

# EXPERTISE

---

für die Kommission „Arbeit der Zukunft“

# TECHNISIERUNG, DIGITALISIERUNG, INDUSTRIE 4.0

Ingo Matuschek, Universität Duisburg-Essen

---

**März 2016**

## Inhalt

Einführung.....	3
1. Forschungsstand.....	12
1.1. Wandel der Arbeit und Beschäftigung – Prognosen zu Folgen der Digitalisierung .....	14
Der 'Impact' der Digitalisierung: Prognosen zur Automatisierungswahrscheinlichkeit und Beschäftigungsfolgen .....	18
Anforderungen an Arbeitsorganisation und Qualifikation .....	25
1.2. Versuch einer Einordnung („Herausforderungen“).....	30
2. Zuspitzung in drei Perspektiven.....	35
2.1. Alterung .....	35
Herausforderungen für die Arbeit der Zukunft .....	36
2.2. Feminisierung .....	37
Herausforderungen für die Arbeit der Zukunft .....	38
2.3. Werte .....	39
Herausforderungen für die Arbeit der Zukunft .....	40
Literatur.....	42
Autor .....	52

## Einführung

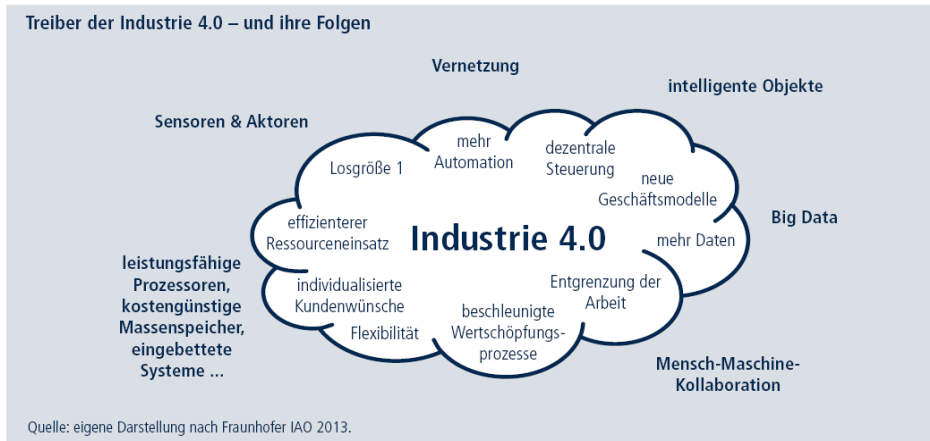
Die Digitalisierung der Arbeit ist in Deutschland eng mit dem Begriff „Industrie 4.0“ verbunden, mit dem seit knapp fünf Jahren zunehmend neue Möglichkeiten der industriellen Produktion durch den Einsatz von vernetzter Produktion skizziert sind. Darüber hinaus mehren sich aber seit einiger Zeit Hinweise darauf, dass neben produktionsbezogenen Dienstleistungen auch solche sozialer resp. personenbezogener Art durch Digitalisierung vor zum Teil fundamentale Umbrüche gestellt sind. Anders ausgedrückt: Die Arbeitswelt befindet sich insgesamt in einem womöglich epochalem Wandel, und am Horizont zeichnen sich in immer mehr Arbeitsbereichen erste Konturen eines „Arbeiten 4.0s“ ab.

Zunächst zur Industrie 4.0. Maschinen, Produkte, Logistik und Dienstleistungen werden in der Industrie 4.0 technisch und organisatorisch durch das so genannte Internet der Dinge und Dienste mittels Cyber-Physischen Produktionssystemen (CPS/CPPS) so miteinander verschmolzen, dass ein gesteigerter und sich selbst steuernder Produktionsfluss entstehe – so die Vision. Ähnliche Entwicklungen sind global an allen technologisch fortgeschrittenen Wirtschaftsstandorten zu verzeichnen, wenn auch unter jeweils eigenem Labeling. „Industrie 4.0“ kennzeichnet so gesehen eine nationale Debatte<sup>1</sup>, die aber gleichwohl im Rahmen globaler Standortkonkurrenz agiert und insbesondere auf den europäischen Wirtschaftsraum als Gestaltungskraft zielt, um bezüglich der ökonomisch bedeutsamen Fragen nach technischen und sozialen Standards digitaler Arbeit wirkmächtig zu sein.

Für diese Vision bedarf es eines integrierten Gesamtsystems von Technologien, Infrastrukturen, sozialen und ökonomischen Erwartungen wie auch interaktiv agierender Arbeitskräfte und Kunden, wie die folgende Abbildung verdeutlicht.

---

<sup>1</sup> Das World-Economic Forum hat gleichwohl den Begriff in seine Debatten Anfang 2016 in Davos aufgenommen – wohl nicht zuletzt auf Initiative des deutschen Initiatoren.



Entnommen aus: Buhr 2015

Das Thema Industrie 4.0 ist damit ein globales industriepolitisches Thema mit immensen Auswirkungen auf die Arbeitswelt und starken Bezügen in die Privatsphäre der Individuen. Eine Studie des Fraunhofer/IAO geht davon aus, dass allein durch die Umsetzung der Industrie 4.0-Strategie die Bruttowertschöpfung substanziell angestoßen wird: Demnach wird im Zeitraum 2013-2025 eine Steigerung um 2,21% oder gut 12 Milliarden als Effekt erwartet, bei Kraftwagen und Zubehör sind es 1,53% oder knapp 15 Milliarden oder im Maschinen und Anlagenbau um 2,21 oder rund 23 Milliarden (vgl. folgende Abbildung):

**Wachstumschancen durch Industrie 4.0**

Wirtschaftsbereiche	Bruttowertschöpfung (Mrd. Euro)		Potenzial durch Industrie 4.0	Jährliche Steigerung	Steigerung (Mrd. Euro)
	2013	2025*	2013 – 25	2013 – 25	2013 – 25
Chemische Industrie	40,08	52,10	+30 %	2,21 %	12,02
Kraftwagen- und Kraftwagenteile	74,00	88,80	+20 %	1,53 %	14,80
Maschinen- und Anlagenbau	76,79	99,83	+30 %	2,21 %	23,04
Elektrische Ausrüstung	40,72	52,35	+30 %	2,21 %	12,08
Land- und Forstwirtschaft	18,55	21,33	+15 %	1,17 %	2,78
Informations- und Kommunikationstechnik	93,65	107,70	+15 %	1,17 %	14,05
<b>Potenzial der 6 ausgewählten Branchen</b>	<b>343,34</b>	<b>422,11</b>	<b>+23 %</b>	<b>1,74 %</b>	<b>78,77</b>
Beispielhafte Hochrechnung für die Gesamtbruttowertschöpfung in Deutschland	2.326,61	5.593,06**	+11,5%**	1,27%**	267,45**

\* Bei den Hochrechnungen für 2025 wurde kein Wirtschaftswachstum berücksichtigt. Es handelt sich um eine reine Relativbetrachtung mit und ohne die Industrie 4.0-Potenziale für die sechs ausgewählten Branchen.

\*\* Gesamtsumme enthält die Industrie 4.0-Potenziale für die sechs ausgewählten Branchen sowie die Hochrechnung der restlichen Branchen unter der Annahme, dass für diese ein Potenzial in Höhe von 50 % der Bruttowertschöpfung für die ausgewählten Branchen gilt.

Quelle: BITKOM/Fraunhofer IAO 2014: 36.

Entnommen aus: Buhr 2015

Unabhängig von den zu Grunde liegenden Annahmen der Prognosen: Der Effekt der Industrie 4.0 auf die Bruttowertschöpfung dürfte immens sein. Technisch induzierte Prosperitätsgewinne konstatieren u.a. Brynjolfsson und McAfee (2014), die angesichts der bei fallenden Kosten exponentiell ansteigenden Leistungsfähigkeit digitaler Technologie und einer auf Vernetzung zielenden ökonomischen Architektur sowohl eine erhöhte Produktvielfalt als auch erhöhten Informationsaustausch und -verwertung prognostizieren. Sie erwarten ansteigende Innovationskraft auch über bisherige technologische Grenzen (z.B. der Robotik) hinaus. Entsprechend umfangreich sind die politischen Initiativen auf hoher Ebene: Zum Teil interministerielle Bundesprogramme wie die „Digitale Agenda“, der „Nationale IT-Gipfel“ oder zur „Digitalen Wirtschaft“ wurden gestartet, flankiert von komplexen Einzelinitiativen etwa zur digitalen Verkehrsinfrastruktur oder zur Digitalisierung der Landwirtschaft, die helfen sollen, veränderte Wertschöpfungsrealitäten zu konturieren.

Die Digitalisierung von Arbeit ist allerdings mit dem Blick auf die Industrie 4.0 noch nicht erschöpfend ausgeleuchtet. Informatisierte Arbeit – also Arbeit z.B. im Rückgriff auf digitale Informations- und Kommunikationstechnologien, digitale Assistenzsysteme und/oder mit Daten etc. – ist auch jenseits der industriellen Produktionsprozesse weit verbreitet. Die ganz überwiegende Mehrheit der Arbeitsplätze etwa in der Medien- und Kulturindustrie, aber auch im Handel und in der Logistik nutzen digitale Geräte und/oder Infrastrukturen. Usergenerierte Produktentwicklung und Dienstleistungen durch Crowdsourcing-Strategien von Unternehmen, die E-Services der kommunalen Verwaltungen in Deutschland, E-Learning-Angebote oder der Internethandel sind Beispiele für einen Wandel der Wissens- und Dienstleistungsarbeit. Die Digitalisierung der Hochschulen und der Bildung insgesamt sowie von Medizin und Gesundheitswirtschaft sind nur einzelne Beispiele für den weitreichenden Wandel aller Arbeits- und Lebensbereiche, die mit fortschreitender Technisierung erfasst werden. Das gilt etwa auch im Hinblick auf personenbezogene Dienstleistungen durch den Einsatz von modernen Technologien, die u.a. durch die zunehmende Alterung der Gesellschaft zukünftig bedeutsamer werden. Hier – wie auch in den anderen vorgeannten Bereichen – scheint der notwendigen Mensch-Maschine-Interaktion etwa beim Einsatz von Robot-Haushaltsassistenten mittels einer durch Digitalisierung gesteigerten Autonomik (Selbststeuerung) von Robotern ein Durchbruch gelungen, auch wenn Effizienz und Praxistauglichkeit noch selten erreicht sind und Akzeptanz in vielen Bereichen (noch) aussteht.

Dabei ist die Digitalisierung von Arbeit keine räumlich-statische Entwicklung: Die Zunahme von mobilen Endgeräten wie Tablets, Smart-

phones (inklusive der diversen Apps) sowie institutionalisierter Transit-räume für Datenverkehr wie Social Media oder Clouds verdeutlicht, dass die neuen Technologien eher multilokal resp. universell einsetzbar sind. Mindestens soweit es den Datentransfer angeht, ist dies ein substantielles Kennzeichen. Das begünstigt unter Anderem verteiltes Arbeiten und erweitert damit Wertschöpfungssysteme tendenziell auf einen globalen Maßstab. Es umspannt in zunehmender Intensität auch die Privatsphäre: Die Anbindung von Kunden durch Big Data, entgrenzte Arbeitszeiten durch eine Kommunikation im Modus 24/7 oder eben die aktuelle Entwicklung zum Cloud-Computing auch im privaten Bereich zeichnen ein Bild von einer überbordenden Integration, vom Kreis der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler um Andreas Boes als zunehmend integrierender "Informationsraum" beschrieben, in den Subjekte eingesogen werden (Boes 2005, 2014, 2015).

Das alles hat weitreichende Auswirkungen auf Arbeitstätigkeiten, Beschäftigungsverhältnisse und eine zunehmende Entgrenzung (Kratzer 2003) von Arbeit und Leben:

*Tätigkeiten* werden automatisiert, mit bisher unbekanntem Folgen insbesondere für mittlere Qualifikationsstufen, während niedrig Qualifizierte und hoch qualifizierte Beschäftigte voraussichtlich weniger betroffen sein werden. Diesbezügliche Prognosen sind zahlreich, nicht immer seriös und bisweilen mit apokalyptischem Anstrich. In gelegentlich unreflektierter Übernahme einer Studie von Frey/Osborne (2013), die für den amerikanischen Arbeitsmarkt Automatisierungswahrscheinlichkeiten von 70% prognostizieren, sind auch für deutsche Verhältnisse entsprechende Zahlen genannt worden. Andere Studien dagegen gehen von wesentlich geringeren Größenordnungen aus bzw. verweisen darauf, dass technisches Potenzial allein noch keine Gewähr für eine Umsetzung bedeute und damit Prognosen nur schwerlich abzuschätzen seien (z.B. Pfeiffer/Suphan 2015).

In Bezug auf *Beschäftigungsverhältnisse* wird die Zunahme globaler Konkurrenz ins Feld geführt, mit der sich insbesondere Standorte mit Lohnstrukturen am – im globalen Vergleichsmaßstab – oberen Ende schwer tun. Mithin ist davon auszugehen, dass sich Lohnverhandlungen im Zuge globalisierter Konkurrenz schwieriger gestalten. Andere Stimmen weisen auf die Erosion von sicheren Verhältnissen durch Phänomene wie Crowdsourcing hin: Hier gelten unter Umständen die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der jeweiligen Plattform, nicht aber Arbeitsgesetze. In dieser Zangenbewegung geraten dauerhafte Beschäftigungsverhältnisse womöglich unter Druck. Andererseits könnte es im Bereich hoch qualifizierter Experten zu Personalengpässen kommen und werden im niedriger qualifizierten Bereich neue Aufgaben entste-

hen. Als gefährdet gelten gerade die mittleren Qualifikationsbereiche. Im Hinblick auf die Ausgestaltung von Beschäftigungsverhältnissen spielt in diesem Zusammenhang neben der alternden Erwerbsbevölkerung (demografischer Wandel) vor allem die Geschwindigkeit der Transformation eine Rolle: Geschäftsmodelle, Produktionsprozesse wie Produkte selbst können sich schnell wandeln (disruptive Entwicklungen) und damit Einfluss auf betriebliche Beschäftigungspolitik nehmen. Welche Konstellationen sich in dieser Schnittmenge ergeben, ist nicht sicher zu prognostizieren.

Hinsichtlich der *Entgrenzung*sthematik fällt insbesondere die Überschneidung von produktiven und reproduktiven Tätigkeiten ins Auge. Digitalisierter Arbeit wird ein hohes Potenzial zur besseren Vereinbarkeit von Familie und Beruf zugeschrieben, die Frage ist, wie Grenzziehungen gelingen können. Damit ist auch ein Gender-Aspekt angesprochen: Wie sich entgrenzte digitalisierte Arbeit auf Geschlechterverhältnisse auswirkt, ist eine noch weitgehend offene Frage. Generell sind in diesem Zusammenhang Aspekte von Work-Life-Balance geschlechterbezogen angesprochen und verweisen nicht zuletzt auf gesundheitliche Risiken einer permanenten Verfügbarkeit in digitalisierten Arbeitswelten.

### **Gestaltungsziele**

Die Kommission „Arbeit der Zukunft“ hat *fünf Gestaltungsziele* festgelegt, auf die sie ihre Debatte und die Entwicklung von Ansätzen hin ausrichten wird. Zu diesen Zielen ergeben sich bez. des Themas folgende Bezüge:

#### *1. Zusammenhang zwischen materieller Existenzsicherung und Digitalisierung*

Die skizzierten Effekte auf Arbeitsplatzsicherheit und Beschäftigungsverhältnisse gehen an die Grundfesten der heutigen Arbeitsgesellschaft und drohen legislativ bzw. sozialpartnerschaftlich vereinbarte Standards abzusenken, wenn nicht in Frage zu stellen. Die thematisierte globale Konkurrenz durch digitalisierte Wertschöpfung scheint den Wirtschaftsstandort zu bedrohen. Digitalisierung von Arbeit hat andersherum auch für deutsche Unternehmen das Potenzial, Wirtschafts- und damit Arbeitsräume zu entgrenzen. Die potenziell mögliche globale ad-hoc-Vergabe von Aufträgen wie die globale Konkurrenz könnte den Binnenarbeitsmarkt belasten und damit Beschäftigungssicherheit unter Umständen jäh obsolet werden lassen. Hinzu kommen neue Formen des internetbasierten Arbeitens wie Crowdsourcing. Das wirkt unmittelbar auf die materielle Existenzsicherung, wie es auch mittelbare Folgen hat: Statt Arbeitskontrakten mit unterschiedlichen Lohnformen und Abgaben

in soziale Sicherungssysteme stehen Honorar- und Werkverträge im Vordergrund. Sozial nachhaltige, also zum Beispiel Gesundheits- und Rentenfragen einbeziehende Formen sind damit schwer zu vereinbaren. Damit droht eine digitalisierte Arbeitswelt in Teilen die materiellen Voraussetzungen für die eigene Existenz zu untergraben, sofern diesbezüglich keine Regelungen zu sozialen Standards getroffen werden.

### *2. Zusammenhang zwischen Gesunderhaltung und Digitalisierung*

Die mit fortschreitender Digitalisierung möglichen Formen flexibler Arbeitszeitgestaltung inklusive Telearbeitsformen können die Vereinbarkeit von Beruf und Familie befördern, aber auch nachteilige Effekte auf die Gesundheit durch Überbeanspruchung etc. haben. Auf der Ebene der Arbeitstätigkeit sind insbesondere Assistenzsysteme geeignet, Arbeitenden Routineaufgaben abzunehmen. Insofern können digitale Produktions- und Dienstleistungsprozesse altersgerechte Arbeitsorganisation erleichtern. Das erhält nicht zuletzt ein hohes Produktivitätsniveau in einem längeren Arbeitsleben und ist damit ein demografiesensibles Instrument angesichts der alternden Erwerbsbevölkerung. Auch die Übernahme repetitiver bzw. monotoner Arbeitsaufgaben lässt sich automatisiert/digitalisiert als Nutzen für Arbeitende bilanzieren, die sich vermehrt kreativ wertschöpfenden Tätigkeiten zuwenden könnten. Auf der anderen Seite werden neue Überwachungstätigkeiten möglicherweise wiederum Monotonie begünstigen, sind abstraktere Arbeitsvollzüge an digitalen Maschinen womöglich weniger der Arbeitszufriedenheit dienlich als andere Arbeitsformen oder zeigen sich mentale Verwerfungen in der Mensch-Maschine-Interaktion. Es wird also weiterhin belastende und einfache Arbeiten geben – Industrie 4.0 wird demzufolge kein Allheilmittel sein und muss auf seine gesundheitsbezogenen Auswirkungen erst geprüft werden. Zudem dürfte im Industrie- wie im Dienstleistungsbereich eine gelingende Implementierung digitaler Arbeitsprozesse wesentlich vom Grad der Partizipation der Beschäftigten abhängen.

