

Digitalisiert, effizient & global?

Die fortlaufende Technisierung der Erwerbsarbeit

Dr. Bettina-Johanna Krings, ITAS, KIT¹

¹ ITAS, KIT Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

„Seit Waren arbeitsteilig hergestellt werden, findet sich das Bestreben, dem stofflichen Prozess der eigentlichen Warenherstellung und -distribution ein zahlenmäßiges Abbild zur Seite zu stellen. Nachweislich spätestens seit der Antike zählt und berechnet, misst und vergleicht, plant und steuert der Mensch, was er produziert.“ (Böhle et al. 2008: 106)

Kurzfassung

Die Digitalisierung der Industrie, die im Konzept der Industrie 4.0 ihren Niederschlag findet, weist auf eine Entwicklung hin, die mit dem Konzept der „Informatisierung“ eingeführt und weiterentwickelt wurde. Die Einführung informationstechnologischer Innovationen wurde in benachbarten Sektoren und Branchen, aber auch in der Industrie intensiv wissenschaftlich beforscht und rezipiert. Dennoch konnte im Hinblick auf das Konzept der Industrie 4.0 ein öffentlich politischer Diskurs lanciert werden, der die weitere Durchdringung und Verknüpfung der Produktion auf der Basis informationsgestützter Technologien als einen bahnbrechenden technischen „Fortschritt“ diskutiert. Hierbei wird – so die These im vorliegenden Artikel – eher die Diskrepanz zwischen den Erwartungen an die potentiellen Möglichkeiten und den konkreten Auswirkungen von Digitalisierungstrends verdeckt. Diese Diskrepanzen werden im Folgenden knapp skizziert, indem in einem ersten Schritt die Grundstrukturen der Digitalisierung dargestellt werden. Am Beispiel der Industrie 4.0 werden in einem zweiten Schritt die Erwartungen an Digitalisierungstrends in Deutschland erörtert, um abschließend Digitalisierungsprozesse in der Erwerbsarbeit einer kritischen Reflexion zu unterziehen.

1 Die Informatisierung der Arbeit, Formalisierung und Digitalisierung der Arbeit

Die Anfänge des „Internet Age“ (Huws 2013:1; Castells 1996) und somit die sukzessive flächendeckende Einführung von digitalen Technologien in vielfältige Arbeitswelt(en) hinein wurden als historische Zäsur für den Wandel von Erwerbsarbeit in allen hochindustrialisierten Gesellschaften erkannt, anerkannt und intensiv diskutiert (Schmiede 1996; Baukrowitz et al. 2006; Funken, Schulz-Schaeffer 2008; Krings 2011). Dieser Prozess ist noch nicht abgeschlossen, sondern wird kontinuierlich weiterverfolgt. Hierbei herrscht in der Literatur große Übereinstimmung, dass die so genannte „Digitalisierung“¹ als die konsequente Fortsetzung eines langen Prozesses zu begreifen ist, der schon im vergangenen Jahrhundert einsetzte und mit den Begriffen der „Informatisierung“ sowie der „Formalisierung“ von Arbeitsstrukturen intensiv beschrieben wurde (Drucker 1969, Bell 1973, Stehr 1994).

Seit mehreren Jahren wird aus politischer Perspektive für die wirtschaftlichen Optionen der Digitalisierungstrends geworben und es scheint, als ob sich technischer Fortschritt hier in besonderem Maße Bahn verschaffen soll. Gleichzeitig haben sich jedoch in den letzten Jahrzehnten technische Optionen der Digitalisierung schon tief in die Arbeitswelten eingeschrieben und die institutionellen, betrieblichen und individuellen Bedingungen von Arbeit stark geprägt. „Digital und vernetzt gearbeitet wird inzwischen faktisch in allen Sektoren der Volkswirtschaft“ (Schwemmler, Wedde 2012: 16), sei es im Büro, in der Produktion, im Vertrieb oder im Service. So wurde hier ein „sozio-technischer Handlungsraum“ (Rammert, Schulz-Schäfer 2002) geschaffen, der bis heute an Dynamik kaum zu überbieten ist (Schmiede 1996). Die Analyse der „Arbeitswelten in Bewegung“ (Schilcher, Will-Zocholl 2012) bezieht sich konsequenterweise dann auch auf die Ausbildung neuer – digital induzierter – Arbeitsmärkte und Arbeitswelten. Diese werden allerdings seit ihren Anfängen aus einer arbeits- und industrie-soziologischen Perspektive mit Skepsis betrachtet. Übereinstimmung, wie sich die Folgen der (digitalen) Technisierung in der Arbeitswelt auswirken, besteht in wissenschaftlichen Analysen zunächst darin, dass sich diese heute nicht mehr generalisieren lassen, sondern in ihren jeweiligen Kontexten betrachtet werden müssen (Boerner et al. 2016).

