Kompetenz/Medienkompetenz	76	75	41	
Fähigkeit zum permanenten Austausch mit Maschinen und vernetzten Systemen	75			
aktivere Beteiligung an Problemlösungs- und Optimierungsprozessen/Problemlösungs- und Optimierungskompetenz	75			54
höheres Systemwissen (Kenntnis des Gesamtprozesses und seiner Steuerung)/zunehmendes Prozess-Know-how	72			56
Beherrschung zunehmend komplexer Arbeitsinhalte	71			
stärkere Steuerung der Kommunikation	68			

<sup>38</sup> Anzahl der befragten Unternehmen (n = 518), die Zahl der Antworten schwanken (n = 319 bis n = 336) (vgl. Schlund et al. 2014, S. 9, 26)

<sup>39</sup> Anzahl der befragten Unternehmen (n = 32), davon KMU (n = 8), große Unternehmen (n = 12), Expert\_innen (n = 12) (vgl. httc 2016, S. 9)

<sup>40</sup> Anzahl der befragten Unternehmen (n = 330) (vgl. SGD 2016)

<sup>41</sup> Anzahl der befragten Unternehmen (n = 216) (vgl. acatech 2016b, S. 13; vgl. für eine ausführlichere Darstellung acatech 2016c)

Fortsetzung Tabelle 13: Kompetenzanforderungen bei Industrie 4.0 aus Sicht von Unternehmen (in Prozent)

	Schlund et al. (2014)	httc (2016)	SGD (2016)	acatech (2016b)
	Zustimmung in Prozent (gerundet)			
Fähigkeit zur Tätigkeit mit mehr indirekten Kontakten innerhalb und außerhalb des Unternehmens/Kooperationsfähigkeit, Empathie	65	50		
stärkere strukturelle Mitwirkung und Gestaltung von Innovationsprozessen	61	28		54
zunehmende Koordination von Arbeitsabläufen/Koordinationsfähigkeit	60		27	
Fähigkeit zur Tätigkeit mit weniger direkten unmittelbaren Kontakten zu Kolleg_innen der gleichen Schicht oder Linie	55			
Fähigkeiten, Entscheidungen eigenverantwortlicher zu treffen	53	22		50
verstärkter Aufbau sozialer Kompetenz/Personalitätskompetenz	43	25		
Handlungskompetenz		41		
Abstrahieren/Transferleistung		25		
Selbstorganisation			37	
Flexibilität			27	
Führungskompetenz			27	55

Quelle: eigene Darstellung (nach Schlund et al. 2014, S. 26; httc 2016, S. 9; SGD 2016, S. 10; acatech 2016b, S. 13)

- (3) Nicht nur die inhaltliche Ausgestaltung der Kompetenzanforderungen verbleibt auf einem eher allgemeinen Niveau, sondern auch die Antwort auf die Frage, welche Beschäftigtengruppen welche Kompetenzen zukünftig brauchen: Schlund et al. sprechen vom ‚Produktionsmitarbeiter‘, die SGD-Studie noch breiter vom ‚Mitarbeiter‘, während etwa Hammermann und Stettes in ihrer Befragung von einem ‚Großteil ihrer Mitarbeiter‘ sprechen (vgl. Schlund et al. 2014; SGD-Studie 2016; Hammermann/Stettes 2016).<sup>42</sup> In der betrieblichen Praxis ist demgegenüber zu erwarten, dass bestimmte Beschäftigtengruppen jeweils spezifische Kompetenzen benötigen, also nicht alle Beschäftigten über alle angeführten Kompetenzen gleichermaßen verfügen müssen.

Relativiert wird diese Vermutung teilweise durch die Studie von Gentner und Oßwald (vgl. Gentner/Oßwald 2016, S. 79): Demnach gibt es keine Unterschiede zwischen Beschäftigten in direkten und indirekten Produktionsbereichen bei den sozial-kommunikativen und Problemlösungskompetenzen, bei den personalen Kompetenzen besteht eine hohe Übereinstimmung (die Beschäftigten in den indirekten Unternehmensbereichen müssen einige Kompetenzen mehr aufweisen), lediglich bei den fachlich-methodischen Qualifikationen und Kompetenzen gab es gravierende Unterschiede.

- (4) Darüber hinaus ist nicht abschließend zu klären, inwieweit die aufgeführten Items und die von den befragten Unternehmensvertreter\_innen jeweils gegebenen Antworten wirklich auf Industrie 4.0 zurückgeführt werden können. Das zeigt sich in besonderer Weise an dem Item *Bereitschaft zum lebenslangen Lernen*, bei dem in beiden Untersuchungen, in denen dies abgefragt wurde, die höchste Zustimmung erzielt wurde. Lebenslanges Lernen, aber auch Teamfähigkeit, Prozesswissen oder Kommunikationsfähigkeit sind Aspekte, deren Notwendigkeit für die Unternehmen nicht in kausalem Zusammenhang mit Industrie 4.0 steht; vielmehr bezeichnen sie Anforderungen der Unternehmen, die sich mehr oder weniger immer bei neuen Managementkonzepten finden lassen. So finden sich zum Beispiel die Begriffe *Teamgeist*, *offener*, *permanenter Informationsaustausch und Kommunikation*, *Konfliktbewältigung*, *Flexibilisierung des Einzelnen*, *Lernbereitschaft*, erhöhte *Entscheidungskompetenz* oder *eigenverantwortliche Teams* in einem Lexikonartikel zu Lean Production (vgl. Syska 2006, S. 88)<sup>43</sup>; diese Begrifflichkeiten finden sich in identischer Form in der aktuellen Digitalisierungsdebatte.

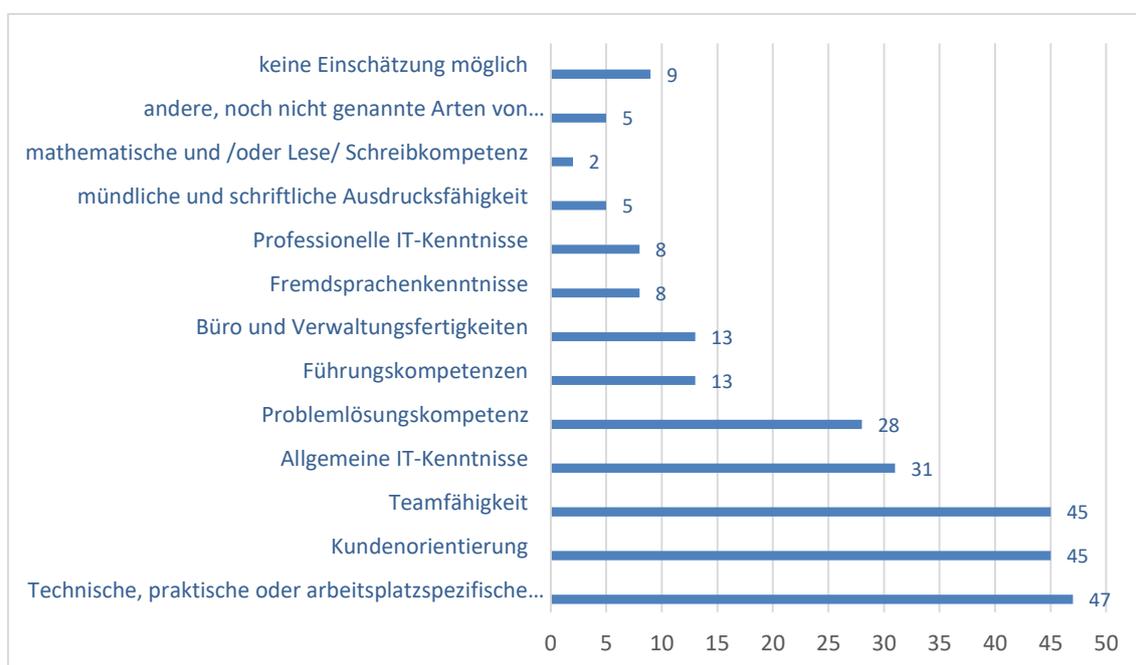
---

<sup>42</sup> Eine ausformulierte Version löst das Problem ebenfalls nicht: „Demnach sind insbesondere Beschäftigte auf der Ebene der Angelernten, Facharbeiter/-innen, Ingenieurinnen/Ingenieure, Techniker/-innen und kaufmännischer Angestellte ‚mit deutlich erhöhten Komplexitäts-, Problemlösungs-, Lern- und vor allem auch Flexibilitätsanforderungen konfrontiert.“ (Bochum 2015, S. 35-36) Mit anderen Worten: Letztlich sind alle Beschäftigten betroffen!

<sup>43</sup> Die Treiber sind indes andere als die Digitalisierung: „Die klassische Abteilungsstruktur verschwindet zunehmend zu Gunsten einer Arbeitsorganisation mit immer neuen Schnittstellen. [...] Fachdisziplinen wachsen immer stärker zusammen. Neben den technischen Anforderungen stellt vor allem die Gruppen- oder Teamarbeit die Mitarbeiter vor veränderte Herausforderungen.“ (Berkholz et al. 2008, S. 788)

Das Argument, dass diese Kompetenzen der Beschäftigten auch bei anderen betrieblichen Reorganisationskonzepten vonnöten sind, entwertet nicht zwangsläufig die Aussage, dass sie für die Industrie-4.0-Implementierung ebenfalls zentral sind. Aber die Übereinstimmungen machen gleichwohl stutzig: Entweder werden – ähnlich wie bei den Industrie-4.0-Szenarien – aus der Vergangenheit bekannte Entwicklungen adaptiert<sup>44</sup>, oder man hat es bei den formulierten Kompetenzanforderungen mit einer quasi nicht veränderbaren ‚Kompetenzgrundausrüstung eines jeden Beschäftigten‘ zu tun. Dann aber bleibt die Frage: Was ist davon Industrie-4.0-spezifisch (jenseits der IT-Kompetenz)?

**Abbildung 9: Wichtigste zukünftige Qualifikationen in allen Unternehmen ab zehn Beschäftigten, 2015 (in Prozent)**



Quelle: eigene Darstellung (nach Statistisches Bundesamt 2017, S. 60)

- (5) Betrachtet man neben den einmaligen, im Zuge der Industrie-4.0-Debatte erstellten Befragungen ‚klassische‘ Verlaufsuntersuchungen, bestätigt sich, dass eine differenzierte Sichtweise vonnöten ist: Das Statistische Bundesamt hat 2015 die ‚wichtigsten zukünftigen Qualifikationen‘ ermittelt (vgl. Abbildung 9): Demnach liegen weiterhin ‚klassische‘ fachliche Qualifikations- bzw. Kompetenzanforderungen an der Spitze; die basalen IT-Kompetenzen

<sup>44</sup> An dieser Stelle greift das Argument der Pfadabhängigkeit: „[...] [S]o ist Industrie 4.0 weniger als treibendes Moment einer neuen industriellen Revolution, denn als Ausdruck einer pfadabhängigen Weiterentwicklung früherer technologischer Konzepte zu verstehen.“ (Hirsch-Kreinsen 2016, S. 22) Das bestätigt eine Untersuchung des Instituts der deutschen Wirtschaft: „Unternehmen, bei denen bereits heute ein bestimmter Kompetenzbereich für die Mehrzahl der Beschäftigten sehr wichtig ist, erwarten signifikant häufiger, dass dieser Kompetenzbereich in den kommenden Jahren noch einmal an Bedeutung gewinnen wird. Dies gilt für alle acht abgefragten Kompetenzen gleichermaßen und unabhängig vom Digitalisierungsgrad.“ (Hammermann/Stettes 2015, S. 33)

liegen erst an vierter Stelle, professionelle gar erst auf Platz 9. In den Industriebranchen liegen die „technischen, praktischen oder arbeitsplatzspezifische[n] Kompetenzen“ als wichtigste Qualifikationen deutlich über dem Durchschnitt von 47 Prozent: Der *Fahrzeugbau* kommt beispielsweise auf 62,5 Prozent oder die *Metallerzeugung und -bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen* sogar auf 66,3 Prozent (Statistisches Bundesamt 2017, S. 61).

**Tabelle 14: Bedeutung ausgewählter Kompetenzbereiche – heute, 2014 (in Prozent)**

		Großteil der Beschäftigten	ausgewählte Beschäftigte
<b>Planungs- und Organisationsfähigkeit/ Selbstständigkeit</b>	Unternehmen 4.0	76,4	23,6
	mittlerer Digitalisierungsgrad	59,6	40,3
	Unternehmen 3.0 <sup>45</sup>	49,5	47,2
	<i>Insgesamt</i>	<i>61,0</i>	<i>37,6</i>
<b>Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit</b>	Unternehmen 4.0	87,4	12,6
	mittlerer Digitalisierungsgrad	81,0	19,0
	Unternehmen 3.0	76,2	22,8
	<i>Insgesamt</i>	<i>81,1</i>	<i>18,5</i>
<b>handwerkliches Geschick</b>	Unternehmen 4.0	19,7	41,7
	mittlerer Digitalisierungsgrad	35,6	42,3
	Unternehmen 3.0	34,4	44,7
	<i>Insgesamt</i>	<i>29,9</i>	<i>43,2</i>
<b>betriebliches/berufliches Erfahrungswissen</b>	Unternehmen 4.0	60,5	37,3
	mittlerer Digitalisierungsgrad	62,3	36,6
	Unternehmen 3.0	53,4	45,7
	<i>Insgesamt</i>	<i>58,2</i>	<i>40,4</i>
<b>technisches Fachwissen</b>	Unternehmen 4.0	35,1	50,9
	mittlerer Digitalisierungsgrad	31,7	56,6

<sup>45</sup> Gemeint sind Unternehmen, für die Digitalisierung eine geringe Rolle spielt und/oder die sich mit dem Thema noch nicht befasst haben (vgl. Hammermann/Stettes 2016, S. 6).

		Großteil der Beschäftigten	ausgewählte Beschäftigte
	Unternehmen 3.0	28,9	56,4
	<i>insgesamt</i>	31,6	54,8
<b>IT-Fachwissen und Softwareprogrammierung</b>	Unternehmen 4.0	11,9	67,1
	mittlerer Digitalisierungsgrad	7,2	63,1
	Unternehmen 3.0	4,0	49,9
	<i>insgesamt</i>	7,4	59,0
<b>Onlinekompetenzen</b>	Unternehmen 4.0	43,6	44,2
	mittlerer Digitalisierungsgrad	20,1	55,4
	Unternehmen 3.0	9,7	50,9
	<i>insgesamt</i>	23,3	49,8

Quelle: eigene Darstellung (nach Hammermann/Stettes 2016, S. 9)

Im Gegenzug liegen viele Industriesektoren bei den professionellen IT-Kompetenzen noch unter dem – angesichts der aufgeregten Debatte um Digitalisierung – niedrigen Durchschnittswert: Die exemplarisch genannten Branchen kommen auf 6,3 Prozent bzw. auf 7,5 Prozent; spielt Weiterbildung in den Unternehmen eine relevante Rolle, liegen die Werte geringfügig höher (vgl. Statistisches Bundesamt 2017, S. 61-62).

Differenziert man die Resultate nach Betriebsgrößen, zeigen sich weitere bemerkenswerte Ergebnisse: Die allgemeinen IT-Kenntnisse werden mit zunehmender Betriebsgröße unwichtiger, während die professionellen IT-Kenntnisse (auch Künstliche Intelligenz) mit zunehmender Betriebsgröße wichtiger werden (vgl. acatech 2016c, S. 4). Das hängt vermutlich damit zusammen, dass in großen Unternehmen die Software- und Hardwarelösungen spezifischer sind als in KMU, die wahrscheinlich eher auf Standardlösungen setzen; zudem sind in KMU Generalist\_innen stärker gefragt, während das Spezialistentum in Großunternehmen ausgeprägter ist (vgl. Statistisches Bundesamt 2017, S. 61). Bei den „technischen, praktischen oder arbeitsplatzspezifischen Kompetenzen“ (Statistisches Bundesamt 2017, S. 61) sind die Einflüsse der Betriebsgrößen nicht derart ausgeprägt, sondern pendeln um wenige Prozentpunkte um den Durchschnittswert (vgl. Statistisches Bundesamt 2017, S. 61).

Das Institut der deutschen Wirtschaft hat 2014 im Rahmen einer Studie Unternehmen mit unterschiedlichen Digitalisierungsgraden befragt, welche Qualifikationen und Kompetenzen zum Befragungszeitpunkt besonders zentral für sie seien (vgl. Tabelle 14). Die Ergebnisse

zeigen, dass aus Unternehmenssicht für den Großteil der Beschäftigten weiterhin die ‚klassischen‘ Kompetenzen die höchste Priorität haben – bis auf die methodisch-fachlichen Qualifikationen (handwerkliches Geschick, technisches Fachwissen), die offenbar eine deutlich geringere Bedeutung haben als etwa Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit.

Wenig überraschend sind hingegen die Unterschiede zwischen den Unternehmen 4.0 und den Unternehmen 3.0 bei den IT- und Onlinekompetenzen: Dass ein höherer Digitalisierungsgrad eine entsprechend höhere einschlägige Kompetenz bei den Beschäftigten bedingt, ist unmittelbar nachvollziehbar. Aber es wird eben auch deutlich, dass nicht der Großteil der Beschäftigten IT-Fachwissen und Programmierkenntnisse benötigt, wie dies immer wieder in der öffentlichen Diskussion suggeriert wird; dieses Spezialwissen konzentriert sich auf ausgewählte Beschäftigte: „IT-Fachqualifikationen werden heute selbst in Unternehmen 4.0 in der Regel nur von ausgewählten Mitarbeitern verlangt. Eine Schlüsselqualifikation für die gesamte Belegschaft stellen sie nach derzeitigem Stand noch nicht da.“ (Hammermann/Stettes 2016, S. 10)

Der Blick in die Zukunft verändert die Verhältnisse nicht gravierend (vgl. Tabelle 15):

„Unternehmen, bei denen bereits heute ein bestimmter Kompetenzbereich für die Mehrzahl der Beschäftigten sehr wichtig ist, erwarten signifikant häufiger, dass dieser Kompetenzbereich in den kommenden Jahren noch einmal an Bedeutung gewinnen wird. Dies gilt für alle [...] abgefragten Kompetenzen gleichermaßen und unabhängig vom Digitalisierungsgrad.“ (Hammermann/Stettes 2016, S. 12)

Bemerkenswert ist, dass das Erfahrungswissen weiterhin aus Sicht der Unternehmen, gerade auch der Unternehmen 4.0, relevant bleibt, obwohl häufig vermutet wird, dass das im Zuge der Digitalisierung obsolet werden würde.

**Tab. 15: Bedeutung ausgewählter Kompetenzbereiche – in fünf bis zehn Jahren, 2014 (in %)**

		deutlich steigen	etwas steigen	Zusammen
<b>Planungs- und Organisationsfähigkeit/ Selbstständigkeit</b>	Unternehmen 4.0	43,8	37,7	81,5
	mittlerer Digitalisierungsgrad	30,1	51,5	81,6
	Unternehmen 3.0	20,6	49,4	69,0
	<i>insgesamt</i>	<i>30,1</i>	<i>46,3</i>	<i>76,4</i>
<b>Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit</b>	Unternehmen 4.0	45,5	37,6	83,0
	mittlerer Digitalisierungsgrad	35,4	43,2	78,7
	Unternehmen 3.0	25,6	46,6	72,2
	<i>insgesamt</i>	<i>34,8</i>	<i>42,7</i>	<i>77,5</i>

## Kompetenzentwicklungsbedarf für die digitalisierte Arbeitswelt

		deutlich steigen	etwas steigen	Zusammen
<b>handwerkliches Geschick</b>	Unternehmen 4.0	6,2	14,5	20,7
	mittlerer Digitalisierungsgrad	6,6	29,2	35,8
	Unternehmen 3.0	6,9	17,2	24,1
	<i>insgesamt</i>	<i>6,6</i>	<i>19,5</i>	<i>26,0</i>
<b>betriebliches/berufliches Erfahrungswissen</b>	Unternehmen 4.0	21,6	49,1	70,7
	mittlerer Digitalisierungsgrad	18,4	58,0	76,4
	Unternehmen 3.0	14,6	41,1	55,7
	<i>insgesamt</i>	<i>17,8</i>	<i>48,0</i>	<i>65,9</i>
<b>technisches Fachwissen</b>	Unternehmen 4.0	21,2	39,6	60,8
	mittlerer Digitalisierungsgrad	19,1	39,0	58,1
	Unternehmen 3.0	13,3	39,8	53,1
	<i>insgesamt</i>	<i>17,3</i>	<i>39,4</i>	<i>56,7</i>
<b>IT-Fachwissen und Softwareprogrammierung</b>	Unternehmen 4.0	15,7	41,7	57,4
	mittlerer Digitalisierungsgrad	13,5	47,7	61,2
	Unternehmen 3.0	13,7	38,4	52,1
	<i>insgesamt</i>	<i>14,3</i>	<i>41,8</i>	<i>56,1</i>
<b>Onlinekompetenzen</b>	Unternehmen 4.0	20,6	43,2	63,8
	mittlerer Digitalisierungsgrad	12,9	37,2	50,1
	Unternehmen 3.0	11,7	31,3	43,0
	<i>insgesamt</i>	<i>14,9</i>	<i>36,9</i>	<i>51,8</i>

Quelle: eigene Darstellung (nach Hammermann/Stettes 2016, S. 11)

Mit einem Zugriff über ausgewählte Industrie-4.0-Technologien, die in der derzeitigen Debatte besonders intensiv diskutiert werden, kommen Pfeiffer et al. (vgl. Pfeiffer et al. 2016a) zu folgenden Ergebnissen (vgl. Tabelle 16).

Tabelle 16: Anforderungen in der betrieblichen Weiterbildung bis 2025 (in Prozent)

		aktuell schon von Bedeutung	bis 2025 von Bedeutung	auch bis 2025 keine Bedeutung
Umgang mit Big Data	n = 94	29,2	69,4	1,4
Web 2.0	n = 84	39,3	58,3	2,4
cyberphysikali- sche Systeme	n = 89	22,5	74,2	3,4
additive Verfahren	n = 87	23,0	71,3	5,7
Robotik	n = 51	27,5	58,5	13,7
Wearables	n = 52	7,7	76,9	15,4

Quelle: eigene Darstellung (nach Pfeiffer et al. 2016a, S. 124)

Auch wenn die Befragungen nicht vergleichbar sind, zeigen doch beide übereinstimmend, etwa am Beispiel von Onlinekompetenzen und Web 2.0, dass – insbesondere bei den Unternehmen, die sich intensiv mit Industrie 4.0 beschäftigen – in hohem Maße damit gerechnet wird, dass entsprechende Qualifikationen und Kompetenzen benötigt werden: „Hier wurden nur diejenigen befragt, die die Formen der betrieblichen Aus- und Weiterbildung beim Thema Industrie 4.0 als besonders wichtig einschätzen. Diese positiven Werte spiegeln damit also nicht die gesamte Branche wider.“ (Pfeiffer et al. 2016a, S. 124) Die Unternehmen, die nicht als Industrie-4.0-Vorreiter gesehen werden können, sehen den Bedarf bei den Digitalisierungsaspekten insgesamt wesentlich zurückhaltender.

Der Vergleich und die daran anschließende Kritik zukünftiger Qualifikations- und Kompetenzentwicklungen bestätigt den Eindruck, dass die schon ältere Feststellung, dass „sich die Arbeitsprozesse und Aufgaben in den untersuchten Unternehmen nur vereinzelt und die damit zusammenhängenden Qualifikationsanforderungen bisher lediglich geringfügig verändert“ (Windelband 2014, S. 152) haben, weiterhin gültig ist. Es liegen somit kaum Erkenntnisse vor, in welche Richtung sich die Qualifikations- und Kompetenzanforderungen entwickeln werden:<sup>46</sup> Dementsprechend „wird [es] daher zu einer empirischen Frage, welche neuen Anforderungen an die Beschäftigten gestellt werden“ (Ahrens 2016a, S. 46).

<sup>46</sup> Auch wenn die benötigten (Schlüssel-)Qualifikationen derzeit noch nicht definiert werden können, geht eine IAB-Studie davon aus, dass keine neuen Berufsbilder entstehen müssen: „Grundsätzliche neue Kompetenzen oder Tätigkeiten, die auf neue Berufsbilder hinauslaufen würden, sind [...] jedoch nicht zu erwarten.“ (Wolter et al. 2015, S. 15)

Die Einflussfaktoren sind zahlreich: Neben der Wirtschafts- und Arbeitsmarktlage, unternehmenskulturellen Faktoren oder Produkteigenschaften gilt es, insbesondere die Dimensionen des soziotechnischen Systems zu beachten: Das Setzen auf Technik (Automatisierungsszenario) steigert nicht nur meist die Komplexität, sondern vergisst zudem den „grundsätzlich sozialen und kooperativen Charakter von Arbeit, welcher nicht in deren Automatisierbarkeit aufgeht“ (Holtgrewe et al. 2015, S. 20); erst das Zusammenspiel der drei Dimensionen Technik, Organisation und Mensch, so zeigen historische Beispiele (vgl. z. B. Menez et al. 2016; Brandt 2017), stabilisiere Arbeitssysteme: „Vielmehr müssen technische Innovationen in soziale Prozesse eingebettet und ‚eingebaut‘ werden, und erst diese komplementären sozialen und organisatorischen Innovationen brächten sozio-technische Systeme zum Laufen.“ (Holtgrewe et al. 2015, S. 20)

## 5 Qualifikations- und Kompetenzentwicklung

Die Notwendigkeit, dass angesichts der – derzeit nicht eindeutig bestimmbar – Veränderungen durch Industrie 4.0 die Beschäftigten qualifiziert werden müssen bzw. sich selbstorganisiert qualifizieren müssen, ist unbestritten. Die jeweilige Ausgestaltung der Qualifizierungsmaßnahmen wird nicht durch die angestoßenen Veränderungsprozesse determiniert: Hier eröffnen sich Spielräume, um auf jeweils spezifische Rahmenbedingungen eingehen zu können, sodass sich eine Vielzahl möglicher Qualifizierungsformen ergibt (vgl. Kapitel 3.4).

In diesem Kapitel wird die Weiterbildung fokussiert auf Unternehmen bzw. Betriebe sowie einzelne Beschäftigte; außen vor bleiben demzufolge etwa Weiterbildungsanbieter oder Hochschulen mit ihren Angeboten (berufsbegleitendes Studium, Erwachsenenbildung etc.) (vgl. Spöttl et al. 2016, S. 93-100). Die Betriebe sind quasi der ‚natürliche Ort‘ für die Organisation und Durchführung von Personalentwicklungs- und speziell Qualifizierungsmaßnahmen; im Betrieb wird definiert, auf welche neuen Anforderungen reagiert werden muss, wie diese in welcher Form von wem zu erfüllen sind und – nicht zuletzt – wie hoch die Kosten sein dürfen.

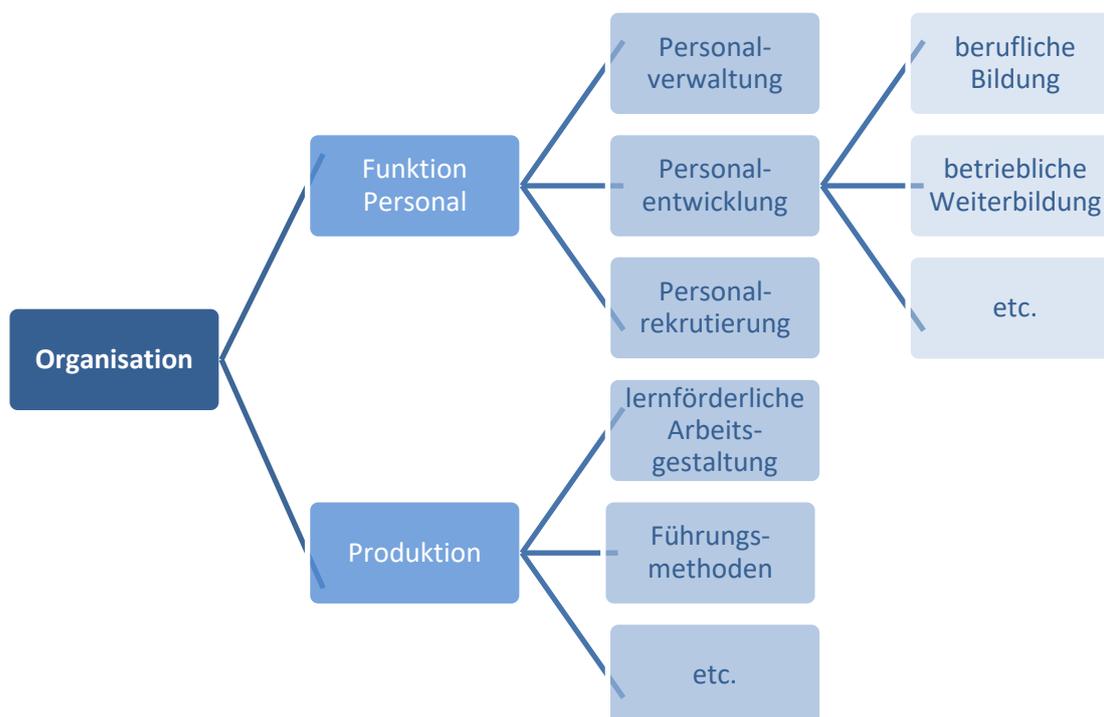
Dabei teilen sich in den Unternehmen – zumindest in der Theorie – die Personalentwicklungs- und Qualifizierungsaufgaben zwei Bereiche (vgl. Abbildung 10): In der *Produktion* werden die Anforderungen und Bedarfe formuliert, wie viele Beschäftigte mit welchen Qualifikationen und Kompetenzen benötigt werden. Diese Bedarfe werden teilweise selbst befriedigt: Die Produktionsbereiche sorgen durch verschiedene Maßnahmen dafür, dass das Wissen der Beschäftigten stets aktuell bleibt. Dies geschieht durch sowohl formelle als auch informelle sowie nonformale Maßnahmen (vgl. Abbildung 5). Qualifikations- und Kompetenzentwicklung ist somit ein gewichtiger Part der Führungstätigkeit: Die Führungskräfte in der Produktion (auf unterschiedlichen hierarchischen Ebenen) müssen Bedarfe ermitteln und gewährleisten, dass die neuen Ziele in Bezug auf Qualifikation und Kompetenz erreicht werden, sei es durch Herstellerschulungen, durch Lernen im Prozess der Arbeit oder durch andere geeignete Lernformen.

Während in der Produktion die operative Sicht auf die Qualifikations- und Kompetenzentwicklung der Beschäftigten dominiert, ist diese in einer konzeptionellen Sicht zuvörderst eine Aufgabe u. a. des *Personalwesens*. Zu dessen Aufgaben zählen – umfänglich ausformuliert – der

„(1) Funktionsbereich Personalpolitische Konzepte (u.a. Grundsätze der Personalpolitik, Führungsgrundsätze), (2) Personalpolitische Hilfsfunktionen (u.a. Arbeitsrecht, Öffentlichkeitsarbeit), (3) Funktionsbereich Personalsysteme/-instrumente (u.a. Personalplanung, Personalentwicklung, Mitarbeiterbeurteilung), (4) Personalarbeit für unterschiedliche Mitarbeitergruppen (u.a. Ausbildung, Weiterbildung, Personalverwaltung), (5) Pflege und Ausbau der Arbeitgeber-Arbeitnehmer-Beziehungen (u.a. Betriebsrat, Aufsichtsrat), (6) Sozialwesen (u.a. Werksarzt, Betriebskrankenkasse), (7) Allgemeine Dienste (u. a. Werksicherheit, Kantine)“ (Surrey 2007, S. 216).

Für die kommenden Ausführungen sind speziell die Felder (3) und (4) relevant.

**Abbildung 10: Struktur und Aufgaben betrieblicher Personalpolitik**



Quelle: eigene Darstellung

Nachfolgend wird in Kapitel 5.1 zunächst die Weiterbildungssituation in Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes analysiert, bevor in Kapitel 5.2 vertieft auf die bevorzugten Lehr- und Lernformen in Industrieunternehmen eingegangen wird. In Kapitel 5.3. wird geprüft, inwieweit neue, IT-gestützte Lernformen zukünftig eine größere Rolle spielen werden; das Kapitel 5 wird ein Zwischenfazit (Kapitel 5.4) beschließen. Die Ausführungen des Kapitels werden zeigen, dass zum einen derzeit noch klassische Lehrangebote dominieren und zum anderen arbeitsimmanente und -gebundene Lernformen für die Qualifizierung der Produktionsbeschäftigten an Bedeutung gewinnen werden.

### 5.1 Zur Lage der Weiterbildung in der Industrie

Die seit vielen Jahren öffentlich geführte Debatte sowie die vielfältigen betrieblichen Herausforderungen etwa durch Globalisierung oder Digitalisierung haben zu einer Steigerung der Weiterbildungsaktivitäten geführt – und zwar sowohl auf Unternehmens- als auch auf Beschäftigtenebene.

#### *Beschäftigte*

Die Teilnahme an betrieblicher Weiterbildung unter den Erwerbstätigen stieg von 40 Prozent (2007) auf 49 Prozent (2014) an; im Gegenzug hat jedoch die individuell berufsbezogene Weiterbildung von 14 Prozent auf neun Prozent abgenommen (vgl. Autorengruppe Bildungsberichterstattung 2016, S. 306).<sup>47</sup> Die Zunahme betrieblicher Weiterbildung im betrachteten Zeitraum gilt auch bei der Differenzierung nach beruflichem Ausbildungsabschluss: In allen vier Kategorien sind Zuwächse zu verzeichnen; es ist aber ebenfalls festzustellen, dass die Weiterbildungsteilnahme mit höheren Abschlüssen steigt: Erwerbstätige mit Fachhoch-/Hochschulabschluss haben 2014 zu 56 Prozent an Weiterbildungsmaßnahmen teilgenommen (Meister\_innen und Fachschulabsolvent\_innen sogar zu 61 Prozent), während Erwerbstätige ohne beruflichen Abschluss sich nur zu 37 Prozent weiterbildeten (vgl. Autorengruppe Bildungsberichterstattung 2016, S. 306; vgl. Bauer et al. 2007). Ähnlich sieht es bei den aufgewendeten Stunden pro Jahr für Weiterbildung aus: Je höher der Berufsabschluss, desto mehr Stunden Weiterbildung wurden absolviert (vgl. Autorengruppe Bildungsberichterstattung 2016, S. 307).

Laut den Daten des IAB-Betriebspanels liegt die Weiterbildungsbeteiligung der Beschäftigten im Vergleich zur Bildungsberichterstattung insgesamt deutlich niedriger: Für 2014 wird ein Wert von 34 Prozent angegeben, der bis 2016 leicht auf 35 Prozent steigt, also nur jede\_r dritte\_r Beschäftigte profitiert von Weiterbildung. Zum Vergleichsjahr 2007 ist auch nach den IAB-Zahlen eine deutliche Steigerung von 22 Prozent auf 35 Prozent zu vermerken (vgl. IAB 2017, S. 2). Aber nicht nur diese Entwicklung ist vergleichbar, auch die Unterschiede bei der Weiterbildungsbeteiligung zwischen den Qualifikationsniveaus sind im IAB-Betriebspanel nachzuzeichnen: Qualifizierte Beschäftigte wiesen 2016 eine Weiterbildungsquote von 44 Prozent auf, Beschäftigte in Einfacharbeit indes nur eine Quote von 20 Prozent (vgl. IAB 2017, S. 2; ähnlich DIE 2017; vgl. schon Büchter 1997, S. 421). Allerdings unterscheiden sich die Ergebnisse des Fraunhofer ISI hiervon: Demnach sind es interessanterweise die Hochschulabsolvent\_innen, die in KMU am wenigsten von Weiterbildung profitieren (vgl. Güth et al. 2018, S. 38).