### *3. Zusammenhang zwischen Lebens- und Arbeitszufriedenheit und Digitalisierung*

Digitalisierung transformiert Arbeit – und so wird die Arbeitszufriedenheit sich noch länger im unmittelbaren Vergleich der Beschäftigten am Vor- und Nachher ausrichten. Es wird dann von der konkreten Ausgestaltung der Digitalisierung von Arbeit abhängen, ob sie positive oder negative Folgen für die Arbeits- und Lebenszufriedenheit herbeiführt. Dabei scheiden sich die Auswirkungen generell danach, ob technikzentrierte oder aber menschenzentrierte Produktionsarchitekturen Einzug halten. Geht mit der Mensch-Maschine-Interaktion eher eine Ein-



schränkung von Aufgaben und ein bloßes Abarbeiten von routinehaften Arbeitsaufgaben im Nachgang automatisierter Produktionsschritte einher, wird dies eher Unzufriedenheit fördern. Auch bloße Kontrolltätigkeiten ohne faktisches Eingriffsrecht dürften solche Folgen zeitigen. Sind Assistenzsysteme eher dominant statt unterstützend, dürfte dies ebenfalls Unzufriedenheit fördern. Im Dienstleistungsbereich werden ebenfalls die in digitalisierte Arbeit eingegossenen Grade an Autonomie und Selbstverantwortung in Dienstleistungsprozessen Einfluss auf die Arbeitszufriedenheit nehmen. Dazu gehört beispielweise, Ansprüche an die eigene Arbeit verwirklichen zu können und nicht bloßes Anhängsel der Technologie zu sein. Eine in diesem Sinne gewährleistete Qualität der Arbeit(-sbedingungen) ermöglicht hohe Arbeitsqualität; unter der Voraussetzung, dass dies auf der Basis hinreichender Qualifikationen geschieht, dürfte sich Digitalisierung von Arbeit in vielen Bereichen positiv auswirken, soweit repetitive Tätigkeiten reduziert werden. Physische und psychische Be- wie Entlastungen scheinen also in einem spezifischen Wechselverhältnis zu stehen – je stärker körperliche Belastungen reduziert werden können, desto mehr nehmen Anforderungen an kognitive und mentale Potenziale zu.

Lebenszufriedenheit wird sich im Zusammenhang mit digitalisierter Arbeit dann einstellen, wenn überbordenden Entgrenzungen zwischen Arbeit und Leben durch soziale Standards Einhalt geboten wird. Das gilt auch für die Gefährdungen materieller Sicherheiten (s.o.). Mit Blick auf arbeitende Kunden geht das Thema über einen engen Konnex von Arbeit und Leben hinaus. Übergriffigkeiten seitens der Unternehmen (Datenschutz, Kommunikationsfrequenzen und -lagen etc.) dürften mindestens Distanz zu technisierten Dienstleistungen hervorrufen.

#### *4. Zusammenhang zwischen technischem, ökonomischem und sozialem Fortschritt und Digitalisierung*

Arbeit ist seit jeher durch die ökonomisch induzierte Entwicklung von Technologien beeinflusst – von den ersten Webstühlen bis hin zur netzbasierten Produktionsbasis heutiger Zeit. Dieses Verhältnis schreitet allerdings nicht quasi-automatisch als Abfolge von technischen Weiterentwicklungen zur Steigerung der Effizienz auf dem jeweiligem technologischen Niveau voran, sondern wird (jenseits technischer Grenzen) durch gesellschaftliche Prozesse gerahmt: Die Akzeptanz von Technologien verändert sich (z. B. im Bereich der Energiewirtschaft bzgl. Atomkraft und fossilen Brennstoffen oder der Ernährungsindustrie hinsichtlich der Gen-Technik), in der Zivilgesellschaft treten auch jenseits des engeren industrie- und arbeitsweltlichen Kontextes politische Akteure als wirkmächtige Player auf (Bürgerinitiativen, Lobbyisten) und haben nicht

zuletzt Kunden durch Konsumwahl Einfluss auf Produktionsbedingungen und Produkte. Der Einsatz von neuen Technologien ruft dabei immer auch einen Impuls zur nochmaligen Weiterentwicklung hervor, die wiederum gesteigerte Effizienz verspricht – insofern besteht ein andauernder Wettlauf um Rationalisierungsvorteile qua Technikeinsatz. Immer sind damit Folgen für die Qualifizierung der Beschäftigten verbunden, und in der Regel kommt es zum Wegfall von Arbeitsplätzen und ggf. deren Ersatz durch neue Berufe und Tätigkeiten. Demzufolge ist der Einsatz von neuen Technologien eine soziale, gesellschaftliche Aushandlung, die, weit über Fragen der technologischen Machbarkeit hinaus, ökonomische Fragestellungen, soziale Aspekte und letztlich die gesellschaftlichen Auswirkungen berührt. Entsprechend ist der Einsatz neuer Technologien umstritten, wird, wie die Weberaufstände zeigten, gelegentlich mehr oder weniger brüsk verweigert und präsentiert sich als Themenfeld technologie- und gesellschaftspolitischer Auseinandersetzungen auch in betriebs- und arbeitspolitischen Arenen.

##### *5. Zusammenhang zwischen sozialem Frieden und Digitalisierung*

Die Auswirkungen der Digitalisierung auf die verschiedenen Berufsgruppen sind allen Prognosen zufolge umfassend – insbesondere die mittlere Qualifikationsebene steht vor weitreichenden Umwälzungen. Hinzu kommt die globalisierte Konkurrenz, die angestammte Märkte neu mischt. Mithin sind spezifische Berufsgruppen besonders betroffen. Facharbeiter und Angestellte bilden aber nicht nur das Rückgrat der deutschen Wirtschaft, sondern sind als Bürgerinnen und Bürger zugleich ein numerisch bedeutender Part der Zivilgesellschaft. Erfahrungen beruflicher Brüche und Entwertung können demzufolge mittelbar auf Entwicklungen der demokratischen Gesellschaft Einfluss nehmen, wenn die Veränderungen der Arbeitsgesellschaft nicht durch arbeitspolitische Maßnahmen flankiert werden. Im Zusammenhang mit digitalen Geschäftsmodellen steht zudem der Umgang mit Daten (Stichwort Big Data) in der Diskussion – weit über personalisierte Werbeprozesse hinaus sind demokratiethoretische Fragen nach Datenschutz, informationeller Selbstbestimmung und dem Verbleib/Gebrauch von Daten ebenso Aspekte von gesellschaftlicher Entwicklung wie die Frage nach den Zugangsrechten in (neutralen) Netzen.

Ein kumulativer Aspekt des Zusammenhangs von Digitalisierung und sozialem Frieden ist in der Frage der Unternehmensstandorte zu sehen, und zwar sowohl hinsichtlich der Produktion als auch der Besteuerung: Globale digitalisierte Wertschöpfungsketten sind generell mit hoher Standortmobilität ausgestattet – die Verlagerung insbesondere von Produktionsarbeit und produktionsnaher Dienstleistungsarbeit ist relativ

schnell möglich. Der standortbezogene Ausweis von Gewinnen und damit die Verrichtung von Abgaben lässt sich unter Bedingungen der Digitalisierung volatiler gestalten, als das unter derzeitigen materiellen Bedingungen der Fall ist. Modelle der Steuerverlagerung könnten zu Einnahmedefiziten von Staaten führen, in deren Folge Austeritätspolitik zu Lasten der Bevölkerung notwendig erscheint, die den sozialen Frieden brüchig werden lässt. Angezeigt ist demnach eine den neuen Möglichkeiten entsprechende Steuergesetzgebung, die die Handlungsfähigkeit der Staaten erhält und damit dem gesellschaftlichen Frieden dient.

# 1. Forschungsstand

Seit gut 20 Jahren dominieren informationsbearbeitende Berufe die Arbeitswelt (Senghaas-Knobloch 2008); mittlerweile haben nahezu alle Branchen und Sektoren eine Modernisierung durch digitale Technologien erfahren (Schwemmler/Wedde 2012). Das hat einen langjährigen Vorlauf: Die aus den siebziger Jahren bekannte „Elektronische Datenverarbeitung“ erfährt eine Bedeutungserweiterung zur Informations- und Kommunikationstechnologie, um in eine Informatisierung der Arbeit (grundlegend: Boes 2005) aufzugehen, die eine weitgehende Steuerung der Arbeitsprozesse entlang der Wertschöpfungskette ermöglicht. Betriebe sind nicht mehr isolierte Produktionsinseln, sondern in teils internationale Produktionsstrukturen eingebunden, die neue Zeit- und Raumstrukturen nutzen. Enterprise Resource Planning (ERP) wie SAP erlauben es, Unternehmensprozesse minutiös betriebswirtschaftlich zu erfassen.

Technisierte Produktions- und Prozessabläufe sind nie reine *Produktionstechnologie*, d.h. Mittel und Werkzeug zur Herstellung von Waren, sondern immer auch *Organisationstechnologie*: Technologie – und damit auch Digitalisierung – dient der Strukturierung und Steuerung des Arbeitsprozesses, indem bestimmte Vorgaben für die Arbeitsausführung und die Kooperation zwischen Arbeitenden in die Technik „eingeschrieben“ werden. Solchermaßen automatisierte Abläufe zielen stets auf effizientere Produktion, effektivere Dienstleistungen und Verfahrenssicherheit zugleich (Berger/Offe 1984).<sup>2</sup> Potenziale dafür werden insbesondere in der industriellen Produktion gesehen (Schraft/Kaun. 1998; Langmann 2010). Genutzt werden kostenträchtige Technologien, die sich wiederholende Prozessabläufe ermöglichen (vgl. dazu Rammert 2007), sich aber rechnen müssen, wenn menschliche Arbeit ersetzt werden soll. Zudem gilt: die fortlaufende Technisierung von Arbeit ist ein nie abgeschlossenes Projekt der Gestaltung von Arbeits- und Produktionsprozessen (Pfeiffer 2010). Die Rationalisierung durch Technikeinsatz ist immer sozial gerahmt (vgl. Sydow 1985; Rammert 2003), zugleich verändert sich durch Rationalisierung die Stellung der Menschen im Produktionsprozess, der Gegenstand der Arbeit und damit die Arbeitstätigkeit selbst grundlegend. Die Voraussetzung dafür ist eine Durchdringung der stoff-

---

<sup>2</sup> Effizienter zu arbeiten und zu produzieren trägt in sich auch den Aspekt der Nachhaltigkeit. Wenn damit Entgrenzung, Einbeziehung von Kunden in Geschäftsprozesse u.a.m. verbunden ist, stellt sich allerdings die Frage nachhaltiger Arbeit noch einmal neu und berührt individualökologische Aspekte. Trotz aller möglicherweise nachhaltiger Facetten: Die Digitalisierung weicht nicht vom Wachstumsszenario kapitalistischer Gesellschaften ab, sondern modifiziert dieses allenfalls, mit bis jetzt unbekanntem Auswirkungen.

lichen wie betrieblichen und arbeitskraftbezogenen Bedingungen durch eine Verwissenschaftlichung von Arbeit. Allerdings bestehen prinzipielle Grenzen der Verobjektivierung und der theoretischen Modelle (Brödner 1997).

Zunehmende Anpassungsfähigkeit von Industrierobotern und das Aufkommen halb- und vollautomatischer Produktionsstraßen führen in den 1980er Jahren zur Leitidee einer „ganzheitlichen“ Produktion in einer weitgehend computergesteuerten Fabrik. Wesentliche Grundlage hierfür ist das Prinzip des Computer Integrated Manufacturing (CIM), das als übergreifende Produktionsarchitektur alle relevanten Produktionsprozesse und -ressourcen (Zäh et al. 2003) verknüpft. Diese basieren ihrerseits auf computerassistierten bzw. -gesteuerten Technologien: Programmgesteuerte Fräs-, Bohr-, Schneid- bzw. Drehautomaten der Computerized Numerical Control- (CNC-) Produktion; Technologien des Computer Aided Design (CAD), die eine komplexe Ansteuerung von Maschinen von der Konstruktionsskizze her ermöglichen; die computerunterstützte Arbeitsplanung (Computer Aided Planning – CAP) und Fertigung (Computer Aided Manufacturing – CAM); die rechnergestützte Qualitätssicherung und Produktionsplanung (Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme – PPS) und Betriebsdatenerfassung (BDE). Produktionsprozesse lassen sich so digital integriert abbilden und steuern, was bereichs- und abteilungsübergreifende Organisation und Standardisierung der Arbeit ermöglicht. Die so entstehenden Ganzheitlichen Produktionssysteme (vgl. Spath et al. 2013) erzeugen schließlich Modelle der über- und zwischenbetrieblichen *systemischen Rationalisierung* (vgl. Altmann et al. 1986: 196; Bechtle 1994: 47). „Industrie 4.0“ knüpft gewissermaßen daran an, geht aber über die bisher möglichen Rationalisierungsschritte hinaus und lässt angesichts digitalisierter Produktions- und Prozessabläufe einen qualitativen Sprung in der Produktivkraftentwicklung erwarten.

Voraussetzung dafür ist auch der Umstand, dass unternehmenseigene digitale Informationssysteme zunehmend in die relativ offene Infrastruktur des Internets eingebunden sind. Das begünstigt räumlich/betrieblich externalisierte Produktions- und Verwertungszusammenhänge. Im so entstehenden Informationsraum (Boes 2005) agieren asymmetrisch und mit unterschiedlicher Macht ausgestattete Akteure standortunabhängig in globalisierten Wertschöpfungsnetzwerken. Sie etablieren eine gemeinsame Arbeitspraxis, die bis in die Reproduktions-sphäre reicht. Prinzipien wie die der „Agilen Softwareentwicklung“ z. B. geben dazu flexible, dezentral organisierte und situativ-reagible Vorgehensweisen an, die eine stark arbeitsteilige Programmierung über unterschiedliche Standorte hinweg ermöglichen. Es zeigt sich (auch bei Bü-

rotätigkeiten), dass der Stellenwert kooperativer kommunikativer Handlungen im Kontext hochtechnisierter Organisationen steigt (Böhle/Bolte 2002) und „metafachliche“ Kompetenzen zunehmend gefordert sind. Angesichts der Handlungsvollzüge, die in informatisierte Steuerungslogiken automatisierter Arbeit eingeschrieben sind, werden sowohl Tendenzen einer Subjektivierung von Arbeit gestärkt als es auch zu neuen wenig qualifizierten Aufgaben kommt.

## **1.1. Wandel der Arbeit und Beschäftigung – Prognosen zu Folgen der Digitalisierung**

Wenn Produktion und Dienstleistungen durch Digitalisierung vordergründig gesehen einen Technologisierungsschub erfahren, bewirkt dies in vielen Arbeitsbereichen veränderte Abläufe und Inhalte und zieht neue Modelle der Arbeitsorganisation nach sich. Es hat aber auch grundlegende Auswirkungen auf Geschäftsmodelle in Produktion und Dienstleistung an sich: Entwicklungsarbeiten und -zyklen werden kürzer und sind enger an die Produktion angebunden, in globalen Wertschöpfungsketten entwickeln sich neue Formen der Arbeitsteilung und Arbeitsaufgaben müssen in immer geringerem Maße zwanghaft im betrieblichen Kontext erledigt werden sondern sind mobil leistbar. In humanzentrierten Dienstleistungsbereichen übernehmen digitale Geräte zunehmend Aufgaben z. B. im Bildungsbereich (multiplexe E-Learning-Modelle mit automatisierter Sprach- und Sprechkontrolle) oder im Gesundheitswesen (Telemedizin mit digitalisierten Diagnosetools) und verändern damit auch Alltagsgewohnheiten.

Aktuell wird die fortschreitende informationstechnische Vernetzung der Produktion entlang der gesamten Wertschöpfungskette in der technologie- und wirtschaftspolitischen Debatte vor allem unter dem Leitbegriff „Industrie 4.0“ gefasst. Skizziert wird damit eine Rationalisierungsstufe, in der Unternehmen untereinander und mit ihren eigenen oder auch freien Arbeitskräften per Schnittstellen verbunden sind. In der „Smart Factory“ sind Maschinen, Betriebsmittel und Lagersysteme über das Internet zu einem cyber-physischen Produktionssystem (CPPS) verbunden. Vor allem aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht wird damit das Bild einer vierten industriellen Revolution verbunden: Nach Mechanisierung, Industrialisierung und Automatisierung erfolge nun die technologische Vernetzung der Produktion entlang der Wertschöpfungskette in Echtzeit via Internet und ermögliche so die autonome Steuerung einer *production on demand*, nach der Produktkonfiguration des Auftragge-

bers. (vgl. Gill 2006; Broy 2010; Geisberger/Broy 2012; Kagermann et al. 2012; Reinhart et al. 2013; Sandler 2013).