Ein Sektor, der seit den 2000er Jahren hohes wissenschaftliches Interesse erzeugte, ist der öffentliche Dienstleistungsbereich. Unter dem Schlagwort des „lean management“ sowie des „new public management“ kam es hier zu tiefgreifenden Rationalisierungsmaßnahmen auf

¹ Der Begriff der Digitalisierung hat mehrere Bedeutungen. Er kann die digitale Umwandlung und Darstellung bzw. Durchführung von Information und Kommunikation oder die digitale Modifikation von Instrumenten, Geräten und Fahrzeugen ebenso meinen wie die digitale Revolution, die auch als dritte Revolution bekannt ist, bzw. die digitale Wende. Im letzteren Kontext werden nicht zuletzt "Informationszeitalter" und "Computerisierung" genannt (<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/-2046143105/digitalisierung-v3.html>, vom 14.02.17).

der Basis informationstechnologischer Anwendungen, die von Seiten der Arbeitssoziologie eher kritisch reflektiert wurden. Der Einsatz digitaler Technologien gestaltete sich in den vielseitigen Funktionsbereichen sehr unterschiedlich und beinhaltete Veränderungen auf der institutionellen und organisationalen genauso wie auf der individuellen Arbeitsebene. Insgesamt zeigten die Studien, dass die verschiedenartigen Transformationsprozesse kaum losgelöst von der normativen Ausrichtung der betrieblichen Gesamtstrategien betrachtet werden können wie beispielsweise bei Prozessen der Privatisierung und des langfristigen Personalabbaus in diesem Sektor (Flecker 2016, Flecker et al. 2014, Jakobsen 2010).

Neben der Analyse der Veränderungsbedingungen ganzer Sektoren im Rahmen wissenschaftlicher Studien wurden auch ausgewählte Berufsbilder vor dem Hintergrund der Frage nach den qualitativen Folgen von Digitalisierung untersucht, wie beispielsweise die zunehmende „Virtualisierung der Tätigkeit von Piloten im kommerziellen Luftverkehr“ (Kleemann, Matuschek 2008: 53) oder die zunehmende Digitalisierung der Medizin (Manzei 1999, 2003; Manzei, Schmiede 2014) sowie des Pflegesektors (Hülksen-Giesler, Krings 2015). So erlauben bei letzterem Beispiel die digitalen Technologien, immense Mengen an Daten zu speichern und zu übertragen und somit die „Grundlage für die digitalisierte Dokumentation der Pflege oder für telemedizinische Leistungen“ (Hielscher et al. 2015: 6) zu bilden (Shire et al. 2012; für Großbritannien vgl. etwa Beale et al. 2010).

Insgesamt weisen die Erfahrungen der Digitalisierung von Arbeitsprozessen durchaus auf die „klassischen“ Folgen der Technisierung von Arbeit hin, die die Anfänge moderner Arbeitsformen von Beginn an begleiten. Neben quantitativen Veränderungen und somit makroökologischen Veränderungen von Arbeitsmärkten, weisen Digitalisierungsdynamiken allerdings verstärkt auf qualitative Veränderungen von Arbeitsstrukturen. Diese wurden und werden in besonderem Maße durch die (technischen) Möglichkeiten der Vernetzung sowie der Flexibilisierung und von Arbeitsprozessen ausgelöst. Diese haben in den letzten Jahrzehnten zu signifikanten Veränderungen der der Arbeitsorganisation, der Arbeitsprozesse, der Berufsprofile und den Arbeitsidentitäten geführt (Noon et al. 2013, Lott 2016, Fraunhofer Gesellschaft 2014). Gleichzeitig werden auch überraschende Entwicklungen sichtbar, wie beispielsweise neue Arbeitsmodelle, die über digitale Plattformen organisiert sind und bei (meist jungen) Nutzerinnen und Nutzern auf große Zustimmung stoßen und neue visionäre Modelle zukünftiger Arbeitswelten anstoßen. Diese werden jedoch aus arbeitssoziologischer Perspektive weitgehend kritisch als neue Formen prekärer Erwerbsarbeit bewertet (Benner 2015).