Die Beschäftigten bestätigen die aus ihrer Sicht unzureichenden Angebote: Eine Umfrage der IG Metall aus dem Jahr 2013 ergab, dass knapp 56 Prozent der Beschäftigten angeben, dass ihnen der Betrieb keine ausreichenden Möglichkeiten zur Weiterbildung anbietet; lediglich 9,6 Prozent

---

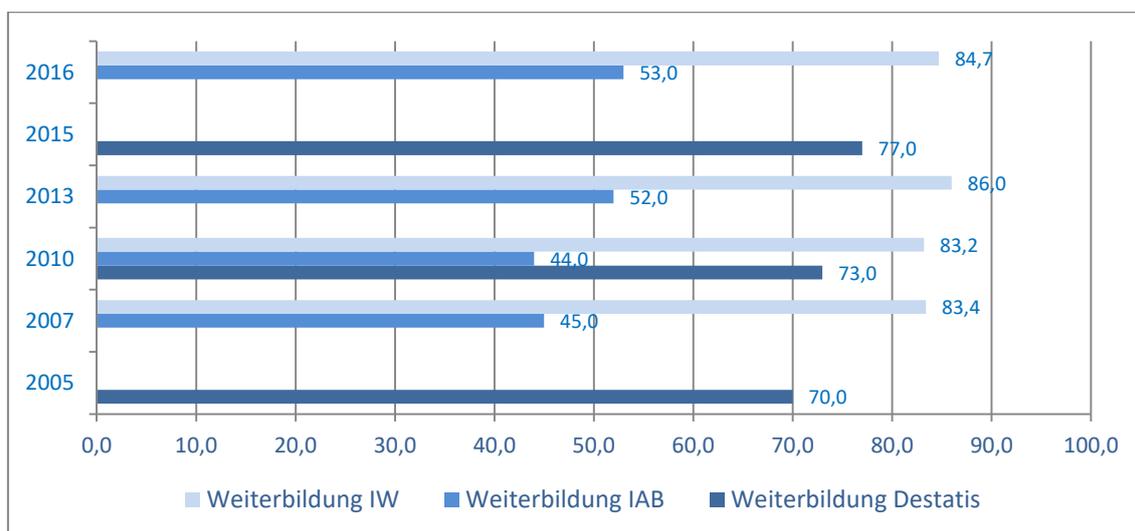
<sup>47</sup> Die Werte für die Teilnahme an betrieblicher Weiterbildung ist laut den Daten des Statistisches Bundesamtes für 2015 mit 45 Prozent vergleichbar (vgl. Statistisches Bundesamt 2017, S. 21).

der Befragten sind ‚voll und ganz‘ mit dem betrieblichen Angebot zufrieden (vgl. Pfeiffer et al. 2016b, S. 45).

### Unternehmen

Ein hohes Niveau der Weiterbildungsbeteiligung bei Unternehmen bestätigt die neunte IW-Weiterbildungserhebung (vgl. Seyda/Placke 2017), aufgrund derer knapp 85 Prozent der befragten Unternehmen Weiterbildungsmaßnahmen durchgeführt haben. Im Unterschied zu diesen Ergebnissen liegen die Werte des IAB-Betriebspanels deutlich niedriger und die des Statistischen Bundesamtes etwas niedriger (vgl. Abbildung 11).<sup>48</sup> Trotz dieser Unterschiedlichkeit ist bei beiden Erhebungen erkennbar, dass sich das Niveau stabilisiert hat; zwischen 2013 und 2016 sind die Differenzen in den einzelnen Erhebungen eher gering.

**Abbildung 11: Weiterbildungsbeteiligung nach Unternehmen bzw. Betrieben, 2005 bis 2016 (in Prozent)**



Quelle: eigene Darstellung (nach Seyda/Placke 2017, S. 5; IAB 2017, S. 1; Statistisches Bundesamt 2017, S. 20)

Filtert man bei den IAB-Daten die Industriebranchen heraus, zeigt sich, dass deren Weiterbildungsbeteiligung im Jahr 2016 meist unterhalb des Durchschnittswerts liegt: In der Produktionsgüterindustrie liegt der Wert bei 53 Prozent, während er etwa in der Verbrauchsgüterindustrie nur bei 34 Prozent liegt (vgl. IAB 2017, S. 1).<sup>49</sup>

<sup>48</sup> Auf die Diskussion zur Erklärung dieser Unterschiede sei hier verzichtet (vgl. Seyda/Placke 2017, S. 6).

<sup>49</sup> In den Dienstleistungsbranchen liegen insbesondere der Öffentliche Dienst, aber auch beispielsweise die Finanz- und Versicherungsbranche oder die Bereiche Erziehung und Unterricht sowie das Gesundheits- und Sozialwesen mit Beteiligungsquoten von teilweise über 80 Prozent wesentlich höher als die Industriebranchen (vgl. IAB 2017, S. 1).

Jenseits der Branchenzugehörigkeit ist die Betriebsgröße ein weiteres zentrales Kriterium zur Bestimmung der Weiterbildungsbeteiligung. Die IW-Weiterbildungserhebung zeigt, dass Unternehmen über 250 Beschäftigte 2016 zu fast 100 Prozent Weiterbildungsmaßnahmen durchführten; in der Betriebsgrößenklasse 50 bis 249 Beschäftigte waren es etwa 98 Prozent, während in den Kleinbetrieben bis 49 Mitarbeiter\_innen der Wert auf ca. 84 Prozent sank (vgl. Seyda/Placke 2017, S. 7). Etwas ältere Daten vom IAB-Betriebspanel bestätigen diese Unterschiede: Demnach boten 2014 97 Prozent der Betriebe mit über 250 Beschäftigten, 91 Prozent der Betriebe mit 50 bis 249 Beschäftigten, 70 Prozent der Betriebe mit zehn bis 49 Beschäftigten sowie 44 Prozent der Betriebe mit einem bis neun Beschäftigten Weiterbildung an (vgl. Janssen/Leber 2015, S. 2; mit vergleichbaren Werten Statistisches Bundesamt 2017, S. 24) (vgl. Tabelle 17).

**Tabelle 17: Weiterbildungsbeteiligung nach Betriebsgröße (in Prozent)**

	IAB-Betriebspanel (2014)	Statistisches Bundes- amt (2015) <sup>50</sup>	IW-Weiterbildungser- hebung (2016)
<b>1 bis 9 Beschäftigte</b>	44,0	(68,5)	84,1
<b>10 bis 49 Beschäftigte</b>	70,0	(78,1)	
<b>50 bis 249 Beschäftigte</b>	91,0	87,3	97,9
<b>&gt; 250 Beschäftigte</b>	97,0	97,9 bis 100,0	99,3
<b>Durchschnitt</b>	54,0	77,3	

Quelle: eigene Darstellung (nach Janssen/Leber 2015, S. 2; Statistisches Bundesamt 2017, S. 24; Seyda/Placke 2017, S. 7)

Interessant ist der vom IAB ermittelte Durchschnittswert: Demnach investierten nur knapp die Hälfte der Unternehmen in Weiterbildung, was – wenig überraschend – auf die Kleinst- und Kleinbetriebe bis 49 Beschäftigte zurückzuführen ist. Das bestätigt im Grundsatz auch der höhere Wert des Statistischen Bundesamts: Aufgrund einer anderen Betriebsgrößenklassifizierung fallen die Kleinstbetriebe bis neun Beschäftigten – und damit ein erheblicher Anteil weiterbildungsferner Unternehmen – weg, sodass durchschnittlich ca. 77 Prozent der Unternehmen ab zehn Beschäftigten Weiterbildung anboten (vgl. Statistisches Bundesamt 2017, S. 24). Angesichts dieser Zahlen ist der hohe Wert für Kleinbetriebe in der IW-Weiterbildungserhebung umso erstaunlicher.<sup>51</sup>

<sup>50</sup> Das Statistische Bundesamt arbeitet mit anderen Betriebsgrößenklassen: 10 bis 19 Beschäftigte, 20 bis 49 Beschäftigte, 50 bis 249 Beschäftigte, 250 bis 499 Beschäftigte, 500 bis 999 Beschäftigte sowie über 1.000 Beschäftigte (vgl. Statistisches Bundesamt 2017, S. 23).

<sup>51</sup> Die oben angeführten Erklärungsversuche der IW-Forscherinnen dürften nur begrenzt greifen, da in dieser Betriebsgrößenklasse die Unterscheidung zwischen ‚Betrieb‘ (vgl. IAB-Betriebspanel) und ‚Unternehmen‘ (vgl. IW-Weiterbildungserhebung) vernachlässigbar sein dürfte (vgl. Seyda/Placke 2017, S. 4).

Beschäftigten sich Unternehmen intensiv mit Automatisierungs- und Digitalisierungstechnologien, engagieren sie sich deutlich mehr in der betrieblichen Weiterbildung als Unternehmen, die eine mittlere oder geringe Intensität beim Einsatz von Automatisierungs- und Digitalisierungstechnologien aufweisen (vgl. Tabelle 18). Das lässt sich als ein Indiz für die Bestätigung der Vermutung lesen, dass eine hohe Technologieintensität in den Unternehmen für eine höher qualifizierte Belegschaft spricht, sodass demzufolge Unternehmen, die die Digitalisierung als strategischen Pfad für sich auserkoren haben, mehr in Weiterbildung investieren (müssen).

Resümiert man die statistischen Daten zur betrieblichen Weiterbildung, dann zeigt sich, dass – selbst angesichts der geringeren Werte des IAB-Betriebspanels – die Situation der betrieblichen Weiterbildung so schlecht nicht sein kann. Nach dem IAB-Betriebspanel bieten über 90 Prozent der Unternehmen ab 50 Beschäftigten und immerhin noch 70 Prozent der Unternehmen ab zehn Beschäftigten Weiterbildung an. Gleichwohl wird beredt Klage über die unzureichenden Weiterbildungsaktivitäten in den Unternehmen, insbesondere mit Blick auf KMU, geführt: „Nicht nur die Häufigkeit von Weiterbildungsmaßnahmen, sondern auch die Qualität sei häufig verbesserungswürdig, denn es mangle oft an vorausschauender und systematischer Personalentwicklung und zielgerichteten Maßnahmen.“ (Mesaros et al. 2009, S. 23)

**Tabelle 18: Weiterbildungsbeteiligung der Betriebe nach der [...], 2016 (in Prozent)**

	sehr intensiv/intensiv	mittlere Intensität	wenig bis überhaupt nicht
<b>[...] Intensität der Beschäftigung mit Automatisierungs-/Digitalisierungstechnologien</b>	71	60	41
	sehr großes/großes	mittleres Einsatzpotenzial	geringes bis überhaupt keines
<b>[...] Einschätzung des Einsatzpotenzials von Automatisierungs-/Digitalisierungstechnologien</b>	70	51	49
	sehr gut/gut	mittel	schlecht bis sehr schlecht
<b>[...] Einschätzung der Ausstattung im Vergleich zu anderen Betrieben der Branche</b>	71	57	40

Quelle: eigene Darstellung (nach IAB 2017, S. 4)

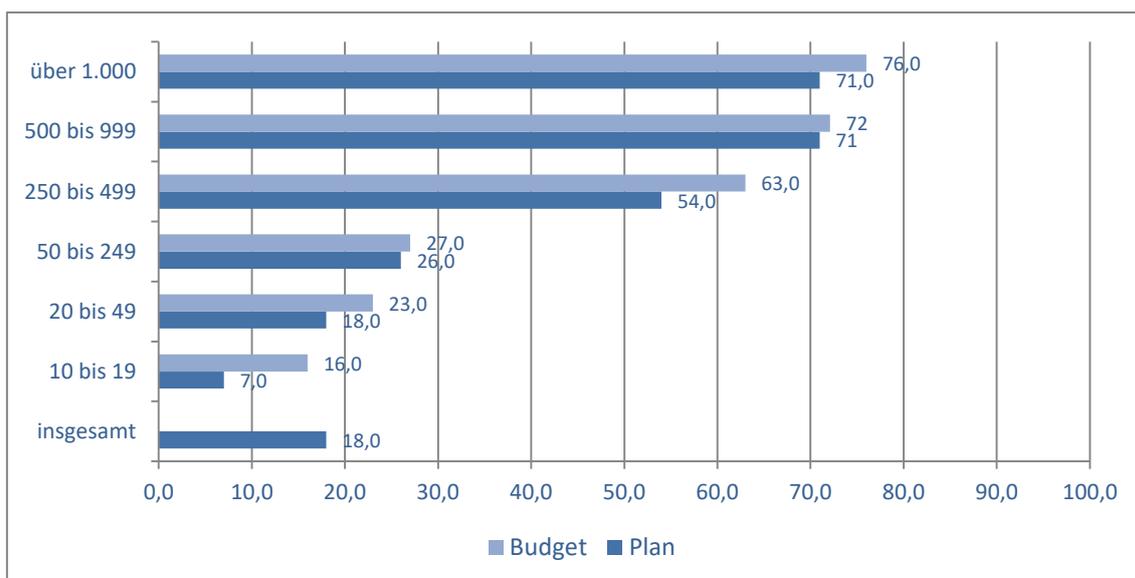
Wie lassen sich die Differenzen zwischen der statistisch positiven Lage und der Unternehmenswirklichkeit auflösen? Verschiedene Erklärungsansätze sind zu nennen:

- Die pure Existenz betrieblicher Weiterbildung in den Unternehmen sagt weder etwas über deren Qualität noch über die Quantität oder die kontinuierliche Anpassung an betriebspezifische Veränderungen der betrieblichen Weiterbildungsangebote.
- Ein erstes Kriterium für gute Personalentwicklung bzw. betriebliches Kompetenzmanagement ist das *Schaffen von Strukturen*, wie beispielsweise Personal als strategischen Wettbewerbsfaktor zu sehen und in die Strategieplanung des Unternehmens zu integrieren oder die Qualifizierung der Belegschaft mit geeigneten Instrumenten zu planen:

„Betriebliches Kompetenzmanagement geht als Kernaufgabe wissensorientierter Unternehmensführung über das traditionelle Verständnis von Aus- und Weiterbildung hinaus, indem Lernen, Selbstorganisation, Nutzung und Vermarktung der Kompetenzen integriert werden. Kompetenzmanagement ist eine Managementdisziplin mit der Aufgabe, Kompetenzen zu beschreiben, transparent zu machen sowie den Transfer, die Nutzung und Entwicklung der Kompetenzen, orientiert an den persönlichen Zielen des Mitarbeiters sowie den Zielen der Unternehmung, sicherzustellen.“ (North et al. 2013, S. 22)

Die Betrachtung von Unternehmen, die einen Weiterbildungsplan aufgestellt oder ein Budget eingeplant haben, zeigt, dass der Anteil der Unternehmen mit Plan oder Budget deutlich unter den Werten für Unternehmen mit Weiterbildungsangeboten liegt (vgl. Abbildung 12): Demnach haben nicht einmal alle Großunternehmen mit über 1.000 Beschäftigten eine institutionalisierte Weiterbildungsplanung, von den kleinen bis mittleren Unternehmen sind es nur jedes vierte oder gar nur jedes fünfte Unternehmen; insgesamt etwas höher liegen die Werte für ein vorhandenes Jahresbudget für Weiterbildung.

**Abbildung 12: Unternehmen mit Weiterbildungsplan oder -programm und Jahresbudget nach Beschäftigtengrößenklassen, 2015 (in Prozent)**



Quelle: eigene Darstellung (nach Statistisches Bundesamt 2017, S. 54)

Ein weiteres Indiz für die betriebliche Relevanz von Personalentwicklung bzw. Weiterbildung ist das Einrichten von Funktionsbereichen oder das Benennen verantwortlicher Personen. Die Daten des Statistischen Bundesamtes zeigen, dass bei Betriebsgrößen ab 250 Beschäftigten eine Personalabteilung oder explizite Personalverantwortung Standard ist, während das in den Betriebsgrößenklassen darunter nicht die Regel ist und diese Aufgaben vermutlich von den Geschäftsinhaber\_innen oder -führer\_innen ‚auch noch mit gemacht‘ werden (vgl. Statistisches Bundesamt 2017, S. 55).

Dementsprechend verwundert es nicht, dass knapp 50 Prozent der nicht forschungintensiven KMU kein Instrument strategischer Kompetenzentwicklung bzw. maximal ein solches Instrument nutzen, wie eine Untersuchung des Fraunhofer ISI ergab (vgl. Abel et al. 2016; Güth et al. 2018). Auch in dieser Studie bestätigt sich, dass technologieintensivere Unternehmen, hier im Sinne von höherer Forschungsintensität, mehr in Weiterbildung investieren.

Zu guter Letzt soll das Beispiel Qualifizierungsmatrix als Instrument der Qualifizierungsplanung angeführt werden (vgl. Abel/Wagner 2017): Auch ohne belastbare Daten ist davon auszugehen, dass in vielen Unternehmen Qualifizierungsmatrizen geführt werden, da sie Voraussetzung für die Auditierung sind. Gleichwohl sind diese Qualifizierungsmatrizen wenig aussagekräftig: „Bisher war jeder Auditor zufrieden, dass ich überhaupt eine Übersicht habe, wie die Qualifikationen bei meinem Personal aussehen.“ (Meister Automatisierungstechnik) Diese vermutlich typische Aussage ist weit entfernt von der Intention einer Qualifizierungsmatrix als einem Instrument der Personalentwicklung.

- In besonderem Maße, das zeigen die Statistiken ebenfalls, gibt es in den *kleinen und mittleren Unternehmen* Optimierungsbedarf bei der Personalentwicklung; dieses Problem wird seit vielen Jahren ausgiebig diskutiert, ohne dass trotz aller Vorschläge eine tiefgreifende Veränderung in den KMU stattgefunden hat (vgl. Behringer et al. o. J., S. 160).

Schon vor über 20 Jahren konstatierte Büchter in Bezug auf die Personalpolitik in KMU eine „Politik des ‚muddling-through‘, wobei im ganzen Qualifizierung eine Residualkategorie im Vergleich zu anderen betrieblichen Fragen oder Ressorts darstellt“ (Büchter 1997, S. 420-421). Dieses ‚Durchwurschteln‘ ist eine Reaktion auf vielfältige Probleme und Herausforderungen, mit denen KMU zu kämpfen haben. Eine Hauptursache für die geringen Weiterbildungsaktivitäten sind die im Vergleich zu den Großunternehmen geringeren Ressourcen – und zwar in verschiedenerlei Hinsicht: Es fehlen vielfach die finanziellen Ressourcen, zudem hapert es an den personellen Ressourcen, da es kaum Hauptverantwortliche für dieses Themenfeld gibt; damit zusammen hängen Defizite im Know-how der zuständigen Personen im Unternehmen, die das Thema Personal nebenbei mitverwalten (vgl. Mesaros et al. 2009, S. 23; Kailer/Falter 2006, S. 11, S. 26-27).

Hinzu kommt, dass in manchen Unternehmen eine ‚Lernkultur‘<sup>52</sup> fehlt: Beschäftigte werden als Kostenfaktor betrachtet und nicht als zentrale Voraussetzung für die eigene Wettbewerbsfähigkeit, dementsprechend hat das Personalwesen nur einen geringen Stellenwert (vgl. Mesaros et al. 2009, S. 23; Büchter 1997, S. 421; vgl. als Überblick Arbeitsgemeinschaft Betriebliche Weiterbildungsforschung e. V./Projekt Qualifikations-Entwicklungs-Management 2001). Unter Umständen verschärft sich die Situation, weil eine „eher skeptische Grundhaltung der Leitungsebene gegenüber [...] Weiterbildung“ (Kailer/Falter 2006, S. 26) existiert.

Ein weiterer Problemkomplex sind organisatorische Aspekte: Der Ausfall von sich weiterbildenden Beschäftigten, das „Stellvertreterproblem“ (Kailer/Falter 2006, S. 25), ist in KMU wesentlich schwieriger zu kompensieren als in größeren Unternehmen (vgl. Mesaros et al. 2009, S. 23, S. 32) – das betrifft sowohl die benötigte Qualifikation als auch die Kapazität. Außerdem stehen KMU ständig unter dem Druck der „Dominanz des Tagesgeschäfts“ (Kailer/Falter 2006, S. 25; vgl. Rupp/Wessels 2001, S. 6); Qualifizierungsmaßnahmen wurden nicht durchgeführt, „weil wir Tagesgeschäft hatten“ (Meister Automatisierungstechnik).

Die Folge ist, dass KMU erst „handeln, wenn akuter Handlungsbedarf besteht“ (Mesaros et al. 2009, S. 23) und dann in der Regel „ad hoc initiierte Maßnahmen“ (Kailer/Falter 2006, S. 25) dominieren: „Oft sind es aber relativ kurzfristige Sachen.“ (Abteilungsleiter Metallbetrieb) „Dann steht da einer und sagt: ‚An der [Maschine] war ich noch nie, die kann ich gar nicht.‘ ‚Was?‘ Der ist schon 15 Jahre da, da hat keiner daran gedacht, dass der noch nie an der [...] Da sagt er: ‚Weißt du was, das stellen wir jetzt mal ab. Wir rotieren jetzt mal durch.‘“ (Inhaber Metallbetrieb)

Zieht man ein Zwischenresümee aus den Ausführungen zur Situation von Personalentwicklung und Weiterbildung in den Industrieunternehmen, lässt sich zunächst festhalten, dass in quantitativer Hinsicht das Themenfeld betrieblicher Weiterbildung bei den größeren und großen Unternehmen sehr gut bearbeitet wird. In fast allen größeren Unternehmen gibt es entsprechende Strukturen, Personalentwicklung ist formell auf Dauer gestellt. Etwas anders sieht es bei den KMU aus: Hier scheint – zumindest ‚auf dem Papier‘ – ein erheblicher Nachholbedarf zu existieren; allerdings darf nicht übersehen werden, dass die in KMU vielfach existierenden informellen Strukturen auch bei der Personalentwicklung und Weiterbildung existieren, sodass auf dem ‚kurzen Dienstweg‘ manches umgesetzt wird, was nicht in der Statistik auftaucht. Unabhängig von

---

<sup>52</sup> „Mehr denn je sind klein- und mittelständische Unternehmen (KMU) auf ihre Innovationsfähigkeit und produktiven Strukturen angewiesen. Dies setzt einen hohen Kompetenzstand sowie entsprechende Leistungspotenziale der Mitarbeiter und Führungskräfte voraus. Über solche Human-Ressourcen zu verfügen, sie zu rekrutieren und zu erhalten, spiegelt sich in der Lernkultur eines Unternehmens wider. Lernkultur in diesem Sinne umfasst die Gesamtheit der Wertvorstellungen, Denkmuster, Handlungsweisen und Rahmenbedingungen einer Organisation und ihrer Mitglieder hinsichtlich der Förderung von Lernen und Entwicklung von Kompetenzen.“ (Schmidt-Rathjens 2017, S. 4)

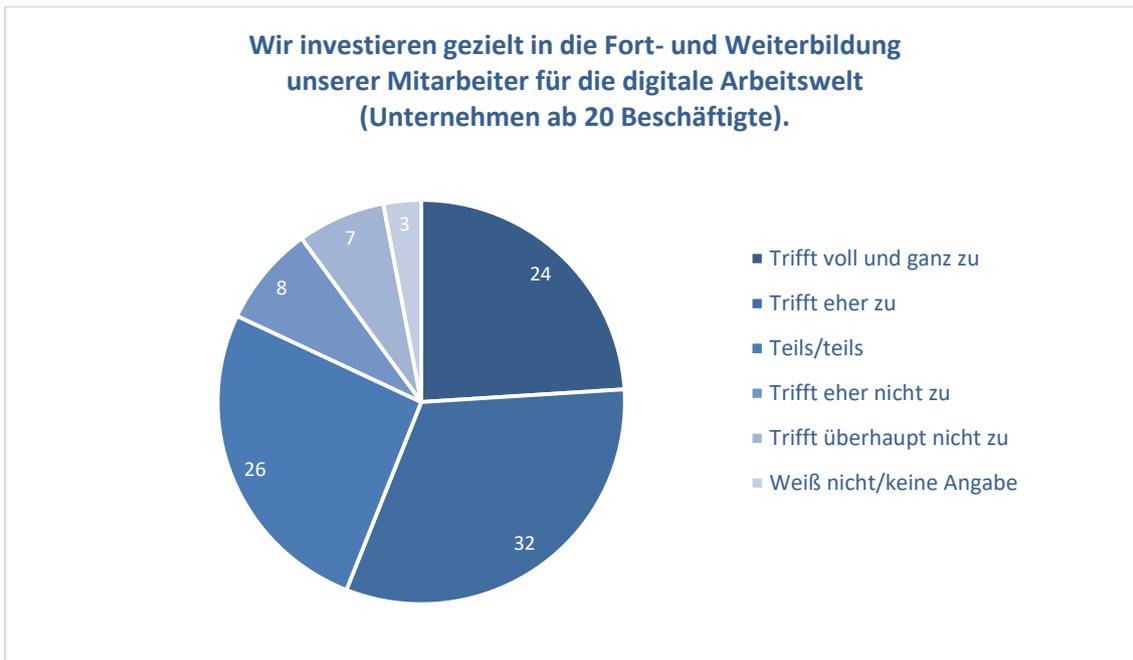
der Betriebsgröße ist die selektive Nutzung von Weiterbildungsmaßnahmen bemerkenswert: Etwas vereinfacht formuliert, profitieren höher qualifizierte Beschäftigte häufiger von Weiterbildungsmaßnahmen als geringer qualifizierte Beschäftigte. Es zeigt sich ein

„deutliches Gefälle: Bei den Arbeitern werden nur 18% der Ungelernten in betriebliche Bildungsmaßnahmen einbezogen, bei den Angelernten sind es 29% und bei den Facharbeitern mit einer abgeschlossenen Berufsausbildung (einschließlich Meister und Techniker) 41%. Damit liegen aber selbst die am besten qualifizierten Arbeiter noch deutlich unter dem Gesamtdurchschnitt aller abhängig Beschäftigten.“ (Behringer et al. 2013, S. 157)

Es ist sicherlich unstrittig, dass gerade in KMU ein Nachholbedarf bei Personalentwicklung und Weiterbildung etwa im Sinne einer Verstetigung, des Aufbaus einer Lernkultur (vgl. Mühlbradt et al. 2015) oder der Auswahl von Beschäftigten für Qualifizierung existiert, was dazu führen kann, dass der „Weiterbildungsbedarf häufiger als in größeren Unternehmen nicht erkannt wird“ (Seyda/Placke 2017, S. 14). Dennoch ist die Situation nicht über Gebühr zu dramatisieren. Neue Anforderungen an Beschäftigte, die Qualifizierung bedingen, sind auch in KMU gang und gäbe: Es wird in neue Maschinen und Anlagen investiert, neue Maschinensteuerungen müssen erlernt werden oder neue Produkte erfordern veränderte Prozesse. Diese Herausforderungen und deren Lösung sind auch für KMU nicht ungewohnt.

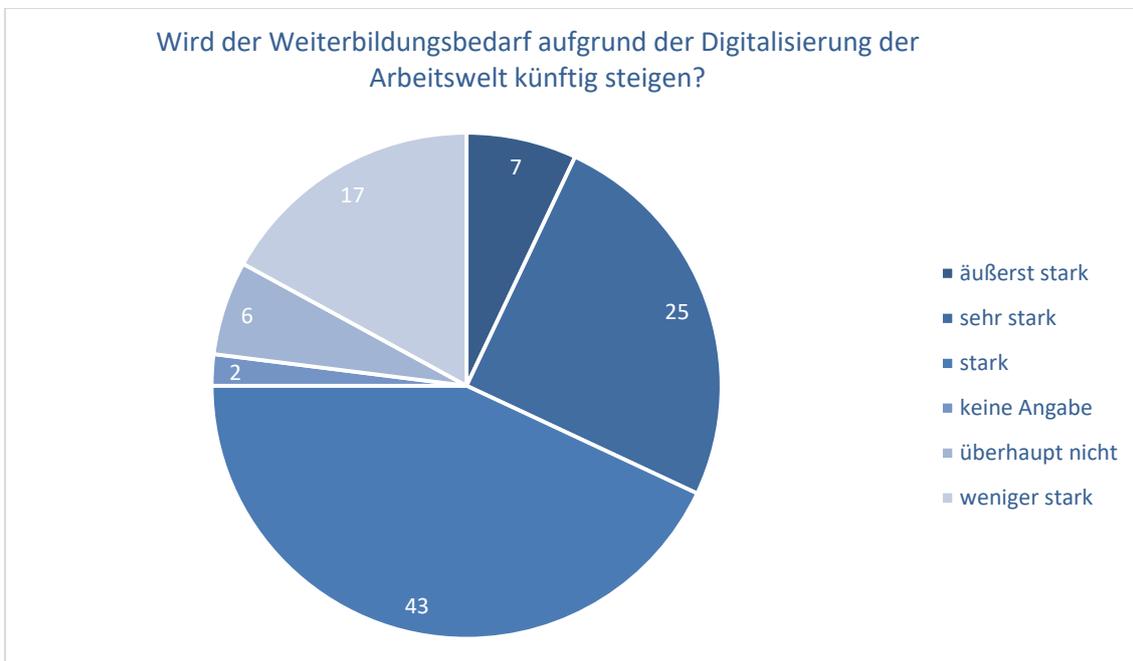
Gleichwohl ist zu bedenken, dass „betriebliches Lernen vor neuen Herausforderungen [steht]“ (Gloystein/Pletz 2017, S. 49); die Frage ist, ob das bisherige Vorgehen auch unter den Bedingungen von Industrie 4.0 funktionieren wird: „Anpassungsqualifizierungen allein reichen nicht mehr aus, genauso wenig wie isolierte Einzelmaßnahmen.“ (Gloystein/Pletz 2017, S. 49) Vor diesem Hintergrund ist fraglich, ob die 56 Prozent der Unternehmen, die laut eigener Aussage gezielt die Beschäftigten in Bezug auf Digitalisierung weiterbilden (Antwortmöglichkeiten *trifft voll und ganz zu* und *trifft eher zu*), noch zu wenige sind (vgl. Abbildung 13).

Abbildung 13: Weiterbildung für die digitale Arbeitswelt, 2017 (n = 505; in Prozent)



Quelle: eigene Darstellung (nach Bitkom Research 2017b, S. 31)

Abbildung 14: Anstieg des Weiterbildungsbedarfs für die digitale Arbeitswelt, 2016 (n = 300; in Prozent)



Quelle: eigene Darstellung (nach SGD 2016, S. 6)

Während die zitierten Bitkom-Daten noch optimistisch stimmen, sehen die Werte einer acatech-Studie aus dem Jahre 2016 weniger günstig aus: „Lediglich in 23,1 Prozent der deutschen Firmen sind spezifische Aus- und Weiterbildungsprogramme für die Industrie 4.0 vorhanden – der Anteil

spezifischer Angebote ist dabei in großen Unternehmen mit 31,5 Prozent deutlich höher als in KMU mit 17,2 Prozent.“ (acatech 2016b, S. 16) Für viele Personalverantwortliche ist indes unstrittig, dass zukünftig die Qualifizierungsnotwendigkeiten stark steigen werden (vgl. Abbildung 14).

Die Zahlen bestätigen somit in Bezug auf Industrie-4.0-spezifische Weiterbildung die bekannten Phänomene. Im folgenden Kapitel 5.2 soll untersucht werden, inwieweit sich insbesondere die Lehr- und Lernformen verändert und auf Industrie-4.0-Anforderungen ausgerichtet haben.

## 5.2 Lehr- und Lernformen in Industrieunternehmen

In diesem Kapitel werden die Lehr- und Lernformen ausführlicher betrachtet. Glaubt man den Prognosen über die Entwicklung der Qualifikationen und Kompetenzen, müssten die Anforderungen an die extrafunktionalen Qualifikationen bzw. Kompetenzen steigen, während die Bedeutung fachlicher Qualifikationen – mit Ausnahme einschlägiger IT-Kenntnisse – eher stagniert (vgl. Kapitel 4); dieser Wandel sollte sich in den Qualifizierungsstrategien der Unternehmen niederschlagen. Die damit zusammenhängende Frage, ob sich demzufolge auch die Lehr- und Lernformen in den Unternehmen verändern, wird im weiteren Verlauf diskutiert: Passen die bisher favorisierten Maßnahmen weiterhin für die neuen Anforderungen? Oder ist eine Verschiebung der Anteile zwischen formalen, nonformalen und informellen Lernformen zu beobachten?

In Kapitel 3.4 wurde zwischen drei Formen betrieblicher Weiterbildung unterschieden: formalisiert, nonformal und informell (vgl. Abbildung 5). Aufgrund der disparaten Lage in der einschlägigen, qualifizierungsbezogenen Literatur werden nachfolgend zur Vereinfachung die nonformale und die informelle Weiterbildung zusammengefasst und die Unterscheidung von formeller und informeller Weiterbildung fokussiert (vgl. Gloystein/Pletz 2017, S. 46). Erstere sind „Lernformen, denen ein allgemein anerkanntes Curriculum zugrunde liegt und die z.B. über Bildungsträger organisiert und gesteuert werden“, während letztere „alle nicht formell organisierten Aktivitäten, die einem beruflichen Lernziel dienen und die oft arbeitsplatznah geplant und umgesetzt werden“, umfassen (Gloystein/Pletz 2017, S. 46; vgl. Tabelle 7).

In der aktuellen Debatte wird immer wieder darauf verwiesen, dass traditionelle Lernorte und -formen für die Entwicklung Industrie-4.0-spezifischer Qualifikationen und Kompetenzen nicht mehr adäquat seien:

„Die Qualifizierung wird in zunehmendem Maße an den Arbeitsplatz verlagert: Daten über die konkrete Arbeitssituation, den einzelnen Arbeitsschritt, die jeweilige Arbeitsaufgabe und Zielstellung, über eingesetzte Arbeitsmittel und Werkzeuge ermöglichen die Verbindung individueller Qualifizierung mit der realen Arbeitsplatzsituation („Kontextualisierung“).“ (Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech 2015, S. 108)

„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.“ (Hartmann 2017a, S. 26)

Damit werden eine Abkehr von den formellen, vielfach extern durchgeführten Weiterbildungsmaßnahmen und eine Hinwendung zu arbeitsimmanenten und -gebundenen, nicht formellen Lernformen propagiert.

### *Arbeitsimmanentes Lernen*

Nach Jäckel et al. lassen sich – in Abhängigkeit von der Gestaltung des Lernens als individuelles, angeleitetes oder kooperatives Lernen – unterschiedliche Weiterbildungsmaßnahmen dem arbeitsimmanenten Lernen zuordnen (vgl. Jäckel et al. 2006; vgl. zudem Tabelle 7). Die – gerade im Kontext von Industrie 4.0 – intensiv diskutierte *Lernförderlichkeit der Arbeit* bzw. das *Lernen im Prozess der Arbeit* sind prominente Beispiele für arbeitsimmanentes Lernen (vgl. Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech 2015, S. 109; als Überblick vgl. Mühlbradt 2014; Mühlbradt et al. 2018), aber kaum weniger bekannt sind Begriffe wie Learning-by-Doing, Jobrotation (vgl. z. B. Senderek 2018, S. 100) oder Arbeitsanweisungen.<sup>53</sup>

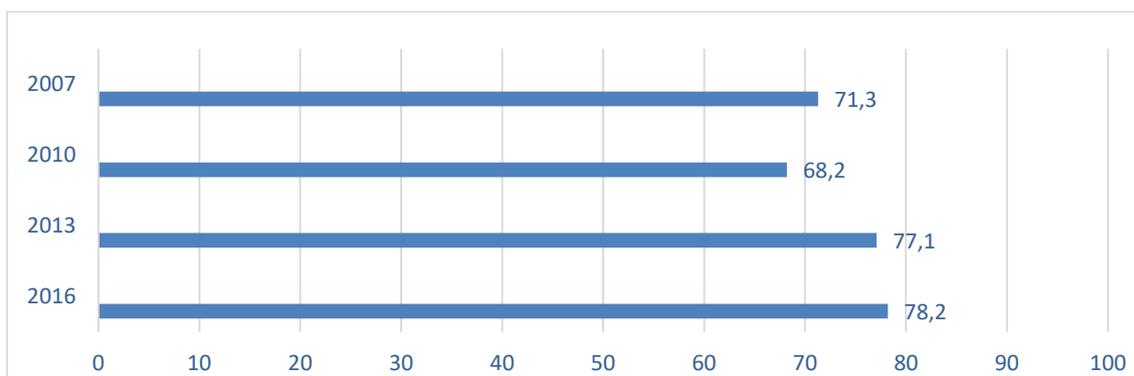
Das Lernen im Prozess der Arbeit spielt in Unternehmen eine große Rolle. Drei von vier Unternehmen greifen auf diese Lernform zurück (vgl. Abbildung 15). Nach dem Rückgang 2010 stieg der Wert wieder deutlich um ca. neun Prozentpunkte auf etwa 77 Prozent (2013), um bis 2016 nochmals leicht zuzulegen. Eine ebenfalls vom Institut der deutschen Wirtschaft durchgeführte Untersuchung aus dem Jahr 2014 zeigt jedoch, dass von der Lernförderlichkeit der Großteil der Beschäftigten nur in jedem vierten Unternehmen (23,3 Prozent) in größerem Umfang profitiert; in 33,3 Prozent der Betriebe haben nur ausgewählte Beschäftigte etwas davon, in über zehn Prozent der Unternehmen ist das Lernen im Prozess der Arbeit noch in der Planungsphase (10,6 Prozent) (Hammermann/Stettes 2015, S. 38).