Die Idee einer ganzheitlich computergesteuerten Produktion, die alle relevanten Prozesse und Ressourcen verknüpft, wurde bereits vor einigen Jahrzehnten mit dem Leitbild des Computer Integrated Manufacturing (CIM, s.o.) formuliert. CIM-Systeme gelten als Vorläuferkonzepte für die aktuelle, unter dem Leitbegriff „Industrie 4.0“ geführte Debatte um anpassungsfähige Produktionssysteme (Mentgen 2012; Scheer 2013). Allerdings werden nunmehr Daten- und Realebene der Produktion noch stärker integriert. Anders als in früheren Modellen, die eine Effizienzsteigerung von Produktionsprozessen über vorgängige Planung, anschließende Umsetzung und nachfolgende Kontrolle anstrebten, findet dieser Optimierungsprozess im Kontext der „Industrie 4.0“ idealiter fortlaufend statt, indem die (dezentralen) Systemkomponenten eine andauernde Selbstoptimierung vollziehen und sich permanent an volatile Bedingungen der Wertschöpfungskette anpassen (acatech 2013).

Industrie 4.0 als neuem Automatisierungsschritt wird das Potenzial zugeschrieben, die heutige Organisation von Fabriken, Personal und Arbeit strukturell zu verändern (vgl. Geisberger/Broy 2012; BMWI 2013; Spath et al. 2013). Die technologische Grundlage dafür bilden digitale Messtechniken und IT-basierte mechatronische Anlagen sowie ihre Vernetzung mittels informationstechnologischer Infrastrukturen (Uhlmann et al. 2013), insbesondere dem so genannten Internet der Dinge (Bullinger/ten Hompel 2007; Botthof/Bovenshulte 2009; Uckelmann et al. 2011). Solche cyber-physischen integrierten Systeme sind prinzipiell verteilt organisiert (Broy 2010) und „hybrid“ in dem Sinne, dass die Technik im Zusammenspiel mit menschlicher Arbeitskraft (teil-)autonom agiert (vgl. Rammert/Schulz-Schaeffer 2002; Rammert 2003). Statt einer linearen Abfolge einmal programmierter Schritte finden sich nun parallele statt sequenzielle Problembearbeitung, die Aufgabe hierarchischer Vorgaben zugunsten der Selbstorganisation, eine eher lose Integration, ein situativen Erfordernissen angepasstes Aktion-Reaktionsschema und an Interaktion orientierte Mensch-Maschine-Umwelt-Beziehungen.

In dieser sozio-technischen Architektur limitiert Technologie die Gestaltungsoptionen des sozialen Teilsystems. Allerdings wirkt Letzteres auf die Funktionsweise des technischen Teilsystems zurück, und zudem bestehen Interdependenzen mit der Umwelt des Gesamtsystems (Hirsch-Kreinsen 2014). Im Mittelpunkt der sozialwissenschaftlich orientierten Debatte um Industrie 4.0 stehen daher weniger der einzelne Arbeitsplatz, die individuelle Tätigkeit und die Qualifikationen der Arbeitskräfte an sich, sondern das durch strategische Vorgaben beeinflusste

organisatorisch-soziale Gefüge eines fluider werdenden sozio-technischen Produktionssystems (ebd. 2014).

In der Realität der Produktion ist man allerdings bislang noch nicht über Teillösungen (Spath et al. 2013) hinausgekommen bzw. sind erst erste Ansätze zu verzeichnen, die zudem relativ isoliert erscheinen (Hirsch-Kreinsen 2014). Dennoch wird davon ausgegangen, dass perspektivisch nahezu alle industriellen Arbeitsplätze davon betroffen sein werden. Ausgenommen sind lediglich solche Tätigkeiten, in denen Automatisierung zu kostenträchtig sei (Hirsch-Kreinsen 2014; vgl. ebenso Spath et al. 2013 und für den Bereich Logistik Windelband et al. 2011) bzw. wie auch in der produktionsnahen Dienstleistungsarbeit hochqualifizierten Spezialisten überlassen bleibt (Windelband et al. 2011). Das Leitbild „Industrie 4.0“ kennzeichnet in dieser Hinsicht einen (erneuten) Aufbruch hin zur flexiblen automatisierten Produktion. In ökonomischer Hinsicht steht dahinter das Ziel, hochflexibel auf Anforderungen des Marktes reagieren zu können (z. B. Scholz-Reiter et al. 2009). Eine vollständige Automatisierung wird allerdings nicht erwartet (vgl. Kinkel et al. 2008: 241), wie dies bei Einführung des Computer Integrated Manufacturing (CIM) noch der Fall war.

Nicht nur die Fertigung ist immensen Veränderungen unterworfen, sondern in den letzten Jahren auch die „Kopfarbeit“ im Büro. Eine aktuelle, von der Hans-Böckler-Stiftung geförderte Studie „Lean im Büro“ (Boes et al. im Erscheinen) beschreibt, wie in Unternehmen aus der Fertigung bekannte Konzepte wie Standardisierung, Prozessorientierung und Kennzahlensysteme auch in die „indirekten Bereiche“ bzw. Bürobereiche diffundiert sind (Marketing, Forschung und Entwicklung, Verwaltung, etc.). „Lean“ erweist sich, so die Autoren der Studie, als strategischer Trend, der einen wichtigen Moment der derzeitigen Umbrüche in den indirekten Bereichen bildet. Mit „Lean im Büro“ verbunden ist beispielsweise eine „neue Transparenz in der Arbeit“ (z.B. durch Daily Scrums), der „Abschied vom Expertenmodus“ (Boes et al.: 165).

Die Dienstleistungsbranchen beschäftigen nicht nur den Großteil der Erwerbsbevölkerung Deutschlands, sondern sind auch hinsichtlich der Digitalisierung die Vorreiter: Telekommunikation und IT-Branche setzen geradezu auf digitale Technologien auf, Medienberufe werden immer stärker elektronisiert und der Online-Handel sowie die Logistikbranche gelten als zukünftige Wachstumsfelder. Vernetzung erscheint zudem in B2B oder B2C deutlich einfacher als der Aufbau stabiler Vernetzungen im Bereich industrieller Produktion, weil bereits weitgehend standardisierte Endgeräte vorhanden sind. Für Dienstleistungsunternehmen eröffnen sich Innovationen im Hinblick auf bestehende und neuartige Dienstleistungen. Das verlangt nach Geschäftsmodellen, die Ser-



viceprozesse so organisieren, dass deren Produktivität und Qualität gesichert und erhöht wird; sinnbildlich dafür stehen E-Commerce-Anwendungen, die sich seit den 90er Jahren etabliert haben, die unterschiedlichen Formen des E-Banking oder via Smartphones verteilte Produktinformationen im Einzelhandel (Roth 2015). In der Finanzdienstleistung wird über digitale, virtuelle Währungen (elektronisches Geld) debattiert. Der globale Transfer von Geld mittels der Blockchain-Technologie, die einen direkten (peer-to-peer) Prozess zur Abwicklung von Geschäftsprozessen (wie Überweisungen, Kauf und Bezahlung) ermöglicht, verspricht den Finanzinstituten enorme Einsparungen von mehreren Milliarden Euro, birgt aber in sich die Gefahr, dass Banken in Zukunft in heutiger Form nicht mehr gebraucht werden – mit entsprechenden Beschäftigungsfolgen.

Auch sind mit Gesundheit und Pflege (vgl. Hielscher et al. 2015) oder Bildung und Erziehung eher traditionelle Bereiche personenbezogener Dienstleistungen zunehmend durch Technisierung und Digitalisierung gekennzeichnet. Zu nennen sind hier Dokumentationspflichten, automatisierte Überwachungssysteme, und diagnostische Computersysteme, von denen ein Teil auch zu therapeutischen Zwecken genutzt werden kann. Bildungseinrichtungen bieten zunehmend E-Learning-Umgebungen an. Öffentliche Verwaltungen mit ihren Diensten stehen ebenfalls seit langem in Modernisierungsprozessen, die zunehmend durch Digitalisierung ausgewiesen sind (vgl. Matuschek 2010). Die sich so auf verschiedenen Ebenen vollziehende Digitalisierung von personenbezogenen Dienstleistungen betrifft potenziell etwa ein Drittel aller Erwerbstätigen. Gesundheit und Soziales gilt dabei als zukünftig deutlich ansteigendes Arbeitsfeld, in jüngster Zeit auch Bildung, während der Finanzsektor bereits weit fortgeschritten ist.

Im Handel wird von einem Anwachsen des E-Commerce ausgegangen, der im Jahre 2018 bis zu 15% ausmachen könnte (Wittmann 2015). Dabei wird angenommen, dass die Mischung von Offline- und Online-Handel zukünftig Bestand haben wird (HDE 2013). Dank teurer Investitionen in digitale Einkaufs- und Vertriebsstrukturen mehren sich digitale Innovationen wie z. B. der Päckchenversand per Drohne oder in Bezug auf die Kundenberatung im Internet das Einscannen des Körperumfangs für Textilien, das Hinzuziehen von digitalen Endgeräten zur Beratung in Ladengeschäften und nicht zuletzt elektronische Transaktionen. Für klassische Versandhandelsunternehmen ist die Digitalisierung eher eine moderate Modernisierung in Ausweitung der Vertriebskanäle "Online" und "Mobile". Der Einzelhandel hat sich jedoch auf eine dynamischere Umstellung einrichten müssen, die neben der Einführung digitaler Technologien Auswirkungen auf nunmehr per Internet transparente Sorti-

ments- und Preispolitik, die Marketingstrategie und Serviceleistungen wie Bringdienste mit sich brachten. Zugleich steht statt Customer Relationship nun Customer Engagement auf der Tagesordnung. Auch im Hotel- und Gaststättengewerbe haben sich nicht nur digitale Kassensysteme durchgesetzt, sondern bieten auch Buchungssysteme bequemen Zugang. Airlines und auf dem Reisemarkt aktive Buchungsportale haben traditionelle Reisebüros unter Druck gesetzt, die selbst ohne digitale Anbindung nicht mehr auskommen.

Ein Manko der Arbeitsorganisation in personenbezogenen Dienstleistungen war und ist es, dass häufig mit Methoden und Zielsetzungen ursprünglich industrieller Verfahren gesteuert wird, was der Qualität der Arbeit der Beschäftigten wie der Arbeitsqualität gleichermaßen abträglich sein kann (vgl. Böhle et al. 2015). Die Übertragung entsprechender Modelle digitalisierter Arbeit auf industrienahen Dienstleistungen (vgl. dazu BMBF 2015) scheint daher nur bedingt ein Weg für personenbezogene Dienstleistungen zu sein – vielmehr wird es darum gehen müssen, eigene Praxen zu entwickeln. Deren Position zwischen zum Teil kennzifferngesteuerter Marktorientierung mit erhöhtem Leistungsdruck und neu entstehenden, aber auch auszufüllenden Freiräumen birgt insbesondere die Gefahr psychischer Überlastungen (BAuA 2012). Strukturell sind viele Bereiche der sozialen bzw. personalen Dienstleistungen durch Kleinunternehmen und Solo-Selbständigkeit geprägt – mithin werden hier Fragen der andauernden Erreichbarkeit mittels neuer Medien ebenso virulent wie Fragen (de-)regulierter Konkurrenz. Auch im Bereich der nicht-produktionsbezogenen Dienstleistungen zeigt sich demnach Gestaltungsbedarf, im Hinblick auf Nutzerorientierung, aber auch jenseits rein technischer Potenziale. Dazu gibt es Vorschläge wie das Recht auf Nicht-Erreichbarkeit, den Aufbau von Arbeitsschutzregelungen, aber auch das Recht auf Telearbeit u.a.m. (Ver.di 2015), Vorstellungen zur kooperationsförderlichen Einbindung von Kunden in die Interaktionsarbeit (Dunkel 2015) und Hinweise auf aufgabengerechte Qualifizierung und Kompetenzentwicklung in Anlehnung an die Regelausbildung des Dualen Systems der Berufsausbildung sowie eine stärkere Einbindung in Tarifverträge (Evans/Hilbert 2015).

### **Der 'Impact' der Digitalisierung: Prognosen zur Automatisierungswahrscheinlichkeit und Beschäftigungsfolgen**

Arbeitgeberverbände begreifen den Terminus Industrie 4.0 als Umschreibung einer Vision, die erst 2025/2030 zum betrieblichen Alltag ge-

hören wird. Allerdings werden durch ZVEI, BITKOM und VDMA bereits aktuell Umsetzungsempfehlungen formuliert, die auf das Modell einer sensorgesteuerten Smart Factory hinauslaufen, in der cyber-physische Systeme die unterschiedlichen Prozesse der Produktion, Logistik, Engineering, des Managements und der Internetdienste verknüpfen und eine automatisierte Steuerung ermöglicht wird (Becker 2015).

Große Aufmerksamkeit wird einer Studie zuteil, die Auswirkungen der Automatisierung auf Berufe in den USA analysiert. Frey und Osborne (2013) prognostizieren eine wahre Umwälzung: fast die Hälfte aller Beschäftigten (47%) arbeitet demnach in Berufen, die mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 70% in den nächsten zwei Dekaden durch Computer oder algorithmierende Maschinen automatisiert werden. Das fördere die Substitution von Arbeitsplätzen und ließe anders als in bisherigen Rationalisierungswellen Massenarbeitslosigkeit befürchten. Ausgenommen sind vor allem Wahrnehmungs- und Manipulationstätigkeiten, die in unstrukturierten, komplexen Situationen von Bedeutung sind und in denen Menschen gegenüber Maschinen Vorteile haben. Auch kreativ-intelligente Tätigkeiten auf konzeptueller Ebene sind relativ geschützt vor Automatisierung, ebenso Bereiche, die auf dem Vorhandensein sozialer Intelligenz aufsetzen, etwa Pflegeberufe oder Verhandlungsaktivitäten.

Die Studie von Frey/Osborne (2013) ist zum Referenztext auch für Prognosen zur Industrie 4.0 in Deutschland geworden (vgl. zur Rezeption und zu kritischen Einwänden Matuschek 2016, s.u.). Beispielsweise haben Brzeski/Burk (2015) für verschiedene berufliche Anforderungsniveaus (Helfer, Fachkraft, Spezialist sowie Experte) für 30,9 Millionen sozialversicherungspflichtige bzw. geringfügig Beschäftigte (= 81 % der in ihrer Studie berücksichtigten 37,9 Millionen Beschäftigten) festgestellt, dass in Deutschland 18,3 Millionen und damit 59% durch Automatisierung bedroht sind. Dabei zeigen sich dramatische Unterschiede in den Effekten, wie die folgende Tabelle wiedergibt:

Funktionsklasse	Berufe pro Gruppe	Sozialversicherungs-pflichtig und geringfügig Beschäftigte	Gefährdete Arbeitsplätze	Wahrscheinlichkeit
<b>Total<sup>1</sup></b>	<b>1286</b>	<b>37.990.000</b>		
<b>Untersuchte Berufe</b>	<b>369</b>	<b>30.870.000</b>	<b>18.300.000</b>	<b>59%</b>
Bürokräfte und verwandte Berufe	26	3.500.000	3.000.000	86%
Hilfsarbeitskräfte	20	3.800.000	3.260.000	85%
Anlagen- und Maschinenbediener, Montageberufe	28	4.640.000	3.210.000	69%
Dienstleistungs- und Verkaufsberufe	30	4.570.000	3.120.000	68%
Facharbeiter in Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei	11	78.000	50.000	64%
Handwerks- und verwandte Berufe	67	4.100.000	2.580.000	63%
Technische und gleichrangige nichttechnische Berufe	72	4.800.000	2.470.000	51%
Akademische Berufe	91	3.990.000	471.000	12%
Führungskräfte	24	1.380.000	157.000	11%

Quelle: ING, Frey und Osborne (2013), Bundesagentur für Arbeit. <sup>1</sup>Abweichungen durch Rundungen möglich.

Entnommen aus: Brzeski/Burk 2015

Bürokräfte und verwandte Berufe sowie niedrig Qualifizierte mit Hilfstätigkeiten sehen sich demnach einer besonders hohen Automatisierungswahrscheinlichkeit mit dem Risiko des Verschwindens des Berufes in seiner jetzigen Form ausgesetzt: Mehr als vier Fünftel sind betroffen. Rund jeweils zwei Drittel der Maschinen- und Anlagenfahrer bzw. Montageberufe, der Dienstleistungs- und Verkaufsberufe, der Facharbeiter in Land- und Forstwirtschaft/ Fischerei aber auch im Handwerk bzw. handwerksnahen Berufen. Bei technischen wie bei gleichrangigen nicht-technischen Berufen ist es gut die Hälfte, die sich einer hohen Automatisierungswahrscheinlichkeit ausgesetzt sieht. Weniger starken Einfluss hat Automatisierung aller Voraussicht nach bei akademischen Berufen sowie bei Führungskräften: Hier ist es jeweils gut ein Zehntel der Berufe, denen eine hohe Automatisierungswahrscheinlichkeit zugesprochen wird (vgl. Brzeski/Burk 2015).

Bezogen auf die deutsche Berufsklassifikation lassen sich analog zur Studie von Frey/Osborne (2013) und auf der Grundlage von Daten der Bundesagentur für Arbeit folgende Entwicklungen für einzelne Berufsgruppen abschätzen: 1,9 Millionen Arbeitsplätze in den Büro- und Sekretariatsberufen unterliegen einer hohen Automatisierungswahrscheinlichkeit, weitere 1,5 Millionen Arbeitsplätze bei Hilfstätigkeiten in Post- und Zustelldiensten bzw. der Lagerwirtschaft, 1,2 Millionen Arbeitsplätze der Verkaufsberufe, weitere 1,1 Millionen in der Reinigung und zusätzlich rund 660.000 Arbeitsplätze in der Gastronomie sind von hoher Automatisierungswahrscheinlichkeit betroffen und bilden damit die Spitze der am stärksten tangierten Berufe. Mediziner trifft es dagegen selten (3.100

Stellen), ebenso wie Führungskräfte. Berufe mit Spezialisierung oder Expertenwissen unterliegen einer eher geringen Automatisierungswahrscheinlichkeit. Der Zeithorizont umspannt die nächsten 10-20 Jahre, vor allem Kostenfaktoren werden als Haupthemmnis einer schnelleren Diffusion bilanziert (Brzeski/Burk 2015).