Wie oben schon angesprochen existiert angesichts der Möglichkeiten digitaler Arbeitswelten von Seiten der Politik ein großer Optimismus im Hinblick auf große Transformationsschübe. So dominiert hier hinsichtlich der Zukunft der Erwerbsarbeit der Aufruf, „keine Angst vor Arbeit 4.0“ zu haben und diese Trends offensiv anzugehen (Schmitz 2016a: 1). Insgesamt werden hier in den Digitalisierungstrends alles in allem „sehr viele Chancen für mehr Flexibilität,

anspruchsvollere Tätigkeiten und Arbeitserleichterungen“ (ebda. S. 1) vermutet. Die Zunahme von Flexibilität und (ökonomischer) Effizienz, der Trend zu anspruchsvolleren Tätigkeiten sowie deutliche Arbeitsentlastungen von schwerer und monotoner Arbeit sind diejenigen Visionen, die regelmäßig Pate für die Promotion von Digitalisierungstrends in allen Branchen stehen.

Diese unumschränkte Zustimmung zu möglichen zukünftigen Entwicklungen wird im folgenden Artikel nicht geteilt, da es noch relativ wenig Wissen über die qualitativen und quantitativen Folgen der Digitalisierung gibt. Die starke Betonung der Digitalisierung als „Erfolgsstory“ verdeckt – so die These – eher die Diskrepanz zwischen den Erwartungen an die potentiellen Möglichkeiten und den konkreten Auswirkungen von Digitalisierungstrends. Diese Diskrepanzen werden im Folgenden knapp skizziert, indem in einem ersten Schritt Grundstrukturen der Digitalisierung dargestellt werden. Am Beispiel der Vision der *Industrie 4.0* werden in einem zweiten Schritt die Erwartungen an Digitalisierungstrends in Deutschland vorgestellt, um abschließend Digitalisierungsprozesse in der Erwerbsarbeit einer kritischen Reflexion zu unterziehen.

2 Veränderungenprozesse der Erwerbsarbeit durch Digitalisierung

Mit der flächendeckenden Einführung digitaler Technologien in nahezu allen Sektoren seit Beginn der 1990er Jahre erhielt die Betonung der qualitativen Nutzung von Arbeitskraft einen enormen Aufschwung und wurde wissenschaftlich intensiv begleitet. Unter dem Stichwort der „Informatisierung der Arbeit“ (Schmiede 1996; Baukrowitz et al. 2006) wurde zunächst allgemein der Einsatz von digitalen Technologien in der Arbeitswelt benannt. So bezeichnet(e) „informatisierte Arbeit“ in erster Linie „alle Tätigkeiten, bei denen die Bearbeitung von Informationen der zentrale Gegenstand ist und Informationstechnologien verwendet werden – auch wenn die Arbeitsgegenstände nur partiell bzw. nicht in einem geschlossenen digitalisierten Informationssystem vorliegen“ (ebda., S. 45). Diese Tätigkeiten schließen hoch qualifizierte Berufe ebenso ein wie geringer qualifizierte und beschränken sich nicht auf spezifische Sektoren. Der Wandel von Arbeit wurde hier seit den 1990er Jahren vor allem in qualifizierten, IT-nahen Berufsprofilen wissenschaftlich intensiv nachvollzogen (Bechmann et al. 2003, Baukrowitz et al. 2006; Boes, Kämpf 2011). Ein Blick in diese früheren Debatten der Digitalisierung lohnt, da hier auch der Versuch unternommen wurde, die strukturellen Eigenschaften dieser Technisierungsprozesse einzufangen (Krings 2011).