Eine Umfrage des Fraunhofer IAO bestätigt im Grundsatz die Daten des Instituts der deutschen Wirtschaft: Demnach spielt die ‚Kompetenzentwicklung im Arbeitsprozess‘ für die befragten Personalverantwortlichen und Beschäftigten in der Mehrzahl der Unternehmensbereiche schon heute eine große Rolle (vgl. Fraunhofer IAO 2016, S. 11) und wird zukünftig noch wichtiger werden (vgl. Weisbecker 2016, S. 48; Fraunhofer IAO 2016, S. 13).

---

<sup>53</sup> Die diskutierten Lernformen sind nicht neu: „Nun kann man einwenden, das sei doch alter Wein in neuen Schläuchen – wenn man die Grundprinzipien der Organisationsentwicklung ernst nimmt, dann scheint hier Lernförderliche Arbeitsgestaltung ja Programm zu sein. Aber manchmal lohnt es sich auch alten Wein neu abzufüllen – wenn er wirklich gut ist und: Eine Vielzahl der Forderungen aus der Organisationsentwicklung und auch aus dem Programm Humanisierung der Arbeit wurden eben nicht in der Breite erfüllt. Auch stehen wir vor neuen Herausforderungen (insb. [...] voranschreitender Digitalisierung und Informatisierung).“ (Elbe 2015, S. 1)

**Abbildung 15: Lernen im Prozess der Arbeit, 2007 bis 2016 (Anteil der Unternehmen in Prozent)**



Quelle: eigene Darstellung (nach Seyda/Placke 2017, S. 5)

Durch lernförderliche Arbeitsgestaltung lässt sich, so die Hoffnung, der rasche Wandel in den Anforderungen besser auffangen als etwa durch formale Weiterbildungsangebote. Doch es gilt Folgendes zu bedenken:

„Danach gewinnt der Arbeitsplatz bzw. der Betrieb als Lernort an Bedeutung, um auf veränderte Arbeitsbedingungen zu reagieren und die Beschäftigungsfähigkeit der Fachkräfte zu erhalten und zu sichern. Auch wenn diesbezüglich bspw. von ‚Lernen im Arbeitsprozess‘ oder von ‚arbeitsplatzgebundenen Lernen‘ die Rede ist, kann die Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz nicht ausschließlich aufgrund der Konfrontation mit der Arbeitsrealität erfolgen. Vielmehr bedarf es geeigneter Rahmenbedingungen, um Lernprozesse in der Arbeit zu ermöglichen. In der Konsequenz sind die Arbeitsplätze der Fachkräfte in Bezug auf ihre lern- und kompetenzförderliche Gestaltung auf den Prüfstand zu stellen. Ob allein durch das selbstorganisierte Lernen der Fachkräfte im Arbeitsprozess eine Entwicklung der Persönlichkeit erfolgen kann, um den arbeitsplatzspezifischen Anforderungen infolge von Industrie 4.0-Anwendungen gerecht werden zu können, kann ausgehend von der aktuellen Kenntnislage nicht abschließend beantwortet werden.“ (Spöttl et al. 2016, S. 106-107)

*Jobrotation* ist insbesondere seit den 1970er- und 1980er Jahren ein probates Mittel, Arbeit abwechslungsreicher zu gestalten und Lernprozesse zu fördern. Aus Unternehmenssicht ist bei Jobrotation insbesondere der Flexibilitätsaspekt entscheidend: Beschäftigte lassen sich bei Bedarf (Urlaub, Krankheit, Auftragschwankungen etc.) schnell auf andere Arbeitsplätze versetzen. Umso erstaunlicher ist der im Vergleich zu anderen Personalentwicklungsinstrumenten niedrige Wert, den Unternehmen für Jobrotation angeben: In nur 8,1 Prozent der befragten Unternehmen wird Jobrotation für den Großteil der Beschäftigten genutzt, in 16,4 Prozent für ausgewählte Beschäftigte und 9,5 Prozent planen die Einführung von Jobrotation (vgl. Hammermann/Stettes 2015, S. 38). Die geringe Verbreitung überrascht insofern, als Jobrotation geeignet ist, um verschiedene Qualifizierungsziele zu erreichen wie den Aufbau von Erfahrungswissen, die Förderung von handwerklichem Geschick sowie der Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit oder von Onlinekompetenzen (vgl. Hammermann/Stettes 2015, S. 52).

Zu bedenken sind die Probleme in der praktischen Umsetzung von Jobrotation. Zum einen fehlt die Zeit, gerade angesichts der momentanen hohen Auftragslage: „Eigentlich soll das Ziel sein,

dass ich innerhalb kürzester Zeit bei uns in der Anlage Leuten beibringen kann, wie sie sie umbauen, wie sie sie bedienen, weil feste Standards da sind.“ Aber der Auftragsdruck ist zu hoch: „Da müssen wir uns die Zeit halt schon nehmen, um die Leute zu qualifizieren.“ (Meister Automatisierungstechnik) Ein zweites Problem ist eine unzureichende Planung bzw. zu ambitionierte Erwartungen: „Wenn man alles will und versucht zu lernen, man lernt nie was richtig. [...] Die konnten zwar alle bedienen, aber keine richtig.“ (Vorarbeiter Metallbetrieb)

*Einarbeitungsprogramme* oder Unterweisungen durch Vorgesetzte und Kolleg\_innen sind zentrale Instrumente in der betrieblichen Personalentwicklung in der Produktion. Dieses Procedere kann stärker (Einarbeitungsplan als Laufzettel, ‚Prüfungen‘ etc.) oder weniger stark formalisiert sein: Auf jeden Fall ist die Einarbeitung für Personalverantwortliche und Beschäftigte derzeit ein unverzichtbares Instrument (vgl. Fraunhofer IAO 2016, S. 11), dessen Bedeutung zukünftig sogar noch stark steigen wird (vgl. Weisbecker 2016, S. 48). Teilweise werden zentrale Einarbeitungsprogramme erstellt, teilweise werden die Einarbeitungsroutinen dezentral in den Produktionsbereichen entwickelt;<sup>54</sup> vielfach werden mehr oder weniger ausgefeilte Patensysteme eingesetzt: Die Vorgesetzten entscheiden, wer wen einarbeitet: „Ich kenne ja meine Mitarbeiter. Ich weiß, wer was schneller versteht [...]“ (Teamleiter Automatisierungstechnik) In diesen Zusammenhang gehört ebenfalls das gegenseitige Unterstützen der Beschäftigten bei Problemen: „Das entsteht automatisch. Je länger man arbeitet, desto mehr sind da Leute, wo weniger erfahren sind als ich, also kommen sie bei dir, holen sich Hilfe oder Infos und dann steigert sich das.“ (Vorarbeiter Metallbetrieb) Dieses ‚automatische Entstehen‘ mag ein Grund dafür sein, dass Beschäftigte und Personalverantwortliche den ‚kollegialen Austausch‘ sowohl derzeit als auch in Zukunft nur im Mittelfeld der relevanten Maßnahmen sehen (vgl. Fraunhofer IAO 2016, S. 11; Weisbecker 2016, S. 48).

Umso verwunderlicher ist es, wenn in Studien davon gesprochen wird, dass im Zuge des Internets der Dinge „Qualifizierung in zunehmendem Maße an den Arbeitsplatz verlagert [wird]“ (Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech 2015, S. 109) und es sich anbietet, „unerfahrene Mitarbeiter von erfahrenen Mitarbeitern durch eine Art Coaching zu unterstützen“ (Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech 2015, S. 109). Diese Form der Qualifizierung ist insbesondere in KMU seit jeher gang und gäbe und kann unter Umständen durch Digitalisierungstechniken wie Assistenzsysteme optimiert (oder gar ersetzt) werden.

### *Arbeitsgebundenes Lernen*

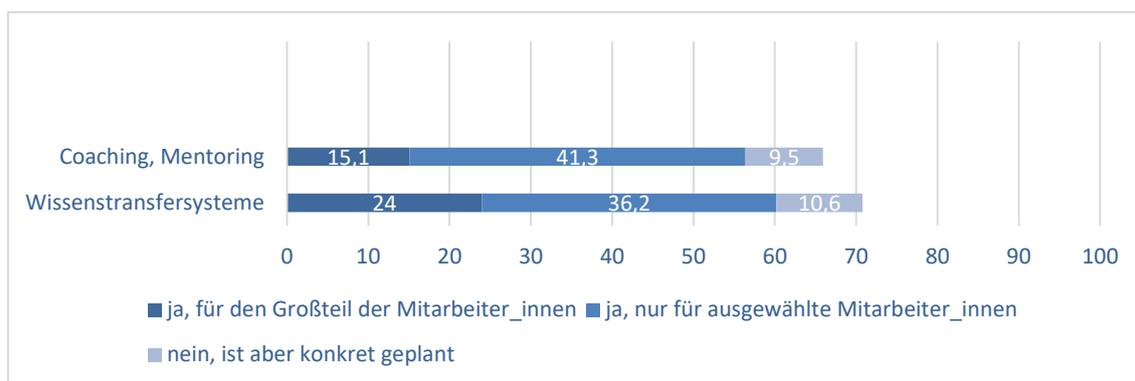
Die Maßnahmen beim arbeitsgebundenen Lernen finden außerhalb des Arbeitsprozesses statt: *Interne Schulungen und Workshops* beispielsweise resultieren zwar aus produktionsbedingten

---

<sup>54</sup> Der Metallbetrieb ist hierfür ein Beispiel: Der Inhaber will keine festgeschriebenen Einarbeitungs- bzw. Anlernprozesse: „Will ich auch gar nicht, der eine lernt schnell, der andere lernt nicht so schnell.“ (Inhaber Metallbetrieb) Hinzu kommt, dass immer wieder Dinge vermittelt werden müssen, die sich nicht „nach Lehrplan abhaken“ (Inhaber Metallbetrieb) lassen. Zudem können die jeweiligen Verantwortlichen bedarfsgerecht entscheiden, ob es sinnvoll ist, einzelne Beschäftigte noch weiter zu qualifizieren (etwa zum bzw. zur Einrichter\_in) oder es bei einem bestimmten Stand zu belassen.

neuen Anforderungen, doch werden die Beschäftigten für die Qualifizierung aus dem Arbeitsprozess herausgezogen. Ein zweites großes Feld sind stärker auf Führungskräfte bezogene Maßnahmen wie *Coachings oder Führungskräftetrainings*, die auf die Entwicklung klassischer sogenannter *Soft Skills* abzielen wie Planungs- und Organisationsfähigkeit oder Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit (vgl. Hammermann/Stettes 2015, S. 52). Diese Maßnahmen betreffen – wie es nahe liegt – vorrangig bestimmte Personengruppen im Unternehmen, weswegen die Anteile in der Kategorie *ja, nur für ausgewählte Mitarbeiter\_innen* am höchsten liegen (vgl. Abbildung 16).

**Abbildung 16: Ausgewählte Instrumente der Personalentwicklung, 2014 (Anteil der Unternehmen in Prozent mit jeweiligem Instrument)**

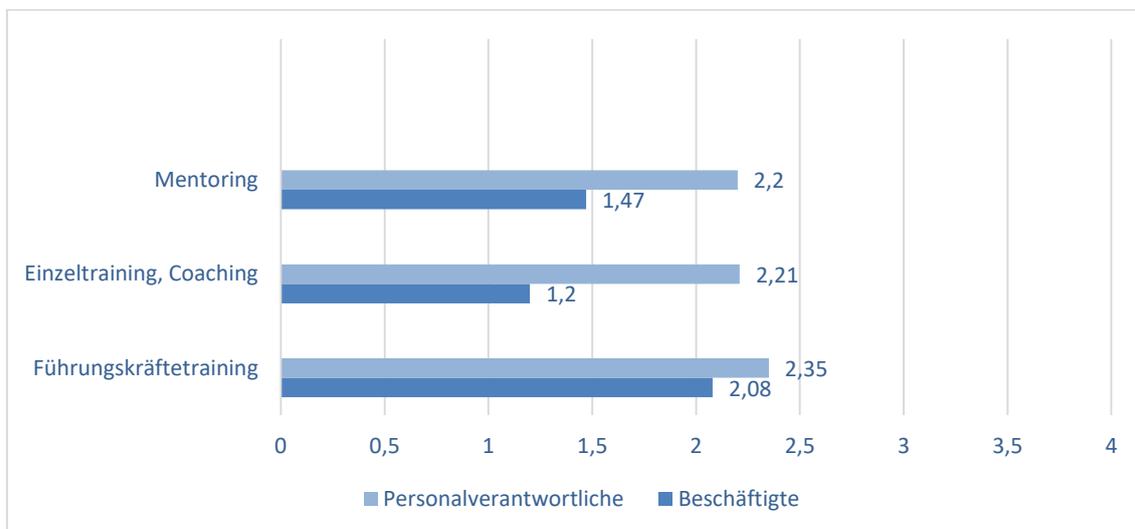


Quelle: eigene Darstellung (nach Hammermann/Stettes 2015, S. 38)

Personalverantwortliche sehen – im Unterschied zu den Beschäftigten – diese Maßnahmen offenbar schon ausreichend in den bestehenden betrieblichen Personalentwicklungsstrategien (vgl. Abbildung 17) verankert; zumindest sehen sie keinen großen Bedarf für die Zukunft, diese noch weiter auszubauen (vgl. Abbildung 18).

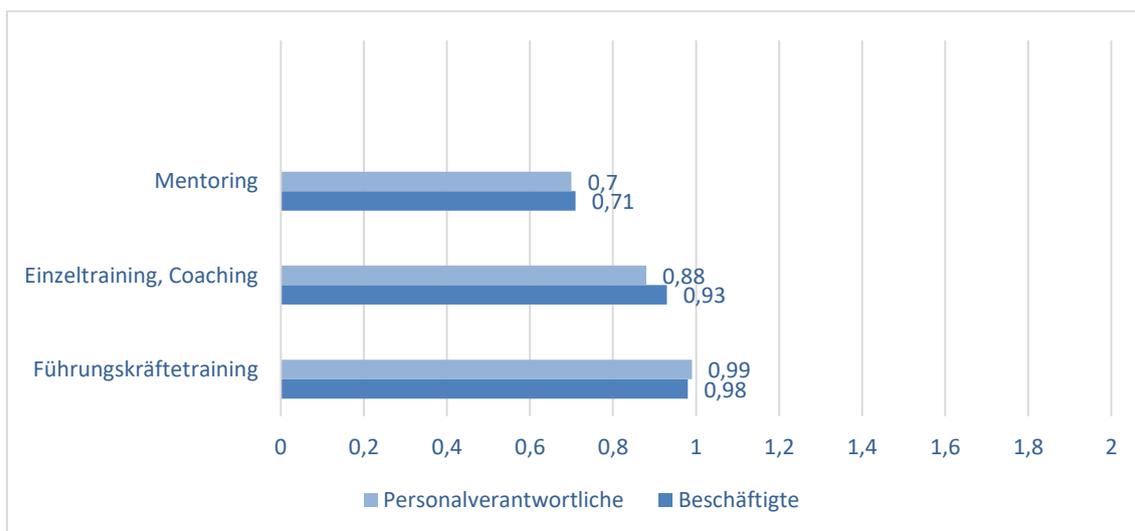
In den beiden Fallstudienbetrieben zeigten sich bei diesen Maßnahmen die zu erwartenden Unterschiede zwischen Großunternehmen und KMU. In dem Großunternehmen werden für Führungskräfte mehrwöchige, zertifizierte Schulungen im eigenen Lernzentrum durchgeführt, bei denen ‚von allem‘ etwas gelehrt wurde mit Schwerpunkt auf Personalführung, „wie man Mitarbeiter behandelt“: „Jeder Mensch ist anders [...] man muss sich auf jeden Mitarbeiter einzeln einlassen. [...] Das hat man dann schon gelernt durch die verschiedenen Methodiken, wo es gibt.“ (Teamleiter Automatisierungstechnik) In dem KMU sind die Vorgaben eher vage und werden von den einzelnen Führungskräften individuell interpretiert: „Ich glaube, die wissen auch schon alle, was unser Chef unter ‚Umgang mit Mitarbeitern‘ versteht.“ (Abteilungsleiter Metallbetrieb) Während die direkte Führung der Mitarbeiter\_innen in das Benehmen der Führungskräfte gelegt wird, wird die Berufung von Führungskräften (Karrierewege) geplanter angegangen: „Von daher werden die Positionen schon diskutiert“ (Abteilungsleiter Metallbetrieb), „inwieweit einzelne Mitarbeiter in Zukunft in unterschiedliche Richtungen gefördert“ (Produktionsleiter Metallbetrieb) werden können.

Abbildung 17: Maßnahmen zur Kompetenzentwicklung – heute, 2016<sup>55</sup>



Quelle: eigene Darstellung (nach Fraunhofer IAO 2016, S. 11)

Abbildung 18: Maßnahmen zur Kompetenzentwicklung – zukünftig, 2016<sup>56</sup>



Quelle: eigene Darstellung (nach Weisbecker 2016, S. 48-49)

Die geringe Beschäftigung mit dem Thema Führungsschulungen, Mentoring etc. in den KMU erklärt sich u. a. aus den gewachsenen Strukturen in Familienbetrieben, wie folgendes Zitat des Inhabers des Metallbetriebs zeigt: „Das Thema Mitarbeiterführung als Chef – null. Das hatte ich

<sup>55</sup> Die Frage in der Untersuchung lautet: *Welche Maßnahmen zur Kompetenzentwicklung setzen Unternehmen heute bereits ein?* „Die Skala umfasst die Werte 0 (wird gar nicht genutzt) bis 4 (wird unternehmensweit genutzt). Es werden die Mittelwerte dargestellt; N = 165“ (Fraunhofer IAO, S. 11).

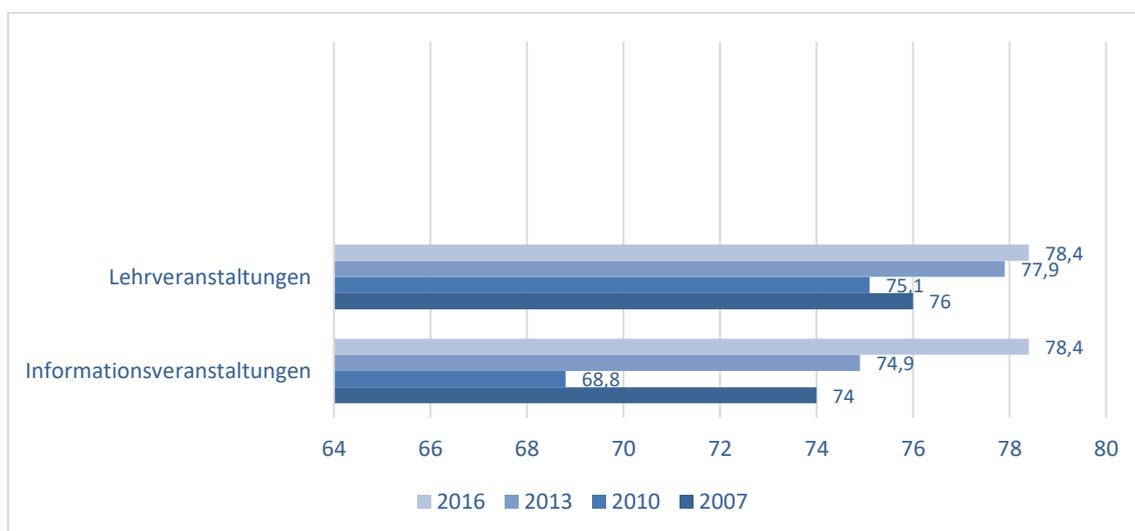
<sup>56</sup> Die Frage in der Untersuchung lautet: *„Einschätzung der zukünftigen Bedeutung zur Kompetenzentwicklung“*. „Die Skala umfasst die Werte -2 (wird stark an Bedeutung abnehmen) bis 2 (wird stark an Bedeutung zunehmen). Es werden die Mittelwerte dargestellt.“ n = 101 (Weisbecker 2016, S. 48-49).

ja noch nie irgendwie auf dem Plan. Mein Vater, die haben das einfach gemacht. Und die haben das auf ihre Art gemacht und das war gut.“ (Inhaber Metallbetrieb) Diese Einstellung ist weiterhin verbreitet, was immer wieder dazu führt, dass Führungskräfte falsch ausgewählt werden: Meist wird der bzw. die beste Facharbeiter\_in zum bzw. zur Vorgesetzten gekürt, ohne darauf zu achten, dass notwendige Führungsqualitäten vorhanden sind;<sup>57</sup> gleichwohl lässt sich vermuten, dass in den KMU mit Generationswechseln in den Geschäftsführungen eine Veränderung eingetreten ist.

Zu den arbeitsgebundenen, aber auch zu den arbeitsbezogenen Maßnahmen zählen *Workshops, Seminare oder Lehrveranstaltungen*, sozusagen die klassischen Lehrformen mit den Kennzeichen, dass sie außerhalb der regulären Arbeit stattfinden, von einem bzw. einer Moderator\_in, Lehrer\_in etc. geleitet werden sowie auf Interaktion und bestimmte Themen fokussiert sind.

Insbesondere die KMU unterscheiden da nicht sonderlich zwischen unterschiedlichen Formen, sondern subsumieren alles unter dem Schlagwort *Schulungsmaßnahme*, unabhängig davon, ob diese im eigenen Hause oder bei einem bzw. einer Anbieter\_in stattfindet, weshalb nachfolgend nicht zwischen den beiden Arten differenziert wird, wie es etwa Jäckel et al. vorschlagen (vgl. Jäckel et al. 2006; vgl. zudem Tabelle 7).

**Abbildung 19: Lehr- und Informationsveranstaltungen, 2007 bis 2016 (Anteil der Unternehmen in Prozent)**



Quelle: eigene Darstellung (nach Seyda/Placke 2017, S. 5)

Die Abbildung 19 zeigt, dass die bewährten Instrumente in den Unternehmen weiterhin einen hohen Stellenwert besitzen. Sowohl für den in der betrieblichen Praxis ungewöhnlichen Begriff

<sup>57</sup> Dieses Problem ist nicht auf KMU beschränkt; auch in Großunternehmen wird durchaus nach diesem Prinzip verfahren, wie man beispielsweise bei der Besetzung von Gruppensprecher\_innen oder Teamleiter\_innen erleben konnte, die sich aus den „Leistungsträgern in den einzelnen Schichten“ (Meister Automatisierungstechnik) rekrutierten.

*Lehrveranstaltungen* als auch für die *Informationsveranstaltungen* gibt es eine hohe Zustimmung, die in beiden Fällen lediglich im Jahr 2010 zurückgeht, was sich vermutlich durch die Finanzkrise 2008/2009 erklären lässt. Zu einem vergleichbaren Ergebnis kommt eine Untersuchung des Fraunhofer IAO: *Fachspezifische Seminare* liegen mit Blick auf die betriebliche Verbreitung an zweiter Stelle (vgl. Fraunhofer IAO 2016, S. 11) und werden – trotz ihrer großen Streuung – in Zukunft noch an Bedeutung zunehmen (vgl. Weisbecker 2016, S. 48).

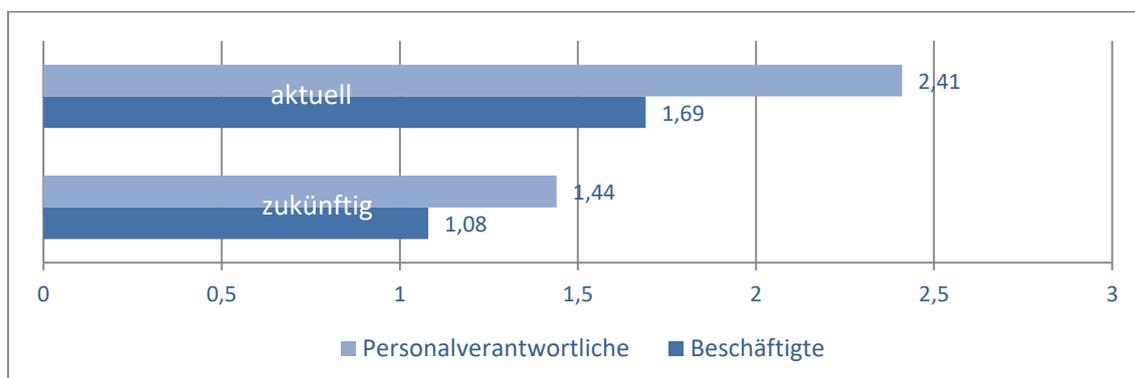
Diese große Bedeutung von Seminaren oder Workshops zeigt sich in den Interviews in dem Großunternehmen. Die Beschäftigten – zumindest im Angestelltenbereich – fühlen sich „auf jeden Fall“ (Disponentin Automatisierungstechnik) ausreichend versorgt: „Unsere komplette Abteilung nutzt das“ (Arbeitsplaner Automatisierungstechnik) Weiterbildungsangebot. Auch in dem KMU gibt es keine verbreiteten Klagen, wenngleich deutlich wird, dass hierarchisch höhergestellte Beschäftigte zufriedener mit der Weiterbildung sind als Produktionsbeschäftigte, die „nicht immer, aber ab und zu mal“ (Vorarbeiter Metallbetrieb) zur Schulung geschickt werden.

Diese Schulungen finden in unterschiedlichen Konstellationen statt: Die Beschäftigten werden außer Haus auf Herstellerschulungen geschickt, die Hersteller bieten Inhouseschulungen an, vom Hersteller geschulte Beschäftigte vermitteln ihr erlerntes Wissen im Unternehmen weiter oder betriebliche Expert\_innen entwickeln eigene Schulungen zu spezifischen Themen, für die sich auf dem Weiterbildungsmarkt kaum geeignete Angebote finden. Auch die Inhalte sind variabel und beileibe nicht nur auf Fachthemen ausgerichtet: „Es gibt auch Schulungen auf Maschinen, Steuerungsschulungen, solche Dinge.“ (Meister Automatisierungstechnik) Aber es ist kein Problem, auch mit ‚weichen Themen‘ auf die Verantwortlichen zuzugehen: „Der [Vorgesetzte] möchte auch immer, wenn irgendjemand was auf dem Herzen hat, dass man dann auf ihn zukommt.“ (Disponentin Automatisierungstechnik)

### *Arbeitsbezogenes Lernen*

Die Maßnahmen, die neben den schon behandelten externen Schulungen und Trainings zum Repertoire des arbeitsbezogenen Lernens zählen, sind insbesondere der Besuch von Fachmessen und Kongressen, das selbstorganisierte Lektürestudium oder der medial gestützte Austausch mit Kolleg\_innen (vgl. Jäckel et al. 2006, S. 20). Zu diesen komplizierter zu erhebenden Maßnahmen liegen wenig statistische Daten vor; eine Untersuchung des Fraunhofer-Instituts zeigt, dass insbesondere die Personalverantwortlichen – im Unterschied zu den befragten Beschäftigten – das *selbstorganisierte und individuelle Lernen* sowohl gegenwärtig als auch zukünftig als wesentliche Lernform ansehen (vgl. Abbildung 20). Das selbstorganisierte, individuelle Lernen scheint eher ein Phänomen bei Führungskräften zu sein: „Und der Rest ist tatsächlich aus Eigeninteresse, ich habe zwei Bücher zu Hause liegen, die ich durchgelesen habe [...]“ (Abteilungsleiter Metallbetrieb)

Abbildung 20: Bedeutung von selbstorganisiertem und individuellem Lernen, aktuell und zukünftig (n = 157)



Quelle: eigene Darstellung (nach Weisbecker 2016, S. 51-52)

Ähnliches gilt für außerhalb der Arbeitszeit besuchte Kurse oder berufliche Weiterbildungen an der Technikerschule etc.: „Das sind Sachen, die sind stark abhängig von dem, der sie anstößt. Es ist nicht so, dass irgendwo von außerhalb gesagt wird: ‚Du musst auf eine Schulung gehen.‘“ (Abteilungsleiter Metallbetrieb) Gleiches trifft auf selbst initiierte *Messe- oder Kongressbesuche* zu: Auch hier setzen die Unternehmen auf Eigeninitiative, die in Abhängigkeit vom Einzelfall unterstützt wird: „Da sieht man auch, dass da ein hohes Eigeninteresse dran ist.“ (Produktionsleiter Metallbetrieb)

Der *Austausch zwischen Kolleg\_innen* vollzieht sich in sehr unterschiedlichen Ausprägungen: Das kann vom Informationsaustausch in der Kaffeeküche oder dem Gang durch den Betrieb bis hin zu „institutionalisierten Arbeitsgruppen“ (Jäckel et al. 2006, S. 21) reichen. Gerade die informellen Begegnungen sind nicht zu unterschätzen: „Für mich persönlich ist es also immer wichtig, jedem Mitarbeiter unten im Bereich ‚Guten Morgen‘ zu sagen [...] Wir leben auch von den Informationen, die wir von denen bekommen.“ (Arbeitsplaner Automatisierungstechnik) Das gilt in diesem Beispiel sowohl für die Optimierung der Arbeitspläne als auch für die Programmierung der Maschinensteuerungen: Dass das Programm in der Simulation gut läuft, heißt nicht, dass es in der Praxis auch problemlos läuft; da merkt man, „dass man auf die Mitarbeiter vor Ort angewiesen ist“ (Arbeitsplaner Automatisierungstechnik). Ein weiteres Beispiel ist der sich zweimonatlich treffende Dispo-Arbeitskreis der Fertigungssteuer\_innen: „Da treffen sich immer alle Disponenten und da wird alles vorgestellt, was neu ist oder was neu gearbeitet wird und da kann man sich auch informieren. Bei denen, die das vorstellen, könnte man sich denn auch schulen lassen.“ (Disponentin Automatisierungstechnik)

Die gegenseitige Wissensvermittlung in stärker institutionalisierter Form findet u. a. in *altersgemischten Teams* statt, die laut der IW-Umfrage von 2014 sehr verbreitet ist: Demnach sind in 44 Prozent der befragten Unternehmen die Mehrzahl der Beschäftigten in altersgemischten Teams, immerhin noch in knapp 20 Prozent der Unternehmen arbeiten Teile der Belegschaft in diesen Gruppen, weitere 5,5 Prozent planen die Einführung altersgemischter Teams (vgl. Hammermann/Stettes 2015, S. 38). Die hohe betriebliche Verbreitung ist nicht ohne Grund, denn

„altersgemischte Teams und eine lernförderliche Arbeitsumgebung [stellen] [...] geeignete Instrumente für die digitale Arbeitswelt dar. Beide Instrumente erlauben den Erhalt und den Aufbau der erforderlichen Fertigkeiten und Fähigkeiten im beruflichen Kontext. Die Beschäftigten können dabei ihr Lerntempo an die eigenen Bedürfnisse und die betrieblichen Bedingungen anpassen, ihre eigenen beruflichen Erfahrungen unmittelbar in den Lernprozess einbringen und das neue Wissen auf seine Verwendbarkeit im Arbeitsalltag überprüfen. Altersgemischte Teams können auch den optimalen Einsatz unterschiedlicher Talente und Wissensstände begünstigen, wenn erfahrene Mitarbeiter mit einem ausgereiften beruflichen und betrieblichen Erfahrungswissen mit jungen Kollegen zusammenarbeiten, deren fachliches Know-how auf dem neuesten Stand ist.“ (Hammermann/Stettes 2015, S. 46; für ein positives Unternehmensbeispiel vgl. SICK AG/Reindl 2010).

Diese Ergebnisse sollten jedoch mit Vorsicht betrachtet werden: Team- oder Gruppenarbeit ist generell zu einem wichtigen Aushängeschild von Unternehmen geworden; dabei hat in vielen Fällen die praktizierte Gruppenarbeit wenig mit dem ehemals emphatischen Anspruch teilautonomer Gruppenarbeit zu tun (vgl. Lay 2017). Immer wieder werden Beschäftigte, die in einer Schicht oder an einer Montagelinie arbeiten, schon als Team oder Gruppe tituliert, ohne die entsprechenden Spezifika aufzuweisen (Selbstorganisation, Gruppengespräche und -sprecher\_innen, Ganzheitlichkeit etc.) (vgl. Abel/Ittermann 2014); diese Gefahr besteht ebenfalls bei altersgemischten Teams. Denn auch diese sind nicht voraussetzungslos: Ausbalancierte Teamstruktur, alter(n)sgerechte Arbeitsgestaltung oder zeitliche Freiräume gehören u. a. dazu (vgl. Wegge 2016); sind die Voraussetzungen nicht gegeben, sind Konflikte vorprogrammiert.

Die Ausführungen haben gezeigt, dass die traditionellen Formen der Weiterbildung in den Unternehmen einen hohen Stellenwert haben. Auch wenn Lehrformen wie Seminare oder Informationsveranstaltungen weiterhin stark verbreitet sind, gewinnen arbeitsplatznahe Lehr- und Lernformen zunehmend an Boden: So ist beispielsweise das ‚Lernen am Arbeitsplatz‘ in den letzten zehn Jahren um gut sieben Prozentpunkte gestiegen:

„Um den raschen technischen Veränderungsprozessen und der damit einhergehenden Wissensdynamik nicht nur unter den aktuellen Eindrücken, sondern auch zukünftig gerecht zu werden, erscheinen formale berufliche Weiterbildungskonzepte nur in bestimmten Fällen geeignet, um die spezifischen Lernbedarfe ziel- und adressatengenau abzudecken. Entsprechend erklärt sich der Stellenwert des non-formalen und informellen Lernens, das sich durch die Nähe zur Arbeitspraxis auszeichnet. Danach gewinnt der Arbeitsplatz bzw. der Betrieb als Lernort an Bedeutung, um auf veränderte Arbeitsbedingungen zu reagieren und die Beschäftigungsfähigkeit der Fachkräfte zu erhalten und zu sichern.“ (Spöttl et al. 2016, S. 106)

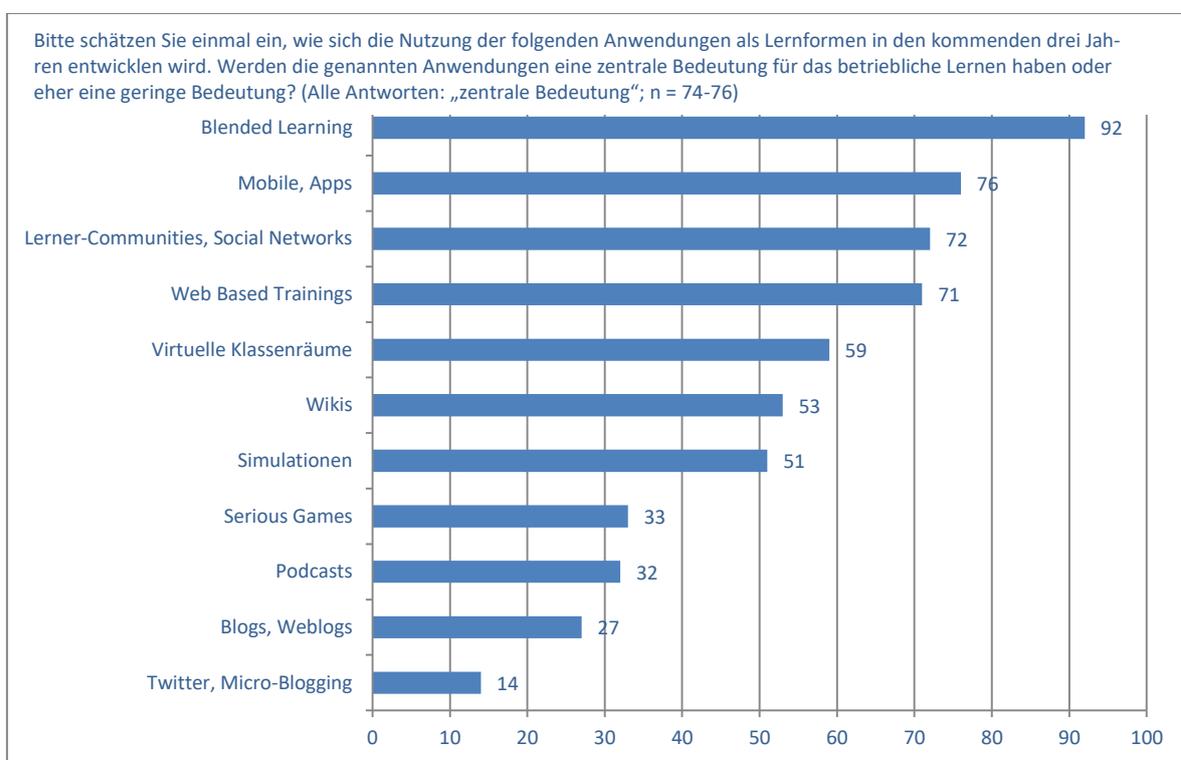
Insbesondere in KMU gelten arbeitsplatznahe Qualifizierungsmaßnahmen als probates Mittel, bestimmte organisatorische Probleme zu umgehen. Aber es gilt bei aller Begeisterung für die Verknüpfung von Arbeiten und Lernen, das ‚Kind nicht mit dem Bade auszuschütten‘: Spöttl et al. weisen zu Recht darauf hin, dass „die Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz nicht ausschließlich aufgrund der Konfrontation mit der Arbeitsrealität erfolgen“ (Spöttl et al. 2016, S. 106) kann, sodass eine jeweils spezifisch zu definierende Kombination zwischen formalen, informellen und nonformalen Lehrformen zu entwickeln ist.