Dem von Frey und Osborne (2013) für die USA und in der Folge auch Brzeski/Burk (2015) für Deutschland aufgeworfenen Verdrängungsszenario stellt Buhr eine Polarisierungsthese gegenüber. Niedrig wie hoch Qualifizierte können gleichermaßen an Bedeutung gewinnen, wenn ihre Tätigkeit wenig automatisierbar bzw. erfahrungs- und interaktionsbasiert ist. Zuwächse werden auch im Hinblick auf entbetrieblichte digitale Click-Worker und Freelancer vermutet (Buhr 2015). Auch Bonin et al. (2015) verweisen in einer Studie des ZEW darauf, dass Wandel durch Automatisierung nicht das Aussterben von Berufen erzwingt, sondern zumeist 'nur' Tätigkeiten verändert. Sie warnen vor einer Überzeichnung der technologischen Potenziale in Richtung Automatisierung, betonen den mit technologisch induzierten Transformationen einher gehenden Veränderungscharakter, der nicht zwingend zum Verschwinden der Tätigkeiten resp. Berufe führt und heben hervor, dass makroökonomische Anpassungsprozesse zu erwarten seien, die einer radikalen Automatisierung Grenzen setzen. Insbesondere kaum abzuschätzende Faktorpreise für Arbeit bzw. technische Investitionen und das veränderte Arbeitskräfteangebot ließen seriöse Schätzungen zum Gesamtbeschäftigungseffekt kaum zu. In diesem Zusammenhang heben sie die Bedeutung von starken Lohnsteigerungen hervor, die als Anreiz für verstärkte Automatisierung verstanden werden. Andererseits setze sich Technologie häufig erst dann durch, wenn hinreichend geschultes Fachpersonal in ausreichender Menge vorhanden sei.<sup>3</sup> Die Autoren bieten vor diesem Hintergrund eine eigene Re-Analyse des Ansatzes von Frey und Osborne an, in der sie die Berufsstrukturen in Deutschland und den USA vergleichen, diese aber durch eine Tätigkeitsanalyse (nach Komplexität, Analytik, Kreativität oder sozialer Kompetenz) ergänzen.<sup>4</sup> Dabei kommen sie zu

---

<sup>3</sup> Dem liegt implizit der Gedankengang zu Grunde, dass gering Qualifizierte einer hohen Automatisierungswahrscheinlichkeit ausgesetzt sind und dies allenfalls über eine Absenkung des Preises für den Faktor Arbeit kompensieren können, mittlere Bildungs- und Einkommenslagen aber mindestens eine lohnökonomische Zurückhaltung an den Tag legen müssen, um Automatisierungswahrscheinlichkeiten zu minimieren.

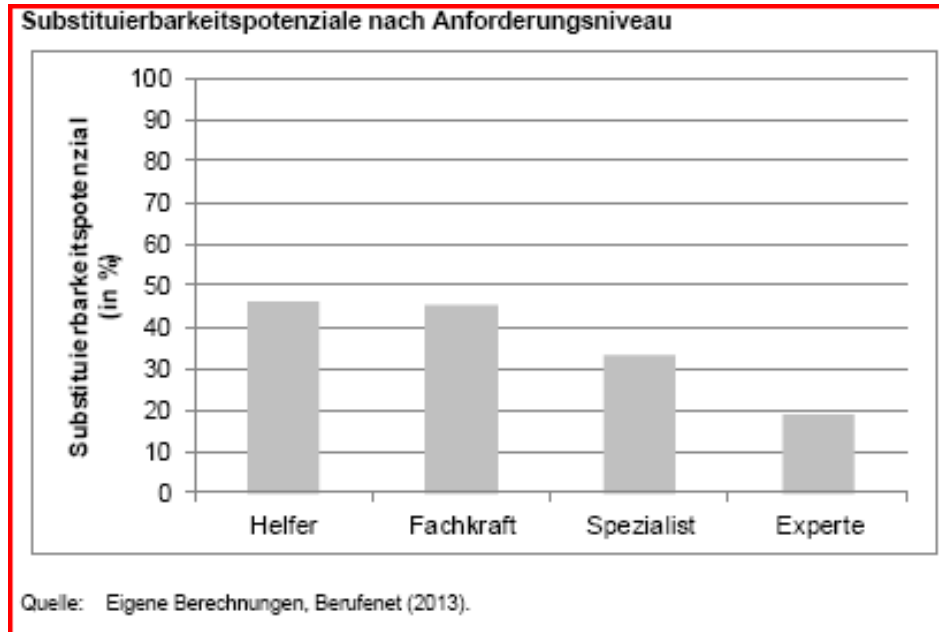
<sup>4</sup> Diese Klassifizierung basiert unter anderem auf einer eigenen Analyse der analytischen beziehungsweise interaktiven Tätigkeiten in unterschiedlichen Berufen auf der Basis der OECD-Erhebung PIAAC (Programme 4th International Assessment of Adult Competencies). Für weitere und eingehendere methodische Hinweise, etwa hinsichtlich der Übertragbarkeit differenter Berufsklassifikationen, siehe die genannte Studie von Bonin et al. (2015).

dem Ergebnis, dass nur 12% der Arbeitsplätze in Deutschland ein hohes Automatisierungsrisiko (Wahrscheinlichkeit größer als 70%) besitzen (nach Bonin et al. in den USA sogar nur 9%). Insgesamt liegt die Automatisierungswahrscheinlichkeit, die nach Tätigkeit bestimmt wird, in beiden Ländern deutlich unter derjenigen nach Berufen. Unterschiede erklären sich dadurch, dass in den USA Tätigkeiten verbreiteter sind, die das Unterrichten von Personen, Präsentationsaufgaben, Planungsarbeit für andere oder Lesezeit beinhalten und deshalb schwerer automatisierbar sind. Dabei konstatieren Bonin et al. (2015), dass hinsichtlich der Risikostruktur Unterschiede nach Bildungsniveau und Einkommenshöhe bestehen: Beschäftigte mit Elementar- oder Primarausbildung weisen in Deutschland ein Automatisierungsrisiko von 80% auf, für Promovierte beträgt es lediglich 18%.

Gratz und Michaels verweisen darauf, dass in verstärkt Roboter einsetzenden Wirtschaftssektoren bei stabiler Höhe der Arbeitsstunden Arbeitsproduktivität, Löhne und Wertschöpfung stiegen; Technologie führt demnach nicht zur Absenkung von menschlicher Arbeit. Kompensation stellt sich im Hinblick auf die Gesamtbeschäftigung auch deshalb ein, weil mit zunehmendem Diffusionsprozess Technologiebereiche selbst vermehrt Arbeitsplätze bereitstellen würden, u.a. durch Reshoring outgesourcter Aufgaben (vgl. dazu Arntz. et al. 2014). Ganz im Sinne neoklassischer Wirtschaftsperspektiven verweisen Letztgenannte darauf, dass sinkende oder wenig steigende Löhne die Nachfrage nach Arbeitskräften erhöhen könnten bzw. es Umverteilungen zugunsten Besserverdienender gäbe, die über Konsumeffekte ebenfalls die Nachfrage erhöhen könnten. Es seien eher keine negativen Effekte der neuen Technologie auf die Gesamtbeschäftigung zu erwarten (ebd. 2014

Auf der Basis der deutschen Berufsklassifikationen (KldB 2010) und unter Berücksichtigung der Besonderheiten des deutschen Arbeitsmarktes sowie des Berufsbildungssystems bilanziert eine jüngst erschienene Studie des IAB (Dengler/Matthes 2015), das unter Einschätzung des Anteils an (bereits heute automatisierbaren) Routinetätigkeiten bezogen auf das Jahr 2013 etwa 15% der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland einem sehr hohen Substitutionspotenzial durch Digitalisierung/Automatisierung ausgesetzt sind. Dies deshalb, weil mehr als 70% ihrer Tätigkeit durch Computer durchgeführt werden könnten. Bezogen auf das Anforderungsprofil stehen sowohl Helferberufe (Anforderungsniveau 1) als auch Fachkraftberufe (Anforderungsniveau 2) in Industrie und Gewerbe vor einem Substitutionspotenzial von etwa 45%. Ganz ähnlich verhält es sich in den kaufmännischen und unternehmensbezogenen Dienstleistungsberufen (ebd.). Das liegt daran, dass qualifizierte Tätigkeiten durch die prinzipiell hier eher mögliche Zerle-

gung in programmierbare Algorithmen stärker von Substitution durch Computer betroffen sind als häufig nicht routinemäßige Helfertätigkeiten.



Entnommen aus: Dengler/Matthes 2015<sup>5</sup>

30% der Spezialisten unterliegen demnach einem Automatisierungspotenzial, bei den Experten sind es nur 20%. Nicht immer haben Helfer in den einzelnen Berufssegmenten ein höheres Risiko als Fachkräfte, so Dengler/Matthes (2015). Die Autorinnen resümieren für die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland, dass rund 11,8 Millionen Beschäftigte in Berufen mit einem geringen Potenzial zur Substituierung der Tätigkeiten durch Computer (< 30% der Tätigkeit im Beruf) unterliegen. 13,2 weisen ein mittleres Potenzial aus (30-70% der Tätigkeiten des Berufsbildes) und 4.4 Millionen arbeiten in Berufen mit einem hohen Substitutionspotenzial (< 70%).

Ähnlich identifizieren auch Eichhorst/Buhlmann (2015) Gefährdungen vor allem sowohl für niedrig wie für mittel qualifizierte Beschäftigte. Im System der beruflichen Ausbildung in Deutschland stecken allerdings Vorteile im Hinblick auf die Bearbeitung der zunehmend wichtiger werdenden analytischen, interaktiven und komplexen Aufgaben in innovativen Arbeitsumgebungen. Zur Absicherung wäre allerdings ein Aufstieg

<sup>5</sup> Helfer sind gering qualifizierte Beschäftigte, Fachkräfte besitzen eine abgeschlossene Berufsausbildung, Spezialisten sind in der Regel Meister /Techniker bzw. besitzen Fachschul- oder Bachelorabschluss, Expertenniveau setzt 4-jähriges Hochschulstudium voraus.

in Bereiche, die derzeit mit höher Qualifizierten ersetzt werden, sinnvoll, weshalb Beschäftigte mittlerer Qualifikation auf Weiterbildung achten müssten (Eichhorst/Buhlmann 2015). Insgesamt ist von einem erhöhten Bedarf an Fachkräften wie Mathematikern, Informatikern, Ingenieuren und Maschinenbauern auszugehen. Berufe mit sozial-kommunikativen, kreativen und feinmotorischen Anforderungen wie in den personenbezogenen Dienstleistungen (private DL, Gesundheits- und Pflegeberufe), des Sozialwesens, der Bildung und Forschung, der Unternehmensdienstleistungen sowie in der Unternehmensleitung und -beratung gewinnen an Bedeutung und werden verstärkt Arbeitskräfte nachfragen. Textil- und Bekleidungsberufe, Keramik- und Glasberufe, die spanlose Metallverformung, Hochbauberufe, Landwirtschaft, Hilfstätigkeiten, Bergleute und Druckberufe müssen dagegen deutliche Einbußen hinnehmen. Auch im Dienstleistungsbereich, z. B. im durch Online-Handel unter Druck stehenden Einzelhandel werden zunehmend mittlere Qualifikationsstufen abgebaut, während hochqualifizierte Tätigkeiten insbesondere in der Systemadministration etc. anwachsen (Eichhorst/Buhlmann 2015).

In Bezug auf die Diffusion der Digitalisierung und daraus folgende Beschäftigungseffekte weist Hirsch-Kreinsen sowohl hinsichtlich der Reichweite wie der Geschwindigkeit auf die Paradoxien konkreter Anwendungsfälle hin. Pilotprojekte sind nicht mit schlussendlichen Ausbaustufen vergleichbar; die kostenträchtige Technologie samt aufwendiger Einführungsprozesse stellt eine hohe Hürde bei der Einführung dar. Auch Akzeptanzprobleme sind nicht zu unterschätzen, ebenso wenig wie Beharrungskräfte der betrieblichen Planungs- und Steuerungsbereiche. Hirsch-Kreinsen sieht vor allem in der prosperierenden Logistik (vgl. Windelband et al. 2011) Vorreiter, in der die schon technologieintensiven Unternehmen mit hohem Rationalisierungs- und Innovationsdruck über erforderliche personale Ressourcen verfügen. Technologieaffine Unternehmen mit Großserienfertigung dürften die Umstellung auf Industrie 4.0 nur wagen, wenn dadurch mit höherer Produktivität Wettbewerbsvorteile generiert würden. Auch technologieferne KMU werden auf Grund der ressourcenträchtigen Voraussetzungen eher zurückhaltend sein (vgl. auch Schröder 2016). Einen schnellen Wandel von Produktionsarbeit erkennt Hirsch Kreinsen (2014, 2015) nicht, rechnet allerdings mit deutlicheren strukturellen Segmentationslinien zwischen Branchen entlang ihres Digitalisierungs-/Automatisierungsgrades.

Gegen den Einsatz von Maschinen können Menschen vor allem ihre Flexibilität sowie den Preis ihrer Arbeitskraft zu Felde führen – letzteres wird bei fallenden Preisen für Technologie schwieriger. Pfeiffer und Suphan (2015) verweisen darauf, dass nicht technisches Potenzial,



sondern letztlich ökonomisches Kalkül dafür entscheidend ist, welche Technologie in Betrieben zum Einsatz kommt. Zu beachten seien aber auch Machtkonstellationen in Wertschöpfungssystemen und dort zu treffende sachliche Erwägungen, die technologische Konfigurationen auch für Einzelbetriebe beeinflussen. Eine einfache Fortschreibung der Effekte vergangener Rationalisierungsrunden sei im Grunde genommen nicht (mehr) statthaft. Hinzu kommt, dass die Arbeitenden bereits heute über Kompetenzen verfügen, die im Zuge der Diffusion neuer Produktionsmodelle als wichtig erachtet werden, z.B. die Fähigkeit, Problemlösungen kreativ herbeizuführen (Pfeiffer/Suphan 2015).

Zusammengenommen ist die Polarisierungsthese der Verdrängungsthese aus guten Gründen vorzuziehen, allein schon, weil sie den Wandel der Arbeit nicht allein von den technischen Möglichkeiten her abschätzt, sondern soziale und ökonomische Faktoren mit einbezieht. Gegenüber der Annahme, das drei Fünftel der sozialversicherungspflichtigen Arbeitsplätze bedroht seien, scheinen die Größenordnungen von 12-15% doch realistischer – nicht jeder Einsatz von digitalen Technologien verdrängt gleich lebendige Arbeit. Die mittlere Qualifikationsebene scheint davon allerdings einen großen Teil auffangen zu müssen – zugleich ist sie auf einen entsprechenden Aufgabenwandel gut vorbereitet. Gerade ihr Verbleib im Beschäftigungssystem ist u.a. vor dem Hintergrund des demografischen Wandels wünschenswert. Ein Ausschluss mittlerer Qualifikationen angesichts polarisierter Arbeitsmärkte dürfte daher im doppelten Sinn – immense volkswirtschaftliche Belastungen hervorrufen, die auch zu Lasten notwendiger weiterer Investitionen gehen.

## **Anforderungen an Arbeitsorganisation und Qualifikation**

Automatisierte Produktionsprozesse brauchen „Produktionsintelligenz“, um die durch Planungsaufgaben, Steuerung und Kontrolltätigkeit charakterisierte „Gewährleistungsarbeit“ abzusichern (Schumann et al. 1994). Mit erhöhter Komplexität der Fertigung und der informationstechnologischen Dezentralisierung von Entscheidungs-, Kontroll- und Koordinationsfunktionen kommt es zu steigenden Anforderungen an das Prozesswissen der Arbeitenden und zu einer Integration unterschiedlicher Funktionsbereiche (Windelband et al. 2011). Mit der so wachsenden Bedeutung von Wissensarbeit sind widersprüchliche Folgen verbunden: Es entstehen Autonomiespielräume, aber auch erhöhte Unsicherheiten (Abel et al. 2005; Ittermann 2009). Eichhorst/Bultmann

(2015) identifizieren ein mit wachsender Aufgabenkomplexität einhergehendes Spannungsverhältnis zwischen Autonomie und flachen Hierarchien einerseits und einer der Steuerungslogik von Unternehmen folgenden industriellen Fertigung inklusive Controllingverfahren. Sie präferieren eine Art Mittelweg, mit flexiblen Arbeitsformen und einer zielgerichteten Koordination bei Abwesenheit rigider Kontrollformen. Diesbezüglich bilanzieren sie für Deutschland ein Defizit an zukunftsfähigen Arbeitsmodellen (Eichhorst/Buhlmann 2015).

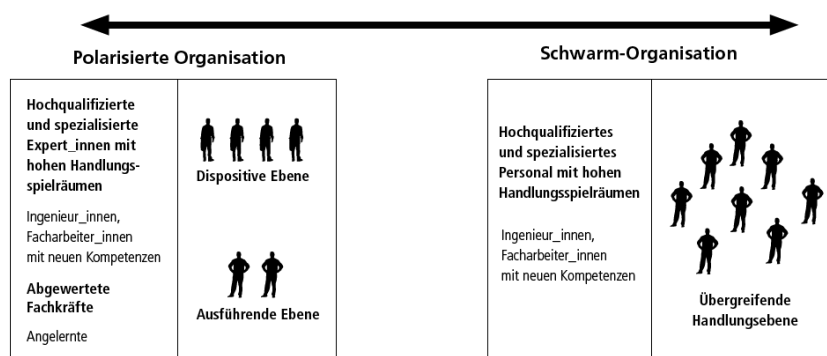
Planende, steuernde und dispositive wie ausführende Arbeiten werden weiterhin von Menschen geleistet, allerdings ändern sich Arbeitsinhalte, -aufgaben und -prozesse und Umweltbedingungen. Das geht einher mit veränderten fachlichen, räumlichen und zeitlichen Anforderungen. Die „Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0“ (Kagermann et al. 2013) verweisen gleichermaßen auf intelligente Organisation der Arbeit wie angesichts offener virtueller Arbeitsplattformen und komplexer Interaktionen zwischen Mensch und Maschine bzw. zwischen Menschen an unterschiedlichen Orten auf die wachsende Bedeutung der entsprechenden Fähigkeiten der Mitarbeiter. Anvisiert werden damit ganzheitliche Produktionssysteme, um Reibungsverluste und Ineffizienzen gering zu halten. Das geht mit erhöhten „Komplexitäts-, Abstraktions- und Problemlösungsanforderungen sowie Forderungen nach selbstgesteuertem Handeln, kommunikativen Kompetenzen und Fähigkeiten zu Selbstorganisation einher“ (Kagermann et al. 2013).