Sehr relevant sind in diesem Kontext die Arbeiten des belgischen Ökonomen Luc Soete, der Transformationsprozesse auf der Basis digitaler Technologien beschreibt und der sich

intensiv mit den Auswirkungen von „Informatisierung“ auf Arbeitsstrukturen und -märkte beschäftigt hat. So beschreibt er die inhärente Logik dieser Auswirkungen wie folgt (Soete 2001: 143ff.):

- “The capacity of information technology (IT) to store, process and disseminate information at minimal cost leads to a continuous expansion of the use and the steady broadening of applications based on IT.
- The digital convergence between communication technologies and computer technologies renders any combination of communication forms (between individuals, organizations, and machines) feasible and creates possibilities to network, interact and communicate around the world.
- The rapid growth of international electronic networking makes IT the first real ‘global’ technological transformation”.

Im Hinblick auf die Eingriffstiefen informationstechnisch gestützter Abläufe fokussiert diese Beschreibung eindringlich auf den großen Raum *neuer* Vernetzungs-, Bearbeitungs-, Entscheidungs- und Verteilungsmöglichkeiten zwischen Menschen und Organisationen. Diese führten dazu, dass Arbeitsprozesse innerhalb und außerhalb der Unternehmen neu strukturiert und sukzessive über den gesamten Globus hinweg in Produktionsprozessen organisiert wurden. Die Optionen „vernetzter Produktion über Wertschöpfungsketten hinweg“ (Schiehtinger 2016: 5) wurden als neue Phase globalisierter Arbeitsteilung betrachtet und (auch) kritisch diskutiert (Altvater, Mahnkopf 1997; Mahnkopf 2003; Huws 2006). So beschreibt beispielsweise Huws, in Anlehnung an den Ökonomen David Ricardo, diese Prozesse wie folgt:

“businesses are broken down into separate ‘trades’ or ‘branches’ which are in turn subdivided into ‘operations’ which may in turn be carried out by different specialist ‘hands’ (or workers) using specific labour processes. The more specialist this division of labour is, and the more it can be automated, the greater is the value that is added in any given ‘operation’.” (in: Huws et. al. 2009: 12ff.)

Das Zitat weist eindrücklich auf die Fortentwicklung tayloristischer Arbeitslogik hin, die nun auf der Basis informationstechnologischer Optionen weiter umgesetzt wird. Neu und innovativ erscheinen hierbei Maßnahmen, die sich nicht mehr nur auf industriell verfasste Arbeitsabläufe beziehen. Was noch vor wenigen Jahrzehnten undenkbar schien, nämlich, dass wissensbasierte und qualifizierte Tätigkeiten ebenfalls von Rationalisierungsmaßnahmen erfasst und in einzelne Arbeitsvorgänge zerlegt werden können, wird nun technisch *und* organisatorisch umgesetzt (vgl. für unterschiedliche Sektoren Huws et al. 2009). So können beispielsweise Arbeiten eines Lektorats, Tätigkeiten der Software-Entwicklung oder Analysefähigkeiten aus den Arbeitsabläufen herausgenommen, digital transformiert und zur

Bearbeitung in Produktionsstätten anderer Länder gesendet werden. Im Rahmen dieser Möglichkeiten wurde deutlich, dass im Mittelpunkt der Entwicklungen weniger die Auswirkungen von Technik auf Arbeitsstrukturen standen, sondern die Veränderung des Modells des Normalarbeitsverhältnisses *per se* hin zu flexiblen, offenen und globalen Formen der Organisation von Arbeit (Maschke 2016, Huws 2007). Vor diesem Hintergrund tendierten die Beobachtungen in ihren Bewertungen zu eher kritischen Einschätzungen, die in der deutschsprachigen Diskussion im Begriff der „Entgrenzung“ (Kratzer 2003) von Erwerbsarbeit starke Resonanz erzielten. Entgrenzung wurde hierbei als „Erosion zeitlicher, räumlicher, inhaltlicher, motivationaler usw. Grenzen bisheriger Formen von Einsatz und Nutzung von Arbeitskraft“ (ebda., S. 44) verstanden und in unterschiedlichen Kontexten intensiv diskutiert.