### 5.3 Neue Formen des Lernens

„Eine erfolgreiche Qualifizierung für Industrie 4.0 lässt sich nicht allein über die ‚traditionellen‘ Aus- und Weiterbildungsformate wie beispielsweise Präsenzveranstaltungen erreichen. Sie ist zudem verstärkt auf neue digitale Formate angewiesen, welche die Beschäftigten zielgruppen- und bedarfsspezifisch adressieren.“ (acatech 2016c, S. 5)

„Überhaupt scheint es bei den Befragten eine auffällig große Hoffnung in Bezug auf digitale Lernangebote zu geben: Immerhin 39,9 % sehen eLearning-Angebote – ob betrieblicher oder überbetrieblicher Art – als einen wichtigen Weg, fachliche Anforderungen durch Industrie 4.0 zu vermitteln.“ (Pfeiffer et al. 2016a, S. 120)

**Abbildung 21: Stellenwert digitaler Lernformen in den nächsten drei Jahren, 2011 (n = 74-76; in Prozent)**



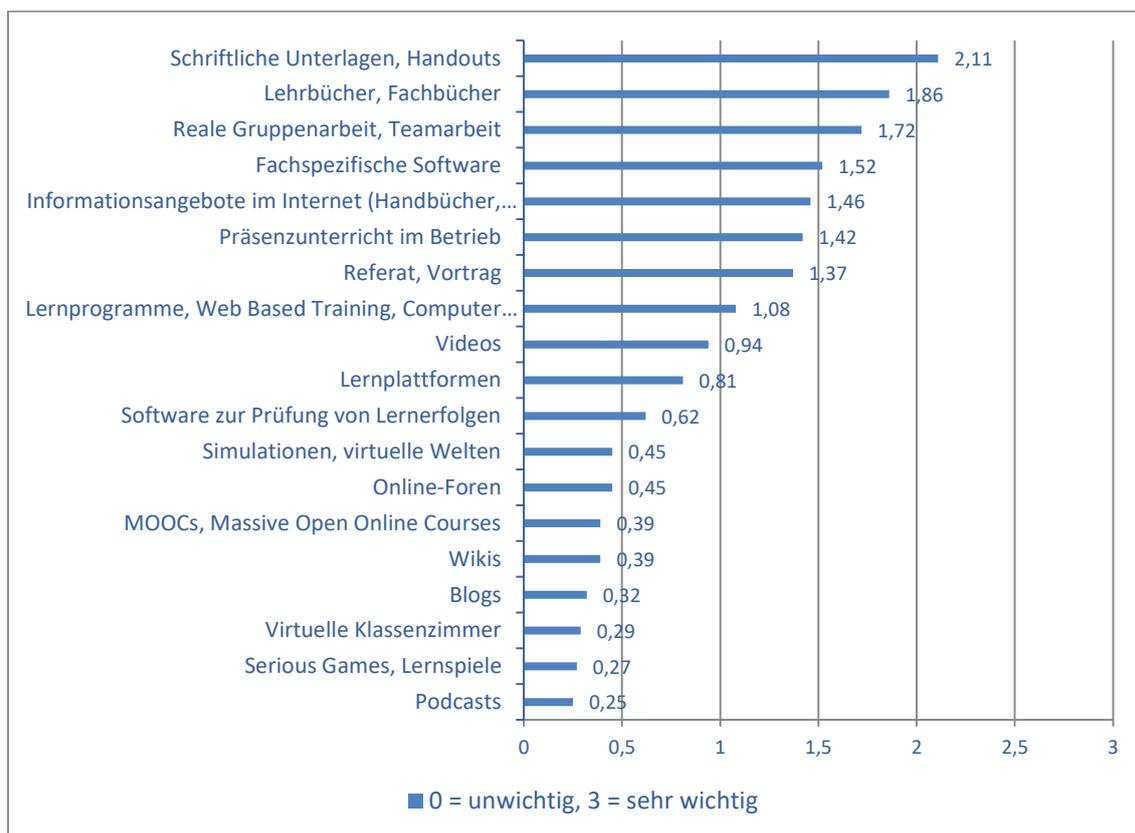
Quelle: eigene Darstellung (nach Goertz 2012, S. 24)

Digitalisierungs- und Industrie-4.0-Technologien können in der Produktion nicht nur zur Verbesserung der Prozesse, der Steigerung der Qualität oder der Verkürzung der Durchlaufzeiten eingesetzt werden, sondern ebenfalls Qualifizierungsprozesse unterstützen; so dienen beispielsweise Assistenzsysteme auch der Lernunterstützung (vgl. Niehaus 2017).<sup>58</sup> Das führt dazu, dass

<sup>58</sup> Ein bekannt gewordenes Beispiel ist APPSist als Ergebnis eines BMBF-Projekts: „Im Projekt APPSist wird ein ganzheitlicher Ansatz für die Interaktion zwischen Mensch und Maschine in der Produktion entwickelt. Softwarebasierte Assistenzsysteme werden sich anhand spezifischer, vorhandener Kompetenzen von Mitarbeitern automatisch auf deren Unterstützungsbedarf einstellen. Somit könnten Unterstützungen und

zwar zunehmend über digital unterstützte Qualifizierungsmaßnahmen nachgedacht wird, sei es für klassische Schulungsmaßnahmen oder sei es bei arbeitsimmanenten Lernformen, in der betrieblichen Praxis davon jedoch noch wenig zu spüren ist.

**Abbildung 22: Derzeitige Wichtigkeit digitaler Medien in der beruflichen Weiterbildung im Betrieb, 2015 (n = 2.439)**



Quelle: eigene Darstellung (nach Gensicke et al. 2016, S. 55)

Wie problematisch zukünftige Entwicklungen zu prognostizieren sind, zeigt eine Gegenüberstellung<sup>59</sup> zweier Umfragen aus den Jahren 2011 (vgl. Abbildung 21) und 2015 (vgl. Abbildung 22): Immerhin hielt 2011 jeder Zweite virtuelle Klassenräume und jeder Dritte noch Podcasts sowie *Serious Games* für so wichtig, dass sie eine zentrale Rolle in der betrieblichen Weiterbildung einnehmen wurden; 2015 ging die Bedeutung aller drei Lernformen gegen Null. Nicht ganz so dramatisch erging es den Simulationen oder den *Web Based Trainings*.

Wie schon andere Umfragen zu Qualifizierungsthemen ergeben haben, sind in den Unternehmen die klassischen Medien immer noch führend, auf den erst drei Plätzen befinden sich ‚alte‘

---

Lernprozesse für die unterschiedlichsten Anforderungen entwickelt werden, wie z.B. für die Inbetriebnahme, den Betrieb, die Wartung, Reparatur und vorbeugende Instandhaltung von Anlagen. Durch diese passgerechte Unterstützung können Mitarbeiter mit unterschiedlichem Vorwissen umfassender als bisher eingesetzt werden.“ (www.appsist.de (Zugriff: 31. März 2018); vgl. Ullrich et al. 2018)

<sup>59</sup> Auch wenn der Vergleich methodisch nicht statthaft sein mag, zeigt er grundlegende Tendenzen auf.

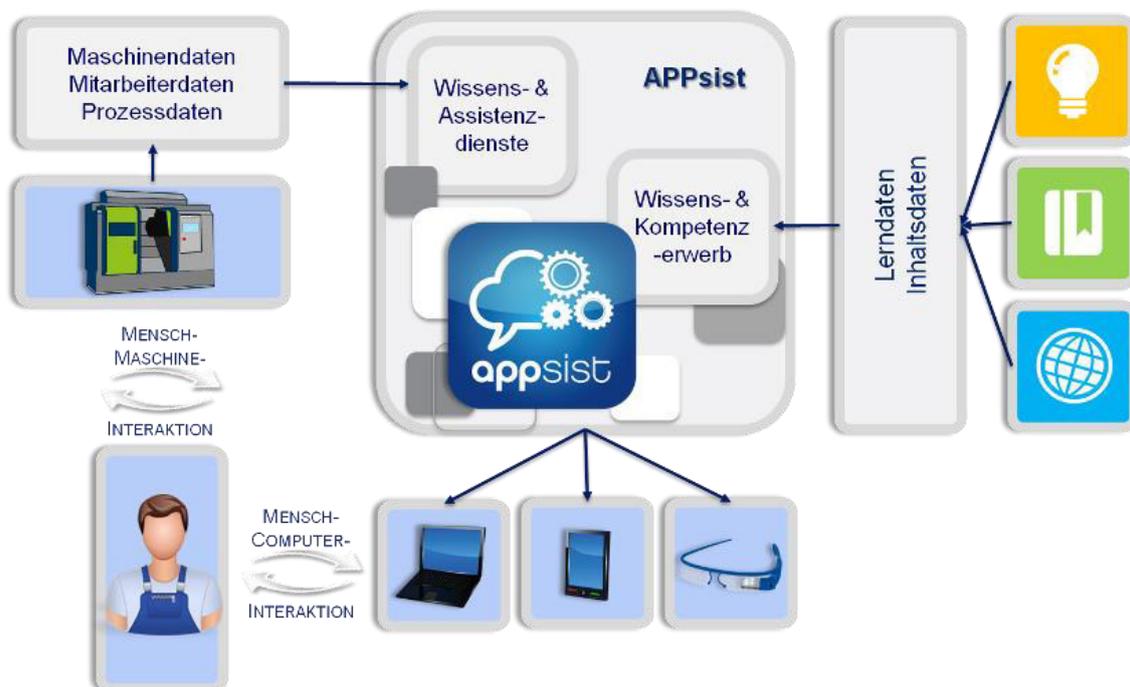
Lehrmittel (vgl. Abbildung 22). Die derzeit sich intensiv in der Diskussion befindenden *Serious Games*, von denen man sich aufgrund ihrer Nähe zu den beliebten Videospiele eine hohe Akzeptanz erhofft, finden sich gar erst am Ende der Liste wieder (vgl. Goertz 2011; am Beispiel der Logistik Henke/Kaczmarek 2017). Erstaunlicherweise ändert sich aus der Sicht der befragten Unternehmen die Relevanz dieser neuen Medien für die Weiterbildung nichts – im Gegenteil: Ein Großteil der neuen Medien (Podcasts, Serious Games, Blogs etc.) nimmt in ihrer Bedeutung sogar noch ab, andere dagegen, wie fachspezifische Software, Lernplattformen, Lernprogramme und Informationsangebote im Internet, werden für die Unternehmen wichtiger (vgl. Gensicke et al. 2016, S. 61-62). Aber auch hier gilt: Die klassischen Medien haben weiterhin meist die Nase vorn (vgl. Gensicke et al. 2016, S. 61), auch wenn einige digitale Medien deutlich aufholen. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt eine Fraunhofer-Untersuchung: Demnach steigt zwar die Bedeutung ‚digital gestützter Selbstlernprogramme‘, aber Lernformen wie Einarbeitungsprogramme, fachspezifische Seminare oder Beurteilungsverfahren werden aus Sicht der befragten Beschäftigten und Personalverantwortlichen auch in Zukunft eine höhere Bedeutung aufweisen (vgl. Fraunhofer IAO 2016, S. 13).

Dabei werden die digitalen Medien eher genutzt, wenn es sich um die Vermittlung von Fachwissen bzw. -kompetenzen handelt (44,2 Prozent der befragten Unternehmen); im Unterschied dazu greifen bei der Entwicklung von ‚Querkompetenzen‘ nur 39,9 Prozent auf digitale Medien zurück (vgl. Pfeiffer et al. 2016a, S. 121-122).

Die Zahlen verweisen zwar auf die Bedeutung digitaler Lernmedien, aber sie dürften für deren Verfechter\_innen zugleich etwas ernüchternd wirken: Woher kommt die offensichtliche Skepsis in vielen Unternehmen? Vermeintlich wächst doch mit den Digital Natives eine Generation heran, die mit Internet und Smartphones sozialisiert wurde (vgl. Kreulich et al. 2016, S. 34) und (Lehr-)Bücher nur noch als eBooks kennt; verknüpft mit dem Trend zum arbeitsplatznahen Lernen müssten doch eigentlich die ‚digitalen Tutorensysteme‘ bzw. die Assistenzsysteme die ‚natürlichen‘ Lernmedien sein. Sie „ermöglichen eine schnelle Einarbeitung in unterschiedliche Arbeitsprozesse“ und „können auch als Weiterbildungsinstrumente genutzt werden, die ein permanentes Lernen im Arbeitsprozess unterstützen“ (Hartmann 2017a, S. 27):

„Derartige Assistenz- bzw. Tutorensysteme sind in der Lage, Nutzerprofile zu erstellen und sich in ihrer Unterstützungsleistung an die Bedürfnisse und konkreten Unterstützungswünsche der Nutzenden anzupassen. In diese Unterstützung können Lernsequenzen unterschiedlichen Umfangs und unterschiedlicher Komplexität eingebettet werden; die Grenzen zwischen Unterstützung und Lernen sind dabei fließend. Als Konsequenz daraus verschwimmen auch zunehmend die Grenzen zwischen Arbeiten und Lernen bzw. zwischen produktiver Arbeit und Weiterbildung („prozessimmanente Weiterbildung“).“ (Apt et al. 2016, S. 37; vgl. Abbildung 23)

Abbildung 23: APPsist-Systemlösung



Quelle: <http://www.appsis.de/> (Zugriff: 31. März 2018)

Es gibt gleichwohl eine Reihe von Hindernissen und Herausforderungen, die nicht immer so trivial sind, als dass es nur eine Frage der Zeit wäre, bis sich eine Lösung fände (vgl. Tabelle 19). Dabei sehen die befragten Betriebe in erster Linie ökonomische Hürden: Der Aufwand für die Erstellung von betriebsspezifischer Software steht in keinem sinnvollen Verhältnis zum Ertrag, ähnlich problematisch wird das Verhältnis von Nutzen und Ertrag bei Lernsoftware eingeschätzt. Diese Softwareanwendungen, Videos oder Wikis sind immer betriebsspezifisch zu entwickeln, sie müssen sich an dem jeweils konkreten Arbeitsprozess orientieren – insbesondere wenn sie die Bedingungen des ‚Microlearnings‘ wie Selbstorganisation, Modularität oder „Lernen ‚zwischen durch““ (Ahrens 2016b, S. 12; vgl. aus technischer Sicht Schütze et al. 2016) erfüllen sollen: Diesen Aufwand scheinen viele Unternehmen zu scheuen: „Dies liegt insbesondere in der Tatsache begründet, dass die Arbeitsaufgaben häufig unternehmensspezifisches Know-how erfordern, die nur durch persönliche Unterweisungen an den jeweiligen Arbeitsplätzen übermittelt werden können.“ (Agiplan et al. 2015, S. 277) Im Metallbetrieb nehmen die Vorarbeiter in diesen Fällen die Mitarbeiter\_innen „an die Hand [...]: ‚Bau das Teil mal auf und dann gucken wir mal, wie weit du kommst.““ (Abteilungsleiter Metallbetrieb).<sup>60</sup>

<sup>60</sup> Ein positives Beispiel stammt von einem Telekommunikationsanbieter, der eine ‚TRAININGS-App‘ entwickelte; neben diversen Voraussetzungen für den Erfolg war sicherlich mit ausschlaggebend, dass der Aufwand sich vor dem Hintergrund von 3.000 Nutzer\_innen lohnte (vgl. Ali/Krane 2014); bei Nutzerzahlen im zweistelligen Bereich, wie sie für die meisten KMU typisch sind, sieht die Kosten-Nutzen-Rechnung vermutlich ungünstiger aus; für den Bereich Banken vgl. Robes 2011.

Tabelle 19: Hürden bei der Nutzung von digitalen Medien in der Aus- und Weiterbildung (1 = große Hürde, 3 = keine Hürde; n = 2.686 bis 2.968 je nach Hürde)

	Netzprobleme/ Internetgeschwindigkeit	Anschaffung und Wartung zu teuer	Probleme mit der Datensicherheit	fehlendes technisches Know-how	Erstellung betriebsspezifischer Software zu aufwendig im Vergleich zum Ertrag	Lernsoftware zu aufwendig im Vergleich zum Ertrag	Mangel an passendem Schulungsmaterial	fehlender/unzureichender Support	fehlendes medienpädagogisches Know-how
<b>Fahrzeug-/Maschinenbau, Kfz-Reparatur</b>	2,26	2,42	2,58	2,38	2,17	2,36	2,52	2,48	2,40
<b>Übriges Verarbeitendes Gewerbe</b>	2,23	2,32	2,41	2,36	2,04	2,18	2,43	2,49	2,31
<b>1-19 Beschäftigte</b>	2,27	2,33	2,44	2,33	2,13	2,25	2,47	2,49	2,38
<b>20-49 Beschäftigte</b>	2,24	2,37	2,46	2,28	2,03	2,27	2,43	2,44	2,25
<b>50-249 Beschäftigte</b>	2,12	2,34	2,42	2,28	1,84	2,22	2,44	2,51	2,26
<b>&gt; 250 Beschäftigte</b>	2,26	2,42	2,25	2,31	1,95	2,22	2,30	2,43	2,20
<b>Alle Betriebe</b>	2,26	2,34	2,44	2,32	2,11	2,25	2,47	2,48	2,36

Quelle: eigene Darstellung (nach Gensicke et al. 2016, S. 75)

Erstaunlicherweise werden von den Unternehmen die pädagogischen Herausforderungen (Mangel an passendem Schulungsmaterial, fehlendes medienpädagogisches oder technisches Know-how) als gar nicht so problematisch betrachtet. Bemerkenswert ist zudem, dass die Betriebsgröße bei der Art der ‚Hürde‘ keine entscheidende Rolle spielt; die Werte liegen vielfach nicht weit auseinander, manchmal sehen sogar die größeren Betriebe die höheren Hürden bei der Nutzung digitaler Medien.

### 5.4 Zwischenfazit

Die unterschiedlichen statistischen Erhebungen (Statistisches Bundesamt, Institut der Deutschen Wirtschaft [IW], Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung [IAB]) kommen einerseits zu gravierenden Unterschieden bei den Weiterbildungsaktivitäten in den *Unternehmen und Betrieben*, zeigen andererseits aber in der Tendenz ähnliche Ergebnisse:

Die Weiterbildungsaktivitäten steigen mit der Unternehmens- bzw. Betriebsgröße; ab 250 Beschäftigten gibt es in fast 100 Prozent der befragten Unternehmen Weiterbildungsangebote. Problematischer sieht es dagegen in den Kleinst- und Kleinbetrieben aus: Nach den Daten des IAB gab es im Jahr 2014 nicht einmal in jedem zweiten Betrieb mit bis zu neun Beschäftigten Weiterbildungsangebote, in den Betrieben mit bis zu 49 Beschäftigten fehlten diese bei einem Drittel der Betriebe.

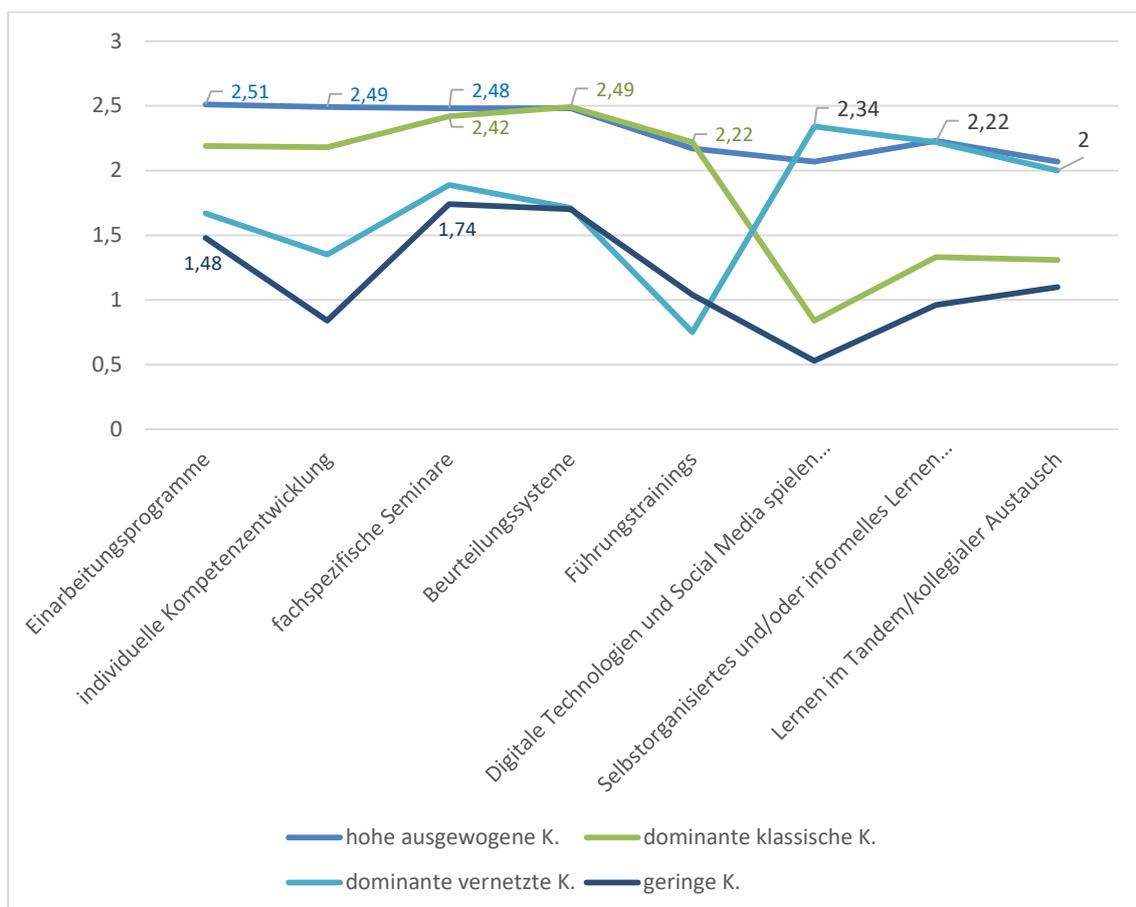
Positiv zu verzeichnen ist, dass in allen Betriebsgrößenklassen in den letzten zehn Jahren die Weiterbildungsanstrengungen der Unternehmen und Betriebe zugenommen haben. Gleichwohl ist weiterhin der Nachholbedarf bei den Kleinbetrieben bis 49 Beschäftigte erkennbar. Erkennbar positiv beeinflusst die Technologieintensität bzw. die Beschäftigung mit Digitalisierung die Weiterbildungsbereitschaft der Unternehmen: Mit steigendem Technisierungsgrad nehmen die Weiterbildungsaktivitäten zu.

Die guten statistischen Werte in Bezug auf betriebliche Weiterbildung werden jedoch konterkariert durch die Praxis: In vielen, insbesondere kleineren und mittleren, Unternehmen fehlen Strukturen eines strategischen Kompetenzmanagements; zudem profitieren vielfach höher qualifizierte Beschäftigtengruppen stärker von Qualifizierung als weniger qualifizierte Beschäftigte.

Bei den *Lehr- und Lernformen* dominieren weiterhin die klassischen Formen wie Papierunterlagen, Seminare oder Herstellerschulungen. Insbesondere die neuen, digital basierten Lernformen haben sich bislang kaum durchsetzen können. Nicht erkennbar ist aktuell, ob die Entwicklung dieser Ansätze derzeit noch nicht weit genug gediehen ist und es somit (vermutlich) nur noch eine Frage der Zeit sein wird, bis Produkte und Angebote auf dem Markt sind, die die Unternehmen besser annehmen werden, oder ob andere Gründe das Vordringen erschweren. Ein Argument dürfte insbesondere bei KMU der große Aufwand sein, der bei manchen dieser Tutoriensysteme erforderlich ist, um sie prozessspezifisch auszurichten und immer aktuell zu halten.

In den Unternehmen gewinnt zunehmend das Lernen am Arbeitsplatz an Bedeutung; u. a. die höhere Effektivität, die geringeren Kosten, aber auch die immer betriebsspezifischer werdenden Prozesse machen dies erforderlich. Das heißt im Umkehrschluss jedoch nicht, dass klassische Schulungen, etwa beim Hersteller oder einem Weiterbildungsanbieter, obsolet werden. Bestimmte Lerninhalte lassen sich weiterhin in dieser Form am besten vermitteln.

**Abbildung 24: Wichtigste Maßnahmen der Kompetenzentwicklung in Abhängigkeit vom Unternehmenstyp<sup>61</sup>, 2016**



Quelle: eigene Darstellung (nach Fraunhofer IAO 2016, S. 39-42)

Das Fraunhofer IAO hat ermittelt, welche Unternehmenstypen welche Lehr- und Lernformen präferieren. Dabei unterscheiden sie vier Typen:

- „Typ ‚dominant klassische Kompetenzentwicklung‘ (25 Prozent der Unternehmen )
- Typ ‚geringe Kompetenzentwicklung‘ (34 Prozent der Unternehmen)
- Typ ‚hohe ausgewogene Kompetenzentwicklung‘ (29 Prozent der Unternehmen)
- Typ ‚dominant vernetzte Kompetenzentwicklung‘ (12 Prozent der Unternehmen)“ (Fraunhofer IAO 2016, S. 38)

<sup>61</sup> Die Skala umfasst die Werte 0 (wird gar nicht genutzt) bis 3 (wird unternehmensweit genutzt). Es werden die Mittelwerte dargestellt; n (in Abhängigkeit vom Typ) = 17-53.

Das interessante Ergebnis ist, dass mit Ausnahme des dominant vernetzten Typs die anderen drei Typen auf ihre jeweils ersten drei Plätzen vorwiegend klassische Formen setzten wie Einarbeitungsprogramme und fachspezifische Seminare setzten (vgl. Abbildung 24). Anhand von drei Kriterien war der Typ *hohe ausgewogene Kompetenzentwicklung* der erfolgreichste, während der Typ *dominant vernetzte Kompetenzentwicklung* nur auf den dritten Platz kam und damit lediglich vor dem Typ *geringe Kompetenzentwicklung* lag (vgl. Fraunhofer IAO 2016, S. 43-45).

Der Erfolg oder der Misserfolg betrieblicher Weiterbildung hängt – zusammenfassend betrachtet – eng mit der betrieblichen *Lernkultur* zusammen, die „auf Kompetenzentwicklung der Mitarbeiter, Steigerung von Flexibilität und Innovationsfähigkeit im Unternehmen“ (Fritsch et al. 2007, S. 12) zielt. Relevant sind drei Ebenen:

„Auf normativer Ebene findet sie Ausdruck in lernbezogenen Werten, Normen und Einstellungen. Auf der strategischen Ebene manifestiert sich Lernkultur in organisationalen Rahmenbedingungen und Support, die Lernen längerfristig und nachhaltig unterstützen und fördern. Operativ betrachtet, manifestiert sich Lernkultur in den vielfältigen Formen des individuellen, gruppenbezogenen und organisationalen Lernens.“ (Fritsch et al. 2007, S. 12)

Der Begriff *Lernkultur* impliziert nach dem derzeitigen Stand in vielen Industrieunternehmen eine massive Kulturveränderung. Lernen – und in der Folge qualifizierte Beschäftigte – muss als strategischer Wettbewerbsfaktor betrachtet werden; Weiterbildung – oder allgemeiner Personal- oder Kompetenzentwicklung – muss zum strategischen Unternehmensziel reifen. Der Typ *hohe ausgewogene Kompetenzentwicklung*, der nach der zitierten Fraunhofer-Studie der erfolgreichste ist, belegt diese Vermutung.

## 6 Handlungsempfehlungen und Forschungslücken

Die Vertreter\_innen aus Bundes- und Landespolitik haben es sich auf die Fahnen geschrieben, die Digitalisierung auf Landes- und Bundesebene zu fördern. In dem Koalitionsvertrag, der zwischen CDU/CSU und SPD ausgehandelt wurde, will man die „die kreativen Potenziale in Deutschland mobilisieren und die Chancen der Digitalisierung nutzen“, um „wirtschaftlichen und sozialen Fortschritt“ (CDU et al. 2018, S. 4) zu sichern; verantwortlich wird die CSU-Politikerin Dorothee Bär als Staatsministerin für Digitalisierung sein. Digitalisierung zielt auf eine Vielzahl (hoheitlicher) Aufgaben wie u. a. Infrastruktur oder Bildung, aber auch auf eine Stärkung der „Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer im digitalen Wandel“, indem eine „Entwicklung Nationaler Weiterbildungsstrategie mit Sozialpartnern, die Antworten auf digitalen Wandel der Arbeitswelt gibt“ (CDU et al. 2018, S. 12), vorangetrieben, ein „Innovationsprogramm ‚Digitalisierung des Mittelstands‘“ (CDU et al. 2018, S. 13) aufgelegt und die Industrie-4.0-Aktivitäten ausgebaut werden sollen.

In dem Koalitionsvertrag bekennen sich die Unterzeichnenden zur Bedeutung betrieblicher Weiterbildung:

„Die Bundesregierung sieht sich in der Verantwortung, die Digitalisierung weiterhin aktiv und unter Einbeziehung der Sozialpartner zu gestalten. Weiterbildung ist der Schlüssel, damit die Beschäftigten sich den Herausforderungen der digitalen Arbeitswelt stellen und den sich immer schneller verändernden Qualifikationsanforderungen gerecht werden können.“ (CDU et al. 2018, S. 41)

Ziel ist, die Aktivitäten im Bund und den Ländern zu bündeln und „eine neue Weiterbildungskultur zu etablieren“ (CDU et al. 2018, S. 41); dazu dient nicht zuletzt ein „Recht auf Weiterbildungsberatung“ (CDU et al. 2018, S. 41), aber auch eine stärkere Verantwortungsübernahme durch die Beschäftigten selbst (z. B. durch Langzeitkonten).

Im *Koalitionsvertrag für Nordrhein-Westfalen* zwischen CDU und FDP vom 26. Juni 2017 wurde die Thematik Weiterbildung – gerade vor dem Hintergrund, dass „Nordrhein-Westfalen als Industrieland“ zu betrachten ist und „zum Motor der Entwicklung hin zur Industrie 4.0“ (CDU/FDP 2017, S. 24) werden kann – ebenfalls groß geschrieben:

„Motivierte, qualifizierte Fachkräfte sind Grundvoraussetzung für eine starke Wirtschaft. Vor dem Hintergrund der Digitalisierung und des demografischen Wandels kommt der Stärkung des Fachkräftenachwuchses eine herausragende Bedeutung zu.“ (CDU/FDP 2017, S. 16)

„Wir werden Weiterbildung von Beschäftigten daher als politischen Schwerpunkt fördern – unter anderem durch eine Weiterentwicklung des Bildungsschecks, in enger Zusammenarbeit mit der Bundesagentur für Arbeit und den Tarifpartnern sowie mit Hilfe weiterer Maßnahmen. Die Weiterentwicklung des Bildungspakets soll sich insbesondere auf die Umwälzungen durch die Digitalisierung ausrichten und die Menschen für die Bewältigung der Anforderungen fit machen sowie den Bedarf an Fachkräften nachhaltig decken. Der wirtschaftliche Wandel verlangt Flexibilität und Entwicklungsbereitschaft. Mit Hilfe der Potenzialberatung wird den Unternehmen geholfen, sich zukunftsfähig aufzustellen. Dabei werden die Schwerpunkte Arbeitsorganisation, Kompetenzentwicklung, Demografischer Wandel, Digitalisierung und Gesundheit beibehalten.“ (CDU/FDP 2017, S. 44)

Diese Schwerpunktsetzung hat der Ministerpräsident Laschet in seiner Regierungserklärung nochmals betont:

„Die Akteure und Partner in der Weiterbildung haben die Zeichen der Zeit erkannt und sind bereit, ihre Arbeit auf die Erfordernisse der digitalen Arbeits- und Lernwelt auszurichten. Wir wollen eine verlässliche Finanzierung sicherstellen und neue Modelle der Weiterbildung ermöglichen.“ (Laschet 2017, S. 20)

Finanziert werden sollen die Pläne u. a. aus Mitteln der Struktur- und Innovationsfonds: „Wir werden uns dafür einsetzen, dass die Förderinstrumente im Rahmen der nächsten Programmperiode auf die Schwerpunkte Digitalisierung, Innovationen, KMU und Qualifizierung gelegt werden.“ (CDU/FDP 2017, S. 35)

Weiterbildung ist somit als ein zentrales Thema der Landespolitik für die nächsten Jahre erkannt worden und soll „aus ihrem politischen Schattendasein“ (Laschet 2017, S. 20) herausgeführt werden. In Kapitel 6.1 wird dieses ‚Schattendasein‘ im Sinne einer Bestandsübersicht dessen, was in NRW an Maßnahmen existiert, etwas ausgeleuchtet. In Kapitel 6.2 werden auf der Grundlage zentraler Erkenntnisse dieser Literaturanalyse Handlungsbedarfe skizziert und Hinweise für die Kompetenzentwicklung in NRW-Industrieunternehmen gegeben.

### 6.1 Was gibt's?

Ministerpräsident Laschet hat zwar ein ‚politisches Schattendasein‘ der Weiterbildung in NRW diagnostiziert, aber das bedeutet nicht, dass es nicht diverse Maßnahmen seitens der Landespolitik gab und gibt, von denen einige zentrale nachfolgend kurz präsentiert werden.<sup>62</sup>

*Fachkräfteprogramm* (vgl. MAGS NRW 2018h)

Das Fachkräfteprogramm existiert seit 2011. Wie im Namen der Fördermaßnahme schon anklingt, soll mit dem Programm dem Fachkräftemangel entgegengewirkt werden:

„Die Landesregierung verfolgt mit dem fondsübergreifenden Projektauftrag zur Fachkräftesicherung das Ziel, vorhandene Fachkräftepotentiale zu stärken und weiterzuentwickeln, um eine Fachkräftelücke möglichst nicht entstehen zu lassen bzw. aktuelle Fachkräftebedarfe auszugleichen.“ (MAGS NRW o. J., S. 1)

Deshalb sind im laufenden Projektauftrag drei Handlungsfelder adressiert:

- „Handlungsfeld 1: Stärkere Nutzung des Erwerbspotentials
- Handlungsfeld 2: Stärkere Berücksichtigung des technischen Wandels mit dem Schwerpunkt Digitalisierung, Vernetzung und Industrie 4.0
- Handlungsfeld 3: Modernisierung der beruflichen Aus- und Weiterbildungsinfrastruktur“ (MAGS NRW 2018h).

---

<sup>62</sup> Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich auf NRW-Fördermaßnahmen; Fördergelder des Bundes, die auch in NRW beantragt werden können (z. B. Bildungsprämie Bund), werden nicht berücksichtigt. Gleichfalls werden Maßnahmen nicht betrachtet, die sich auf Themen der Ausbildung beziehen (z. B. *Produktionsschule.NRW!* oder *Förderung der betrieblichen Ausbildung im Verbund*).