Aus Arbeitgebersicht ermöglichen Assistenzsysteme, die Arbeit in cyber-technischen Systemen demografiesensibel und belastungsmindernd zu gestalten (Becker 2015): Monotone und belastende Tätigkeiten könnte die Technik übernehmen. Geistig wie körperlich belastende Tätigkeiten würden weniger, ohne dass einfache Tätigkeiten völlig verschwinden würden. Gleichsam als Versprechen wird eine verbesserte körperliche wie geistige Leistungsfähigkeit in Aussicht gestellt – insbesondere in Folge des notwendig werdenden lebenslangen Lernens angesichts sich permanent ändernder sozio-technischer Systeme der Zukunft. Gestaltbare Arbeitsumgebungen kommen alter(-n-)spezifischen Fähigkeiten entgegen und können je nach betrieblichen Bedingungen leistungserhaltend wirken. Analog der Positionen im Bereich gesundheitspolitischer Ansätze betonen insbesondere Arbeitgeberverbände die neben Schulungen und Weiterbildungen notwendige Eigeninitiative der Beschäftigten im Hinblick auf lebenslanges Lernen.

Von gewerkschaftlicher Seite wird gelegentlich Bezug auf Gruppenarbeitsmodelle genommen, die als alternativer Rationalisierungsweg verstanden werden, der an Kompetenzen und Erfahrungen der Arbeitenden ansetzt (Hartmann 2009). Innovative Konzepte der Arbeitsorga-

nisation müssen lernförderlich und im Sinne arbeitsplatznaher Qualifizierung angelegt sein, entlang der Wertschöpfungskette breite Aufgabehalte und große Handlungsspielräume bereitstellen sowie Kooperation, Interaktion und Kommunikation zwischen Beschäftigten und zwischen diesen und den Systemen herstellen (Kurz 2013). In diesem Zusammenhang erhebt sich die Forderung nach Funktions- und Abteilungsgrenzen überwindenden Lern- und Arbeitsprozessen. Letztlich werden Debatten um neue Produktionskonzepte fortgesetzt, die durch leistungspolitische Rahmenbedingungen flankierte erweiterte und auf Selbstständigkeit ausgelegte Gestaltungsspielräume im Sinne stärkerer Partizipation betonen. Zu vermeiden sind in jedem Fall einseitige Anpassungen an technische Systeme (Bochum 2015). Im Hinblick auf arbeitsorganisatorische Entwicklungen wird zwischen technologiezentrierten Automatisierungskonzepten, in denen menschliches Handeln nur kompensatorischen Charakter hat und daher Arbeit zur Residualfunktion verkümmert, und stärker komplementär angelegten Konzepten unterschieden, die eine Arbeits- und Aufgabenteilung zwischen Mensch und Maschine stärken und ganzheitliche, kollaborative Perspektiven der Mensch-Maschine-Interaktion einbringen (Hirsch-Kreinsen 2014). Technologiezentrierte Systeme sind geeignet, De-Qualifizierung und Teilsubstituierung von Arbeitskräften hervorzurufen, komplementäre Konzepte würden dagegen Tätigkeitsanreicherungen begünstigen. Zudem entständen dem oberen Management durch die Informationstechnik neue Möglichkeiten zur Echtzeit-Kontrolle auch des mittleren Managements (Hirsch-Kreinsen 2014, 2015). Idealtypisch wird das zu zwei Mustern der Arbeitsorganisation zusammengefasst:

Abbildung 1: Polarisierte Organisation vs. Schwarm-Organisation



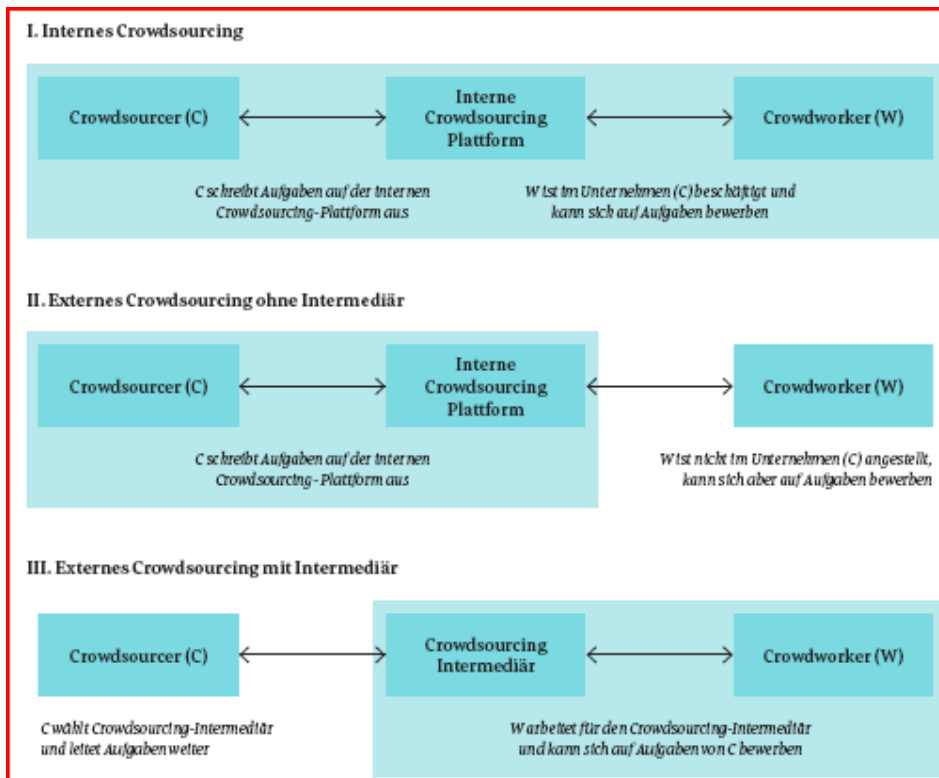
Quelle: eigene Darstellung.

*Entnommen aus: Hirsch-Kreinsen 2014a Wiso; vgl. die leicht modifizierte Darstellung in Hirsch-Kreinsen 2014 und 2015*

Das Modell einer polarisierten Organisation beinhaltet eine geringe Anzahl standardisierter Überwachungsaufgaben ohne großen Handlungsspielraum bei (virtueller) Gegenwart hoch qualifizierter Experten über Facharbeiterniveau, die Entstörung und Produktionsmanagement leisten. Dezentralisierung und Aufgabenerweiterung geht hier mit Strukturierung und Standardisierung einher und betrifft differente Beschäftigtengruppen unterschiedlich – ein längst eingespieltes Modell ohne große Innovationsrisiken. Dagegen stellt Hirsch-Kreinsen das auf kollektive Handlungsorientierung setzende Modell der „Schwarm-Organisation“: Hochqualifizierte und vernetzte Beschäftigte prozessieren in transparenter und flexibler Weise der Arbeitsaufgabe angemessene Handlungen, die u.a. ein hohes Reaktionsvermögen bei Störfällen garantieren. Einfache Tätigkeiten sind durch Automatisierung substituiert, Arbeitskollektive handeln selbstorganisiert im und am technischen System. Der Handlungsrahmen wird durch die Leitungsebene definiert und ist in überbetriebliche Strukturen entlang der Wertschöpfungskette eingebunden. Letztlich werden in informellen Ebenen der Kooperation extrafunktionale Kompetenzen der oberhalb des Facharbeiterniveaus qualifizierten Beschäftigten inner- wie überbetrieblich aktiviert (Hirsch Kreinsen 2014, 2015; vgl. kritisch Dörre 2015).

Welcher Weg eingeschlagen wird, ist nach Hirsch-Kreinsen (2014, 2015) offen, auch werden sich wahrscheinlich Mischformen durchsetzen, dann allerdings bei einer durch informationstechnisch unterlegte Prozesse weitgehend entgrenzten Arbeitsorganisation. Die konkrete Entscheidung für die faktische Ausgestaltung folge eher den Erfordernissen des tatsächlichen Einführungsprozesses denn vorab bestimmbar Prinzipien. Insbesondere ist von inkrementellen Implementierungsprozessen auszugehen, die von Insellösungen ausgehend erst im Zeitverlauf bestehende Strukturen ersetzen. Das mittlere technische Management hat darin eine zentrale Rolle und ist dabei in den häufig technikzentrierten Vorstellungen gefangen – die systematische Einbeziehung auch anderer Akteure im Einführungsprozess sei unerlässlich, u.a. zur Abmilderung von Akzeptanzproblemen (Hirsch-Kreinsen 2014, 2015).

In Bezug auf die Arbeitsorganisation weisen Leimeister und Zogaj (2013) auf veränderte Formen der Aufgaben bzw. Auftragsvergabe hin, die unternehmensintern wie -extern mit dem Stichwort des Crowdsourcings bezeichnet werden:



Entnommen aus: Leimeister et al. 2015

Die drei idealtypischen Formen verdeutlichen, dass bei allen Modellen kein spezielles Unternehmen oder eine einzelne Arbeitskraft adressiert wird, sondern mittels mehr oder weniger offener Ausschreibungen (im betrieblichen Rahmen oder darüber hinaus und gegebenenfalls unter Einschaltung eines Intermediärs) nach Arbeitskräften gesucht wird, die mit Angeboten um Aufträge werben – was einen Bieterwettbewerb auslöst, der vorteilhaft für Unternehmen sein sollte. In zweiten und dritten Fall sind damit unter Umständen fundamentale Wirkungen auf die soziale Sicherheit der Bewerber wie in der Folge auf soziale Sicherungssysteme selbst verbunden, wenn etwa aus Kostengründen auf Rentenzahlungen verzichtet wird. Crowdsourcing und -working stellt sich damit als sozialpolitisch heikles Feld digitalisierter Arbeit dar. Leimeister/Zogaj (2013) und Leimeister et al. (2015) unterscheiden zwischen wettbewerblichen und eher kooperativen Formen des Crowdsourcings: Kollaborativ arbeiten Crowdworker gemeinsam und arbeitsteilig an einem Produkt, das dem ausschreibendem Unternehmen übergeben wird; im Wettbewerbsmodus arbeiten sie virtuell gegeneinander, und das ausschreibende Unternehmen bezahlt aus einer möglichen Vielzahl an eingehenden Ergebnissen qualitäts- oder zeitorientiert nur dasjenige mit

der besten Qualität oder der schnellsten Abgabe. Das geht zusammen mit unterschiedlichen Prämiensystemen, die von einer Ausschüttung an viele bis zur „the winner takes it all“-Lösung gehen.

## 1.2. Versuch einer Einordnung („Herausforderungen“)

Mit dem Thema Industrie 4.0 wird meist das *Risiko disruptiver Entwicklungen* verbunden – dies umschreibt in der Regel ein mehr oder weniger katastrophisches Szenario, das in den scheinbar leicht zugänglichen digitalen Ressourcen steckt. Neue Produkte und Produktionsweisen saugen demnach althergebrachten Industrien den Lebenssaft aus, weil neue Geschäfts- und/oder Produktionsmodelle unschlagbare Vorteile generieren. Digital Makers scheinen umstandslos in der Lage, blitzschnell Konsumartikel und Güterproduktion oder Dienstleistungen zu entwickeln und damit selbst große Player anzugreifen. Darüber hinaus wird auf Anstrengungen der globalen Standortkonkurrenten verwiesen, die Digitalisierung als Rationalisierungsprojekt verstärkt vorantreiben, um Wettbewerbsvorteile zu generieren.

Solche Szenarien sind deutlich *unterkomplex, zuvorderst technizistisch gedacht und unterschlagen soziale wie ökonomische Aushandlungsprozesse*, die eine solche Einführung begleiten. Nicht nur sind die meisten vieler Teiltechnologien, wie auch der Aspekt der Vernetzung, seit Jahren resp. Jahrzehnten bekannt. Darüber hinaus sind es auch *nicht immer wirklich neue Akteure*, die an den Prozessen teilhaben: Ob sich ein Autokonzern wie Daimler an Modellen beteiligt, die Taxis per Internet vermitteln, ob Airbus überlegt, in die Autoindustrie einzusteigen oder der Zulieferer Tesla ein eigenes Endprodukt herstellt – immer gehen dem Expertise sowie Finanzkraft voraus und markieren damit auch Eintrittshürden. Ohne dass dafür gesicherte Erkenntnisse vorliegen, scheint es häufig so zu sein, dass etablierte Akteure kleinere Start-ups als Ideenschmiede für Produkte und Geschäftsmodelle nutzen, sie gegebenenfalls aufkaufen oder selbst Ausgründungen von Kreativpools vornehmen. Auch Qualitäts- und Sicherheitsstandards sind durch neue Produktion wie das 3D-Drucken erst einmal zu erreichen bzw. langfristig nachzuweisen, bevor auf Güter- und Konsummärkten Erfolge zu verzeichnen sind. Insoweit scheint die Rede von disruptiven Entwicklungen als neuer, quasi über Nacht hereinbrechender Phase der industriellen Entwicklung gelegentlich überzeichnet. Sicher ist aber, dass wir es mit einem *Moderisierungsschub und weiterem Rationalisierungsschritt* zu tun haben, dessen Potenzial über bloße Restrukturierungen hinausgeht. Aus ge-

werkschaftlicher Perspektive ist die mit Industrie 4.0 einhergehende Modernisierung der Industrie nicht zu verhindern, weitgehend wird der Perspektive um globale Standortkonkurrenzen gefolgt. Gesetzt wird auf gewerkschaftlichen Einfluss hinsichtlich der Gestaltung mit dem Ziel, Partizipation und Entscheidungsmöglichkeiten der Beschäftigten zu erhalten resp. zu erhöhen und Belastungen zu reduzieren bzw. und monotone Arbeiten zu substituieren (IG Metall 2015).

In ihrer arbeits- wie beschäftigungspolitischen Dimension ist die dominante Rationalisierungsperspektive der Industrie 4.0-Debatte auf die entsprechenden Diskurse vergangener Dekaden orientiert, insbesondere in Fragen der Arbeitsplatzsicherheit und der Re- bzw. Dequalifizierung von Arbeit. Das ist angesichts der zum Thema veröffentlichten Daten – wie jüngst vom World Economic Forum, das den Netto-Verlust von 5 Millionen Arbeitsplätzen in 15 größten Ökonomien prognostizierte – auch eine fundamentale Perspektive. Allerdings scheinen sowohl die technologische Substanz als auch die gesellschaftlichen Folgewirkungen sehr viel umfänglicher zu sein und tiefer in die Privatsphäre hineinzu reichen. Zudem ist die ökonomische Basis der Unternehmen im Finanzmarktkapitalismus kaum mit derjenigen der achtziger Jahre zu vergleichen. Insofern greift die Rationalisierungsperspektive allein zu kurz. Ihr Kern ist zudem ein "sozialpartnerschaftlich geprägter Futurismus" (Buffalo/Engel 2015); jenseits des Einforderns von Mindeststandards und globalen Arbeitsschutzrechten scheint der Digitalisierung wenig interessenpolitisch entgegenzusetzen zu sein, will man nicht als Modernisierungshemmnis wahrgenommen werden.

Dieser Futurismus blendet gesellschaftspolitische Perspektiven und Alternativen allerdings weitgehend aus. Sie einzuholen hieße, Industrie 4.0 zum Beispiel auf seine *Impulse für eine menschenzentrierte Produktion* hin genauer zu diskutieren, *wirtschaftsdemokratische Szenarien* zu debattieren und eine gesellschaftsweite Kontroverse um die Arbeit der Gesellschaft jenseits der Verengung auf gewerbliche Arbeit anzustoßen und dabei etwa die Thematik Care-work, einzubinden. Die Digitalisierung des Gesundheitswesens durch Diagnose- und Analytikverfahren oder Roboter in der Pflege sind dabei wichtige technische Artefakte, die im Zusammenspiel mit Home-Offices und Inter-/Intranetarchitekturen zu neuen Modellen der doppelten Vergesellschaftung führen könnten. Eine Thematisierung derartiger Folgen geschieht in der gegenwärtigen Debatte allenfalls am Rande.