Darüber hinaus kann konstatiert werden, dass diese Transformationsprozesse in vielen Branchen und Sektoren nahezu unbemerkt stattfinden. Schaut man sich beispielsweise Digitalisierungsprozesse im Dienstleistungsbereich an, so weisen quantitative Daten eindrücklich darauf hin, dass die Zahl der arbeitenden Menschen in verschiedenen Bereichen des Sektors in den letzten Jahrzehnten sukzessive abgenommen hat (vgl. z. B. für den Dienstleistungsbereich Flecker et al. 2014). Gleichzeitig gibt es erstaunlich wenig empirische Arbeiten, die die Veränderung der Arbeitsstrukturen in den letzten Jahren durch die zunehmende Digitalisierung qualitativ in den Blick genommen haben.² Ähnliche Wissensdefizite können für viele andere Branchen festgestellt werden, in denen informationstechnisch gestützte Prozesse die Arbeitsabläufe stark verändert haben. Dies gilt besonders für qualifizierte und hochqualifizierte Professionen. Hier muss es nicht notwendigerweise zu gesamtgesellschaftlichen Substitutionsprozessen von Arbeitskräften kommen. Dennoch können qualitativ signifikante Veränderungsprozesse nachvollzogen werden, die die Form der Arbeit sowie die Qualität der Erwerbsarbeit tiefgreifend verändert haben und in Zukunft weiterhin verändern werden (Börner et al. 2016).

Neben dem Dienstleistungsbereich und den wissensbasierten Tätigkeitsfeldern ist in den letzten Jahren die Digitalisierung der Industrie in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Die Debatte um *Industrie 4.0* ist hierbei zu einem „Kernthema der Industrie- und Innovationspolitik“ (Aichholzer 2016: 29) geworden. Technisch geht es hier ebenfalls um die flächendeckende Vernetzung, Bearbeitung und Verteilung von Daten, um die „Verschmelzung von Produktionstechniken mit Informationstechnologien“ (ebda., S. 29). Erklärtes Ziel ist, diese Entwicklungen nun auch in der Industrie weiter voran zu treiben.

² Diese Aussage bezieht sich freilich nicht auf den „Boom“ informationstechnischer Veränderungen von Arbeit in den 1990er Jahren. Die Entwicklung der IT-Branche als ein Arbeitssegment, das neue Organisationsformen von Arbeit etabliert hat, wurde wissenschaftlich intensiv beforscht. Hier wurden vor allem die qualitativen Aspekte des Wandels betont sowie die These entwickelt, dass hier neue Arbeitskulturen entstanden sind (Baukrowitz et al. 2006).

3 **Industrie 4.0** als Beispiel für die Digitalisierung industrieller Prozesse in Deutschland

In Deutschland wird seit 2011 die fortlaufende Digitalisierung der Industrie unter dem Begriff der *Industrie 4.0*³ entworfen und diskutiert. Wie oben schon angesprochen ist damit eine „umfassende Vernetzung industrieller Wertschöpfungsketten“ (ebda., S. 29, Hirsch-Kreinsen et al. 2015) gemeint. So wird hier eine Vision formuliert, die als vierte technische Revolution beschrieben wird. Hierbei fokussiert *Industrie 4.0* auf folgende langfristige Entwicklungen (Acatech 2013: 23ff., Hervorh. B.-J. Krings):

„die Produktion intelligenter Produkte, Verfahren und Prozesse (*smart production*). Ein wichtiges Element der Industrie 4.0 ist die intelligente Fabrik (*smart factory*). Die Smart Factory beherrscht Komplexität, ist weniger störanfällig und steigert die Effizienz in der Produktion. In der Smart Factory kommunizieren Menschen, Maschinen und Ressourcen so selbstverständlich wie in einem sozialen Netzwerk. Intelligente Produkte (*smart products*) verfügen über das Wissen ihres Herstellungsprozesses und künftigen Einsatzes. Sie unterstützen aktiv den Fertigungsprozess („wann wurde ich gefertigt, mit welchen Parametern muss ich bearbeitet werden, wohin soll ich ausgeliefert werden etc.‘). Mit ihren Schnittstellen zu Smart Mobility, Smart Logistics und dem Smart Grid ist die intelligente Fabrik ein wichtiger Bestandteil zukünftiger intelligenter Infrastrukturen. So werden sich herkömmliche Wertschöpfungsketten verändern und neue Geschäftsmodelle etablieren.“