Das Handlungsfeld 1 zielt u. a. auf die Qualifizierung von un- und angelernten Arbeitskräften, mithin eine Beschäftigtengruppe, deren Arbeitsplätze durch Digitalisierung und Industrie 4.0 gefährdet sind (vgl. MAGS NRW o. J., S. 3). Das zweite Handlungsfeld adressiert sehr allgemein die durch Digitalisierung initiierten betrieblichen Veränderungsprozesse und spricht insbesondere KMU an, denen vielfach die Ressourcen (Finanzen, Know-how etc.) für eine optimale Umsetzung fehlen. Das Handlungsfeld 3 will die Modernisierung überbetrieblicher Bildungsstätten fördern.

Profitieren können von den Fördergeldern zum einen kleine und mittlere Unternehmen und zum anderen Verbände, Kammern und andere öffentliche Institutionen. Das Fachkräfteprogramm

„bindet die bisherigen Fachpolitiken, Förderinstrumente, -programme und -initiativen verschiedener Ministerien mit ein. [...] Projekte [...] werden allerdings aus diesem Aufruf nur insoweit gefördert, als dies nicht bereits durch vorhandene Fördermöglichkeiten erfolgen kann.“ (MAGS NRW o. J., S. 7)

Eine Evaluation des Fachkräfteprogramms erfolgte 2015 (vgl. MAIS NRW 2015). Die Begutachtung ergab u. a., dass die zur Verfügung gestellten Mittel nicht abgerufen wurden: „Allerdings blieb das Programm hinter seinen Möglichkeiten zurück. Ursachen hierfür haben vor allem in den administrativen Rahmenbedingungen der Förderung gelegen, die zu Hindernissen in der Programmumsetzung wurden.“ (MAIS NRW 2015, S. 5) Konkret sind darunter beispielsweise intransparente Bewertungskriterien oder zu lange Bearbeitungszeiten von teilweise über einem Jahr zu verstehen. Die Evaluierer schätzen, dass „bis zum Programmende rund 14,7 % der ursprünglich veranschlagten Mittel ausgezahlt“ (MAIS NRW 2015, S. 27) sein werden.

Von den damals definierten Themenfeldern wurde das Handlungsfeld *Personalentwicklung* stark nachgefragt; das galt insbesondere für Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes (vgl. MAIS NRW 2015, S. 44). Von den bis zum Januar 2014 eingereichten 176 Projektanträgen betrafen immerhin 59 Anträge dieses Handlungsfeld, das damit hinter dem Handlungsfeld *Übergang Schule-Beruf* lag; die übrigen Handlungsfelder lagen weit dahinter (vgl. MAIS NRW 2015, S. 26):

„Projekte zur Personalentwicklung konzentrierten sich hauptsächlich auf klassische Felder wie die Nachqualifizierung von an- und ungelernten Kräften und die Weiterbildung von Fachkräften. Hier wurden überwiegend ‚klassische Instrumente‘ der Personalentwicklung angewendet. Die hohe Nachfrage in diesem Feld zeigt aber auch, dass Unternehmen in der Qualifizierung ihrer Fachkräfte nach wie vor das beste Mittel sehen, um ihren Personalbestand zu erhalten und an den Wandel in den Arbeitsanforderungen anzupassen.“ (MAIS NRW 2015, S. 7)

Bei aller Kritik an der administrativen Seite des Förderprogramms beurteilten die Projektnehmer\_innen, insbesondere die Unternehmen, die inhaltlichen Ergebnisse der Projekte positiv:

„Alle Projekte, die Unternehmen direkt bei ihren Vorhaben zur Fachkräftesicherung unterstützen, auch wenn sie nicht selbst Zuwendungsempfänger waren, sondern zwischengeschaltete Projektträger – wurden von den Unternehmen positiv beurteilt. Die persönlichen Interviews mit Unternehmen und ihre Online-Befragung ergaben, dass die Unternehmen mit ihren Projekten sehr zufrieden sind, sowohl im Hinblick auf ihre Durchführung als auch im Hinblick auf ihre Ergebnisse.“ (MAIS NRW 2015, S. 73)

*Potentialberatung* (vgl. MAGS NRW 2018j)

Bei der im Jahr 2000 eingeführten Potentialberatung werden kleine und mittlere Unternehmen zwischen zehn und 250 Beschäftigten finanziell unterstützt<sup>63</sup>, wenn sie ein Beratungsunternehmen engagieren, um mit diesem „und unter Beteiligung der Beschäftigten“ (G.I.B. 2017a, S. 4) gemeinsam „ihre Stärken und Schwächen [zu] ermitteln sowie betriebsspezifische Lösungen [zu] erarbeiten“ (MAGS NRW 2018j). Die Themenfelder umfassen neben Arbeitsorganisation, demografischem Wandel, Digitalisierung und Gesundheit auch die Kompetenzentwicklung.<sup>64</sup>

2015 gab es den größten Beratungsbedarf bei den Themenfeldern *Organisationsentwicklung* und *Strategische Unternehmensführung*; für das Thema *Fachkräftebedarf* wurden weit weniger Beratungsschecks ausgestellt (vgl. G.I.B. 2016, S. 7; für 2010 vgl. Muth 2012, S. 18-19). 2016 gab es eine Verschiebung: Zwar wollte fast jedes Unternehmen Beratung im Themenfeld *Arbeitsorganisation* haben, aber der Bedarf im Bereich *Kompetenzentwicklung* stieg erheblich an und wurde das zweitnachgefragteste Themenfeld (vgl. G.I.B. 2017b, S. 7); die prozentualen Verhältnisse bleiben 2017 ähnlich (vgl. G.I.B. 2018, S. 7). Bemerkenswert ist, dass das Themenfeld *Digitalisierung*, das 2016 erstmals aufgenommen wurde, sowohl 2016 als auch 2017 erstaunlich wenig nachgefragt wurde.

Die jährlichen Auswertungen des Förderinstrumentes Potentialberatung zeigen, dass die Anzahl der ausgegebenen Beratungsschecks seit Einführung des Instruments stetig abgenommen hat; die Werte für 2016 und 2017 markieren den bisherigen Tiefststand (vgl. Tabelle 20). Zudem zeigt sich, dass die geförderten Unternehmen die mögliche Anzahl Beratungstage im Durchschnitt fast ausschöpfen: Aktuell kommen die Antragsteller\_innen von derzeit maximal zehn möglichen Tagen auf neun Tage. Das Förderinstrument erfüllt in Bezug auf die Betriebsgröße seinen Zweck: Den Hauptanteil machen die Unternehmen zwischen zehn und 49 Beschäftigten aus.

---

<sup>63</sup> „Bezuschusst werden 50 Prozent der notwendigen Ausgaben für Beratungstage – bis maximal 500 Euro pro Beratungstag. In Anspruch genommen werden können maximal 10 Beratungstage.“ (MAGS NRW 2018j) Für Unternehmen mit bis zu zehn Beschäftigten gibt es das Programm *unternehmensWert:Mensch* (unternehmensWert:Mensch 2018).

<sup>64</sup> Die Anzahl der Themenfelder ist reduziert worden. Noch 2015 gab es sieben Themenfelder: *Organisationsentwicklung*, *Gestaltung der Arbeitszeiten*, *Arbeit und Gesundheit*, *Strategische Unternehmensentwicklung*, *Qualitätsmanagement*, *Demografischer Wandel* sowie *Fachkräftebedarf* (vgl. G.I.B. 2016, S. 7)

Tabelle 20: Kennzahlen zur Nutzung des Beratungsschecks, 2010, 2015 bis 2017

	2010	2015	2016	2017
ausgegebene Beratungsschecks (absolut)	1.197	1.159	666	693
durchschnittliche Anzahl geplanter Beratungstage pro Beratungsscheck (absolut)	./.	12	9	9
<b>Betriebsgrößen (in Prozent, gerundet)</b>				
> 9	39	32	./.	./.
10-49	44	46	69	75
50-99	10	13	20	16
100-249	7	9	11	9

Quelle: eigene Darstellung (nach Muth 2012, S. 9, S. 12; G.I.B 2016, S. 4, 6-7; G.I.B. 2017b, S. 4, S. 6-7; G.I.B. 2018, S. 4, 6-7)

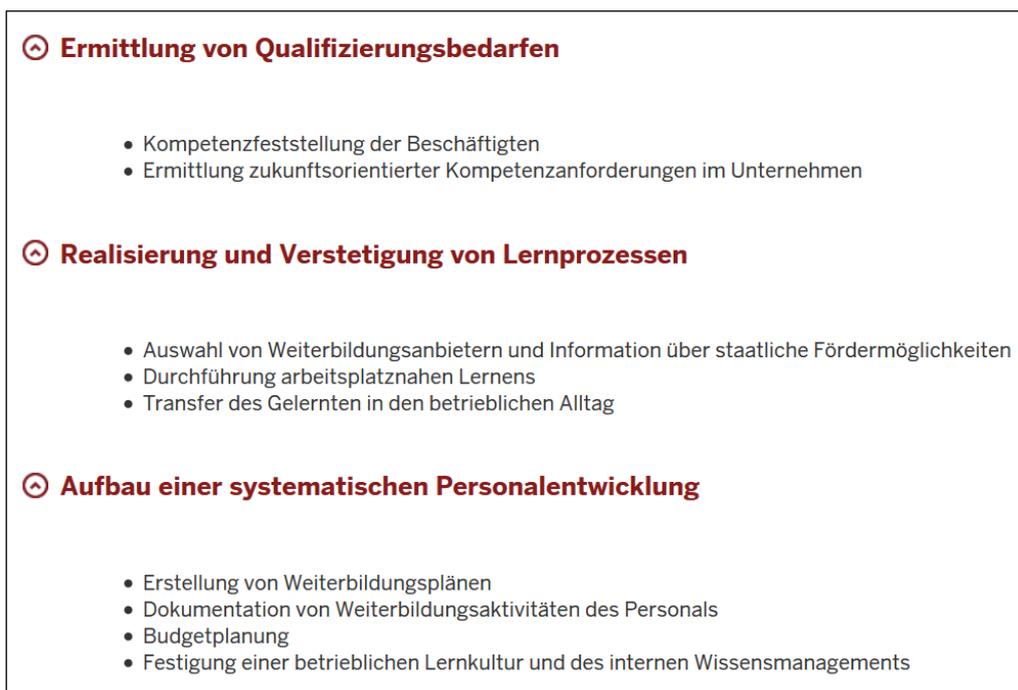
Die Gesellschaft für innovative Beschäftigungsförderung (G. I. B.) als Projektträger des MAGS NRW ist insgesamt mit der Nachfrage und den Ergebnissen der Potentialberatungen zufrieden:

„Das Förderinstrument ‚Potentialberatung‘ wird jährlich von über 1.000 Unternehmen mit rund 50.000 Beschäftigten in Anspruch genommen. Die Ergebnisse unserer Befragungen sind rundherum positiv: verbesserte Wettbewerbsfähigkeit, neue Arbeitsplätze und hohe Zufriedenheit der Unternehmen und Beschäftigten mit der Beratung belegen den Erfolg für alle Beteiligten.“ (G.I.B. 2017a, S. 15)

Seitens der Zielgruppe der KMU stieß die Potentialberatung auf größeres Interesse als das Fachkräfteprogramm, da es „einfach und unkompliziert abzuwickeln ist“ (MAIS NRW 2015, S. 31). Es zeigte sich indes ebenfalls, dass die Potentialberatung eine geeignete Vorstufe des Fachkräfteprogramms war, um mit relativ wenig Ressourcen Aufwand und Nutzen einer aufwendigen Antragsstellung im Fachkräfteprogramm abzuschätzen: „In der Praxis des Fachkräfteprogramms hat sich gezeigt, dass Fachkräfteprojekte vor allem in den Fällen erfolgreich genutzt wurden, wenn sie mit Potenzialberatung oder Bildungscheck ‚vorbereitet‘ worden sind.“ (MAIS NRW 2015, S. 32)

Die *Qualifizierungsberatung* (vgl. MAGS NRW 2018k) als Teil der Potentialberatung richtet sich ebenfalls an kleine und mittlere Unternehmen und „verknüpft die unternehmerischen Modernisierungsziele mit der passenden Qualifizierungsstrategie“ (MAGS NRW 2018k). Die Beratung fokussiert sich auf Optimierungsbedarfe (klein- und mittel-)betrieblicher Personalentwicklung (vgl. Kapitel 5).

Abbildung 25: Leistungsangebot der Qualifizierungsberatung in NRW



Quelle: MAGS NRW 2018k

*Bildungsscheck* (vgl. MAGS NRW 2018f)

Die Grundlogik des Bildungsschecks ähnelt der der Potentialberatung. Antragsberechtigt sind Beschäftigte oder Unternehmen bis 250 Beschäftigte; gefördert wird ein maximaler Zuschuss bis 500,- EUR.<sup>65</sup> Die Förderung der Beschäftigten zielt auf die Problemgruppen des Arbeitsmarkts wie ältere Beschäftigte, atypisch Beschäftigte, Migrant\_innen oder Beschäftigte ohne Berufsausbildung:

„Gefördert werden Weiterbildungen, die der beruflichen Qualifizierung dienen und fachliche Kompetenzen oder Schlüsselqualifikationen vermitteln. Der Bildungsscheck NRW ist nicht als Förderinstrument für arbeitsplatzbezogene Anpassungsqualifizierungen wie Maschinenbedienerschulungen oder Trainings bei neuen Produkteinführungen vorgesehen.“ (MAGS NRW 2018f)

Die Daten in Tabelle 21 zeigen, dass die Attraktivität des Förderinstruments zurückgegangen ist: Sowohl die Anzahl der ausgegebenen Bildungsschecks sank als auch deren Nachfrage bei Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes; mit Blick auf das letzte Quartal 2016 lässt sich vermuten, dass die Ausgabe von Bildungsschecks im 4. Quartal 2017 nicht so hoch sein wird, dass der Gesamtwert von 2016 noch erreicht werden kann. Ein Blick auf die Betriebsgrößen bestätigt das

---

<sup>65</sup> Das Förderinstrument Bildungsscheck ist verknüpft mit dem Instrument „Beratung zur beruflichen Entwicklung“, das „sich grundsätzlich an Personen in beruflichen Veränderungsprozessen“ (MAGS NRW 2018d) richtet.

bekannte Bild: Prozentual dominieren Unternehmen mit bis zu 50 Beschäftigten; die Werte haben sich über die Jahre nicht sonderlich verändert.

**Tabelle 21: Kennzahlen zur Nutzung des Beratungsschecks, 2009, 2015 bis 2017**

	2009	2015	2016	2017 <sup>66</sup>
<b>ausgegebene Bildungsschecks (absolut)</b>	53.885	28.497	18.237	12.949
<b>beratene Unternehmen</b>	9.500	11.480	8.975	6.789
<b>davon: Verarbeitendes Gewerbe (absolut)</b>	2.043	2.071	909	597
<b>davon: Verarbeitendes Gewerbe (in Prozent)</b>	21,5	18,0	10,1	8,8
<b>Betriebsgrößen (in Prozent, gerundet)</b>				
> 9	37	29	33	33
10-49	41	40	41	42
50-99	12	16	14	14
100-249	10	15	12	11

Quelle: eigene Darstellung (nach Muth 2011, S. 9, S. 25, S. 27, S.; G.I.B. 2016b, S. 6, S. 22-23; G.I.B. 2017c, S. 6, S. 21-22; G.I.B. 2017d, S. 6, S. 21-22)

Bemerkenswert ist ein Blick auf den Zweck der Weiterbildung. Von den fünf Kategorien<sup>67</sup> spielen nur zwei eine relevante Rolle: Das ist 2016 zum einen der *Erwerb eines Befähigungs- oder Sachkundennachweis* mit 21 Prozent aller Bildungsschecks sowie zum anderen die *Aktualisierung oder Erweiterung vorhandener Qualifikationen* mit 73 Prozent (vgl. G. I. B. 2017c, S. 11); auf die anderen drei Kategorien entfallen somit insgesamt vernachlässigbare sechs Prozent; die Werte sind für die ersten neun Monate 2017 annähernd gleich geblieben (vgl. G. I. B. 2017d, S. 11). Die Kategorie *Aktualisierung oder Erweiterung vorhandener Qualifikationen* deckt einige der Qualifikations- und Kompetenzanforderungen ab, die im Zuge der Industrie 4.0 entstehen.

<sup>66</sup> Für 2017 liegen nur die Daten für Januar bis September vor.

<sup>67</sup> Die da lauten: Erwerb oder Nachholen eines Abschlusses in einem Ausbildungsberuf; Erwerb eines Abschlusses in einem Fortbildungsberuf; Anerkennung von im Ausland erworbenen Berufsabschlüssen oder -qualifikationen; Erwerb eines Befähigungs- oder Sachkundennachweis; Aktualisierung oder Erweiterung vorhandener Qualifikationen (vgl. G.I.B. 2017c, S. 11)

Für den Bildungsscheck gilt eine ähnliche Einschätzung wie für die Potentialberatung: Die Unternehmen haben den Bildungsscheck im Unterschied zu der Fördermaßnahme Fachkräfteprogramm als leichter zu nutzende Alternative angesehen. Wenn sich aus der Nutzung des Bildungsschecks zusätzlich eine Beantragung im Rahmen des Fachkräfteprogramms ergeben hat, war der Nutzen aus dem Fachkräfteprogramm durch die ‚Vorbereitung‘ des Bildungsschecks meist höher (vgl. MAIS NRW 2015, S. 32).

### *Berufsbezogene Beratungsangebote*

Über die genannten Fördermaßnahmen existieren auf Landesebene noch weitere, auf den Beruf bezogene Angebote:

- Beratung zur beruflichen Entwicklung (vgl. MAGS NRW 2018d)

Diese kostenlose, maximal neun Stunden umfassende Beratung soll Menschen dabei unterstützen, eine neue berufliche Orientierung zu finden:

„In den Gesprächen setzen sich die Ratsuchenden mit ihren Fähigkeiten, Interessen und Wünschen auseinander. Sie entwickeln mit Unterstützung der Beratenden eine für sie passende Lösung. Sie erhalten wichtige Informationen über den Arbeitsmarkt, mögliche Weiterbildungen sowie finanzielle Unterstützung und können ihre nächsten Schritte und die Umsetzung planen.“ (MAGS NRW 2018d)

- TalentKompass (im Rahmen der *Beratung zur beruflichen Entwicklung*) (vgl. MAGS NRW 2018l)

Der TalentKompass richtet sich an unterschiedliche Personengruppen (Schüler\_innen, Wiedereinsteiger\_innen etc.) und dient dazu, die „eigenen Fähigkeiten und Interessen [zu] erkennen und besser beruflich ein[zu]setzen“ (MAIS NRW 2013, S. 3).

- Anerkennung ausländischer Berufsabschlüsse in NRW (im Rahmen der *Beratung zur beruflichen Entwicklung*) (vgl. MAGS NRW 2018g)

Diese Beratungsleistung ist kostenlos und kann bis zu neuen Beratungsstunden umfassen.

- Anerkennung von Berufsqualifikationen (vgl. MAGS NRW 2018b)

Speziell auf Migrant\_innen ausgerichtet ist diese Fördermaßnahme: Diese sollen vor dem Verfahren zur Anerkennung ihrer erworbenen Berufsqualifikationen beraten werden.

### *Informieren, Diskutieren, Transferieren*

Die folgenden Aktivitäten in NRW weisen einen anderen Charakter als die bisher vorgestellten, auf Beratung sowie Beruf und Weiterbildung abgestellten Fördermaßnahmen auf:

- Allianz Wirtschaft und Arbeit 4.0 (vgl. MAGS NRW 2018a)

In der Allianz Wirtschaft und Arbeit 4.0 sind Vertreter\_innen aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und den Sozialpartnern engagiert: „Ziel ist es, den digitalen Wandel in Nordrhein-Westfalen zu gestalten und den digitalen Spitzenstandort NRW auszubauen. Dabei geht es darum, Kompetenzen zu vernetzen und die Chancen für Menschen und Wirtschaft zu nutzen.“ (MAGS NRW 2018a) In einem ersten Thesenpapier geht es insbesondere um eine „kohärente Transferstrategie 4.0“ (Allianz Wirtschaft und Arbeit 4.0 NRW 2017, S. 2), die auch das Themenfeld „Transfer über Aus- und Weiterbildung“ (Allianz Wirtschaft und Arbeit 4.0 NRW 2017, S. 6) behandeln.

- Dialog-Prozess zum Wandel der Arbeitswelt durch Digitalisierung und Vernetzung (vgl. MAGS NRW 2018c)

Die Veranstaltung *Arbeit 2020: Faire Arbeit im digitalen Wandel* am 1. September 2016 war der ‚Startschuss‘ für den Dialogprozess beispielsweise mit einem Onlinedialog oder regionalen Ideenlabors.

- Internet-Portal Digitales.NRW (vgl. MWIDE NRW 2018)

Das Portal veröffentlicht Informationen, Erfahrungsberichte oder Termine für Unternehmen und Beschäftigte zu unterschiedlichen Themenfeldern.

- Betriebsrätekonferenz (vgl. MAGS NRW 2018e)

Eine Betriebsrätekonferenz hat bislang einmal stattgefunden; 2015 lautete das Thema *Industrie 4.0 – Arbeiten 4.0*. Das damalige MAIS NRW wollte mit der Veranstaltung „erstmalig“ einen „breit angelegten gesellschaftlichen Dialog“ anstoßen; nach diesem „Auftakt“ gab es keine weiteren Konferenzen (MAGS NRW 2018e).

Ob die Charakterisierung der betrieblichen Weiterbildung in der politischen Landschaft als ‚Schattendasein‘ gerechtfertigt ist oder nicht, lässt sich auf Basis der öffentlich zugänglichen Daten schwerlich beantworten. Die statischen Erhebungen zu den Potentialberatungen und den Bildungsschecks zeigen allerdings, dass die Nachfrage seitens der Unternehmen und Beschäftigten ab 2015 deutlich abgenommen hat. Hier wäre genauer zu eruieren, welche Gründe dafür in Anschlag zu bringen sind: Ist der bürokratische Aufwand zu hoch? Ist die Nachfrage inzwischen bei den Zielgruppen befriedigt? Stimmt die inhaltliche Ausrichtung noch?

Inwieweit die unterschiedlichen Formen des Dialogs von den Zielgruppen wirklich ‚angenommen‘ wurden bzw. werden, lässt sich nicht beantworten: Die Teilnehmerzahlen der Tagungen einmal mit über 500 (Veranstaltung *Arbeit 2020: Faire Arbeit im digitalen Wandel*) und ein andermal mit gut 500 (Betriebsrätekonferenz *Industrie 4.0 – Arbeiten 4.0*) zeigen, dass die Veranstaltungen sehr gut besucht wurden. Wie hoch die Nutzerzahlen der Onlineangebote sind, wurde nicht publik.

### 6.2 Was sollte es geben?<sup>68</sup>

Die Frage, welche Maßnahmen die NRW-Landespolitik ergreifen bzw. fördern kann, um Digitalisierung, Industrie 4.0 oder Arbeitswelt 4.0 im Sinne „guter und fairer Arbeit“ (MAGS NRW 2018i) zu gestalten, ist schwer zu beantworten. Einerseits ist die Grundausrichtung nach der Regierungserklärung klar: „Ich will das bestehende Forum ‚Wirtschaft und Arbeit 4.0‘ dafür nutzen, gemeinsam mit Gewerkschaften und Unternehmerverbänden Lösungen für die neue soziale Frage der digitalen Arbeitswelt zu finden [...]“ (Laschet 2017, S. 19) Und: „Wir werden die Förderung der beruflichen Weiterbildung auch auf die Qualifizierung der Beschäftigten für die Arbeitswelt 4.0 ausrichten.“ (Laschet 2017, S. 17) Andererseits gilt:

„Die hier dargestellten Ergebnisse unserer deskriptiven Auswertungen für das Land Nordrhein-Westfalen [...] erlauben eines sicher nicht: davon ausgehend eindeutige Handlungsempfehlungen abzuleiten. Aus Daten der Vergangenheit lassen sich generell keine eindeutigen Antworten für die Zukunft ableiten – so sehr wir der Versuchung gerade im Hinblick auf die Arbeitswelt 4.0 auch erliegen wollen.“ (Pfeiffer et al. 2016c, S. 106)

In Aufnahme des Diktums Ophelias (aus Hamlet), das man wohl wisse, was man sei, aber nicht, was man werden könne, sollen zunächst in aller Kürze einige zentrale Ergebnisse der Expertise zusammengefasst werden:

- Ausgangspunkt der Bestimmung Industrie-4.0-spezifischer Qualifikations- und Kompetenzanforderungen war die Diskussion unterschiedlicher *Zukunftsszenarien*. Daraus ergeben sich für die unterschiedlichen Beschäftigtengruppen jeweils spezifische Perspektiven: (1) Die größten Probleme werden auf die Un- und Angelernten zukommen; hier besteht das größte Einsatzpotential für Automatisierungstechnik und damit tendenziell das höchste Risiko des Verlusts von Arbeitsplätzen. Es wird aber einzelne Bereiche geben, in denen diese Arbeitskräfte weiterhin gebraucht werden – wenngleich mit anderen Aufgabenprofilen. (2) Die Facharbeiter\_innen werden sich mit neuen Tätigkeitsanforderungen auseinandersetzen müssen; die Generaltendenz lautet *Tertiarisierung* mit der Folge einer Höherqualifizierung. (3) Wiederholt taucht der Begriff *Akademisierung* auf. Manche Tätigkeiten in der Industrie 4.0 werden so anspruchsvoll werden, dass als Ausgangsqualifikation ein ingenieurwissenschaftliches Studium vorgesetzt wird. Diese Entwicklung kann die Facharbeiter\_innen bedrohen, wenn die Anforderungen nicht mehr auf der Grundlage einer Berufsausbildung, von Erfahrungswissen und Weiterbildung zu bewältigen sind.
- Das *fachliche Wissen* im Hinblick auf das Produktionswissen wird aller Wahrscheinlichkeit nach keine tiefgreifenden Wandlungen durch Industrie 4.0 erleben; nötig ist aber weiterhin das Erfahrungswissen über Produktionstechnik und -prozess – nicht zuletzt zur Vermeidung der „ironies of automation“ (Bainbridge 1983). Insofern kann es problematisch werden, wenn Facharbeiter\_innen durch Industrie 4.0 nicht mehr mit dem

---

<sup>68</sup> Hinweise zu Fragen der Berufsausbildung werden nicht gegeben (vgl. exemplarisch Spöttl et al. 2016; Apt et al. 2016).

eigentlichen Fertigungs- und Montageprozess in Berührung kommen und nicht mehr das notwendige fachliche Erfahrungswissen aufbauen können: „Der geht dann mit dem Vorschub hoch und mit dem Vorschub runter, aber das ‚Warum‘, das geht verloren. Weil man einfach diese Kompetenz nicht mehr hat.“ (Meister Automatisierungstechnik) Die fachlichen Kenntnisse werden insgesamt um unterschiedliche IT-Themen (IT-gestützte Fehlerdiagnosen, Netzwerk etc.) erweitert; dies gilt in unterschiedlichem Umfang für Facharbeiter\_innen, Instandhalter\_innen und in besonderem Maße für die neuen ‚technischen Spezialist\_innen‘.

- Die Einschätzung ist verbreitet, dass sich gar nicht so sehr die Qualifikationsanforderungen der Beschäftigten ändern, sondern eher die Kompetenzanforderungen. Benötigt werden neue fachlich-methodische *Kompetenzen* (Informationen und Daten beschaffen, verstehen und interpretieren, Problemlösungstechniken beherrschen, interdisziplinäres Denken etc.), neue Sozialkompetenzen, insbesondere Kommunikations- und Kooperationskompetenzen bei flexiblen und dezentralen Organisationsstrukturen und höherem Digitalisierungsgrad, sowie Selbstkompetenzen wie Selbstorganisationsfähigkeit oder die Bereitschaft, eigene Lernprozesse selbst anzustoßen.
- Versucht man sich an einer zusammenfassenden Bewertung der vorliegenden Erkenntnisse zu den zukünftigen Qualifikations- und Kompetenzanforderungen bei Industrie 4.0, zeigt sich zunächst, dass die fachlich-methodischen Qualifikationen und Kompetenzen weiterhin wichtig sein werden; hinzu kommen insbesondere Sozialkompetenzen, da der Austausch mit anderen Unternehmensbereichen oder gar betriebsübergreifend zunehmen wird. Inwieweit diese Entwicklungstrends digitalisierungs- oder Industrie-4.0-spezifisch sind, lässt sich nicht exakt beantworten. Eine Kausalität scheint es nicht zu geben, vermutlich wird eher von einer Verstärkung bestehender Entwicklungen auszugehen sein.
- Die Teilnahme an *betrieblicher Weiterbildung* ist unter den Beschäftigten ungleich verteilt. Je nach Statistik schwanken die Werte, überschreiten aber nicht die 50-Prozent-Marke; d. h., dass nicht einmal jede\_r zweite Beschäftigte von betrieblicher Weiterbildung profitiert hat. Die ungleiche Verteilung wird noch deutlicher sichtbar, wenn auf die Beschäftigtenqualifikation geschaut wird: Je höher die Beschäftigten qualifiziert sind, desto mehr partizipieren sie an betrieblichen Qualifizierungsmaßnahmen.
- Die Unternehmen engagieren sich generell stark bei der betrieblichen Weiterbildung: Dieses Engagement steigt mit der Betriebsgröße und einem höheren Automatisierungs- und Digitalisierungsniveau; Industrieunternehmen liegen in Bezug auf Weiterbildung unter dem Durchschnitt aller Unternehmen. Andersherum formuliert: Die ‚Problemfälle‘ sind die Kleinst- und Kleinbetriebe mit bis zu 50 Beschäftigten in der Industrie, die sich kaum mit Automatisierung oder Digitalisierung auseinandersetzen.

- Die grundsätzlich positiven quantitativen Ergebnisse sagen indes wenig über die qualitative Seite betrieblicher Weiterbildung aus. Es mangelt in vielen (insbesondere kleineren und mittleren) Unternehmen an Strukturen: eigenständige Personalbereiche fehlen, Personal gilt nicht als strategischer Wettbewerbsfaktor, fehlende Personalentwicklung etc. Dementsprechend werden Qualifizierungsmaßnahmen ad hoc initiiert: Wenn Bedarf entsteht, wird – unbürokratisch – gehandelt; die Beschäftigten fahren zur Herstellerschulung oder es wird ‚mal eben‘ eine Schnellschulung von dem bzw. der Meister\_in oder Produktionsleiter\_in für die Bedienoberfläche des neuen Assistenzsystems durchgeführt. Gleichzeitig ist daran zu erinnern, dass die Personalentwicklung auch in den Kleinbetrieben bisher insoweit funktioniert hat, als dass sie die notwendigen Anpassungsqualifizierungen ‚irgendwie‘ hinkriegen haben. Die Frage ist: Reicht das auch unter den Bedingungen einer Implementierung von Industrie 4.0?
- Durch Industrie 4.0, so eine verbreitete Auffassung, verlagert sich die Qualifizierung stärker an den Arbeitsplatz; insbesondere die lernförderliche Gestaltung des Arbeitsplatzes müsse an Bedeutung zulegen. Für viele industrielle KMU ist das arbeitsplatznahe Lernen schon der Normalfall; Learning by Doing ist für sie der Kern der Qualifizierungsmaßnahmen: „[...] viel Learning by Doing, weil auch nicht immer planbar ist, das irgendwo was Neues reinkommt“ (Abteilungsleiter Metallbetrieb). Gleichwohl gibt es Optimierungsbedarf im Sinne einer Professionalisierung dieser Lernformen.
- Die qualifikationsspezifischen Unterschiede bei der Teilnahme an Qualifizierung zeigen sich insbesondere beim arbeitsgebundenen Lernen. Produktionsbeschäftigte nehmen zwar an Fachschulungen etwa von Maschinenherstellern teil, darüber hinausgehende Maßnahmen, insbesondere zur Kompetenzentwicklung, ist meist den höherqualifizierten Führungskräften vorbehalten.
- Was immer wieder gefordert wird, sei es von Industrie-4.0-Protagonist\_innen, sei es von Managementvertreter\_innen, ist eigeninitiiertes Lernen, ein Anspruch, den Produktionsbeschäftigte nur in Ausnahmefällen erfüllen (können oder wollen); das gegenseitige Unterstützen im Betrieb, sei es nun der Austausch zwischen Kolleg\_innen oder das Arbeiten in altersgemischten Teams, entspricht mehr der betrieblichen Realität und den Vorstellungen der Produktionsbeschäftigten.
- Es werden bei der Qualifizierung Hoffnungen auf die Digitaltechnik gesetzt: Lernprogramme, Assistenzsysteme etc. sollen Lerninhalte am Arbeitsplatz vermitteln; Gamification (vgl. Sailer 2016) gilt als Stichwort, um das Lernen interessanter zu gestalten. Jedoch zeigen Umfragen, dass digitale Techniken mit wenigen Ausnahmen für die Weiterbildung bislang keine Rolle spielen; Serious Games, MOOCs oder Onlineforen liegen am unteren Ende der Relevanz unterschiedlicher Medien für die betriebliche Weiterbildung – weit abgeschlagen hinter den an der Spitze liegenden ‚schriftlichen Unterlagen‘. Ein zentrales Hindernis der weiteren Verbreitung digitaler Medien für die Qualifizierung liegt in dem aus Sicht der Unternehmen unzureichenden Kosten-Nutzen-Verhältnis.

Diese Zusammenfassung zeigt – und damit werden zugleich die Koordinaten landespolitischer Handlungspotentiale abgesteckt –, dass die betriebliche Implementierung von Industrie 4.0 weder so schnell vorstättengeht, wie der Begriff *Revolution* nahelegt, noch dass die Unternehmen den von interessierter Seite propagierten Visionen in Gänze nachgehen werden. Die Verwandlung eines vermeintlich disruptiven Prozesses in einen evolutionären bedeutet zugleich, nicht in Aktionismus zu verfallen. Denn eines ist auch deutlich geworden: Die empirischen Erkenntnisse, was sich durch Industrie 4.0 wirklich an den Qualifikationen und Kompetenzen verändert, sind dürftig. Man wird nicht ganz falsch mit der Vermutung liegen, dass sich derzeit noch nicht allzu viel verändert hat. In vielen Fällen wird sich eine gewisse Pfadabhängigkeit erkennen lassen, d. h., die Betriebe verhalten sich mit den Industrie-4.0-Technologien so, wie sie es bislang bei den meisten technischen und/oder organisatorischen Reorganisationsprozessen gemacht haben.

Dementsprechend verwundert es nicht, dass sich auch Schwierigkeiten wiederholen. Insbesondere die Problematik eines *strategischen Kompetenzmanagements*, das in vielen, insbesondere kleinen und mittleren Betrieben fehlt, ist ein altes und nicht durch Industrie 4.0 hervorgerufenes Problem. Wie schwer hier eine Verhaltensänderung in den Betrieben herbeizuführen ist, zeigt nicht nur die lange Diskussion darüber, sondern auch vonseiten der Forschung wird immer wieder an diesem Thema gearbeitet – in größerem Rahmen letztmalig im Zuge der BMBF-Bekanntmachung *Betriebliches Kompetenzmanagement im demografischen Wandel* vom November 2012 (vgl. BMBF 2012) mit immerhin 31 geförderten Vorhaben (vgl. BMBF 2018).

Es wird herausfordernd sein, an den Rahmenbedingungen insbesondere von KMU, die den Aufbau eines Kompetenzmanagements bzw. einer Personalentwicklungsstrategie erschweren, etwas zu ändern. Zu vermuten ist, dass vielen Geschäftsführungen die Problematik angesichts des Fachkräftemangels, des demografischen Wandels und anderer beschäftigungsbezogener Herausforderungen ‚auf den Nägeln brennt‘. Die Kunst wird sein, das vorhandene Problembewusstsein so anzusprechen, dass die Unternehmen bereit sind, sich auf die Suche nach längerfristigen Lösungen zu begeben. Denn nur längerfristige (und ‚nachhaltige‘) betriebliche Ansätze versprechen Erfolg; es geht in vielen Unternehmen weniger darum, Instrumente (wie beispielsweise eine Qualifizierungsmatrix) zu implementieren, sondern vielmehr darum, eine ‚Lernkultur‘ (und damit letztlich einen Wandel der Unternehmenskultur) zu etablieren, in der Lernen nicht als notwendiges Übel, sondern u. a. als Wettbewerbsfaktor und als Angebot an die Beschäftigten, interessante, abwechslungsreiche, ‚gute‘ Arbeit auszuüben, gesehen wird. Dazu muss Personalentwicklung (hier weiter gefasst als betriebliche Weiterbildung) zum festen Bestandteil der Unternehmensstrategie werden, die Führungskräfte müssen entsprechend mit Wissen, Zeit und Finanzen ausgestattet sein, die Beschäftigten müssen beteiligt werden etc. (vgl. Anlauff 2017).