*Betriebspolitisch* gesehen dürfte sich die Verantwortung der interessenpolitischen Akteure vor Ort wie in den Verbänden/Gewerkschaften über die engeren Grenzen des einzelnen Betriebes ausweiten und *Wertschöpfungsketten und -systeme* stärker als bisher beachten. Das

gilt zum einen für die tarifvertraglichen Regelungen, deren Adressaten gegebenenfalls neu zu bestimmen wären. Das gilt zum anderen für bislang außerhalb stehende, nun aber bedeutsamer werdende, am Rande der institutionalisierten Betriebsverfassung agierenden Personen. Das in dieser Hinsicht zentrale Instrument des Werkvertrages gerät in den Blick, entzieht sich allerdings häufig der Bearbeitung/Betreuung durch Betriebsräte, die zudem auf einem für sie neuem Feld handeln müssen. Outsourcing-Strategien scheinen gerade angesichts der Digitalisierung vereinfacht – in nationalem wie internationalem Rahmen scheinen daher Rahmenbedingungen notwendig, um *Wildwuchs einzudämmen*. Betriebspolitisch hoch bedeutsam ist schließlich die Frage der *Qualifizierung* der Beschäftigten - insoweit nicht allein die Bedienung neuer Maschinen, sondern eine *substanziell erneuerte Arbeitsorganisation* zur Debatte steht, werden neben erforderlichen Schlüsselqualifikationen insbesondere die Vermittlung oder Vertiefung von Soft Skills notwendig sein. Das gilt nicht allein für den betrieblichen Rahmen, sondern umfasst auch ein Boundary Management in Bezug auf sich verändernde Grenzen von Arbeit und Leben. Zusammengefasst: Arbeitspolitik muss bildungspolitische Innovationen befördern, die Arbeitenden die qualifikatorischen Ressourcen eröffnen, die für „entbetrieblichte“ Arbeit notwendig sind; dazu zählen digitale Selbstbestimmung und Autonomie, die Fähigkeit zur Selbstorganisation in gering strukturierten Arbeitskontexten jenseits betrieblicher Arenen, Kommunikationskompetenz etc. (Schwemmler 2014).

Auf den ersten Blick erfreulich ist der Bezug vieler Studien auf Industrie 4.0 als einem sozio-technischen System – getrübt wird diese Perspektive allerdings dadurch, dass der Bezug häufig ein oberflächlicher bleibt (vgl. instruktiv: Brödner 2015): das Mensch und Maschine komplementär zu denken sind, es sich beim Einsatz digitaler Technologie im Rahmen der Industrie 4.0 um Mensch-Maschine-Interaktionen handeln wird, ist so richtig wie banal. Im Ergebnis bleibt dennoch zumeist eine Anpassungsleistung der Menschen als Perspektive bestehen und löst sich Komplementarität in einseitige Annäherung an die Technologie auf – eine *menschenzentrierte Gestaltung und Arbeitsorganisation bleibt zumeist randständig*. Dabei gälte es, Routinen und Erfahrungen als Potenzial für Improvisationsleistungen zu bestimmen, die nicht einfach automatisierbar sind (Pfeiffer/Suphan 2015) – diesbezüglich ist das in themenbezogenen Studien häufig anzutreffende *Schema „Automatisierung ersetzt Routinetätigkeiten“ zu einfach gestrickt*. Vielmehr wird es um einen ausgestalteten Gesamtzusammenhang von Technologie, (über-)betrieblicher Arbeitsorganisation und individueller Qualifikation



und Kompetenz gehen, die auch die Frage nach Führung und guter Arbeit aufwirft (Deuse et al. 2015).

Aktuell werden soziale Auswirkungen einer digitalisierten Ökonomie noch weitgehend ausgeblendet, nicht zuletzt, weil der Stellenwert einer zukünftigen Produktionswelt derzeit kaum abzuschätzen sei – allerdings ließen sich Vergleiche mit vergangenen Technisierungsschritten ziehen (Ittermann/Niehaus 2015). Dabei ist jenseits der technischen Szenarien oder arbeitsorganisatorischen Visionen insbesondere die Frage nach *gesellschaftlicher Transformation und sozialer Spaltung* zu stellen, die in den Debatten zur Industrie 4.0 bzw. der digitalen Ökonomie als Prosperitätsschritt, Strukturkrise, gesellschaftliche Polarisierung bzw. als Gestaltungsaufgabe (Dörre 2015) begriffen wird: Mit Blick auf erwartete Prosperitätsgewinne wagen First Mover permanent den Technisierungsschritt als Gelegenheit, überkommene Produktionsregime abzulösen und selbst Marktführerschaft zu erreichen – aktuell eben durch Industrie 4.0. Der schon von Keynes gesetzten These von einer technologischen Arbeitslosigkeit folgt die Perspektive auf eine Strukturkrise, die letztlich in eine *Krise des Kapitalismus* selbst mündet. Weniger fatalistisch wertet die bekannte *Polarisierungsthese* den Niedergang der alten Produktionsweisen – im Endeffekt entstehen dadurch gesellschaftliche Reformen, die Arbeitsplätze umverteilen; zu welchen Konditionen allerdings, ist ungewiss. Als arbeitspolitische Gestaltungsaufgabe wiederum kann die Technisierung begriffen werden, wenn damit weder fatalistische Grundhaltungen oder naive Prosperitätserwartungen verbunden sind, sondern (unter Beachtung von Machtressourcen und Kräfteverhältnissen) *gesellschaftlich sinn- und verantwortungsvolle Lösungen* angestoßen werden. Angesichts der neuen Qualität des vernetzten Informationsraumes als sozialem Handlungsraum sind hohe Risiken für die Arbeitenden offensichtlich, es eröffnen sich aber auch neue Gestaltungschancen in Richtung einer *Demokratisierung der Wirtschaft und Arbeitswelt*. Insgesamt konstatieren Boes et al. (2015) ambivalente Entwicklungen: Neben Beteiligungschancen oder demokratischen Unternehmen steht die Zentralisierung von Macht, die u.a. in ein „*System permanenter Bewährungen*“ umschlagen können.

Das Grünbuch des BMAS (2015) dient nach eigenem Verständnis dazu, als notwendig erachtete Regulierungen für die digitalisierte Arbeitswelt auszuloten. Es verfolgt damit einen gesellschaftspolitischen Ansatz, wenn es Leitplanken der Gestaltung von Arbeiten 4.0 bestimmen will. Arbeitspolitisch ist das ein wichtiger Schritt, insofern hier auch *soziale Standards* zu verhandeln sind, die entgrenzter und deregulierter Arbeit Rahmungen auferlegt. Die prinzipiell im Informationsraum (Boes et al. 2015) angelegte Inkorporierung der Subjekte in die digitale Öko-

nomie, sei es als Arbeitende, Kunden oder arbeitende Kunden, trägt im Kern funktionalistische Züge, die Menschen auf die Wirtschaft, aber nicht Wirtschaft auf die Menschen bezieht. Die in der Technologie angelegten *Freiheitspotenziale* werden – wie im Internet generell (vgl. die jüngste Debatte zur Netzneutralität) – jedenfalls nur *randständig* im Diskurs zur Digitalisierung thematisiert. Wenn, dann werden sie eher als Effizienzsteigerung denn als Facette einer Freiheit von Arbeitszwängen diskutiert – dabei könnten Effizienzgewinne ja auch die Frage nach der *gesellschaftlichen Verteilung* anfeuern und etwa Überlegungen zur *Reduzierung von Arbeitszeit* anstoßen. Wichtig erscheint in diesem Zusammenhang auch eine Revitalisierung betriebspolitischer Erwägungen: Outsourcing digitaler Dienstleistungen, Crowdfunding und Click-Worker bewegen sich zum Teil jenseits des Raumes konkreter betrieblicher Verfasstheit – notwendig erscheinen damit *tarifpolitische Regulierungen entlang kompletter Wertschöpfungsnetzwerke*, die auch die Arbeit isolierter Click-Worker einbezieht, indem Mindeststandards vereinbart werden; diese sollten an Leistungserwartungen (Verhältnis Zeit/Umfang) ansetzen, aber auch Aspekte gerechter Entgelte bedenken, um eine Entwicklung à la „MyHammer“ zu vermeiden, bei der fest umschriebene Arbeit per Internet-Auktion an das preislich billigste Angebot vergeben wird.

Im Hinblick auf die Technisierung von Arbeit durch Digitalisierung stellen sich Fragen nach neuen Qualitäten in der *Mensch-Maschine-Interaktion*. Wie können hybride Aktionszusammenhänge zwischen autonomen Maschinen und Menschen gestaltet werden – als Werkzeugzenario oder als Automatisierungsszenario, in dem Arbeitende zu Ausführenden der Maschinen werden? Werden also technische Systeme vollständig konfiguriert oder nicht, werden menschliche Handlungen minorisiert oder gar gänzlich eliminiert? Welche Rolle nimmt das technische System ein – qua Kennziffern bzw. Warnleuchten Handlungsimpuls setzende Einheit, selbstorganisierende Technologie oder noch humanoid justierbares Element der Mensch-Maschine-Interaktion? Wie also muss solchermaßen verteiltes Handeln gestaltet werden, wie und wo geschieht der Übergang von der Produktions- zur allumfassenden Organisationstechnologie? Das alles berührt Fragen nach dem *Verhältnis von soziotechnischem Wandel und Governance* (vgl. Weyer 2006).

## 2. Zuspitzung in drei Perspektiven

### 2.1. Alterung

In Bezug auf den demografischen Wandel und die alternde Erwerbsbevölkerung verspricht die Digitalisierung von Arbeit den meisten einschlägigen Studien zufolge zumeist Erleichterungen, Hilfestellungen und Unterstützungsleistungen – mithin positive Auswirkungen eines auf ihren Werkzeugcharakter zurückgeführten Instruments. Das bezieht sich insbesondere auf Assistenzsysteme, also ein (digitales) Equipment, das unterstützend wirken soll. Dabei ist allerdings weniger das technische Artefakt an sich als vielmehr seine Einordnung in den Arbeitsprozess von Belang: als Werkzeug behält es den ursprünglichen Unterstützungscharakter, als Strukturgeber allerdings kann es belastende und monotone Tätigkeiten abfordern, die mit zunehmendem Alter verstärkt wirken und zugleich Erfahrungswerte unterminieren können. Daher ist der Einsatz solcher Assistenzsysteme interessenpolitisch vor Ort zu begleiten, um *menschenzentrierten und alters- wie altersspezifischen Bedürfnissen* zu entsprechen.

In Bezug auf die Qualifikation der alternden Belegschaften ist von einer *abnehmenden Bedeutung* des noch in den 1990/2000er Jahren wichtigen *digital divide* auszugehen, insbesondere soweit er eine Generationenlagerung hatte: Mit digitalen Medien sind zwar insbesondere die Baby-Boomer nicht aufgewachsen, sie haben aber in ihren dreißiger Jahren beruflich und/oder privat Zugang zu ihnen gefunden – einsetzend mit den 1980ern ist eine weite Verbreitung in Industrie und Dienstleistung zu finden. Damit sind sie keineswegs wie die jüngeren Generationen als digital natives einzustufen, allerdings dürften die früher zum Teil erheblichen *Probleme Älterer mit digitalen Technologien zukünftig deutlich reduziert* zu Tage treten – hier ist ein Qualifizierungs- und Gewöhnungseffekt zu verzeichnen. Insbesondere andauernde betriebliche *Qualifizierung auch für ältere Beschäftigte* dürfte den Umgang mit der digitalen Technik auf sichere Beine stellen. Allerdings verbleibt auf einer Sub-Ebene die Anforderung nach Qualifikation in permanenter technischer wie sozialer Kompetenz.

Weitgehend unbekannt ist, wie sich Vernetzung und Digitalisierung auf eine verlängerte Lebensarbeitszeit jenseits einer sozialversicherungspflichtigen Beschäftigung auswirkt: Bereits heute existieren Modelle einer fakultativen *Weiterbeschäftigung über den Renteneintritt hinaus* – das dürfte angesichts möglicher digitaler Schnittstellen zwischen Arbeits- und Privatsphäre und vor dem Hintergrund veränderter sozialer Standards ein eher wachsendes Segment der Arbeitsgesellschaft sein.

Inwieweit damit Verlagerungen zwischen den Generationen durch neue Konkurrenzen um Honorar- und Werkverträge in (technischen) Dienstleistungen einhergeht, ist gegenwärtig nicht abzuschätzen. Als potenzielle Arbeitskraftreserve sind digital vernetzte Ältere in jedem Falle auch betrieblich besser verfügbar als bisher.

*Leistungsgewandelte Arbeitsplätze* für Ältere könnten durch Automatisierungsschübe in ihrer Existenz gefährdet sein – hier wird es Aufgabe der Betriebsparteien sein, frühzeitig *Strategien zur Kompensation* zu finden. Das dürfte nicht nur im Interesse der Beschäftigung von Arbeitnehmern sein, sondern den betrieblichen Belangen hinsichtlich Erfahrungstransfer, Kompetenzsicherung etc. entsprechen.

## Herausforderungen für die Arbeit der Zukunft

- Gesellschafts- wie arbeitspolitisch ist die Parallelität des demografischen Wandels mit einer alternden Erwerbsbevölkerung im Zusammenhang mit den Auswirkungen der Digitalisierung auf den *Arbeitskräftebedarf zu überdenken*.
- Ein in Bezug auf die Lebensarbeitszeit wichtiger Aspekt ist die *arbeits- wie rentenrechtliche Regulation* von digitaler Dienstleistungsarbeit im Modus von Werkverträgen nach Renteneintritt. Darin dürfte ein bedeutsamer beschäftigungspolitischer Effekt zum Tragen kommen, insoweit dies a) mit veränderten Erwerbsneigungen, b) mit Aspekten der Altersarmut und c) dem Gesichtspunkt der betrieblichen Arbeitskraftregulierung (Arbeitskräftekonkurrenz) einhergeht.
- Alterssensible Politikansätze in digitalisierter Arbeit sollten demzufolge *Generationengerechtigkeit* einbeziehen, ohne ausschließend zu wirken. In diesem politischen Prozess sind Gewerkschaften als Impulsgeber gefragt; auf der betrieblichen Ebene stehen eher die Begleitung der technologischen Strategie von Unternehmen und die *Sicherung einer guten Arbeitsqualität unter Bedingungen* digitalisierter Arbeit zur Debatte.
- Angesichts der unternehmerischen Hoheit bezüglich technologischer Ausstattung scheinen eher *tarifpolitische Rahmungen* hinsichtlich notwendiger Qualifizierungen möglich, während (wie etwa im Hinblick auf Leiharbeit) *singuläre Betriebsvereinbarungen* z. B. das Outsourcen von digital bearbeitbaren Dienstleistungen regulieren.

## 2.2. Feminisierung

Mit seinem Blick auf die durch Digitalisierung und damit verbundenen Messmethoden verbindet Kucklick (2015) eine granulare Gesellschaft, die Unterschiede vermehrt zur Kenntnis nehmen und daher auch akzeptieren lernen – und schließt daraus u.a. positive Entwicklungen im Hinblick auf Genderfragen und einen Rückgang des Sexismus, weil nunmehr *individuelle Leistungen wichtiger* würden. Solche *Neuverhandlungen von Geschlechterverhältnissen* gingen mit jedem Technologisierungsschub einher (Wajcman 1994), und auch das World Economic Forum (2016) umschreibt die Zukunft der Erwerbsarbeit als einen solchen Prozess:

"Household work could be further automated, relieving some of the current dual burdens and allowing women to put their skills to use in the formal economy. Changes to what have traditionally been men's roles in the workforce will also reshape the division of labour at home. Similarly, many respondents and industry observers agree on the need to rethink work, taking a holistic approach to workforce planning. Shaping the new and emerging landscape of flexible working presents an unprecedented opportunity to rebalance the gender divide, for example by providing companies with a chance to explore results-driven rather than presence-driven role evaluation." (WEF 2016).

Im Mittelpunkt steht hier die *verbesserte Vereinbarkeit von Beruf und Familie*. Allerdings wird kritisch eingewendet, dass solche flexibilisierten Formen der Arbeit in beiden Sphären mit einer *hohen Arbeitsverdichtung*, gestiegenen Anforderungen u.a. an die *Selbstorganisation*, *hohem Zeitdruck* und ausgedehnten Arbeitszeiten einhergehen, die zu multiplen Entgrenzungen führen. Das berührt u.a. Fragen der Geschlechtergerechtigkeit, d. h. die Zuständigkeit für Care work unter den Vorzeichen der Digitalisierung anders und gerechter als bisher zu verteilen. Dabei ist auch der Gefahr zu begegnen, den möglichen Einsatz von Hubots (human robots) in der personalen Dienstleistung für Pflegebedürftige nicht nur unter dem Aspekt technisch herbeigeführter Entlastung zu sehen. Insofern Zuständigkeiten mit diesem Argument verfestigt werden, handelt es sich um eine Zementierung konventioneller, nur technologisch modernisierter Praktiken. Hinzu kommt eine Spaltungslinie zwischen präsenzorientierten männlichen Arbeitskulturen und medial vernetztem Arbeiten aus dem Home-Office, so dass sich *Digitalisierung insgesamt eher zur Optimierung der Work-Life-Balance denn zur Bearbeitung der Geschlechterverhältnisse* eignet (Carstensen et al 2014).

Voss (2014) bilanziert ein erhöhtes Risiko für Frauen, bei der *Umgestaltung des Arbeitsmarktes* besonders betroffen zu sein, weil die ihnen traditionell zugeschriebenen Berufsrollen, wie z. B. im Bürobereich, besonders stark der Digitalisierung ausgesetzt sind. In diesem Zusam-

menhang sind insbesondere die Zugangsbarrieren für Frauen im Hinblick auf MINT-Berufe von Interesse. Als eine Art Eintrittstor dürften sie im Zuge der Digitalisierung gerade, aber nicht nur im industriellen Bereich noch an Gewicht gewinnen. Dabei werden *Frauen in MINT-Berufen* begrenzte Karrierechancen attestiert; ihre Zahl in den relevanten Studiengängen ist zwar kontinuierlich, aber auf weiterhin schwachem Niveau angestiegen und umfasst ein knappes Viertel aller Studienanfänger in diesen Fächern – aber nur 17% der akademischen Fachkräfte in diesen Bereichen (BA 2014). Zudem zeigen sich geschlechtsspezifische Wahlmuster innerhalb der Gesamtheit der MINT-Studiengänge: Frauen wählen zumeist den mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich inklusive Lehrtätigkeit, während Männer zumeist ingenieurwissenschaftliche Richtungen einschlagen. Im Ingenieurberuf arbeiten die Hälfte der Männer im verarbeitenden Gewerbe, von den Frauen sind es 28% (Brück-Klingberg/Dietrich 2012). Bezogen auf alle Beschäftigten in MINT-Berufsgruppen (nach KiDB 2010), also unter Einschluss nicht-akademischer Berufe steigt der Frauenanteil langsam an, erreicht aber nur 14%, der Frauenanteil unter den Arbeitslosen in MINT-Berufen beträgt 13%. Der Frauenanteil in schulischen MINT-Ausbildungsberufen liegt bei einem Drittel und ist damit höher als bei dualen Ausbildungsberufen insgesamt (BA 2014). *MINT-Berufe* wie Studiengänge scheinen an *Attraktivität für Frauen zu gewinnen*, allerdings gibt es *Hemmnisse*, diese Berufsrichtung zu ergreifen: Neben Arbeitslosigkeit vor Berufseintritt und nach Erwerbsunterbrechungen ist für Frauen insbesondere eine relativ schlechte Vereinbarkeit von Beruf und Familie in einer traditionell männerdominierten Branche ausschlaggebender Grund für die Zurückhaltung hinsichtlich einer Berufswahl im MINT-Berufsfeldern (Brück-Klingberg/Dietrich 2012

## Herausforderungen für die Arbeit der Zukunft

Im Hinblick auf die Feminisierung digitalisierter Arbeitsmärkte sind mehrere Entwicklungen bedeutsam für politisches, gewerkschaftliches bzw. tarifliches Handeln:

- Digitalisierung ermöglicht flexiblere Arbeits- und Beschäftigungsverhältnisse und hat damit Auswirkungen auf die *Work-Life-Balance*, aber auch auf *soziale Sicherheit*, wenn damit verstärkt eine (Solo-)Selbstständigkeit einhergeht. Hier besteht die Gefahr einer entgeltpolitischen Feminisierung, wenn ausgedehnte Konkurrenzen zu niedrigerem *Entgelt* führen. Solchen Entwicklungen sind politisch

ebenso wie gewerkschaftlich regulierte Rahmenbedingungen entgegenzuhalten, die ein *downgrading verhindern*.

- Auf einer eher praktischen Ebene der Tarifpolitik geraten insbesondere *Arbeitszeiten* und *Qualifizierungsschritte* in den Blick – erstere bedürfen einer Vereinbarung zur Begrenzung, letztere sind als betriebliche Angelegenheit zu systematisieren, um nicht den Arbeitssubjekten allein den Aufbau bzw. Weiterentwicklung der angesichts der Digitalisierung erforderlichen Vielfach-Kompetenzen aufzuerlegen. Arbeitszeiten werden angesichts der prognostizierten Rationalisierungsschritte aber auch auf gesellschaftlicher Ebene der Verteilung von Arbeit als Schnittmenge politischer, gewerkschaftlicher und tariflicher Auseinandersetzungen zu diskutieren sein. Im Hinblick auf Care Work wird zu beobachten sein, inwieweit sich durch den häuslichen Einsatz von Analyse- und Diagnosetools *Arbeitsinhalte verlagern* (z. B. im Gesundheitssystem bezüglich der Pflege Kranker als Entlastung zentraler Einrichtungen), welche Arbeiten etwa Leichtbauroboter übernehmen können und welche Akzeptanz dies findet sowie welche Folgen das für den Fortbestand resp. die Intensivierung oder den Abbau traditioneller Zuweisung der Care Work an Frauen hat.

### 2.3. Werte

Digitalisierung trägt mit den in sie eingeschriebenen Potenzialen für veränderte räumliche und zeitliche Strukturen die Qualität in sich, das Verhältnis zwischen Arbeits- und Privatsphäre neu zu bestimmen – und damit *am Grundgerüst der derzeitigen Arbeitsgesellschaft zu rütteln*. Dabei scheint das Flexibilitätsversprechen den Ansprüchen insbesondere jüngerer Beschäftigter an ihre Arbeit durchaus zu entsprechen. Im Zuge einer Wertsynthese sind spätestens seit den 1990er Jahren Wertebezüge im Hinblick auf Arbeitsethos wie auf Ansprüche an das eigene Leben neu justiert worden. Dabei sind Freizeit und Privatsphäre mit wachsenden Bedürfnissen aufgeladen worden, ohne dass dadurch auf die Arbeit bezogene Werte wie Pünktlichkeit, Qualität, Professionalität an Bedeutung verloren hätten. Im Hinblick auf die Digitalisierung von Arbeit ergeben sich damit *Effekte auf ein verändertes Verhältnis von Arbeit und Leben*, welches potenziell individueller gestaltet werden kann, womöglich aber auch neue *Zumutungen für das Subjekt* bereithält.

Von den unter dem Stichwort „Feminisierung“ dargestellten Entwicklungen geht in diesem Zusammenhang ein Impuls für *Geschlechtergerechtigkeit* aus. Sie *wird sich nicht von selbst einstellen*, sondern wird als gesellschaftliches Ziel nicht zuletzt auf arbeits- und familienpolitischer

Ebene weiter verhandelt werden müssen. Ebenso gibt es in dieser Hinsicht tarifpolitisch zahlreiche Baustellen, etwa in der Frage des Equal Pay bzw. der Beseitigung des entgeltpolitischen Gender Gap. Digitalisierte Arbeit dürfte vor allem in nicht-betrieblichen Bereichen der Softwareprogrammierung (Stichwort Clickworker) der Doppelbelastung von Frauen eher einen Bärendienst erweisen. Regulierung von digitaler Arbeit in produktions- wie in personenbezogener Dienstleistungsarbeit umfasst damit fundamentale *Fragen der Ungleichheit, der Geschlechterverhältnisse und der Generationengerechtigkeit*.

Ein weiterer Aspekt ist der einer immer noch als kollektive Leistung verstandenen *Wertschöpfung, in die individuelle Arbeit eingeht*. Diesbezüglich droht insbesondere Crowdsourcing Schneisen in dieses Selbstverständnis zu schlagen, wenn die Subjekte der Crowd zu Konkurrenten gemacht werden. Dabei geht es aber immer auch um Fragen der Anerkennung von Leistung und damit um das Empfinden von *Leistungsgerechtigkeit* – mithin einem zentralen Anker der sozialstaatlich konturierten Marktwirtschaft. Das berührt im Engeren das Bewusstsein von „Guter Arbeit“ an und für sich, mit allen Implikationen, die dieser Komplex mit sich führt. Es berührt im Weiteren aber auch die Frage nach *Vorstellungen gesellschaftlicher Gerechtigkeit, Teilhabe und Interessensartikulation* unter gegebenen sozio-ökonomischen Bedingungen. Ob mit Digitalisierung wirtschaftsdemokratische Prozesse eingeleitet werden, ist mindestens umstritten (vgl. zur Bandbreite der Debatte die Beiträge in Sattelberger et al. 2015; s.a. Kuhlmann/Schumann 2015), gelegentlich wird darauf hingewiesen, dass auch ein digitaler Kapitalismus zuallererst Besitzverhältnisse fortschreibt (Morozov 2013).

## **Herausforderungen für die Arbeit der Zukunft**

- Die Digitalisierung von Wirtschaft und Arbeit ist ohne Digitalisierung des Privatlebens kaum zu denken – allein schon die Debatte um Big-Data zeigt die *Verschränkung der unterschiedlichen Sphären*, die sich in der Entgrenzung von Arbeit und Leben fortsetzt. Gesellschafts- und arbeitspolitisch ist dem in vielen Facetten nachzugehen – unter Datenschutzgesichtspunkten, im Hinblick auf digitalisierte, umfassende Kontrolle der Arbeitsleistung etc.
- Zudem erfordert die Wertesynthese erneuerte Relationen von Arbeit und Privatsphäre – ein einfaches *Über-und Unterordnungsverhältnis erscheint nicht zeitgemäß*. Der Arbeit ebenso wie die Privatsphäre umspannende Wertekanon bedarf einer neuen, integrativeren Stufe, die *Arbeit, Care Work und Muße synchron wie diachron austariert*.



Dem muss eine gesellschaftliche Debatte darum vorausgehen, „*wie wir leben und arbeiten wollen*“ – mithin eine Verständigung darüber, was angesichts der technischen Möglichkeiten und der sozio-ökonomischen Bedingungen gewünscht wird – und was durchsetzbar ist. In diesem fundamentalen Fragen sollten *Gewerkschaften mindestens Impulsgeber* sein – was vermutlich stärker den Entwurf einer gesellschaftlichen Vision denn eines defensiven Regulierungsauftrages erfordert.

- Auf einer praxisnäheren, betrieblichen Ebene scheint eine Erneuerung des Ansatzes zur Humanisierung der Arbeit notwendig zu sein. Das setzt u.a. eine weitergehende *Revitalisierung von Gewerkschaften* voraus, die konträr zu den sich abzeichnenden individualisierenden Wirkungen von digitalisierter Arbeit stehen und damit eine Aufgabe ganz eigener Art darstellen. Dazu müssten ggf. die ersten Ansätze für kollektive Interessenvertretung ausgebaut werden, u.a. durch *tarifpolitische Interventionen im Hinblick auf Outsourcing und Dienstleistungen*, aber auch durch *Kampagnen zur Guten digitalen Arbeit*.

## Literatur

- Abel, Jörg/Ittermann, Peter/Pries, Ludger (2005): Erwerbsregulierung in hochqualifizierter Wissensarbeit – individuell und kollektiv, diskursiv und partizipativ. In: Industrielle Beziehungen 1/2005, S. 28–50.
- Acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. (2013): Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. URL: [http://www.forschungsunion.de/pdf/industrie\\_4\\_0\\_abschlussbericht.pdf](http://www.forschungsunion.de/pdf/industrie_4_0_abschlussbericht.pdf) (Abruf am: 19.02.2016).
- Altmann, Norbert/Deiß, Manfred/Döhl, Volker/Sauer, Dieter (1986): Ein „Neuer Rationalisierungstyp“ – Neue Anforderungen an die Industrie-soziologie. In: Soziale Welt 2–3/1986, S. 191–207.
- Arntz, Melanie/Bonin, Holger/Zierahn, Ulrich (2014): Auswirkungen des technologischen Wandels auf den Arbeitsmarkt. Expertise des ZEW. Mannheim.
- Bechtle, Guenter (1994): Systemische Rationalisierung als neues Paradigma industriesoziologischer Forschung? In: Beckenbach, Niels/van Treeck, Werner (Hrsg.): Umbrüche gesellschaftlicher Arbeit, Soziale Welt, Sonderband 9, Göttingen, S. 45–64.
- BA (2014): Bundesagentur für Arbeit, Arbeitsmarktmonitor MINT-Berufe.
- BAuA – Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2012): Psychische Belastungen in der Dienstleistungsbranche. Dortmund (Ch. Schmidt, U. Pietrzyk, M. Burisch, St. Mußlick, S. Hoffmann).
- Bauer, Anja/Gartner, Hermann (2014): Mismatch Arbeitslosigkeit. Wie Arbeitslose und offene Stellen zusammenpassen. In: Institut für Arbeitsmarkt – und Berufsforschung (IAB) (Hrsg.): IAB-Kurzbericht 5/2014. <http://doku.iab.de/kurzber/2014/kb0514.pdf>. (Abruf am: 22.02.2016).
- Becker, Klaus-Detlev (2015): Arbeit in der Industrie 4.0 – Erwartungen des Instituts für angewandte Arbeitswissenschaft. In: Botthof, Alfons/Hartmann, Ernst Andreas (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0, Wiesbaden, S. 23–30.
- Berger, Johannes/Offe, Claus (1984): Die Entwicklungsdynamik des Dienstleistungssektors. In: Offe, Claus (Hrsg.): „Arbeitsgesellschaft“: Strukturprobleme und Zukunftsperspektiven. Frankfurt a. M./New York: Campus, S. 229–270.
- Bertelsmann Stiftung (Hrsg.) (2015): Lohneinkommensentwicklungen 2020. Eine Vorausberechnung der Einkommensentwicklung in Branchen, Haushalten und Einkommensgruppen für Deutschland. <https://www.bertelsmann->

- stif-  
 tung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Lohnein-  
 kentwickl2020\_final.pdf (Abruf am: 22.02.2016).
- BITKOM/Fraunhofer IAO (2014): Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches  
 Potenzial für Deutschland, Fraunhofer-Gesellschaft IAO.  
<https://www.bitkom.org/Publikationen/2014/Studien/Studie-Industrie-4-0-Volkswirtschaftliches-Potenzial-fuer-Deutschland/Studie-Industrie-40.pdf> (Abruf am: 19.02.2016).
- BMAS – Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2015): Grünbuch  
 Arbeiten 4.0 – Arbeit weiter denken.  
[www.bmas.de/DE/Service/Medien/Publikationen/A872-gruenbuch-arbeiten-vier-null.html](http://www.bmas.de/DE/Service/Medien/Publikationen/A872-gruenbuch-arbeiten-vier-null.html) (Abruf am: 03.12.2015).
- BMAS – Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Hrsg.) (2016): Mo-  
 nitor Digitalisierung am Arbeitsplatz. Aktuelle Ergebnisse einer Be-  
 tribs- und Beschäftigtenbefragung.  
[http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/a875-monitro-digitalisie-rung%20am%20Arbeitsplatz.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/a875-monitro-digitalisie-rung%20am%20Arbeitsplatz.pdf?__blob=publicationFile&v=1) (Abruf am: 19.02.2016)
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2015): DigitDL  
 – Digitale Dienstleistung in modernen Wertschöpfungssystemen. Ber-  
 lin.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2013):  
 Mensch-Technik-Interaktion, Bd.3, Berlin: Bundesministerium für  
 Wirtschaft und Technologie.  
<https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/autonomik-band-3-mensch-technik-interaktion,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>  
 (Abruf am: 19.02.2016)
- Bochum, Ulrich (2015): Gewerkschaftliche Positionen in Bezug auf „In-  
 dustrie 4.0“ In: Botthoff, Alfons/Hartmann, Ernst Andreas (Hrsg.): Zu-  
 kunft der Arbeit in Industrie 4.0, Wiesbaden, S. 31–44.
- Boes, Andreas (2005): Informatisierung. In: SOFI/IAB/ISF Mün-  
 chen/INIFES (Hrsg.): Berichterstattung zur sozioökonomischen Ent-  
 wicklung in Deutschland – Arbeits- und Lebensweisen. Erster Bericht,  
 Wiesbaden, S. 211–244.
- Boes, Andreas/Bultemeier, Anja/Gül, Katrin/Kämpf, Tobias/Langes, Bar-  
 bara/Lühr, Thomas/Marrs, Kira/Ziegler, Alexander (2015): Zwischen  
 Empowerment und digitalem Fließband: Das Unternehmen der Zu-  
 kunft in der digitalen Gesellschaft. In: Sattelberger, Thomas/Welpe,  
 Isabell/Boes, Andreas (Hrsg.): Das demokratische Unternehmen.

Neue Arbeits- und Führungskulturen im Zeitalter digitaler Wirtschaft, München.

- Boes, Andreas/Kämpf, Tobias/Langes, Barbara/Lühr, Thomas (2014): Informatisierung und neue Entwicklungstendenzen von Arbeit. In: Arbeits- und Industriesoziologische Studien 1/2014, S. 5–23. [www.ais-studien.de/uploads/tx\\_nfextarbsoznetzeitung/AIS-14-01-2Boes-u-afinal.pdf](http://www.ais-studien.de/uploads/tx_nfextarbsoznetzeitung/AIS-14-01-2Boes-u-afinal.pdf). (Abruf am: 19.02.2016)
- Böhle, Fritz/Stöger, Ursula/Wehrich, Margit (2015): Wie lässt sich Interaktionsarbeit menschengerecht gestalten? Zur Notwendigkeit einer Neubestimmung. In: AIS – Arbeits- und Industriesoziologische Studien, Jg.8, Heft 1, S. 37 – 54.
- Böhle, Fritz/Bolte, Annegret (2002): Die Entdeckung des Informellen. Der schwierige Umgang mit Kooperation im Arbeitsalltag. Frankfurt a. Main/New York.
- Bonin, Holger/Gregory, Terry/Zierahn, Ulrich (2015): Übertragung der Studie von Osborne/Frey (2013) auf Deutschland, ZEW-Kurzexpertise 57.
- Botthoff, Alfons/Bovenshulte, Marc (Hrsg.): Das „Internet der Dinge“. Die Informatisierung der Arbeitswelt und des Alltags, HBS Arbeitspapier 176. Düsseldorf.
- Brödner, Peter (1997): Der überlistete Odysseus. Über das zerrüttete Verhältnis von Menschen und Maschinen. Berlin: edition sigma.
- Brödner, Peter (2015): Industrie 4.0 und Big Data – wirklich ein neuer Technologieschub? In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden: Nomos S. 231–250.
- Broy, Manfred (Hrsg.) (2010): Cyber-physical systems. Innovation durch softwareintensive eingebettete Systeme. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Brück-Klingberg, Andrea/Dietrich, Ingrid (2012) Karriere in MINT-Berufen – Begrenzte Aussichten für Frauen. IAB-Forum 2/2012, Nürnberg.
- Brynjolfsson, Erik/McAfee, Andrew (2014): Second Machine Age. Work, Progress and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. New York: Brilliance Corp.
- Brzeski, Carsten/Burk, Inga (2015): Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt, ING-DiBA Economic Research. [www.ing-diba.de/pdf/ueberuns/presse/publikationen/ing-diba-economic-research-die-roboter-kommen.pdf](http://www.ing-diba.de/pdf/ueberuns/presse/publikationen/ing-diba-economic-research-die-roboter-kommen.pdf) (Abruf am: 19.02.2016).