Ist diese ‚Lernkultur‘ im Unternehmen verankert, werden Themen wie Lernförderlichkeit der Arbeit einfacher umzusetzen sein – unabhängig von Industrie 4.0. Die genaue Ausgestaltung der

lernförderlichen Arbeitsgestaltung ist immer betriebsspezifisch; Industrie-4.0-Technologien eröffnen aber unter Umständen neue Gestaltungsperspektiven, etwa durch den Einsatz von Assistenzsystemen zur Entscheidungsunterstützung.

Die Förderung dieser Lernkultur muss eine politische Aufgabe sein; Beratung (etwa im Sinne der schon existierenden Potentialberatung) ist ein erster Ansatz. Wichtig sind generell Praxisnähe und direkter Austausch: Viele Unternehmer\_innen vertrauen eher den Erfahrungen anderer Unternehmer\_innen als wissenschaftlichen Ausführungen auf Tagungen oder in Büchern, die im Zweifelsfall aus ihrer Sicht wenig bis nichts mit ihrer jeweiligen Situation zu tun haben. Der Austausch muss direkt zwischen Unternehmensvertreter\_innen stattfinden, sei es beispielsweise durch (regionale) Arbeitskreise, „Netzwerke guter Praxis“ (Schuh 2014, S. 5) oder gemeinsame Besuche von Best-Practice-Fällen, die neben Betriebsführungen Zeit für Diskussion lassen müssen (vgl. Apt et al. 2016, S. 82); Politik und Wissenschaft können diesen Prozess begleiten, moderieren oder mit fachlichem Input unterstützen.

In diesen Kontext können zudem Unterstützungsmaßnahmen zählen, wie Unternehmen ihre Weiterbildung organisieren – sowohl im Hinblick auf die Erfassung der Bedarfe als auch im Hinblick auf die Organisation der aus den Bedarfen abgeleiteten Maßnahmen. Dies sollte im konkreten betrieblichen Umfeld passieren:

„Der Weiterbildungsbedarf ist dort zu bestimmen, wo Weiterbildung gebraucht wird – in den Unternehmen. [...] Die neuen Lernansätze belegen: Erfolgreiches Lernen lebt von praktischen Erfahrungen und nicht von konstruierten Situationen. Wir halten es für wichtig, dass Weiterbildung im Arbeitskontext geschieht.“ (BVAU/DGFP 2017, S. 3-4; vgl. Spöttl et al. 2016, S. 12)<sup>69</sup>

Das arbeitsplatznahe Lernen ist zwar in vielen Unternehmen Realität, wird aber eben selten systematisch umgesetzt, sondern mit einer gewissen ‚Hemdsärmeligkeit‘ betrieben, die zwar aufgrund der unbürokratisch-pragmatischen Herangehensweise ihren Charme besitzt, aber auch dazu führt, dass Personalentwicklung nicht mit letzter Konsequenz betrieben wird, wie das zitierte Beispiel zur Jobrotation aus dem Metallbetrieb illustriert, sondern eher anlassbezogen geschieht. Neben den klassischen Formen wie Learning by Doing oder Jobrotation lassen sich in KMU auch Lerninseln einrichten:

---

<sup>69</sup> Bei größeren Unternehmen ist durchaus an Lernfabriken zu denken: „Der Vorteil von Lernfabriken ist die Möglichkeit einer realitätsnahen bzw. didaktisch-reduzierten Abbildung von Fertigungsprozessen in einer betrieblichen Lernumgebung. Lernfabriken dienen dazu, das für die Bewältigung von Arbeitsaufgaben im Arbeitsprozess benötigte Wissen und Können zu vermitteln. Aufgrund ihrer nicht nur räumlichen Nähe zu den Arbeitsplätzen der Lernenden haben Lehr-Lern-Arrangements in Lernfabriken das Potenzial, die Lücke zwischen grundlegendem theorie- und praxisgebundenem Erfahrungswissen zu schließen und die Lernenden zum kompetenten Arbeitshandeln zu befähigen.“ (Spöttl et al. 2016, S. 12-13) Für KMU ist zu überlegen, gemeinsame regionale Lernfabriken einzurichten (jenseits der von Verbänden etc. getragenen, stärker überregional agierenden Ausbildungszentren), wie das teilweise schon bei der Ausbildung geschieht, wie etwa das Ausbildungszentrum des Zulieferers Heinrich Huhn in Drolshagen oder das Chemiepark Marl.

„Lerninseln zeichnen sich dadurch aus, dass sie im herkömmlichen Sinne durch die Verknüpfung der bestehenden Arbeitsinfrastruktur mit einer Lerninfrastruktur arbeiten, so dass die Bearbeitung realer Arbeitsaufträge und eine Qualifizierung gleichzeitig stattfinden. Danach sind Lerninseln eine Qualifizierungs- und Lernform inmitten der Arbeitswelt. [...] Es handelt sich hierbei um innerbetriebliche Qualifizierungsmaßnahmen, die vor allem auf methodische und soziale Aspekte beruflicher Handlungskompetenz zielen.“ (Spöttl et al. 2016, S. 13; vgl. Jäckel et al. 2006, S. 48-49)

Mit Blick auf die Beschäftigten geraten insbesondere die *Un- und Angelernten* durch Industrie 4.0 in Gefahr.<sup>70</sup> Ihre Arbeitsplätze bzw. ihre Tätigkeiten sind – so zumindest die verbreitete Meinung – stark durch Automatisierung und Digitalisierung bedroht (vgl. Forschungsunion/acatech 2013, S. 57). Sehr wahrscheinlich wird es dennoch weiterhin Automatisierungslücken – und damit Arbeitsplätze für diese Beschäftigtengruppe – geben, aber grosso modo ist mit einem weiteren Rückgang von Einfacharbeit zu rechnen, auch wenn manche Entwicklungsszenarien (vgl. Tabelle 9; Hirsch-Kreinsen 2017) teilweise Anlass zur Hoffnung geben (vgl. als Beispiel für die Zunahme von Einfacharbeit durch Robotereinsatz Reiser et al. 2018, S. 144). Hier kann die Landespolitik – nicht zuletzt aus einer gesellschaftspolitischen Verantwortung heraus – Maßnahmen initiieren, die sowohl auf die Betroffenen (Qualifizierung) selbst als auch auf die Unternehmen zielen, indem letztere etwa dabei unterstützt werden, ihre Produktionsprozesse so zu strukturieren, dass Arbeitsplätze für (weitergebildete) Un- und Angelernte angeboten werden können (zur Frage der Finanzierung des Weiterbildungsbedarfs vgl. Bosch 2017).

Im Unterschied zu un- und angelernten Beschäftigten sind *Facharbeiter\_innen* nicht so gefährdet: Je nach betrieblicher Strategie müssen unter Umständen auch sie mit Dequalifizierung rechnen, aber es bestehen ebenfalls Chancen des Upgradings. Dafür sind neben IT-Kenntnissen insbesondere neue Methoden- und Sozialkompetenzen erforderlich, die Facharbeiter\_innen in gewissem Umfang schon aktuell benötigen, aber – im Unterschied zu Führungskräften – selten vermittelt bekommen. Hier dürfte ein gewisser Nachholbedarf zu stillen sein.

„Dass es schwierig ist, etwas, das noch nicht existiert, wissenschaftlich fundiert zu erforschen, liegt auf der Hand. Der Wunsch nach dem Blick in die Glaskugel von Seiten politischer VerantwortungsträgerInnen ist verständlich.“ (Igelsböck et al. 2016, S. 7)

In diesen zwei Sätzen liegt das derzeitige Dilemma wissenschaftlicher Aussagen: Auch wenn die Forschung zu und über Digitalisierung und Industrie 4.0 massiv zugenommen hat, sind insbesondere die belastbaren Aussagen zu den vermeintlich ‚weichen‘ Themen rar gesät. Die Wissenschaft weiß noch nicht, in welche Richtung sich Organisations-, Beschäftigten- oder Qualifikationsstrukturen in den Unternehmen entwickeln werden. Werden die diskutierten Visionen in Anschlag gebracht, sind weitreichende Veränderungsprozesse zu erwarten. Aber werden die Visionen überhaupt Realität? Auch die etwas differenzierteren Szenarien (vgl. Kapitel 4.1) sind nur

---

<sup>70</sup> Die un- und angelernten Beschäftigten sind nicht die einzige Risikogruppe auf dem deutschen Arbeitsmarkt. So gelingt es beispielsweise nur unzureichend, Migrant\_innen in den deutschen Arbeitsmarkt zu integrieren (vgl. Walwei 2016; zu deren Qualifizierung vgl. Dehler/Gurris 2016).

Annäherungen; sie können in der beschriebenen Form so gar nicht eintreten oder sie können innerhalb einzelner Unternehmen auch kombiniert auftreten.

Erforderlich ist somit eine intensivere *sozial- und arbeitswissenschaftliche Forschung*, die zum einen die klassischen arbeits- und industriesoziologischen Themen adressiert, aber ebenfalls prüft, inwieweit die bewährten Begriffe und Instrumente der Arbeits- und Industriesoziologie unter den Bedingungen von Digitalisierung und Industrie 4.0 noch taugen. Mit anderen Worten: Ist durch Digitalisierung ein qualitativer Sprung eingetreten, wie es durch das verbreitete Label ‚Arbeit 4.0‘ suggeriert wird? Oder ist eher von einer ‚Pfadabhängigkeit‘ auszugehen, aufgrund derer Digitalisierung nur ein weiterer Technologieschritt in einer langen Reihe ist, von dem keine radikalen Neuerungen zu erwarten sind?

Das Thema Lernen wurde bereits angesprochen (Lerninseln etc.), aber es blieb in vielen Unternehmen bei den klassischen Formen wie Learning by Doing oder Seminare. Im Zuge der Digitalisierungsdebatte wird diskutiert, inwieweit digitale Techniken das Lernen unterstützen können. In der betrieblichen Realität sind diese neuen Formen noch nicht angekommen, wobei die genauen Gründe hierfür im Unklaren liegen (vgl. Gensicke et al. 2016, S. 73):

„Die Umstellung von analogen auf digitale Lern- und Unterrichtsformen in der Aus- und Weiterbildung ist nicht beiläufig zu erreichen. Um digitale Lern- und Medienformate nutzen zu können, muss eine funktionierende technische Infrastruktur bereitgestellt werden. Außerdem müssen neue Lernszenarien und -inhalte sowie neue Medienformate entwickelt werden, die die technischen Möglichkeiten digitaler Lern- und Unterrichtsformen tatsächlich nutzen – andernfalls gäbe es keinen nennenswerten Grund für einen Umstieg.“ (Gensicke et al. 2016, S. 73)

Hier zeigt sich einiger Forschungs- und Unterstützungsbedarf: Worin liegen die Ursachen für die Zurückhaltung in den Unternehmen? Wie können praxisorientierte Formen eines digital unterstützten Lernens aussehen? etc.

### 6.3 Statt eines Schlusswortes [...]



Quelle: Start – gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH 2018

## Literatur

- Abel, Jörg/Decius, Julian/Güth, Sandra/Schaper, Niclas (2016): Kompetenzentwicklung bei Un- und Angelernten in nicht-forschungsintensiven KMU – Status quo und Zukunft einer strategischen Notwendigkeit. In: Betriebspraxis & Arbeitsforschung, Heft 228, S. 41-50.
- Abel, Jörg/Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter (2014): Einfacharbeit in der Industrie. Strukturen, Verbreitung, Perspektiven. Berlin: edition sigma.
- Abel, Jörg/Ittermann, Peter (2014): Teilautonom oder re-taylorisiert? Gruppenarbeit bei Ganzheitlichen Produktionssystemen. In: ARBEIT, Jg. 23 (4), S. 277-291.
- Abel, Jörg/Wagner, Pia (2017): Industrie 4.0: Mitarbeiterqualifizierung in KMU. In: wt-online, Jg. 107 (3), S. 134-140.
- acatech (Hrsg.) (2015a): Innovationspotenziale der Mensch-Maschine-Interaktion. Dossier für den 3. Innovationsdialog in der 18. Legislaturperiode am 10. November 2015. Berlin.
- acatech (Hrsg.) (2015b): Smart Maintenance für Smart Factories. Mit intelligenter Instandhaltung die Industrie 4.0 vorantreiben. acatech POSITION Oktober 2015. München.
- acatech (Hrsg.) (2016a): Innovationspotenziale der Mensch-Maschine-Interaktion. acatech IMPULS. München: Utz Verlag.
- acatech (Hrsg.) (2016b): Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0. München.
- acatech (Hrsg.) (2016c): Kompetenzen für Industrie 4.0. Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze. acatech POSITION. München: Utz Verlag.
- Agiplan/Fraunhofer IML/ZENIT (2015): Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand. Mülheim.
- Ahlers, Elke (2018): Forderungen der Betriebsräte für die Arbeitswelt 4.0. Policy Brief Nr. 20. Düsseldorf: WSI.
- Ahrens, Daniela (2016a): Neue Anforderungen im Zuge der Automatisierung von Produktionsprozessen: Expertenwissen und operative Zuverlässigkeit. In: AIS-Studien, Jg. 9 (1), S. 43-56.
- Ahrens, Daniela (2016b): Betriebliche Kompetenzentwicklung in digitalisierten Arbeitswelten: Lernen in lernfeindlichen Arbeitsumgebungen? Vortrag auf der Abschlussveranstaltung des Verbundprojekts ABEKO, 11. Januar 2017. Bremen: Universität Bremen.
- Ahrens, Daniela/Gessler, Michael (2018): Von der Humanisierung zur Digitalisierung: Entwicklungsetappen betrieblicher Kompetenzentwicklung. In: Ahrens, Daniela/Molzberger, Gabriele (Hrsg.): Kompetenzentwicklung in analogen und digitalisierten Arbeitswelten. Berlin: Springer, S. 157-172.

- Allianz Wirtschaft und Arbeit 4.0 NRW (2017): Transfer 4.0 im Zusammenwirken von Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft stärken. Düsseldorf.
- Ali, Frank/Krane, Svenja (2014): Mobile Learning mit der E-Plus TRAININGSAKADEMIE. In: Graf, Nele (Hrsg.): Innovationen im Personalmanagement. Wiesbaden: Springer-Gabler, S. 209-224.
- Altmann, Norbert/Deiß, Manfred/Döhl, Volker/Sauer, Dieter (1986): Ein „Neuer Rationalisierungstyp“ – neue Anforderungen an die Industriegesellschaft. In: Soziale Welt, Jg. 37 (2/3), S. 191-206.
- Anlauff, Wolfgang (2017): Eine betriebliche Lernkultur aufbauen. In: Gute Arbeit, Heft 4/2017, S. 19-21.
- Apt, Wenke/Bovenshulte, Marc/Hartmann, Ernst/Wischmann, Steffen (2016): Foresight-Studie „Digitale Arbeitswelt“. BMAS-Forschungsbericht 463. Berlin: BMAS.
- Arbeitsgemeinschaft Betriebliche Weiterbildungsforschung e.V./Projekt Qualifikations-Entwicklungs-Management (Hrsg.) (2001): Arbeiten und Lernen. Lernkultur Kompetenzentwicklung und Innovative Arbeitsgestaltung. QUEM-report 66. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Betriebliche Weiterbildungsforschung e.V./Projekt Qualifikations-Entwicklungs-Management.
- Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech (Hrsg.) (2015): Smart Service Welt – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft. Abschlussbericht. Berlin.
- Arnold, Rolf (2002): Von der Bildung zur Kompetenzentwicklung. In: Literatur- und Forschungsreport Weiterbildung: wissenschaftliche Halbjahreszeitschrift, Nr. 49, S. 26-38.
- A. T. Kearney/BDI (2017): Wie mutig ist der Mittelstand? Das Mittelstandspanel 2017. Düsseldorf/Berlin: A. T. Kearney/BDI.
- Autorengruppe Bildungsberichterstattung (2016): Bildung in Deutschland 2016. Ein indikatoren-gestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung und Migration. Bielefeld: Bertelsmann Verlag.
- Baethge, Martin/Baethge-Kinsky, Volker (2006): Ökonomie, Technik, Organisation: Zur Entwicklung von Qualifikationsstruktur und qualitativem Arbeitsvermögen. In: Arnold, Rolf/ Lipsmeier, Antonius (Hrsg.): Handbuch der Berufsbildung. 2. Auflage, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 153-173.
- Baethge, Martin/Baethge-Kinsky, Volker/Holm, Ruth/Tullius, Knut (2006): Dynamische Zeiten – langsamer Wandel: Betriebliche Kompetenzentwicklung von Fachkräften in zentralen Tätigkeitsfeldern der deutschen Wirtschaft. Göttingen: SOFI.
- Bainbridge, Lisanne (1983): Ironies of automation. In: Automatica, Jg. 19 (6), S. 775-779.

- Bauer, Waldemar/Koring, Claudia/Röben, Peter/Schnitger, Meike (2007): Weiterbildungsbedarfsanalysen. Ergebnisse aus dem Projekt „Weiterbildung im Prozess der Arbeit“ (WAP). ITB-Forschungsberichte 27. Bremen: Institut Technik und Bildung.
- Bauer, Wilhelm/Dworschak, Bernd/Zaiser, Helmut (2015): Weiterbildung und Kompetenzentwicklung für die Industrie 4.0. In: Vogel-Heuser, Birgit/Bauernhansl, Thomas/ten Hompel, Michael (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.
- Bauer, Wilhelm/Schlund, Sebastian/Marrenbach, Dirk/Ganschar, Oliver (2014): Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Berlin/Stuttgart: Bitcom/Fraunhofer IAO.
- Bauer, Wilhelm/Schlund, Sebastian/Strölin, Tobias (2018): Modellierungsansatz für ein arbeitsplatznahes Beschreibungsmodell der „Arbeitswelt Industrie 4.0“. In: Wischmann, Stefan/Hartmann, Ernst (Hrsg.): Zukunft der Arbeit – Eine praxisnahe Betrachtung. Berlin: Springer-Vieweg, S. 147-158.
- Bauernhansl, Thomas (2013): Technologische Entwicklungstrends und Beschäftigung. Vortrag auf der Fachkonferenz „zukunftmobil“ am 8. Juli 2013 in Augsburg. Stuttgart: Universität Stuttgart/Fraunhofer IPA.
- BDI – Bundesverband der Deutschen Industrie/PwC – PricewaterhouseCoopers (2015): BDI/PwC-Mittelstandspanel: Die Digitalisierung im Mittelstand. Berlin: BDI/PwC.
- Becker, Rolf/Hecken, Anna (2011): Berufliche Weiterbildung – theoretische Perspektiven und empirische Befunde. In: Becker, Rolf (Hrsg.): Lehrbuch der Bildungssoziologie. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 367-410.
- Behringer, Friederike/Bilger, Frauke/Schönfeld, Gudrun (2013): Segment: Betriebliche Weiterbildung. In: Bilger, Frauke/Gnahn, Dieter/Hartmann, Josef/Kuper, Harm (Hrsg.): Weiterbildungsverhalten in Deutschland. Bielefeld: Bertelsmann Verlag, S. 139-163.
- Berger, Johannes/Offe, Claus (1980): Die Entwicklungsdynamik des Dienstleistungssektors. In: Leviathan, Jg. 8 (1), S. 41-75.
- Berger, Ulrike/Offe, Claus (1984): Das Rationalisierungsdilemma der Angestelltenarbeit. In: Offe, Claus: Arbeitsgesellschaft. Frankfurt am Main: Campus Verlag, S. 271-290.
- Berkholz, Daniel/Dreyer, Jens/Hartmann, Wiebke/Konopatzki, Benjamin (2008): Schlüsselqualifikationen für den erfolgreichen Berufseinstieg. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jg. 103 (11), S. 788-792.
- Bitcom/Ernst & Young (2016a): Industrie 4.0: Status quo und Perspektiven in Deutschland. Ergebnisse einer repräsentativen Unternehmensbefragung von 705 Unternehmen in Deutschland? Berlin: Bitcom.
- Bitcom/Ernst & Young (2016b): Industrie 4.0 – das unbekanntes Wesen? Berlin: Bitcom.

- Bitkom/VDMA/ZVEI (2015): Umsetzungsstrategie Industrie 4.0. Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. Berlin/Frankfurt am Main: Bitkom/VDMA/ZVEI.
- Bitkom Research (2017a): Digitale Transformation der Wirtschaft. 2. Auflage, Berlin: Bitkom.
- Bitkom Research (2017b): Digital Engineering. Agile Produktentwicklung in der deutschen Industrie. Berlin: Bitkom.
- Bley, Stefan/Gudat, Jan/Mütze, Bettina (2017): Industrie 4.0: Die Digitale Transformation beschleunigen. Online-Live-Seminar am 8. November 2017 bei der Bitkom Akademie. Berlin: Bitkom.
- BMAS – Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Hrsg.) (2016): Weißbuch Arbeiten 4.0. Diskussionsentwurf. Berlin: BMAS.
- Bochum, Ulrich (2015): Gewerkschaftliche Positionen in Bezug auf „Industrie 4.0“. In: Botthoff, Alfons/Hartmann, Ernst (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin/Heidelberg: Springer Vieweg, S. 31-44.
- Böhle, Fritz (2010): Arbeit als Handeln. In: Böhle, Fritz/Voß, Günter/Wachtler, Günther (Hrsg.): Handbuch Arbeitssoziologie. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 151-176.
- Böhle, Fritz/Milkau, Brigitte (1988): Vom Handrad zum Bildschirm: eine Untersuchung zur sinnlichen Erfahrung im Arbeitsprozeß. Frankfurt am Main: Campus Verlag.
- Bolder, Axel (2010): Arbeit, Qualifikation und Kompetenzen. In: Tippelt, Rudolf/Schmidt, Bernhard (Hrsg.): Handbuch Bildungsforschung. 3. Auflage, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 813-844.
- Bonin, Holger/Gregory, Terry/Zierahn, Ulrich (2015): Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. ZEW-Kurzexpertise Nr. 57. Mannheim: ZEW.
- Bornemann, Dagmar (2014): Industrie 4.0. Vermessen und funktional – aber nicht revolutionär. Berlin: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Bosch, Gerhard (2017): Weiterbildung 4.0 – Wie kann sie eigentlich finanziert werden? In: WSI Mitteilungen, Jg. 70 (2), S. 158-160.
- Brandt, Peter (2015): Zukunft der Arbeit in der Industrie 4.0. In: Computer und Arbeit, Jg. 24 (1), S. 14-18.
- Brandt, Peter (2016): Industrie 4.0 betrieblich gestalten. In: Computer und Arbeit, Jg. 25 (5), S. 20-24.
- Brandt, Peter (2017): Industrie 4.0 – Was lernen wir aus früheren Informatisierungswellen? Düsseldorf: DGB Bezirk NRW.

- Buck, Hartmut/Witzgall, Elmar (2012): Mitarbeiterqualifizierung in der Montage. In: Lotter, Bruno/Wiendahl, Hans-Peter (Hrsg.): Montage in der industriellen Produktion. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, S. 397-417.
- Büchter, Karin (1997): Klein- und Mittelbetriebe: Träger des Strukturwandels? Relativierungen zu Prosperität und Qualifikationsbedarf. In: ARBEIT, Jg. 6 (4), S. 412-428.
- Buhr, Daniel (2015): Soziale Innovationspolitik für die Industrie 4.0. WISO-Diskurs April 2015. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2012): Bekanntmachungen, <https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-784.html> (Zugriff: 29. Dezember 2017).
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2018): Projekte, <https://www.produktion-dienstleistung-arbeit.de/de/projekte.php?S=&btnSubmit=Suchen&dir=ASC&level1=8170e6120afd761f79a26fd0c7c73351&level2=60d961df66e619a545e07ec92709d70a&level3=&page=1&sort=k#pub> (Zugriff: 29. Januar 2018).
- BVAU – Bundesverband der Arbeitsrechtler in Unternehmen/DGFP – Deutsche Gesellschaft für Personalführung (Hrsg.) (2017): Standpunkt zum Diskussionsentwurf „Weißbuch Arbeiten 4.0“. München/Berlin: BVAU/DGFP.
- Cattero, Bruno (Hrsg.) (1998): Modell Deutschland – Modell Europa. Probleme, Perspektiven. Opladen: Leske + Budrich.
- CDU – Christlich Demokratische Union Deutschlands/CSU – Christlich-Soziale Union/SPD – Sozialdemokratische Partei Deutschlands (2018): Ein neuer Aufbruch für Europa – Eine neue Dynamik für Deutschland – Ein neuer Zusammenhalt für unser Land. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. Berlin.
- CDU – Christlich Demokratische Union Deutschlands/FDP – Freie Demokratische Partei (2017): Koalitionsvertrag für Nordrhein-Westfalen 2017-2022. Düsseldorf.
- Clement, Ute (2007): Kompetent für einfache Arbeit? Anforderungen an Arbeit in modernen Produktionssystemen. In: Friedrich-Ebert-Stiftung (Hrsg.): Perspektiven der Erwerbsarbeit: Einfache Arbeit in Deutschland. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung, S. 35-45.
- Dahrendorf, Ralf (1956): Industrielle Fertigkeiten und soziale Schichtung. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Jg. 8 (4), S. 540-568.
- Dehler, Johanne/Gurris, Silke (2016): Eingerostet oder Erfahren? Anders oder Anpassungsfähig? Herausforderungen und Chancen für die betriebliche Weiterbildung im demografischen Wandel. Dortmund: GlobalGate.

- DER SPIEGEL (1987): Studenten. Sä send albern. In: DER SPIEGEL 52/1987, <http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-13526479.html> (Zugriff: 20. April 2018).
- Deuse, Jochen/Weisner, Kirsten/Hengstebeck, André/Busch, Felix (2015): Gestaltung von Produktionssystemen im Kontext von Industrie 4.0. In: Botthoff, Alfons/Hartmann, Ernst (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin/Heidelberg: Springer Vieweg, S. 99-109.
- Dewe, Bernd (2010): Begriffskonjunkturen und der Wandel vom Qualifikations- zum Kompetenzjargon. In: Kurtz, Thomas/Pfadenhauer, Michaela (Hrsg.): Soziologie der Kompetenz. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 106-118.
- DGFP – Deutsche Gesellschaft für Personalführung (Hrsg.) (2016): Leitfaden: Kompetenzen im digitalisierten Unternehmen. DGFP-PraxisPapiere Leitfaden 02/2016. Frankfurt am Main: DGFP.
- DIE – Deutsches Institut für Erwachsenenbildung (2017): Aktuelle Daten/Kennzahlen zur Teilnahme in der Weiterbildung: Bonn: DIE, [https://www.die-bonn.de/Weiterbildung/wb\\_Fakten/Teilnahme/Kennzahlen.aspx](https://www.die-bonn.de/Weiterbildung/wb_Fakten/Teilnahme/Kennzahlen.aspx) (Zugriff: 5. Februar 2018)
- DIN – Deutsches Institut für Normung/DKE – Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (2015): Deutsche Normungs-Roadmap Industrie 4.0. Version 2, Berlin/Frankfurt am Main: DIN/DKE.
- Dobischat, Rolf/Düsseldorf, Karl (2010): Berufliche Bildung und Berufsbildungsforschung. In: Tippelt, Rudolf/Schmidt, Bernhard (Hrsg.): Handbuch Bildungsforschung. 3. Auflage, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 383-404.
- Elbe, Martin (2015): Lernförderliche Arbeitsgestaltung. In: ABWF-Bulletin, 1'2015, S. 1.
- Erpenbeck, John (2013): Was „SIND“ Kompetenzen? In: Faix, Werner/Erpenbeck, John/Auer, Michael (Hrsg.): Bildung. Kompetenzen. Werte. Stuttgart: Steinbeis-Edition, S. 297-353.
- Erpenbeck, John/Sauter, Werner (2013): So werden wir lernen! Kompetenzentwicklung in einer Welt fühlender Computer, kluger Wolken und sinnsuchender Netze. Berlin/Heidelberg: Springer Gabler.
- Faust, Michael/Holm, Ruth (2001): Formalisierte Weiterbildung und informelles Lernen. In: Becker, Frank/Katerndahl, Regina/Max, Horst/Meinhardt, Timo/Denisow, Karin/Preß, Günter/Faust, Michael/Holm, Ruth/Frieling, Ekkehard/Bernard, Heike/Bigalk, Debora/Müller, Rudolf/Gadow, Peter/Wessler, Rüdiger/Winkelmann, Jörn/Jaeger, Detleff/Staudt, Erich/Kley, Thomas/Stieler-Lorenz, Brigitte/Frister, Siegfried/Jacob, Klaus/Liljeberg, Holger/Steinborn, Dirk: Berufliche Kompetenzentwicklung in formellen und informellen Strukturen. QEM-report 69. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Betriebliche Weiterbildungsforschung e.V./Projekt Qualifikations-Entwicklungs-Management, S. 67-108.

- Felden Birgit/Hack, Andreas (2014): Management von Familienunternehmen. Besonderheiten – Handlungsfelder – Instrumente. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Fiedler, Angela/Regenhard, Ulla (1991): Mit CIM in die Fabrik der Zukunft? Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Forschungsunion/acatech (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt am Main.
- Fraunhofer IAO (2016): Fit für den digitalen Wandel. Ergebnisse einer Online-Befragung zu Anforderungen an Personal- und Kompetenzentwicklung im digitalen Wandel. Stuttgart: Fraunhofer IAO.
- Fraunhofer IPA (2015): Industrie 4.0 – Chancen und Perspektiven für Unternehmen der Metropolregion Rhein-Neckar. Stuttgart: Fraunhofer IPA.
- Frey, Carl/Osborne, Michael (2013): The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization? Oxford.
- Frieling, Ekkehart (2006): Lernen und Arbeiten. In: Arnold, Rolf/Lipsmeier, Antonius (Hrsg.): Handbuch der Berufsbildung. 2. Auflage, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 315-327.
- Fritsch, Andreas/Israel, Dagmar/Moldaschl, Manfred/Pawellek, Irene/Reuther, Ursula/Sonntag, Karlheinz/Witzgall, Elmar (2007): Projektübergreifende Evaluation von Gestaltungsprojekten im Programmbereich „Lernen im Prozess der Arbeit“. QUEM-report 99. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Betriebliche Weiterbildungsforschung e. V./Projekt Qualifikations-Entwicklungs-Management.
- Fröhlich, Martin (2018): Laschet: „NRW ist ein Industrieland und muss das auch bleiben“. [http://www.nw.de/nachrichten/regionale\\_politik/22046528\\_Laschet-NRW-ist-ein-Industrieland-und-muss-das-auch-bleiben.html](http://www.nw.de/nachrichten/regionale_politik/22046528_Laschet-NRW-ist-ein-Industrieland-und-muss-das-auch-bleiben.html) (Zugriff: 19. April 2018)
- Gebhardt, Jonas/Grimm, Axel (2015): Netzkompetenz und Facharbeit. Über die Sicherung der Zukunftsfähigkeit der Facharbeit im Kontext von Digitalisierung und Industrie 4.0. In: Prokom 4.0 (Hrsg.): Facharbeit und Digitalisierung. Bottrop/Duisburg/Erkrath/Flensburg/Rheine/Rostock/Wildau: Rhein-Ruhr-Institut für Sozialforschung und Politikberatung (RISP) e.V./bfw – Unternehmen für Bildung, Berufsbildungswerk Gemeinnützige Bildungseinrichtung des DGB GmbH/Europa-Universität Flensburg, Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat)/TAT Technik Arbeit Transfer gGmbH/Technische Hochschule Wildau/celano GmbH/multiwatt® Energiesysteme GmbH, S. 117-128.
- Gebhardt, Jonas/Grimm, Axel/Neugebauer, Laura (2015): Entwicklungen 4.0 – Ausblicke auf zukünftige Anforderungen an und Auswirkungen auf Arbeit und Ausbildung. In: Journal of Technical Education, Jg. 3 (2), S. 45-61.

- Geldermann, Brigitte/Günther, Dorothea/Hofmann, Heidemarie (2005): Lernkulturen und strategische Kompetenzentwicklungsprogramme – Ausgewählte Ergebnisse von Unternehmen in den alten Bundesländern. QUEM-Materialien 62. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Betriebliche Weiterbildungsforschung e. V./Projekt Qualifikations-Entwicklungs-Management.
- Gensicke, Miriam/Bechmann, Sebastian/Härtel, Michael/Schubert, Tanja/García-Wülfing, Isabel/Güntürk-Kuhl, Betül (2016): Digitale Medien in Betrieben – heute und morgen. Eine repräsentative Bestandsanalyse. Wissenschaftliche Diskussionspapiere Heft 177. Bonn: BIBB.
- Gentner, Daniel/Oßwald, Marc (2016): Industrie 4.0 und resultierende Anforderungen an das Produktmanagement – Theorie und Empirie. ITOP-Schriftenreihe Nr. 6. Ulm: Universität Ulm.
- Gerst, Detlef (2014): Arbeitspolitische Konsequenzen aus Industrie 4.0. Vortrag auf der 5. Industrial Engineering Fachtagung am 5. Juni 2014. Dortmund: TU Dortmund.
- Gerst, Detlef (2017): Arbeit 4.0 – Trends und Gestaltungsmöglichkeiten. Vortrag im Rahmen HR-4.0-Qualifizierungsprogramms von Airbus/DFKI am 26. April 2017 in Hamburg. Frankfurt am Main: IG Metall.
- G.I.B. – Gesellschaft für innovative Beschäftigungsförderung (2016a): Beratungssch€ck Potentialberatung. Bericht 2015/2 – Januar bis Dezember 2015. Bottrop: G.I.B.
- G.I.B. – Gesellschaft für innovative Beschäftigungsförderung (2016b): Bildungssch€ck Potentialberatung. Bericht 2015/3 – Januar bis Dezember 2015. Bottrop: G.I.B.
- G.I.B. – Gesellschaft für innovative Beschäftigungsförderung (2017a): Mit Potentialberatung modernisieren. Ein Leitfaden für Unternehmen. Arbeitspapiere 18. Bottrop: G.I.B.
- G.I.B. – Gesellschaft für innovative Beschäftigungsförderung (2017b): Beratungssch€ck Potentialberatung. Bericht 2016/4 – Januar bis Dezember 2016. Bottrop: G.I.B.
- G.I.B. – Gesellschaft für innovative Beschäftigungsförderung (2017c): Bildungssch€ck Potentialberatung. Bericht 2016/4 – Januar bis Dezember 2016. Bottrop: G.I.B.
- G.I.B. – Gesellschaft für innovative Beschäftigungsförderung (2017d): Bildungssch€ck Potentialberatung. Bericht 2017/3 – Januar bis September 2017. Bottrop: G.I.B.
- G.I.B. – Gesellschaft für innovative Beschäftigungsförderung (2018): Beratungssch€ck Potentialberatung. Bericht 2017/2 – Januar bis Dezember 2017. Bottrop: G.I.B.
- Gloystein, Astrid/Pletz, Birgit (2017): Die Zukunft der Weiterbildung für die Facharbeit. In: Prokom 4.0 (Hrsg.): Facharbeit und Digitalisierung. Bottrop/Duisburg/Erkrath/Flensburg/Rhein/Rostock/Willdau: Rhein-Ruhr-Institut für Sozialforschung und Politikberatung (RISP) e.V./bfw – Unternehmen für Bildung, Berufsbildungswerk Gemeinnützige Bildungseinrichtung des DGB GmbH/Europa-Universität Flensburg, Berufsbildungsinstitut Arbeit und

Technik (biat)/TAT Technik Arbeit Transfer gmbH/Technische Hochschule Wildau/celano GmbH/multiwatt® Energiesysteme GmbH, S. 46-55.

Goertz, Lutz (2011): Spielerisch lernen und Zusammenhänge erkunden. Einsatzmöglichkeiten für Serious Games in Unternehmen. In: Personalführung, Ausgabe 2/2011, S. 58-65.

Goertz, Lutz (2012): Lern-Apps für Tablet-Computer und Smartphones. Möglichkeiten und Grenzen für die digitale Weiterbildung im Unternehmen. In: Personalführung, Ausgabe 4/2012, S. 18-26.

Güth, Sandra/Decius, Julian/Horvat, Djerdj/Schaper, Niclas/Virgillito, Alfredo (2018): Strategisches Kompetenzmanagement von Produktionsbeschäftigten – Innovations- und Wachstumsimpulse in nichtforschungsintensiven kleinen und mittleren Unternehmen. In: Ahrens, Daniela/Molzberger, Gabriele (Hrsg.): Kompetenzentwicklung in analogen und digitalisierten Arbeitswelten. Berlin: Springer-Verlag, S. 31-50.

Hammermann, Andrea (2016): Qualifikationsbedarf und Qualifizierung – Anforderungen im Zeichen der Digitalisierung. Vortrag am 19. September 2016 in Stuttgart. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft.

Hammermann, Andrea/Stettes, Oliver (2015): Fachkräftesicherung im Zeichen der Digitalisierung. Empirische Evidenz auf Basis des IW-Personalpanels 2014. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft.

Hammermann, Andrea/Stettes, Oliver (2016): Qualifikationsbedarf und Qualifizierung – Anforderungen im Zeichen der Digitalisierung. IW policy paper 3/2016. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft.

Hardwig, Thomas (2004): Auf dem Wege zu einem kompetenzorientierten Personalmanagement – erste empirische Befunde aus der betrieblichen Praxis. In: Arbeitsgemeinschaft Betriebliche Weiterbildungsforschung e.V./Projekt Qualifikations-Entwicklungs-Management (Hrsg.): Kompetenzorientiertes Personalmanagement als Grundlage wirtschaftlichen Erfolgs. QUEM-report 89. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Betriebliche Weiterbildungsforschung e.V./Projekt Qualifikations-Entwicklungs-Management.

Hartmann, Frank/Hartmann, Veit (2017): Digitalisierung und Industrie 4.0. In: Prokom 4.0 (Hrsg.): Facharbeit und Digitalisierung. Bottrop/Duisburg/Erkrath/Flensburg/Rheine/Rostock/Wildau: Rhein-Ruhr-Institut für Sozialforschung und Politikberatung (RISP) e.V./bfw – Unternehmen für Bildung, Berufsbildungswerk Gemeinnützige Bildungseinrichtung des DGB GmbH/ Europa-Universität Flensburg, Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat)/TAT Technik Arbeit Transfer gmbH/Technische Hochschule Wildau/celano GmbH/multiwatt® Energiesysteme GmbH, S. 8-14.

- Hartmann, Frank (2017a): Zukünftige Anforderungen an Kompetenzen im Zusammenhang mit Industrie 4.0 – Eine Bestandsaufnahme. In: Prokom 4.0 (Hrsg.): Facharbeit und Digitalisierung. Bottrop/Duisburg/Erkrath/Flensburg/Rheine/Rostock/Wildau: Rhein-Ruhr-Institut für Sozialforschung und Politikberatung (RISP) e.V./bfw – Unternehmen für Bildung, Berufsbildungswerk Gemeinnützige Bildungseinrichtung des DGB GmbH/Europa-Universität Flensburg, Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat)/TAT Technik Arbeit Transfer gGmbH/Technische Hochschule Wildau/celano GmbH/multiwatt® Energiesysteme GmbH, S. 19-28.
- Hartmann, Veit (2017b): Kompetenz und Kompetenzmanagement unter den Bedingungen fortschreitender Digitalisierung. In: Prokom 4.0 (Hrsg.): Facharbeit und Digitalisierung. Bottrop/Duisburg/Erkrath/Flensburg/Rheine/Rostock/Wildau: Rhein-Ruhr-Institut für Sozialforschung und Politikberatung (RISP) e.V./bfw – Unternehmen für Bildung, Berufsbildungswerk Gemeinnützige Bildungseinrichtung des DGB GmbH/Europa-Universität Flensburg, Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat)/TAT Technik Arbeit Transfer gGmbH/ Technische Hochschule Wildau/celano GmbH/multiwatt® Energiesysteme GmbH, S. 38-45.
- Hengstebeck, André/Weisner, Kirsten/Deuse, Jochen/Rossmann, Jürgen/Kuhlenkötter, Bernd (2018): Betriebliche Auswirkungen industrieller Servicerobotik am Beispiel der Kleinteilemontage. In: Wischmann, Steffen/Hartmann, Ernst (Hrsg.): Zukunft der Arbeit – Eine praxisnahe Betrachtung. Berlin: Springer-Vieweg, S. 51-61.
- Henke, Michael/Kaczmarek, Sandra (Hrsg.) (2017): Gamification in der Logistik. Effektiv und spielend zu mehr Erfolg. München: Huss-Verlag.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2009): Wirtschafts- und Industriesoziologie – Grundlagen, Fragestellungen, Themenbereiche. 2. Auflage, Weinheim: Juventa Verlag.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2015): Entwicklungsperspektiven von Produktionsarbeit. In: Botthoff, Alfons/Hartmann, Ernst (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin/Heidelberg: Springer Vieweg, S. 89-98.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2016): Industrie 4.0 als Technologieversprechen. Soziologisches Arbeitspapier Nr. 46/2016. Dortmund: TU Dortmund.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2017): Digitalisierung industrieller Einfacharbeit. In: ARBEIT, Jg. 26 (1), S. 7-32.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut/ten Hompel, Michael (2015): Digitalisierung industrieller Arbeit. Entwicklungsperspektiven und Gestaltungsansätze. In: Vogel-Heuser, Birgit/Bauernhansl, Thomas/ten Hompel, Michael (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.

- Hirsch-Kreinsen, Hartmut/ten Hompel, Michael (2016): „Social Manufacturing and Logistics“ – Arbeit in der digitalisierten Produktion. In: BMWi (Hrsg.): Arbeiten in der digitalen Welt. Berlin: BMWi, S. 6-9.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Schultz-Wild, Rainer/Köhler, Christoph/von Behr, Marhild (1990): Einstieg in die rechnerintegrierte Produktion. Alternative Entwicklungspfade der Industriearbeit im Maschinenbau. Frankfurt am Main/New York: Campus Verlag.
- Holler, Markus (2017): Verbreitung, Folgen und Gestaltungsaspekte der Digitalisierung in der Arbeitswelt. Auswertungsbericht auf Basis des DGB-Index Gute Arbeit 2016. Berlin: Institut DGB-Index Gute Arbeit.
- Holtgrewe, Ursula/Riesenecker-Caba, Thomas/Flecker, Jörg (2015): „Industrie 4.0“ – eine arbeitssoziologische Einschätzung. FORBA-Forschungsbericht 6/2015. Wien: FORBA.
- httc (2016): Mitarbeiterqualifizierung und Wissenstransfer im Zusammenhang der Digitalisierung von Arbeits- und Geschäftsprozessen. Ergebnisse einer Bedarfs- und Trendanalyse. Darmstadt: htcc.
- Huchler, Norbert (2016a): Die ‚Rolle des Menschen‘ in der Industrie 4.0. Technikzentrierter vs. humanzentrierter Ansatz. In: AIS-Studien, Jg. 9 (1), S. 57-79.
- Huchler, Norbert (2016b): Die Grenzen der Digitalisierung. Neubestimmung der hybriden Handlungsträgerschaft zwischen Mensch und Technik und Implikationen für eine humane Technikgestaltung. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, Jg. 53 (1), S. 109-123.
- IAB – Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (2017): 53 Prozent der Betriebe unterstützen Weiterbildung. Presseinformation des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung vom 22.3.2017. Nürnberg: Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung.  
<http://www.iab.de/de/informationsservice/presse/presseinformationen/betriebspanel.aspx>; [www.iab.de/presse/dat220317](http://www.iab.de/presse/dat220317) (Zugriff: 5. Februar 2018)
- Icks, Annette/Schröder, Christian/Brink, Sigrun/Dienes, Christian/Schneck Stefan (2017): Digitalisierungsprozesse von KMU im Produzierenden Gewerbe. IfM-Materialien Nr. 255. Bonn: Institut für Mittelstandsforschung.
- ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (2015): Industrie 4.0 in der Metall- und Elektroindustrie. Düsseldorf: ifaa.
- Igelsböck, Judith/Koprax, Irina/Kuhlmann, Martin/Link, Karin/Zierler, Clemens (2016): Bestandsaufnahmen Arbeitspolitik in Oberösterreich. Herausforderungen und Perspektiven der Arbeitswelt im Kontext von Industrie 4.0 und veränderten Marktanforderungen. Linz: Johannes Kepler Universität.

- Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (2015): Industrie 4.0 und Wandel von Industriearbeit. Überblick über Forschungsstand und Trendbestimmungen. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Baden-Baden: Nomos, S. 33-52.
- Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan/Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2015): Arbeiten in der Industrie 4.0. Trendbestimmungen und arbeitspolitische Handlungsfelder. Düsseldorf: HBS.
- Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan/Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Dregger, Johannes/ten Hompel, Michael (2016): Social Manufacturing and Logistics. Gestaltung von Arbeit in der digitalen Produktion und Logistik. Soziologisches Arbeitspapier 47/2016. Dortmund: TU Dortmund.
- Jäckel, Lutz/Kerlen, Christiane/Pfeiffer, Iris/Wessels, Jan (2006): Lernformen für den Einsatz in kleinen und mittleren Unternehmen. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Betriebliche Weiterbildungsforschung e.V./Projekt Qualifikations-Entwicklungs-Management.
- Janssen, Simon/Leber, Ute (2015): Weiterbildung in Deutschland: Engagement der Betriebe steigt weiter. IAB-Kurzbericht No. 13/2015. Nürnberg: IAB.
- Jochmann, Walter (2007): Von unternehmerischen Erfolgsfaktoren zu personalwirtschaftlichen Kompetenzmodellen. In: Jochmann, Walter/Gechter, Sascha (Hrsg.): Strategisches Kompetenzmanagement. Berlin/Heidelberg/New York: Springer, S. 3-24.
- Kärcher, Bernd (2015): Alternative Wege in die Industrie 4.0 – Möglichkeiten und Grenzen. In: Botthoff, Alfons/Hartmann, Ernst (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin/Heidelberg: Springer Vieweg, S. 47-58.
- Kailer, Norbert/Falter, Claudia (2006): Auswirkungen der Globalisierung auf Lernkultur und Kompetenzentwicklung in kleinen und mittleren Unternehmen. QUEM-Materialien 66. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Betriebliche Weiterbildungsforschung e.V./Projekt Qualifikations-Entwicklungs-Management.
- Kay, Rosemarie/Kranzusch, Peter/Suprinovič, Olga (2008): Absatz- und Personalpolitik mittelständischer Unternehmen im Zeichen des demografischen Wandels – Herausforderungen und Reaktionen. IfM-Materialien Nr. 183. Bonn: Institut für Mittelstandsforschung.
- Kern, Horst/Schumann, Michael (1970): Industriearbeit und Arbeiterbewußtsein. Frankfurt am Main: Europäische Verlagsanstalt.
- Kern, Horst/Schumann, Michael (1984): Das Ende der Arbeitsteilung? München: Beck.
- Kern, Horst/Schumann, Michael (1985): Das Ende der Arbeitsteilung? – Eine Herausforderung für die Gewerkschaften. In: Gewerkschaftliche Monatshefte, Jg. 36 (1), S. 27-39.
- Kobelt, Kai (2008): Ideengeschichtliche Entwicklung des pädagogischen Kompetenzkonzepts. In: Koch, Martin/Straßer, Peter (Hrsg.): In der Tat kompetent. Zum Verständnis von Kompetenz

und Tätigkeit in der beruflichen Benachteiligtenförderung. Bielefeld: Bertelsmann Verlag, S. 9-23.

Korge, Axel/Schlund, Sebastian/Marrenbach, Dirk (2016): Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg – Vorstudie Bd. 2. Szenario-basierte Use-Cases und Zukunftsszenarien für den Maschinenbau. Stuttgart: Fraunhofer IAO.

Kreulich, Klaus/Dellmann, Frank/Schutz, Thomas/Harth, Thilo/Zwingmann, Katja (2016): Digitalisierung – Strategische Entwicklung einer kompetenzorientierten Lehre für die digitale Gesellschaft und Arbeitswelt. Die Position der UAS7-Hochschulen für angewandte Wissenschaften. Berlin: UAS7.

Krzywdzinski, Martin/Jürgens, Ulrich/Pfeiffer, Sabine (2015): Die vierte Revolution – Wandel der Produktionsarbeit im Digitalisierungszeitalter. In: WZB Mitteilungen, Heft 149, S. 6-9.

Kurtz, Thomas (2010): Der Kompetenzbegriff in der Soziologie. In: Kurtz, Thomas/Pfadenhauer, Michaela (Hrsg.): Soziologie der Kompetenz. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 7-25.

Laschet, Armin (2017): Regierungserklärung von Ministerpräsident Armin Laschet am 13. September 2017 im Landtag Nordrhein-Westfalen. Presseinformation. Düsseldorf: Staatskanzlei.

Lay, Gunter (2017): Gruppenarbeit. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Minssen, Heiner (Hrsg.) (2017): Lexikon der Arbeits- und Industriesoziologie. 2. Auflage, Baden-Baden: Nomos, S. 156-160.

Lerch, Christian/Jäger, Angela/Maloca, Spomenka (2017): Wie digital ist Deutschlands Industrie wirklich? Mitteilungen aus der ISI Ausgabe 71. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

MAGS NRW – Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (2018a): Allianz Wirtschaft 4.0, <https://www.mags.nrw/allianz-wirtschaft-arbeit-4-0> (Zugriff: 22. März 2018).

MAGS NRW – Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (2018b): Anerkennung von Berufsqualifikationen, <https://www.mags.nrw/anerkennung-von-berufsqualifikationen> (Zugriff: 29. März 2018).

MAGS NRW – Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (2018c): Arbeit 2020. Impulse für gute und faire Arbeit im digitalen Wandel, <https://www.arbeitviernull.nrw/ecm-politik/arbeit/de/home/news/single/id/27> (Zugriff: 22. März 2018).

MAGS NRW – Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (2018d): Beratung zur beruflichen Entwicklung, <https://www.mags.nrw/beratung-zur-beruflichen-entwicklung> (Zugriff: 29. März 2018).

MAGS NRW – Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (2018e): Betriebsrätekonferenz Arbeit 4.0, <https://www.mags.nrw/arbeit-4-0-Betriebsraetekonferenz> (Zugriff: 22. März 2018).

MAGS NRW – Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (2018f): Bildungsscheck, <https://www.mags.nrw/bildungsscheck> (Zugriff: 29. März 2018).

MAGS NRW – Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (2018g): Fachberatung ausländischer Berufsqualifikationen, <https://www.mags.nrw/fachberatung-auslaendische-berufsqualifikationen> (Zugriff: 29. März 2018).

MAGS NRW – Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (2018h): Fachkräfteprogramm, <https://www.mags.nrw/fachkraefteprogramm> (Zugriff: 30. März 2018).

MAGS NRW – Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (2018i): NRW 4.0 – Gute und faire Arbeit, <https://www.arbeitviernull.nrw/arbeit/de/home> (Zugriff: 29. Januar 2018).

MAGS NRW – Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (2018j): Potentialberatung in NRW, <https://www.mags.nrw/potentialberatung> (Zugriff: 29. März 2018).

MAGS NRW – Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (2018k): Qualifizierungsberatung für Unternehmen, <https://www.mags.nrw/qualifizierungsberatung> (Zugriff: 29. März 2018).

MAGS NRW – Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (2018l): TalentKompass, <https://www.mags.nrw/talentkompass> (Zugriff: 29. März 2018).

MAGS NRW – Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (o.J.): Gemeinsamer Projektauftrag der Programme des ESF und des EFRE (2014-2020) zur Initiative der Fachkräftesicherung des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf: MAGS.

MAIS NRW – Ministerium für Arbeit, Integration und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (2013): TalentKompass NRW. Fähigkeiten und Interessen erkennen und einsetzen. 2. Auflage, Düsseldorf: MAIS.

MAIS NRW – Ministerium für Arbeit, Integration und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (2015): Evaluierung des Fachkräfteprogramms des Landes Nordrhein-Westfalen. Abschlussbericht. Düsseldorf: MAIS.

Matthäi, Ingrid (2016): Wandel der Produktionsarbeit in Industrie 4.0 in saarländischen Industriebetrieben. Saarbrücken: Arbeitskammer des Saarlandes.

- Menez, Raphael/Pfeiffer, Sabine/Oestreicher, Elke (2016): Leitbilder von Mensch und Technik im Diskurs zur Zukunft der Fabrik und Computer Integrated Manufacturing (CIM). Working Paper 01-2016. Stuttgart: Universität Hohenheim.
- Mertens, Dieter (1974): Schlüsselqualifikationen. Thesen zur Schulung für eine moderne Gesellschaft. In: Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Jg. 7 (1), S. 36-43.
- Mesaros, Leila/Vanselow, Achim/Weinkopf, Claudia (2009): Fachkräftemangel in KMU – Ausmaß, Ursachen und Gegenstrategien. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Mickler, Otfried (1975): Technik, Arbeitsorganisation und Arbeit. Eine empirische Untersuchung in der automatisierten Produktion. Göttingen: SOFI.
- Minssen, Heiner (2017): Industrie 4.0. Ein Strukturbruch? In: Hoose, Fabian/Beckmann, Fabian/Schönauer, Anna-Lena (Hrsg.): Fortsetzung folgt. Kontinuität und Wandel von Wirtschaft und Gesellschaft. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaft, S. 117-135.
- Moldaschl, Manfred (2006): Innovationsfähigkeit, Zukunftsfähigkeit, Dynamic Capabilities – Moderne Fähigkeitsmystik und eine Alternative. In: Schreyögg, Georg/Conrad, Peter (Hrsg.): Management von Kompetenz. Managementforschung 16. Wiesbaden: Gabler, S. 1-36.
- Mühlbradt, Thomas (2014): Was macht Arbeit lernförderlich? Eine Bestandsaufnahme. MTM-Schriften Industrial Engineering Ausgabe 1. Hamburg: MTM.
- Mühlbradt, Thomas/Kuhlang, Peter/Senderek, Roman (2015): Das arbeitsnahe Lernen in der Industrie 4.0. In: ABWF-Bulletin, 1'2015, S. 23-30.
- Mühlbradt, Thomas/Kuhlang, Peter/Finsterbusch, Thomas (2018): Lernförderliche Arbeitsorganisation in der Industrie 4.0. In: Wischmann, Steffen/Hartmann, Ernst (Hrsg.): Zukunft der Arbeit – Eine praxisnahe Betrachtung. Berlin: Springer-Vieweg, S. 195-206.
- Muth, Josef (2011): Umsetzung des Bildungsschecks Nordrhein-Westfalen. Datenreport 01.01.2006-30.06.2010. Arbeitspapiere 35. Bottrop: G.I.B.
- Muth, Josef (2012): Umsetzung des Förderinstruments Potentialberatung Nordrhein-Westfalen. Eine empirische Analyse auf Basis von Monitoring- und Befragungsdaten. Arbeitspapiere 43. Bottrop: G.I.B.
- MWIDE NRW - Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (2018): NRW 4.0, Wirtschaft und Arbeit 4.0, <https://digitales.nrw.de> (Zugriff: 22. März 2018).
- Mytzek, Ralf (2004): Überfachliche Qualifikationen – Konzepte und internationale Trends. In: Bullinger, Hans-Jörg/Mytzek, Ralf/Zeller, Beate (Hrsg.): Soft Skills – Überfachliche Qualifikationen für betriebliche Arbeitsprozesse. Bielefeld: Bertelsmann Verlag, S. 17-41.

- N.N. (2015): Industrie 4.0 – Technical Assets. Grundlegende Begriffe, Konzepte, Lebenszyklen und Verwaltung. Düsseldorf.
- Niehaus, Jonathan (2017): Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0. Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle. FGW-Studie Digitalisierung von Arbeit 04. Düsseldorf: FGW.
- Noack, Michael/Wegner, Klaus/Gluch, Dieter/Dienhart, Ulrich (Hrsg.) (1990): CIM-Integration und Vernetzung. Berlin/Heidelberg/New York/London/Paris/Tokyo/Hong Kong: Springer.
- North, Klaus/Reinhardt, Kai/Sieber-Suter, Barbara (2013): Kompetenzmanagement in der Praxis. Mitarbeiterkompetenzen systematisch identifizieren, nutzen und entwickeln. 2. Auflage, Wiesbaden: Springer Gabler.
- Pfadenhauer, Michaela (2010): Kompetenz als Qualität sozialen Handelns. In: Kurtz, Thomas/Pfadenhauer, Michaela (Hrsg.): Soziologie der Kompetenz. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 149-172.
- Pfeiffer, Sabine (2015): Auswirkungen von Industrie 4.0 auf Aus- und Weiterbildung. ITA-manuscript Nr.: ITA-15-03. Wien: Institut für Technikfolgen-Abschätzung.
- Pfeiffer, Sabine/Lee, Horan/Zirnig, Christopher/Suphan, Anne (2016a): Industrie 4.0 – Qualifizierung 2025. Frankfurt am Main: VDMA.
- Pfeiffer, Sabine/Suphan, Anne/Zirnig, Christopher/Kostadinova, Denitsa (2016b): Arbeitswelt 4.0 in Baden-Württemberg – Vorstudie Bd. 3. Quantitative Analysen mit Schwerpunkt auf der Branche Maschinen- und Anlagenbau. Stuttgart: Universität Hohenheim.
- Pfeiffer, Sabine/Suphan, Anne/Zirnig, Christopher/Kostadinova, Denitsa (2016c): Die digitale Arbeitswelt in Nordrhein-Westfalen heute. Eine deskriptive Untersuchung aus der Sicht der Beschäftigten. FGW-Studie Digitalisierung von Arbeit 01. Düsseldorf: FGW.
- Plattform „Digitale Arbeitswelt“ (2016): Handlungsempfehlungen der Plattform „Digitale Arbeitswelt“ zur beruflichen Weiterbildung. Berlin.
- Plattform Industrie 4.0 (2015): Industrie 4.0 – Whitepaper FuE-Themen. Berlin: BMWi.
- Plattform Industrie 4.0 (2016a): Fortschreibung der Anwendungsszenarien der Plattform Industrie 4.0. Ergebnispapier. Berlin: BMWi.
- Plattform Industrie 4.0 (2016b): Arbeit, Aus- und Weiterbildung in den Anwendungsszenarien. Diskussionspapier. Berlin: BMWi.
- Plattform Industrie 4.0 (2017): Anwendungsszenario trifft Praxis: Auftragsgesteuerte Produktion eines individuellen Fahrradlenkers. Ergebnispapier. Berlin: BMWi.

- Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt am Main.
- Rally, Peter (2015): Arbeitsinhalte und Arbeitsorganisation. Mensch-Roboter-Kollaborationen: kooperativ gestalten und arbeiten. Vortrag am 25. November 2015 in Berlin. Stuttgart: Fraunhofer IAO.
- Reckfort, Jürgen (2017): Management von Verbundkompetenz. In: Prokom 4.0 (Hrsg.): Facharbeit und Digitalisierung. Bottrop/Duisburg/Erkrath/Flensburg/Rheine/Rostock/Wildau: Rhein-Ruhr-Institut für Sozialforschung und Politikberatung (RISP) e.V./bfw – Unternehmen für Bildung, Berufsbildungswerk Gemeinnützige Bildungseinrichtung des DGB GmbH/Europa-Universität Flensburg, Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat)/TAT Technik Arbeit Transfer gGmbH/ Technische Hochschule Wildau/celano GmbH/multiwatt® Energiesysteme GmbH, S. 91-103.
- Reidick, Ortrun (2016): Qualifizierung älterer Mitarbeiter und Industrie 4.0. In: Industrie 4.0 Management, Jg. 32 (3), S. 58-61.
- Reinhart, Gunther/Klöber-Koch, Jan/Braunreuther, Stefan (2016): Handlungsfeld Cyber-Physische Systeme. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jg. 111 (9), S. 555-559.
- Reiser, Ulrich/Müller, Uwe/Ludwig, Mike/Lüdtke Mathias/Hua, Yingbing (2018): ReApp – Wiederverwendbare Roboterapplikationen für flexible Roboteranlagen. In: Wischmann, Stefan/Hartmann, Ernst (Hrsg.): Zukunft der Arbeit – Eine praxisnahe Betrachtung. Berlin: Springer-Vieweg, S. 133-146.
- Reiß, Thomas (2015): Industrie 4.0 – Zehn Thesen aus Sicht der Innovationsforschung. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Richter, Andy (2007): Bildung – Kompetenzen – (extrafunktionale und Schlüssel-)Qualifikationen. Ergänzungsmaterial zur Veranstaltung „Fachdidaktik 1“. Freiburg: Pädagogische Hochschule Freiburg.
- Robes, Jochen (2011): Learning Nuggets – Wunsch und Wirklichkeit. In: Personalführung, Ausgabe 2/2011, S. 50-53.
- Rohleder, Bernhard (2017): Digitalisierung der Logistik. Vortrag vom 28. März 2017. Berlin: Bitkom.
- Roth, Ines (2017): Digitalisierung und Arbeitsqualität. Eine Sonderauswertung auf Basis des DGB-Index Gute Arbeit 2016 für den Dienstleistungssektor. Berlin: ver.di.
- Rupp, Joachim/Wessels, Jan (2001): Personal- und Organisationsentwicklung in innovativen Unternehmen Ostdeutschlands. In: QUEM-Bulletin, 6/2001, S. 6-10.

- Saam, Marianne/Viete, Steffen/Schiel, Stefan (2016): Digitalisierung im Mittelstand: Status quo, aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen. Mannheim: ZEW.
- Sailer, Michael (2016): Die Wirkung von Gamification auf Motivation und Leistung. Empirische Studien im Kontext manueller Arbeitsprozesse. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Schaper, Niclas (2014): Arbeitsgestaltung in Produktion und Verwaltung. In: Nerding, Friedemann/Blickle, Gerhard/Schaper, Niclas: Arbeits- und Organisationspsychologie. 3. Auflage, Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, S. 371-391.
- Scheer, August-Wilhelm (2013): Industrierevolution 4.0 ist mit weitreichenden organisatorischen Konsequenzen verbunden! In: Scheer, August-Wilhelm (Hrsg.): Industrie 4.0 – Wie sehen Produktionsprozesse im Jahr 2020 aus? Saarbrücken: IMC AG, S. 4-6.
- Schlund, Sebastian/Hämmerle, Moritz/Strölin, Tobias (2014): Industrie 4.0 – Eine Revolution der Arbeitsgestaltung. Ulm/Stuttgart: Ingenics AG/Fraunhofer IAO.
- Schmidt-Rathjens, Claudia (2007): Spezifische Bedingungen von KMU bezüglich der Entwicklung und Erfassung der betrieblichen Lernkultur – Die Lernkultur-Checkliste (LKC-KMU). QUEM-Materialien 79. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Betriebliche Weiterbildungsforschung/ Projekt Qualifikations-Entwicklungs-Management.
- Schütze, Glenn/Averbeck, Ines/Finken, Julia/Freith, Sebastian/Ullrich, Carsten (2016): Implementierung eines Aufnahmewerkzeugs für die semi-automatische Erstellung von Lernszenarien. In: Zender, Raphael (Hrsg.): Proceedings of DeLFI Workshops 2016. Potsdam.
- Schuh, Günther (2014): Industrie 4.0 – Zukunft der Industriearbeit. Vortrag am 12. Dezember 2014 in Berlin. Aachen: RWTH.
- Schuh, Günther/Reuter, Christian/Hauptvogel, Annika/Brambring, Felix/Hempel, Thomas (2015): Einleitung. In: Schuh, Günther (Hrsg.): ProSense – Hochauflösende Produktionssteuerung auf Basis kybernetischer Unterstützungssysteme und intelligenter Sensorik. Aachen: Apprimus Verlag, S. 1-13.
- Schuhmann, Annette (2012): Der Traum vom perfekten Unternehmen. Die Computerisierung der Arbeitswelt in der Bundesrepublik Deutschland (1950er- bis 1980er-Jahre). In: Zeithistorische Forschungen, Jg. 9 (2), S. 231-256.
- Senderek, Roman (2018): Lernförderliche Arbeitssysteme für die Arbeitswelt von morgen. In: Wischmann, Steffen/Hartmann, Ernst (Hrsg.): Zukunft der Arbeit – Eine praxisnahe Betrachtung. Berlin: Springer-Vieweg, S. 87-105.
- Senderek, Roman/Geisler, Katrin (2015): Assistenzsysteme zur Lernunterstützung in der Industrie 4.0. In: Rathmayer, Sabine/Pongratz, Hans (Hrsg.): Proceedings der Pre-Conference Workshops der 13. E-Learning Fachtagung Informatik. München: DeLFI, S. 36-46.

- Seyda, Susanne/Placke, Beate (2017): Die neunte IW-Weiterbildungserhebung – Kosten und Nutzen betrieblicher Weiterbildung. In: IW-Trends, Jg. 44. (4) (Vorabversion).
- SGD – Studiengemeinschaft Darmstadt (Hrsg.) (2016): Weiterbildungstrends in Deutschland 2016. Darmstadt: Studiengemeinschaft Darmstadt.
- SICK AG/Reindl, Josef (2010): Altersgemischte Teams in der SICK AG. Waldkirch/Saarbrücken: SICK AG/ISO-Institut Saarbrücken.
- Spöttl, Georg/Gorlt, Christian/Windelband, Lars/Grantz, Torsten/Richter, Tim (2016): Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E-Industrie. München: Bayerischer Unternehmensverband Metall und Elektro/Verband der Bayerischen Metall- und Elektro-Industrie.
- Staab, Philipp/Nachtwey, Oliver (2016): Die Digitalisierung der Dienstleistungsarbeit. In: APuZ – Aus Politik und Zeitgeschichte, Jg. 66 (18-19), S. 24-31.
- Start – gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH (2018): Portfolio Qualifizierung, [http://www.start-ggmbh.de/cms/front\\_content.php?idart=251](http://www.start-ggmbh.de/cms/front_content.php?idart=251) (Zugriff: 29. März 2018)
- Statistisches Bundesamt (2017): Berufliche Weiterbildung in Unternehmen. Fünfte Europäische Erhebung über die berufliche Weiterbildung in Unternehmen (CVTS5). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Steinberger, Viktor (2013): Arbeit in der Industrie 4.0. In: Computer und Arbeit, Heft 6, S. 4-11.
- Surrey, Heike (2007): Professionelles Lernmanagement. Gestaltung kompetenzorientierter Lernprozesse zur Erzielung von Wettbewerbsvorteilen. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Sydow, Jörg (1985): Der soziotechnische Ansatz der Arbeits- und Organisationsgestaltung. Frankfurt am Main/New York: Campus-Verlag.
- Syska, Andreas (2006): Produktionsmanagement. Das A – Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Wiesbaden: Gabler.
- Ullrich, Carsten/Hauser-Ditz, Axel/Kreggenfeld, Niklas/Prinz, Christopher/Igel, Christoph (2018): Assistenz und Wissensvermittlung am Beispiel von Montage- und Instandhaltungstätigkeiten. In: Wischmann, Steffen/Hartmann, Ernst (Hrsg.): Zukunft der Arbeit – Eine praxisnahe Betrachtung. Berlin: Springer Vieweg, S. 107-122.
- unternehmensWert:Mensch (2018): Homepage, <https://www.unternehmens-wert-mensch.de/startseite.html> (Zugriff: 29. März 2018).
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure (2015): Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik in der Ingenieurarbeit der Zukunft. Düsseldorf: VDI.

- Vernim, Susanne/Wehrle, Peter/Reinhart, Gunther (2016): Entwicklungstendenzen für die Produktionsarbeit von morgen. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jg. 111 (9), S. 569-572.
- Walwei, Ulrich (2016): Flucht und Migration: Herausforderung für Bildung, Ausbildung und Arbeitsmarktpolitik. In: ARBEIT, Jg. 25 (3-4), S. 169-194.
- Wegge, Jürgen (2016): Management altersgemischter Teams. In: Genkova, Petia/Ringeisen, Tobias (Hrsg.): Handbuch Diversity Kompetenz: Gegenstandsbereiche. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Weimer, Stefanie (2012): Personalentwicklung und Innovation in Unternehmen des Maschinenbaus. In: Pfeiffer, Sabine/Schütt, Petra/Wühr, Daniela (Hrsg.): Smarte Innovation. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 183-199.
- Weisbecker, Anette (2016): Kompetenzen in der Wirtschaft 4.0. Vortrag auf der Förderschwerpunkttagung „Kompetenzen vernetzen“ am 19. Februar 2016 in Hildesheim. Stuttgart: Fraunhofer IAO.
- Weyer, Johannes (2006): Die Kooperation menschlicher Akteure und nicht-menschlicher Agenten. Ansatzpunkte einer Soziologie hybrider Systeme. Soziologisches Arbeitspapier Nr. 16. Dortmund: Universität Dortmund.
- Weyer, Johannes (2007): Autonomie und Kontrolle. Arbeiten in hybriden Systemen am Beispiel der Luftfahrt. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, Jg. 16 (2), S. 35-42.
- Windelband, Lars (2014): Zukunft der Facharbeit im Zeitalter „Industrie 4.0“. In: Journal of Technical Education, Jg. 2 (2), S. 138-160.
- Windelband, Lars/Dworschak, Bernd (2015): Arbeit und Kompetenzen in der Industrie 4.0. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Baden-Baden: Nomos, S. 71-86.
- Windelband, Lars/Fenzl, Claudia/Hunecker, Felix/Riehle, Tamara/Spöttl, Georg/Städtler, Helge/Hribernik, Karl/Thoben, Klaus-Dieter (2010): Qualifikationsanforderungen durch das Internet der Dinge in der Logistik. Abschlussbericht. Bremen: Institut Technik und Bildung/Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH.
- Wolf, Susanne/Dollinger, Christiane/Hees, Andreas/Reinhart, Gunther (2018): Der Mensch in Interaktion mit autonomen Planungs- und Steuerungssystemen für Cyber-Physische Produktionssysteme. In: Wischmann, Steffen/Hartmann, Ernst (Hrsg.): Zukunft der Arbeit – Eine praxisnahe Betrachtung. Berlin: Springer Vieweg, S. 123-132.
- Wolter, Marc/Mönnig, Anke/Hummel, Markus/Schneemann, Christian/Weber, Enzo/Zika, Gerd/Helmrich, Robert/Maier, Tobias/Neuber-Pohl, Caroline (2015): Industrie 4.0 und die

Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft. Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. IAB Forschungsbericht 8/2015. Nürnberg: IAB.

Womack, James/Jones, Daniel/Roos, Daniel (1992): Die zweite Revolution in der Autoindustrie. Frankfurt am Main/New York: Campus Verlag.

Zeller, Beate (2003): Dienstleistung in komplexen Strukturen – Trends der Qualifikationsentwicklung im Bereich der einfachen Arbeit. In: Bullinger, Hans-Jörg/Schmidt, Susanne/Schömann, Klaus/Tessaring, Manfred (Hrsg.): Früherkennung von Qualifikationserfordernissen in Europa. Bielefeld: Bertelsmann Verlag, S. 207-216.

Zeller, Beate/Achtenhagen, Claudia/Föst, Silke (2010): Das „Internet der Dinge“ in der industriellen Produktion – Studie zu künftigen Qualifikationserfordernissen auf Fachkräfteebene. Nürnberg: f-bb.

ZEW – Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (2015): Industrie 4.0: Digitale (R)Evolution der Wirtschaft. IKT-Report Oktober 2015. Mannheim: ZEW.

Zinke, Gert/Renger, Peggy/Feirer, Simona/Padur, Torben (2017): Berufsausbildung und Digitalisierung – ein Beispiel aus der Automobilindustrie. Wissenschaftliche Diskussionspapier Heft 186. Bonn: BIBB.

## Anhang

Der Anhang enthält eine Übersicht über aktuelle und abgeschlossene Forschungsprojekte, die sich mit den Themenfeldern Qualifikations- und Kompetenzentwicklung sowie betriebliche Weiterbildung bei Industrie 4.0 beschäftigen. Die Vorhaben fokussieren meist nicht ausschließlich auf diese Aspekte, sondern betrachten ausgehend von betrieblichen Prozessinnovationen deren Auswirkungen u. a. auf die Qualifikations- und Kompetenzanforderungen der Betroffenen sowie die Qualifizierungsaktivitäten der Unternehmen.

In die Übersicht sind alle relevanten Projektträger aufgenommen worden; der betrachtete Zeitraum umfasst ca. die letzten zehn Jahre.