- Buhr, Daniel (2015): Soziale Innovationspolitik für die Industrie 4.0. Expertise im Auftrag der Abt. Wirtschafts- und Sozialpolitik der Friedrich-Ebert-Stiftung. In: WISO Diskurs April 2015. Bonn.
- Bullinger, Hans-Jörg/ten Hompel, Michael (Hrsg.) (2007): Internet der Dinge. Berlin: Springer.
- Dengler, Katharina/Matthes, Britta (2015): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland, IAB Forschungsbericht 11/2015. Nürnberg.
- Butollo Florian/Engel, Thomas (2015): Industrie 4.0 – arbeits- und gesellschaftspolitische Perspektiven. Zwischen Dystopie und Euphorie. <http://zeitschrift-marxistische-erneuerung.de/article/1393.industrie-4-0-arbeits-und-gesellschaftspolitische-perspektiven.html>. (Abruf am: 19.02.2016)
- Carstensen, Tanja (2015): Im WWW nichts Neues. Warum die Digitalisierung der Arbeit Geschlechterverhältnisse kaum berührt. In: Luxemburg, 3/2015: Smarte Neue Welt, S. 38-43.
- Carstensen, Tanja/Schachtner, Christina/Schelhowe, Heidi/Beer, Raphael (2014): Digitale Subjekte: Praktiken der Subjektivierung im Medienumbruch der Gegenwart. Bielefeld: Transcript.
- Deuse, Jochen/Busch, Felix/Weisner, Kirsten/Steffen, Marlies (2015): Gestaltung sozio-technischer Arbeitssysteme für Industrie 4.0. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen, Baden-Baden: Nomos, S. 147–164.
- Doll, Nikolaus (2015): Das Zeitalter der Maschinen-Kollegen bricht an. In: Die Welt, 04.02.2015. <http://www.welt.de/wirtschaft/article137099296/Das-Zeitalter-der-Maschinen-Kollegen-bricht-an.html> (Abruf am: 22.02.2016).
- Dörre, Klaus (2015): Digitalisierung – neue Prosperität oder Vertiefung gesellschaftlicher Spaltungen? In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen, Baden-Baden: Nomos, S. 269–284.
- Dunkel, Wolfgang (2015): Interaktive Arbeit und die Einbeziehung des Kunden: Chancen für eine kooperationsförderliche Arbeitsgestaltung. In: Hoffmann, Reiner/Bodegan, Claudia (Hrsg.): Arbeit der Zukunft. Möglichkeiten nutzen – Grenzen setzen, Frankfurt/ New York: Campus, S. 401 – 418.
- Eichhorst, Werner/Buhlmann, Florian (2015): Die Zukunft der Arbeit und der Wandel der Arbeitswelt, IZA Standpunkte 77, Bonn.
- Eichhorst, Werner/Spermann, Alexander (2015): Sharing Economy – Chancen, Risiken und Gestaltungsoptionen für den Arbeitsmarkt. IZA

- Research Report No. 69. URL:  
[http://www.iza.org/en/webcontent/publications/reports/report\\_pdfs/iza\\_report\\_69.pdf](http://www.iza.org/en/webcontent/publications/reports/report_pdfs/iza_report_69.pdf) (Abruf am: 23.02.2016).
- Evans, Michaela/Hilbert, Josef (2015): Personenbezogene Dienstleistungen: Gestaltungsherausforderungen einer Zukunftsbranche. In: Hoffmann, Reiner/Bodegan, Claudia (Hrsg.): Arbeit der Zukunft. Möglichkeiten nutzen – Grenzen setzen, Frankfurt/ New York, S. 380 – 400.
- Frey, Carl Benedikt/Osborne, Michael (2013): The Future of Employment: How Suspectable are Jobs to Computerization? Oxford Martin School, Working paper 18, Oxford.
- Fritsch, Clara/Greif, Wolfgang/Schenk, Torben (2015): Gestalten oder bestaunen? Der steinige Weg Europas durch die „digitale Revolution“. Anforderungen zur Digitalisierung der Arbeitswelt aus gewerkschaftlicher Perspektive. In: WISO 4/2015, S. 16-34.
- Geisberger, Eva/Broy, Manfred (2012): agendaCPS. Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems, acatech Studie, Berlin/Heidelberg.
- Gill, Helen (2006): NSF Perspective and Status on Cyber-Physical Systems. National Workshop on Cyber-physical Systems Austin, TX October 16–17.
- Hartmann, Ernst Andreas (2015): Arbeitsgestaltung für Industrie 4.0: Alte Wahrheiten, neue Herausforderungen. In: Botthof, Alfons/Hartmann, Ernst Andreas (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0, Berlin/Heidelberg, S. 9–20.
- Haubl, Rolf/Voß, Günter G./ Alsdorf, Nora/Handrich, Christoph (2013): Belastungsstörung mit System. Die zweite Studie zur psychosozialen Situation in deutschen Organisationen, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- HDE (2015): Der Handel im digitalen Wandel – Digitale Agenda des HDE. Handelsverband Deutschland.  
<http://www.einzelhandel.de/index.php/publikationen-hde/digitale-agenda-des-hde> (Abruf am: 19.02.2016).
- Hielscher, Volker/Nock, Lukas/Kirchen-Peters, Sabine (2015): Technikeinsatz in der Altenpflege. Potenziale und Probleme in empirischer Perspektive. Berlin: Nomos.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2014): Wandel von Produktionsarbeit 4.0, Soziologisches Arbeitspapier 38/2014 der TU Dortmund.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2014a): Welche Auswirkungen hat „Industrie 4.0“ auf die Arbeitswelt? In: WISODirekt 12/2014.

- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2015): Entwicklungsperspektiven von Produktionsarbeit. In: Botthoff, Alfons/Hartmann, Ernst Andreas (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0, Wiesbaden, S. 89–98.
- IG Metall (2015): Kongress „Zukunft der Arbeit“, Frankfurt a. M.
- Ipeirotis, Panos (2010): Demographics of Mechanical Turk. In: NYU Working Paper No. CEDER-10-01.
- Ittermann, Peter (2009): Betriebliche Partizipation in Unternehmen der Neuen Medien. Innovative Formen der Beteiligung auf dem Prüfstand, Frankfurt a. M./New York.
- Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (2015): Industrie 4.0 und Wandel von Industriearbeit. In: Hirsch-Kreinsen/Hartmut/Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen, Baden-Baden, S. 33–51.
- Kagermann, Henning/Wahlster, Wolfgang/Helbig, Johannes (Hrsg.) (2012): Bericht der Promotorengruppe Kommunikation. Im Fokus: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 mit Handlungsempfehlungen zur Umsetzung sowie Vorstellung der weiteren von der Promotorengruppe behandelten Initiativen. [www.plattform-i40.de/sites/default/files/kommunikation\\_bericht\\_2012.pdf](http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/kommunikation_bericht_2012.pdf). (Abruf am: 19.02.2016).
- Kagermann, Henning/Wahlster, Wolfgang/Helbig, Johannes (Hrsg.) (2013): Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, Frankfurt a. M.
- KldB (2010): Klassifikation der Berufe. <https://statistik.arbeitsagentur.de/Navigation/Statistik/Grundlagen/Klassifikation-der-Berufe/KldB2010/KldB2010-Nav.html>. (Abruf am: 19.02.2016).
- Kratzer, Nick (2003): Arbeitskraft in Entgrenzung. Grenzenlose Anforderungen, erweiterte Spielräume, begrenzte Ressourcen. Berlin: edition sigma.
- Kinkel, Steffen/Friedewald, Michael/Hüsing, Bärbel/Lay, Gunter/Lindner, Ralf (2008): Arbeiten in der Zukunft – Strukturen und Trends der Industriearbeit. Berlin.
- Kleinhempel, Karla/Satzer, Angelika/Steinberger, Viktor (2015): Industrie 4.0 im Aufbruch?, Mitbestimmungsförderung Report Nr. 5, Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.
- Kucklick, Christoph (2015): Die granulare Gesellschaft. Wie das Digitale unsere Wirklichkeit auflöst. Berlin: Ullstein.
- Kuhlmann, Martin/Schumann, Michael (2015): Digitalisierung fordert Demokratisierung der Arbeitswelt heraus. In: Hoffmann, Rei-

- ner/Bodegan, Claudia (Hrsg.): Arbeit der Zukunft. Möglichkeiten nutzen – Grenzen setzen. Frankfurt a.M./New York, S. 122 – 140.
- Langmann, Reinhard (2010): Taschenbuch der Automatisierung. München: Carl Hanser Verlag.
- Leimeister, Jan Marco/Zogaj, Shkodran/Durward, David/Blohm, Ivo (2015): Arbeit und IT: Crowdsourcing und Crowdwork als neue Arbeits- und Beschäftigungsformen. In: ver.di (Hrsg.): Gute Arbeit und Digitalisierung. Prozessanalysen und Gestaltungsperspektiven für eine humane digitale Arbeitswelt, Berlin.
- Leimeister, Jan Marco/Zogaj, Shkodran (2013): Neue Arbeitsorganisation durch Crowdsourcing: Eine Literaturstudie, Arbeitspapier 287, Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf.
- Lobo, Sascha (2014): Die Mensch-Maschine: Auf dem Weg in die Dumpinghölle. Spiegel-Online, 03.09.2014. <http://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/sascha-lobo-sharing-economy-wie-bei-uber-ist-plattform-kapitalismus-a-989584.html> (Abruf am: 23.02.2016).
- Matuschek, Ingo (2010): Konfliktfeld Leistung. Eine Literaturstudie zur betrieblichen Leistungs politik, Reihe Forschung aus der Hans-Böckler-Stiftung, Berlin.
- Matuschek, Ingo (2016): Industrie 4.0, Arbeit 4.0 Gesellschaft 4.0? Eine Literaturstudie. Berlin.
- Mentgen, Annika (2012): Interview Epson: Industrie 4.0 gleich CIM?, [www.produktion.de/unternehmen-maerkte/interview-epson-industrie-4-0-gleich-cim](http://www.produktion.de/unternehmen-maerkte/interview-epson-industrie-4-0-gleich-cim) (Abruf am: 3.12.2015).
- Miglbauer, Marlene/Muckenhuber, Johanna/Schwarz, Claudia/Kubicek, Bettina (Hrsg.) (2012): Arbeitswelten im Wandel. Interdisziplinäre Perspektiven der Arbeitsforschung. In: Kirchler, Erich (Hrsg.): Arbeits-Organisations- und Wirtschaftspsychologie 11. Wien: facultas.wuv.
- Morozov, Evgeny (2013): To Save Everything, Click Here: Technology, Solutionism, and the Urge to Fix Problems that Don't Exist, Kindle-ebook.
- Pfeiffer, Sabine (2010): Technisierung von Arbeit. In: Böhle, Fritz/Voß, G. Günter/Wachtler, Günther (Hrsg.) (2010): Handbuch Arbeitssoziologie, Wiesbaden, S. 231–261.
- Pfeiffer, Sabine/Suphan, Anne (2015): Industrie 4.0 und Erfahrung – das Gestaltungspotenzial der Beschäftigten anerkennen und nutzen. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen, Baden-Baden, S. 205–230.



- Rammert, Werner (2003): Technik in Aktion: Verteiltes Handeln in sozio-technischen Konstellationen. In: Christaller, Thomas/Wehner, Josef (Hrsg.): Autonome Maschinen, Wiesbaden, S. 289–315.
- Rammert, Werner (2007): Technik – Handeln – Wissen. Zu einer pragmatischen Technik- und Sozialtheorie. Wiesbaden.
- Rammert, Werner/Schulz-Schäffer, Ingo (2002): Technik und Handeln. Wenn soziales Handeln sich auf menschliches Verhalten und technische Abläufe verteilt. In: dies. (Hrsg.): Können Maschinen handeln? Frankfurt a. M./New York, S. 11–64.
- Reinhart, G./Engelhardt, P./Geiger, F./Philipp, T./Wahlster, W./Zühlke, D./Schlick, J./Becker, T./Löckelt, M./Pirvu, B./Stephan, P./Hodek, S./Scholz-Reiter, B./Thoben, K./Gorltd, C./Hribernik, K./Lappe, D./Veigt, M. (2013): Cyber-Physische Produktionssysteme. Produktivitäts- und Flexibilitätssteigerung durch die Vernetzung intelligenter Systeme in der Fabrik. In: wt-online 2/2013, S. 84–89.
- Roth, Ines (2015): Digitale Innovationen im Dienstleistungssektor – Bedeutung und Folgen, ver-di Innovationsbarometer 2015. Studie im Auftrag der ver.di – Bundesverwaltung Ressort 13 Bereich Innovation und Gute Arbeit. Berlin.
- Sattelberger, Thomas/Welpe, Isabell/Boes, Andreas (Hrsg.) (2015): Das demokratische Unternehmen. Neue Arbeits- und Führungskulturen im Zeitalter digitaler Wirtschaft. München: Haufe.
- Scheer, August Wilhelm (2013): Industrie 4.0: Alter Wein in neuen Schläuchen? [www.august-wilhelm-scheer.com/2012/02/08/industrie-4-0-alter-wein-in-neuen-schlauchen](http://www.august-wilhelm-scheer.com/2012/02/08/industrie-4-0-alter-wein-in-neuen-schlauchen) (Abruf am: 19.02.2016).
- Schlenk, Thomas (2016): Das passiert, wenn man Helpling und Verdi an einen Tisch setzt. [www.gruenderszene.de](http://www.gruenderszene.de), 10.02.2016. <http://www.gruenderszene.de/allgemein/streitgesprach-verdi-helpling> (Abruf am: 22.02.2016).
- Scholz-Reiter, Bernd/Böse, Felix/Lampe, Wolf/Virnich, Anne (2009): Auf dem Weg zur Selbststeuerung der Prozesse. In: Industrie Management 6/2009, S. 21–26.
- Schumann, Michael/Baethge-Kinsky, Volker/Kuhlmann, Martin (1994): Trendreport Rationalisierung – Automobilindustrie, Werkzeugmaschinenbau, Chemische Industrie. Berlin: Edition Sigma.
- Schwemmler, Michael (2014): Digitale Arbeit: dominant, mobil gestaltungsbedürftig. In: Gegenblende. Das gewerkschaftliche Debattenmagazin: Dossier Digitalisierung. S. 86-89. [www.gegenblende.de/++co++d0807704-0021-11e3-9e32-52540066f352](http://www.gegenblende.de/++co++d0807704-0021-11e3-9e32-52540066f352) (Abruf am: 19.02.2016).
- Schwemmler, Michael/Wedde, Peter (2012): Digitale Arbeit in Deutschland. Potenziale und Problemlagen. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung.

- <http://library.fes.de/pdf-files/akademie/09324.pdf> (Abruf am: 19.02.2016).
- Sendler, Ulrich (Hrsg.) (2013): Industrie 4.0. Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM. Berlin/Heidelberg: Springer Vieweg.
- Senghaas-Knobloch, Eva (2008): Wohin driftet die Arbeitswelt? Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Spath, Diether (Hrsg.)/Ganschar, Oliver/Gerlach, Stefan/Hämmerle, Moritz/Krause, Tobias/Schlund, Sebastian (2013): Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. (Studie) Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Strube, Sebastian (2014): Vom Outsourcing zum Crowdsourcing. Wie Amazons Mechanical Turk funktioniert. In: Benner, Christiane (Hrsg.) (2014): Crowdwork – Zurück in die Zukunft? Perspektiven digitaler Arbeit.
- Sydow, Jörg (1985): Der soziotechnische Ansatz der Arbeits- und Organisationsgestaltung. Frankfurt am Main/New York: Campus Verlag.
- Uckelmann, Dieter/Harrison, Mark/Michaelles, Florian (Hrsg.) (2011): Architecting the Internet of Things. Berlin: Springer.
- Uhlmann, Eckart/Hohwieler, Eckhardt/Kraft, Manfred (2013): Selbstorganisierende Produktion mit verteilter Intelligenz. In: wt-online 2/2013, S. 114–117.
- Ver.di (2015) Digitalisierung und Dienstleistungen – Perspektiven Guter Arbeit. Gewerkschaftliche Positionen. Berlin: ver.di.
- Voss, Georgina (2014): The second shift in the second machine age: Automation, Gender, and the Future of Work. In: Westlake, Stian/NESTA (Hrsg.): Our work here is done – Visions of a robot economy. London. S.83 – 93.
- Wajcman, Judy (1994): Technik und Geschlecht – die feministische Technikdebatte. Frankfurt/ New York: Campus.
- Weyer, Johannes (2006): Die Kooperation menschlicher Akteure und nicht-menschlicher Agenten. Ansatzpunkte einer Soziologie hybrider Systeme, Arbeitspapier Nr. 16. Dortmund: Techn. Universität.
- Windelband, Lars/Fenzl, Claudia/Hunecker, Felix/Riehle, Tamara/ Spöttl, Georg/Städtler, Helge/Hribernik, Karl/Thoben, Klaus-Dieter (2011): Zukünftige Qualifikationsanforderungen durch das „Internet der Dinge“ in der Logistik. In: FreQueNz (Hrsg.): Zukünftige Qualifikationserfordernisse durch das Internet der Dinge in der Logistik, Zusammenfassung der Studienergebnisse.
- Wischermann, Ulla/Kirschenbauer, Annette (Hrsg.) (2015): Geschlechterarrangements in Bewegung: veränderte Arbeits- und Lebensweisen durch Informatisierung? Bielefeld: Transcript-Verlag.
- Wittmann, Georg (2015): Der Einzelhandel im Zeitalter der Digitalisierung ist kein Auslaufmodell! Branchenforum Einzelhandel. Digital

denken, erfolgreich unternehmen. Vortrag vor der Industrie-und Handelskammer Berlin, 20.04.2015. <https://www.ihk-berlin.de/blob/bihk24/branchen/IT->

Wirt-

schaft/downloads/2272004/2c63f95f1e615e3231485b946e51ad9f/Presentation\_Dr--Wittmann\_Einzelhandel-im-Zeitalter-data.pdf (Abruf am: 19.02.2016).

Zäh, Michael F./Patron, Christian/Fusch, Thomas (2003): Die Digitale Fabrik – Definition und Handlungsfelder. In: ZWF 3/2003, S. 75–77.

## Autor

**Dr. Ingo Matuschek** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Soziologie der Universität Duisburg-Essen. Inhaltlich beschäftigt er sich vor allem mit demografischen Entwicklungen sowie mit Veränderungen, Subjektivierung und Digitalisierung von Arbeit.