### Übersicht aktueller bzw. abgeschlossener Forschungsprojekte Qualifizierung bei Industrie 4.0<sup>71</sup>

Titel (Förderung)	Beschreibung	Link
<b>ABEKO (BMBF)</b>	Ziel des Forschungsprojektes ist die methodische und informationstechnische Konzeption und Entwicklung eines Assistenzsystems für Produktions- und Logistiksysteme der Zukunft, das ein demografiesensibles, betriebsspezifisches Kompetenzmanagement unterstützt. Dieses Analyseinstrument ermöglicht die Identifikation von Kompetenzlücken sowie eine betriebsspezifische Gestaltung von Programmen zur individuellen Kompetenzentwicklung der Beschäftigten.	<a href="http://www.abeko.lfo.tu-dortmund.de/">http://www.abeko.lfo.tu-dortmund.de/</a>
<b>ADAPTION (BMBF)</b>	Unternehmen sollen bei der Migration zum cyberphysischen Produktionssystem mittels eines reifegradbasierten Vorgehensmodells unterstützt werden. Das Modell verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz mit den drei Gestaltungsdimensionen Technik, Organisation und Personal.	<a href="http://www.adaption-projekt.de/">http://www.adaption-projekt.de/</a>
<b>ARIZ (BMBF)</b>	<i>Arbeit in der Industrie der Zukunft (ARIZ)</i> ist ein Projekt, das die neuartigen Kooperationsbeziehungen zwischen Mensch und Technik in der Industrie 4.0 und deren Auswirkungen auf die Arbeitswelt adressiert.	<a href="http://ariz-ac.de/de/">http://ariz-ac.de/de/</a>
<b>ARSGuide (BMBF)</b>	ARSGuide zielt auf eine Unterstützung des Menschen bei Entwicklung und Service von komplexen Produktionsanlagen. Durch die Einblendung von relevanten Informationen in die Darstellung von Maschinen und Komponenten soll eine erweiterte Realität geschaffen werden, die die Arbeit erleichtert und Wartungszeiten verkürzt.	<a href="http://www.produktionsforschung.de/de/projekte-80.php?PN=11000251&amp;dir=ASC&amp;page=1&amp;sort=k">http://www.produktionsforschung.de/de/projekte-80.php?PN=11000251&amp;dir=ASC&amp;page=1&amp;sort=k</a>

<sup>71</sup> Der Zugriff auf die angegebenen Webseiten in der Übersicht erfolgte im Zeitraum vom 01.11.2017 - 20.12.2017.

Titel (Förderung)	Beschreibung	Link
<b>Professio</b> (BMBF)	In dem Forschungsvorhaben werden mediengestützte Arbeits- und Lernprojekte für die Produktions- und Verfahrenstechnik entwickelt. Die Lernangebote verbessern die Aufstiegs- und Beschäftigungsmöglichkeiten von Fachkräften und steigern die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen. Angeknüpft wird an die Visionen zur vierten industriellen Revolution.	<a href="http://www.professio.uni-bremen.de/">http://www.professio.uni-bremen.de/</a>
<b>CROKODIL</b> (BMBF)	Das Projekt verfolgt das Ziel, das selbstgesteuerte Lernen – mittels im Internet verfügbarer Wissensressourcen – systematisch zu unterstützen. Dazu hat es didaktische und technische Konzepte sowie eine neuartige Community-Plattform ( <i>CROKODIL</i> ) entwickelt.	<a href="http://www.crokodil.org">www.crokodil.org</a>
<b>CyProAssist</b> (BMBF)	Das Ziel des Vorhabens ist die Schaffung eines Fertigungsassistenzsystems und dessen Anwendung unter realen Produktionsbedingungen. Dieses System stellt den Menschen als kreativen Problemlöser in den Mittelpunkt der Fertigung und unterstützt ihn so, dass er seine kognitiven Fähigkeiten optimal in den Produktionsprozess einbringen kann. Damit wird einerseits eine Fehlervermeidung bzw. -begrenzung erreicht und andererseits die Arbeitszufriedenheit verbessert.	<a href="http://www.cyproassist.de/">http://www.cyproassist.de/</a>
<b>d:v:lop</b> (BMBF)	Das Ziel des Projektes ist, die Organisationsentwicklung im Sinne der Förderung einer digitalen Lernkultur und Stärkung von Medienkompetenz voranzubringen. Zu dieser digitalen Lernkultur zählen flexibles und vernetztes Arbeiten, innovative Ansätze zum Transfer von Erfahrungswissen von älteren zu jüngeren Mitarbeitenden oder digitale Microtrainings, die zu einer Verbesserung von Arbeitsabläufen beitragen.	<a href="http://dvlop.info/">http://dvlop.info/</a>
<b>DigiLernPro</b> (BMBF)	Ziel des Projekts ist es, das Lernen innerhalb von Arbeitsprozessen und -situationen zu ermöglichen. Die Teilnehmenden sollen einen besseren Überblick über die Zusammenhänge im Arbeitsprozess erhalten.	<a href="http://www.digilernpro.de/">http://www.digilernpro.de/</a>
<b>DIGIND</b> (BMBF)	Das Projekt fragt nach Veränderungen in Aufgabenstellungen und Arbeitsbedingungen, Qualifikationsprofilen und Weiterbildungskonzepten, die durch digitalisierte Leistungsprozesse in den derzeitigen Leitbranchen von Industrie 4.0 hervorgerufen werden.	<a href="http://www.sofi-goettingen.de/projekte/digind-demografische-entwicklung-sozio-oekonomischer-strukturwandel-und-digitalisierung-der-arbeitswelt/projektinhalt/">http://www.sofi-goettingen.de/projekte/digind-demografische-entwicklung-sozio-oekonomischer-strukturwandel-und-digitalisierung-der-arbeitswelt/projektinhalt/</a>

Titel (Förderung)	Beschreibung	Link
<b>Digitalisierung im Maschinenbau</b> (HBS)	In der Studie werden Entwicklungstrends und Beschäftigungswirkungen im Maschinenbau analysiert sowie Gestaltungsfelder für arbeitsorientierte Branchenpolitik erörtert. Gefragt wird u. a. nach den Veränderungen für die Beschäftigten im Hinblick auf die Kompetenzanforderungen und Qualifikationserfordernisse.	<a href="http://www.imu-institut.de/data/project/digitalisierung-im-maschinenbau">http://www.imu-institut.de/data/project/digitalisierung-im-maschinenbau</a>
<b>Digitalisierung und Arbeit im niedersächsischen Maschinenbau: Herausforderungen und Perspektiven</b> (Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr)	Das Projekt untersucht die Umsetzung der ‚Arbeitswelt 4.0‘ in die betriebliche Praxis. Mit Schwerpunkt auf den niedersächsischen Maschinenbau soll ein Bild erarbeitet werden, welche Tätigkeitsbereiche in welcher Weise und Reichweite von Digitalisierungsprozessen betroffen sind und welche arbeitsbezogenen Herausforderungen sowie arbeitspolitischen Gestaltungsoptionen sich hiermit verbinden.	<a href="http://www.sofi-goettingen.de/projekte/digitalisierung-und-arbeit-im-niedersaechsischen-maschinenbau-herausforderungen-und-perspektiven/projektinhalt/">http://www.sofi-goettingen.de/projekte/digitalisierung-und-arbeit-im-niedersaechsischen-maschinenbau-herausforderungen-und-perspektiven/projektinhalt/</a>
<b>Digitalisierungskonflikte</b> (HBS)	Das Projekt fragt danach, wo und in welcher Art Konflikte um Digitalisierung auftreten und welche empirischen und rechtlichen Rahmenbedingungen dazu beitragen, dass diese Konflikte konstruktiv bearbeitet werden oder aber destruktive Wirkungen entfalten. Die Untersuchung konzentriert sich auf drei Felder, in denen sich Konflikte um die Digitalisierung von Arbeit entzünden: Arbeitszeit, Leistungs- und Verhaltenskontrolle und Arbeitsgestaltung.	<a href="http://www.sofi-goettingen.de/projekte/digitalisierungskonflikte/projektinhalt/">http://www.sofi-goettingen.de/projekte/digitalisierungskonflikte/projektinhalt/</a>
<b>DiHa 4.0</b> (BMBF)	Ziel des Projektes ist es, regionale Unterstützungsstrukturen für den Einzelhandel im Anpassungsprozess der betrieblichen Aus- und Weiterbildung an den ‚Handel 4.0‘ zu etablieren.	<a href="http://www.sofi-goettingen.de/de/projekte/diha-40-digitalisierung-im-handel/projektinhalt/">http://www.sofi-goettingen.de/de/projekte/diha-40-digitalisierung-im-handel/projektinhalt/</a>
<b>DiLi</b> (BMBF)	Ziel des Verbundprojekts ist die Konzeption, Entwicklung und Umsetzung eines durchgängigen, in den Arbeitsprozess integrierten webbasierten Lern- und Wissenssystems.	<a href="http://www.dili-projekt.de/">http://www.dili-projekt.de/</a>
<b>Fit für Industrie 4.0</b> (MKW NRW)	Das Gesamtziel des Projektes besteht darin, die Qualifizierungs-, Weiterbildungs- und Berufsbildungserfordernisse der Industrie 4.0 in den Unternehmen des Spitzenclusters it’s OWL zu untersuchen, um fundierte Handlungsempfehlungen für adäquate Qualifizierung der Beschäftigten verschiedener betrieblichen Ebenen und Funktionsbereiche sowie für die notwendigen institutionellen Voraussetzungen zu formulieren.	<a href="http://www.fgw-nrw.de/forschung/uebersicht/forschung-fgw/news/fit-fuer-industrie-40-theoretische-analyse-und-empirische-untersuchung-von-qualifizierungs-und-we.html">http://www.fgw-nrw.de/forschung/uebersicht/forschung-fgw/news/fit-fuer-industrie-40-theoretische-analyse-und-empirische-untersuchung-von-qualifizierungs-und-we.html</a>

## Kompetenzentwicklungsbedarf für die digitalisierte Arbeitswelt

Titel (Förderung)	Beschreibung	Link
<b>FLIP</b> (BMBF)	Das Verbundprojekt entwickelt Elemente eines flexiblen und dynamischen Kompetenzmanagements, das es Unternehmen, Beschäftigten und ihren Interessenvertreter_innen ermöglicht, aktuellen und zukünftigen Anforderungen der ITK-Branche entsprechen zu können.	<a href="http://www.flip-projekt.de/">http://www.flip-projekt.de/</a>
<b>FutureWorkLab</b> (BMBF)	Wie Arbeit im digitalisierten Zeitalter heute schon aussieht, welche Folgen sie hat und wie sie gestaltet werden kann, wird im <i>Future Work Lab – Innovationslabor für Arbeit, Mensch und Technik am Standort Stuttgart</i> erforscht, an Interessent_innen vermittelt und diskutiert. Verfolgt werden folgende Ziele: (1) erlebbare Demonstration von Industriearbeit, (2) Qualifizierung für Management und Betriebsräte, (3) wissenschaftliche Diskussion und (4) gesellschaftlicher Dialog über zukunftsfähige Arbeitssysteme.	<a href="https://future-worklab.de/">https://future-worklab.de/</a>
<b>GLASSROOM</b> (BMBF)	Ziel von <i>GLASSROOM</i> ist es, ein bedarfsorientiertes Bildungskonzept zu entwickeln, das die Potenziale der Virtuellen und Erweiterten Realitätsbrillen (VR-/AR-Brillen) im Verbund mit neuen digitalen Medien für die berufliche Bildung im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus für das lebenslange Lernen unterstützt.	<a href="http://www.imwi.uos.de/projekte/glassroom">www.imwi.uos.de/projekte/glassroom</a>
<b>Hauptstudie zum Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg</b> (WM Baden-Württemberg)	Die Studie analysiert auf Basis der aktuellen Datenlage den Ist-Stand digitaler und mobiler Arbeit in Baden-Württemberg, um realistische Trendbeschreibungen zukünftiger Entwicklungen der Arbeitswelt 4.0 in Baden-Württemberg zu ermöglichen und Gestaltungsoptionen aufzuzeigen. Gleichzeitig wird der Realisierungsgrad verschiedener 4.0-Szenarien aus Sicht der Beschäftigten aufgezeigt. Das Projekt untersucht die Auswirkungen auf Arbeit, Qualifikation, Beschäftigung und Mitbestimmung.	<a href="https://soziologie.uni-hohenheim.de/hauptstudie-zukunftsprojekt">https://soziologie.uni-hohenheim.de/hauptstudie-zukunftsprojekt</a>
<b>IMit<sup>2</sup></b> (MKW NRW)	In dem Projekt wird eine quantitative Befragung zu laufenden sowie zu erwarteten Veränderungen der Arbeitswelt durch Industrie 4.0 in Unternehmen des produzierenden Gewerbes in NRW durchgeführt.	<a href="https://www.imit2.de/">https://www.imit2.de/</a>

Titel (Förderung)	Beschreibung	Link
<b>InBenZHaP (BMBF)</b>	<p>Industrie 4.0 verändert die industrielle Wertschöpfung und ermöglicht neue Geschäftsmodelle. Damit eröffnen sich neue Perspektiven für den Wirtschaftsstandort Deutschland. Der Anspruch, Leitmarkt und Leitanbieter für Industrie 4.0 zu sein, wirft eine Reihe von Fragen auf: Wie ist der Entwicklungsstand in führenden Industrienationen? Werden in Deutschland die Voraussetzungen gegeben sein, die Rolle des Leitanbieters wahrzunehmen? Hat Deutschland mittelfristig das Potenzial für einen Leitmarkt? Ziel des Vorhabens ist es, diese Fragen zu beantworten, Optionen für die Gestaltung der industriellen Produktion zu entwickeln und Themenbereiche aufzudecken, in denen Chancen für eine deutsche Vorreiterrolle bestehen.</p>	<p><a href="http://www.aca-tech.de/?id=2352">http://www.aca-tech.de/?id=2352</a></p>
<b>InDeKo.Navi (BMBF)</b>	<p>Als BMBF-gefördertes Verbundprojekt ist <i>InDeKo.Navi</i> das wissenschaftliche Begleitvorhaben des Förderschwerpunktes <i>Betriebliches Kompetenzmanagement im demografischen Wandel</i> im Programm <i>Arbeiten – Lernen – Kompetenzen entwickeln. Innovationsfähigkeit in einer modernen Arbeitswelt</i>.</p> <p>Dieses Meta-Projekt führt die 31 geförderten Vorhaben des genannten Förderschwerpunktes zusammen.</p>	<p><a href="http://147.172.96.40/">http://147.172.96.40/</a></p>
<b>Industrie 4.0 im Anlagen- und Maschinenbau – Qualifizierung 2025 (VDMA)</b>	<p>Auf Basis einer qualitativen Branchenstudie fragt das Vorhaben nach den Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Beschäftigten im Anlagen- und Maschinenbau und auf deren Qualifikationsstruktur. Aus den Ergebnissen werden bildungs- und arbeitsmarktpolitische Konsequenzen abgeleitet.</p>	<p><a href="https://soziologie.uni-hohenheim.de/industrie-4-00">https://soziologie.uni-hohenheim.de/industrie-4-00</a></p>
<b>Industrie 4.0 und die Arbeitsdispositionen von Beschäftigten (MKW NRW)</b>	<p>Die Arbeitskräfte und ihre Dispositionen werden als Vorbedingung für die Einführung cyber-physischer Systeme bisher kaum in den Blick genommen. Mit einem Fokus auf industrielle Facharbeit sollen Wahrnehmungen und Deutungen des Entwicklungsprozesses durch die Beschäftigten und insbesondere ihre Reaktionsweisen darauf auf der Grundlage ihrer Arbeitsdispositionen untersucht werden. Ziel des Projektes ist es, typische Mismatch-Relationen zwischen realen Anforderungen von Industrie 4.0 an die Beschäftigten einerseits und den Kompetenzen und Arbeitsdispositionen der Belegschaft andererseits zu identifizieren und Leitlinien zu deren Überwindung zu entwickeln.</p>	<p><a href="http://www.fgw-nrw.de/forschung/uebersicht/forschung-fgw/news/industrie-40-und-die-arbeitsdispositionen-der-beschaeftigten.html">http://www.fgw-nrw.de/forschung/uebersicht/forschung-fgw/news/industrie-40-und-die-arbeitsdispositionen-der-beschaeftigten.html</a></p>

Titel (Förderung)	Beschreibung	Link
<b>inFoRob</b> (BMBF)	InFoRob steht für die Entwicklung und Umsetzung eines Schulungsmodells, das zum einen den Roboter selbst als Lehrer in den Schulungsprozess integriert und so das Verständnis der Schulungsinhalte verbessert und zum anderen das Erlernen und Auffrischen vorhandenen Wissens mit Methoden des eLearning unterstützt.	<a href="http://www.ips.tu-dortmund.de/cms/de/Forschung/Abgeschlossene_Projekte_am_IPS/Projekt_Inforob/index.html">http://www.ips.tu-dortmund.de/cms/de/Forschung/Abgeschlossene_Projekte_am_IPS/Projekt_Inforob/index.html</a>
<b>Inforob</b> (BMBF)	Das Ziel dieses Projekt war es, die Roboterschulung des Personals effizienter zu gestalten. Der Roboter als Erklärender seiner Arbeitsweise unterstützt das Personal im Lernprozess durch die Vorstellung wichtiger Elemente der Handhabung und Programmierung. Durch die Beschreibung und Erklärung verschiedener Schulungsinhalte soll dem bzw. der Bediener_in die Arbeitsweise des Roboters näher gebracht werden und ein effizientes Betreiben der Anlage ermöglicht werden.	<a href="http://www.ips.tu-dortmund.de/cms/de/Forschung/Abgeschlossene_Projekte_am_IPS/Projekt_Inforob/index.html">http://www.ips.tu-dortmund.de/cms/de/Forschung/Abgeschlossene_Projekte_am_IPS/Projekt_Inforob/index.html</a>
<b>INTRO40</b> (BMBF)	Unternehmen müssen bei der Einführung von Industrie-4.0-Technologien unterstützt werden. Hierfür werden im Vorhaben Befähigungs- und Einführungsstrategien entwickelt. Die Kernelemente lassen sich wie folgt zusammenfassen: Vorgehen zur Risiko- und Potentialabschätzung bei der Einführung von Industrie 4.0; Entwicklung von spezifischen Methoden zur Produktivitätssteigerung in Zusammenhang mit neuester IKT; Kompetenzentwicklungskonzepte für Mitarbeiter und Führungskräfte; Quick-Check und Reifegradmodell zur Identifizierung von Industrie-4.0-Potenzialen.	<a href="http://www.intro40.de/">http://www.intro40.de/</a>
<b>itsowl-Arbeit40</b> (BMBF)	Ziel des Verbundprojektes ist es, Potentiale der Digitalisierung für die Arbeitswelt aufzudecken und diese humangerecht und mehrwertstiftend auszugestalten. Es wird auf eine Balance zwischen technischen Möglichkeiten, organisatorische Gestaltung sowie Auswirkungen auf die Beschäftigten abgezielt.	<a href="http://www.itsowl.de/projekte/quer-schnittsprojekte/details/arbeit-40/">http://www.itsowl.de/projekte/quer-schnittsprojekte/details/arbeit-40/</a>
<b>iWePro</b> (BMBF)	Ziel des Verbundprojektes ist, für eine ‚smarte‘ Werkstattfertigung Lösungen zu entwickeln, durch die intelligent vernetzte Produkte, Maschinen, Transportsysteme und Fertigungsressourcen untereinander Auftrags- und Fertigungsinformationen austauschen und aufgaben- und situationsorientiert mit den Werker_innen kooperieren. Teilziele sind u.a. die Ermöglichung der Selbstorganisation in der ‚smarten‘ Werkstattfertigung, die Befähigung der Produktionsmittel zu intelligenter Kooperation im Produktionssystem und mit dem Produktionsmitarbeiter_innen, die Unterstützung der Beschäftigten bei operativen Aufgaben und die Ermittlung der Auswirkungen für Aufgaben und Qualifizierung.	<a href="https://www.projekt-iwepro.de/">https://www.projekt-iwepro.de/</a>

Titel (Förderung)	Beschreibung	Link
<b>JUMP40</b> (BMBF)	Ziel ist die Entwicklung eines interaktiven Prozessmanagementsystems für die Produktion. Mit diesem System wird dem bzw. der Meister_in ein Werkzeug zur Verfügung gestellt, um Machbarkeitsbewertung und Einplanung von Kundenanfragen direkt in die Produktion zu verlagern. Die interaktive Vernetzung wird das Zusammenführen von Managemententscheidungen auf dem Hallenboden ermöglichen und Mitarbeitererfahrungswissen in die Entscheidungsprozesse integrieren.	<a href="http://www.jump40.de">http://www.jump40.de</a>
<b>KapaflexCy</b> (BMBF)	Im Forschungsprojekt wird eine selbstorganisierte Steuerung entwickelt, die es Unternehmen erlaubt, ihre Produktionskapazitäten unter direkter Beteiligung der Mitarbeiter_innen hochflexibel, kurzfristig und unternehmensübergreifend zu steuern. Möglich wird dies durch den Einsatz von Mobilgeräten sowie die Durchdringung der Produktion mit cyberphysischen Systemen (CPS).	<a href="http://www.kapaflexcy.de">http://www.kapaflexcy.de</a>
<b>Keap digital</b> (BMBF)	Ziel des Projekts ist es, die betriebliche Weiterbildung für Produktionsbetriebe durch die Entwicklung einer IT-gestützten Lehr-Lern-Struktur zu verbessern. Das zu entwickelnde digitale Lernmedium soll arbeitsplatznahes Lernen ermöglichen und die Weiterbildung in der Produktion systematischer und flexibler gestalten. Notwendige Kenntnisse, Fertigkeiten sowie implizites Expertenwissen werden in digitale, arbeitsprozessorientierte Lerneinheiten gefasst.	<a href="https://www.kom.tu-darmstadt.de/research-results/projects/bmbf-keap-digital/">https://www.kom.tu-darmstadt.de/research-results/projects/bmbf-keap-digital/</a>
<b>KUKoMo</b> (BMBF)	Ein Ziel ist die Erarbeitung ergonomischer Konzepte für die Optimierung von Mensch-Maschine-Schnittstellen, in die neben physiologischen Aspekten auch Themen wie die Repetitionsrate, die Komplexität, die Überschaubarkeit sowie die Lernförderlichkeit einfließen.	<a href="http://www.kukomo.de">http://www.kukomo.de</a>
<b>MetamoFAB</b> (BMBF)	Das Ergebnis des Projekts ist eine Vorgehensweise, die sowohl Orientierung und Unterstützung bei der Entwicklung einer mittel- bis langfristigen, individuellen Zielstellung bietet als auch bei der Planung konkreter Umsetzungsschritte in den Dimensionen Mensch, Technik und Organisation.	<a href="http://metamofab.de/">http://metamofab.de/</a>

Titel (Förderung)	Beschreibung	Link
<b>MiMiK40</b> (BMBF)	Im Projekt standen die Digitalisierung unternehmensinterner Prozesse sowie unternehmensübergreifende Wertschöpfungsprozesse im Fokus, wobei gleichzeitig die etablierten Stärken mittelständisch geprägter Arbeitsstrukturen und Selbstorganisation weiter ausgebaut wurden. Ziel war die Umstellung von geplanten Transaktionen hin zur ereignisgesteuerten unternehmensübergreifenden Kommunikation, um mit Störgrößen und kritischen Faktoren im Produktionsprozess besser umzugehen und geeignet zu reagieren.	<a href="http://projekt-mi-mik.de/">http://projekt-mi-mik.de/</a>
<b>Montagearbeit 4.0?</b> (HBS)	In der Studie <i>Montagearbeit 4.0?</i> werden Arbeitswirkungen neuer Technologien im Montagebereich aus Sicht der Beschäftigten, Gestaltungsoptionen sowie arbeitspolitische Strategien und Handlungsbedingungen der verschiedenen betrieblichen Akteure untersucht. Gefragt wird u. a. nach Veränderungen des Charakters von Montagearbeit in arbeitssituativer Hinsicht sowie mit Blick auf Qualifikationsanforderungen, Leistungs-/Entgeltbedingungen und Beteiligungsformen.	<a href="http://www.sofi-goettingen.de/projekte/montagearbeit-40-fallstudie-zu-wirkungen-digitaler-werkerfuehrung-auf-die-montagearbeit/projektinhalt/">http://www.sofi-goettingen.de/projekte/montagearbeit-40-fallstudie-zu-wirkungen-digitaler-werkerfuehrung-auf-die-montagearbeit/projektinhalt/</a>
<b>MyCPS</b> (BMBF)	Ziel ist die Erarbeitung und pilothafte Erprobung systematischer Vorgehensweisen zur praktikablen, auf den Menschen zentrierten Umstellung digitalisierter Produktionsprozesse hin zu cyberphysischen Systemen (CPS). Im Mittelpunkt steht die Einbindung der Mitarbeiter_innen in die gemeinsame Gestaltung, Nutzung und Weiterentwicklung der Lösungen, um die notwendige Vertrauensbasis für den Anwendungserfolg zu schaffen.	<a href="https://www.produktionsmanagement.iao.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/mycps.html">https://www.produktionsmanagement.iao.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/mycps.html</a>
<b>PROKOM 4.0</b> (BMBF)	Digitalisierung und/oder Industrie-4.0- Entwicklungen spielen in Produktionsprozessen zunehmend eine bedeutende Rolle. In naher Zukunft werden aufgrund der weitreichenden technologischen Möglichkeiten und Veränderungen der digitalen Arbeitswelt auch arbeitsorganisatorische Umgestaltungen Wirklichkeit werden. <i>Prokom 4.0</i> hat sich das Ziel gesetzt, Konzepte für das betriebliche Kompetenzmanagement zu entwickeln und zu erproben.	<a href="https://www.prokom-4-0.de/">https://www.prokom-4-0.de/</a>
<b>ProSense</b> (BMBF)	Ziel von <i>ProSense</i> war, eine Produktionssteuerung auf Basis kybernetischer Unterstützungssysteme und intelligenter Sensorik zu entwickeln. Dabei sind die Steuerungssysteme so zu gestalten, dass diese mittels hochauflösender Produktionsdaten und deren intelligenter Visualisierung den Menschen als Entscheider_in optimal bei der Planung und Steuerung der Produktion unterstützen, um die Unternehmensziele zu verbessern.	<a href="http://89.1.74.106/">http://89.1.74.106/</a>

Titel (Förderung)	Beschreibung	Link
<b>Qplus 4.0</b> (MKW NRW)	Ziel des Projektes ist es (1) KMU in NRW dabei zu unterstützen, zukunftsorientierte Strategien von Qualifikationsentwicklungen und Arbeitsgestaltung in Zeiten von Industrie 4.0 zu entwickeln, (2) Führungskräfte, Betriebsräte und Mitarbeiter mit Handlungsleitfäden, Workshops und Diskussionsforen in dieser Entwicklung zu unterstützen und (3) überbetriebliche Erkenntnisse zu Qualifikationsveränderungen im Rahmen von Industrie 4.0 zu gewinnen.	<a href="http://www.fgw-nrw.de/forschung/uebersicht/forschung-fgw/news/zukunftorientierte-strategien-von-qualifikationsentwicklung-und-arbeitsgestaltung-bei-digitaler-arb.html">http://www.fgw-nrw.de/forschung/uebersicht/forschung-fgw/news/zukunftorientierte-strategien-von-qualifikationsentwicklung-und-arbeitsgestaltung-bei-digitaler-arb.html</a>
<b>RAKoon</b> (BMBF)	Das Vorhaben verfolgt das Ziel, ein Organisationsmodell mit Prozessen und Methoden zu entwickeln, das einen demographierobusten Produktentstehungsprozess und eine effiziente Nutzung und Weiterentwicklung der Mitarbeiterkompetenzen ermöglicht. Das Leitbild ist eine Offene Organisation, die sowohl die dynamischen Bedingungen von Unternehmen als auch die individuellen Bedürfnisse spezifischer Mitarbeitergruppen berücksichtigt. Leitend bei den geplanten Maßnahmen für eine offene Organisation sind Ansätze der Open Innovation und Industrie 4.0.	<a href="http://openorganisation.de/">http://openorganisation.de/</a>
<b>Rokoko2</b> (BMBF)	Zielsetzung des Vorhabens ist die Entwicklung und Erprobung von Methoden und Werkzeugen zum sicheren, wirtschaftlichen und akzeptierten Einsatz von Robotern in kollaborativen Montageumgebungen. Hierzu werden die Arbeitsorganisation mit Leichtbaurobotern neu konzipiert, die Qualifizierungsmaßnahmen durchgeführt und die Wirtschaftlichkeit ermittelt.	<a href="https://www.produktionsmanagement.iao.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/Rokoko.html">https://www.produktionsmanagement.iao.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/Rokoko.html</a>
<b>SAL</b> (BMBF)	Ziel ist es, Social, Mobile und Augmented Learning zu verbinden und so neue Lehr-/Lernformen zu entwickeln. Um Prozesse und Abläufe in komplexen Maschinen zu visualisieren, wird die Realität mittels Augmented Reality und Mobilgeräten erweitert.	<a href="http://www.social-augmented-learning.de/">http://www.social-augmented-learning.de/</a>
<b>SCPS</b> (BMBF)	Das Projekt <i>S-CPS</i> entwickelt ein Ressourcencockpit, das für die Instandhaltung und Fernwartung relevante Datenströme der Produkte und Produktionsressourcen zusammenführt und dem bzw. der mobilen Mitarbeiter_in zur Verfügung stellt. Das Ressourcencockpit erstellt automatisiert und dynamisch eine Übersicht der anstehenden Aufgaben, notwendigen und freien Ressourcen, Maschinenzustände und Termine und ist an verschiedene Nutzerrollen anpassbar (z. B. Instandhalter_in, Disponent_in).	<a href="http://www.s-cps.de">http://www.s-cps.de</a>

Titel (Förderung)	Beschreibung	Link
<b>SODa</b> (BMBF)	SODa erforscht Wechselwirkungen und Zusammenhänge, die auf die Arbeit in der digitalen Fabrik wirken: die betrieblichen Strategien und Zielsetzungen im Einsatz digitaler Technik, die unternehmerische Steuerung von Arbeit und Leistung, die in der Technik angelegten Vorstrukturierungen des Arbeitsprozesses sowie die konkrete Praxis des Arbeitsprozesses selbst.	<a href="http://www.isf-muenchen.de/projektetails/171">http://www.isf-muenchen.de/projektetails/171</a>
<b>Stand und Entwicklungstrends digitaler und mobiler Arbeit in NRW</b> (FGW)	Das Vorhaben analysiert auf Basis der aktuellen Datengrundlage den Ist-Stand digitaler und mobiler Arbeit in NRW, um eine realistische Trendbeschreibung zukünftiger Entwicklungen der Arbeitswelt 4.0 in NRW zu ermöglichen. Zudem werden aus Sicht der Beschäftigten aktuelle und zukünftige Realisierungsgrade technologiegetriebener 4.0-Szenarien aufgezeigt.	<a href="http://www.fgw-nrw.de/forschung/uebersicht/forschung-fgw/news/die-digitale-arbeitswelt-in-nordrhein-westfalen-heute-eine-deskriptive-untersuchung-aus-der-sicht.html">http://www.fgw-nrw.de/forschung/uebersicht/forschung-fgw/news/die-digitale-arbeitswelt-in-nordrhein-westfalen-heute-eine-deskriptive-untersuchung-aus-der-sicht.html</a>
<b>STEPS</b> (BMBF)	Ziel des Forschungsprojekts ist die Entwicklung einer modularen Einführungssystematik für Industrie-4.0-Lösungen, die alle für nicht FuE-intensive Unternehmen typischen technik-, mensch- und organisationsbezogenen Erfolgsfaktoren und Hemmnisse berücksichtigt.	<a href="http://www.steps-projekt.de/">http://www.steps-projekt.de/</a>
<b>Vorstudie zum Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg</b> (Ministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie, Frauen und Senioren Baden-Württemberg)	Die Vorstudie analysiert den Ist-Stand digitaler und mobiler Arbeit in Baden-Württemberg, um eine realistische Trendbeschreibung zukünftiger Entwicklungen der Arbeitswelt 4.0 zu ermöglichen und Gestaltungsoptionen aufzuzeigen. Gleichzeitig wird der Realisierungsgrad verschiedener Industrie-4.0-Szenarien aus Sicht der Beschäftigten aufgezeigt; es werden die Auswirkungen auf Arbeit, Qualifikation, Beschäftigung und Mitbestimmung untersucht.	<a href="https://soziologie.uni-hohenheim.de/vorstudie-arbeitswelt">https://soziologie.uni-hohenheim.de/vorstudie-arbeitswelt</a>
<b>Wandel von Produktionsarbeit—Industrie 4.0</b> (DFG)	Das Vorhaben zielt auf einen empirisch fundierten Beitrag zur Debatte um die Entwicklung von Produktionsarbeit im Kontext der Realisierung anpassungsintelligenter Fabrikssysteme. Ausgegangen wird von der Grundannahme, dass sich mit der Durchsetzung solcher Systeme keineswegs ein einheitliches Muster von Produktionsarbeit verbindet. Vielmehr ist von einer vertieften Segmentierung der Arbeit in Hinblick auf Tätigkeiten und Qualifikationsanforderungen auszugehen.	<a href="http://www.wiwi.tu-dortmund.de/wiwi/de/forschung/gebiete/fp-hirschkreisen/forschung/projekte/laufende_projekte/index.html#Industrie%204.0">http://www.wiwi.tu-dortmund.de/wiwi/de/forschung/gebiete/fp-hirschkreisen/forschung/projekte/laufende_projekte/index.html#Industrie%204.0</a>

Quelle: eigene Darstellung

## Über den Autor



### **Jörg Abel**

Jörg Abel (Jg. 1958) ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Forschungsgebiet Industrie- und Arbeitsforschung der TU Dortmund. Zu seinen Arbeitsschwerpunkten zählen Industrie 4.0, Digitalisierung, Partizipation, Qualifikationsentwicklung sowie Einfacharbeit.

## **Das Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung (FGW)**

Das Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung (FGW) wurde mit Unterstützung des für Wissenschaft zuständigen Landesministeriums im September 2014 als eigenständiger, gemeinnütziger Verein mit Sitz in Düsseldorf gegründet. Aufgabe und Ziel des FGW ist es, in Zeiten unübersichtlicher sozialer und ökonomischer Veränderungen neue interdisziplinäre Impulse zur gesellschaftlichen Weiterentwicklung zu geben und politische Gestaltungsoptionen für die Gewährleistung sozialer Teilhabe in einer sozial integrierten Gesellschaft zu entwickeln. Durch die Organisation innovativer Dialogformate und die Förderung zukunftsorientierter Forschungsprojekte will das Forschungsinstitut die Vernetzung von Wissenschaft, Politik und zivilgesellschaftlichen Akteur\_innen vorantreiben und den zielgruppengerechten Transfer neuer Forschungsergebnisse gewährleisten.

Weitere Informationen zum FGW finden Sie unter: [www.fgw-nrw.de](http://www.fgw-nrw.de)

## **Der Themenbereich „Digitalisierung von Arbeit - Industrie 4.0“**

Zentrale Aufgabe des Arbeitsbereichs des FGW ist es, die sozialen und wirtschaftlichen Folgen und wirtschafts- und sozialpolitischen Implikationen der Digitalisierung von Arbeits- und Produktionsprozessen zu erforschen. Ziel ist eine Forschung, die von Anfang an in engem Dialog mit den Gestaltungsakteur\_innen aus der betrieblichen Praxis sowie aus Politik und Zivilgesellschaft, Chancen und Risiken identifiziert. Initiiert werden soll Forschung, die empirisch fundiertes, praxisrelevantes Überblickswissen generiert und damit Gestaltungsanforderungen im Hinblick auf Arbeit aufzeigt und gesellschaftlich und betrieblich „bearbeitbar“ macht. Gestaltungsoptionen für gute Arbeit sollen in thematisch strukturierten Forschungssynthesen und empirischen Forschungsprojekten ausgelotet und mit einem ressort- und fachübergreifenden, aber auch betriebs- und branchenübergreifenden Dialog zu Industrie 4.0 verzahnt werden.

Weitere Informationen zum Profil und zu den aktuellen Aktivitäten des Themenbereichs finden Sie unter: [www.fgw-nrw.de/industrie](http://www.fgw-nrw.de/industrie)

---