Wie dieser kleine Ausschnitt zeigt, geht die Vision der *Industrie 4.0* davon aus, dass intelligente Maschinen und Werkstücke untereinander Informationen in Echtzeit austauschen und sich langfristig weitgehend selbstständig steuern: „physische und digitale Systeme verschmelzen zu einem Netzwerk“ (Aichholzer 2016: 29). Neueste technische Entwicklungen im

³ Der Begriff der Industrie 4.0 beschreibt folgende Phänomene: „Technische Grundlage hierfür sind intelligente, digital vernetzte Systeme, mit deren Hilfe eine weitestgehend selbstorganisierte Produktion möglich wird: Menschen, Maschinen, Anlagen, Logistik und Produkte kommunizieren und kooperieren in der Industrie 4.0 direkt miteinander. Produktions- und Logistikprozesse zwischen Unternehmen im selben Produktionsprozess werden intelligent miteinander verzahnt, um die Produktion noch effizienter und flexibler zu gestalten. So können intelligente Wertschöpfungsketten entstehen, die zudem alle Phasen des Lebenszyklus des Produktes miteinschließen – von der Idee eines Produkts über die Entwicklung, Fertigung, Nutzung und Wartung bis hin zum Recycling. Auf diese Weise können zum einen Kundenwünsche von der Produktidee bis hin zum Recycling einschließlich der damit verbundenen Dienstleistungen mitgedacht werden. Deshalb können Unternehmen leichter als bisher maßgeschneiderte Produkte nach individuellen Kundenwünschen produzieren. Die individuelle Fertigung und Wartung der Produkte könnte der neue Standard werden“ (<http://www.plattform-i40.de/i40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html>, vom 20.02.17). Diese Entwicklungen finden auch in anderen hochindustrialisierten Ländern statt und firmieren dort unter anderen Begriffen, in Frankreich etwa unter dem Begriff der „Industrie du futur“.

Rahmen von Sensortechniken, die Entwicklung selbstgesteuerter Systeme mit lernfähigen Industrierobotern oder auch neue Formen der Kommunikation durch Funkwellen (*Radio Frequency Identification*) sollen in hohem Maße konvergieren und dazu beitragen, neue Produktions- und Geschäftsmodelle zu entwickeln. Diese Modelle können jedoch nicht in einem Konzept vereinheitlicht werden, sondern müssen individuell an die einzelnen Unternehmen und deren Produktionsmodelle angepasst werden. Generell sind diese Entwicklungen stark technikgetrieben und stehen insgesamt noch sehr am Beginn ihres Einsatzes. Gleichzeitig bergen diese Innovationen für große und international agierende Betriebe eine hohe Attraktivität (Hirsch-Kreinsen et al. 2015). Der Fokus dieser Innovationssprünge liegt hierbei einerseits auf den Möglichkeiten der Effizienzsteigerungen der Produktivität, andererseits liegt er in den Möglichkeiten, die Produktion sowie die Verteilung der Produkte weltweit zu vernetzen.

Im Anschluss an die intensiv rezipierte Studie von Frey & Osborn (2013), die wieder die „klassische“ Frage nach Arbeitsplatzverlusten auf der Basis von Digitalisierung („computerisation“) aufwarf und in Deutschland, aber auch international, kritische Debatten generierte, geriet vor allem die Vision der *Industrie 4.0* ins Visier dieser Frage. So wurden wissenschaftliche und öffentliche Debatten im Kontext der These des massiven Arbeitsplatzabbaus in Deutschland belebt und im Hinblick auf die Folgen der Digitalisierung in der Industrie offen diskutiert (Schmitz 2016b). Für den deutschen Raum wurden hierbei meist Szenarien aufgestellt, in denen für die Zukunft – entgegen den Thesen von Frey & Osborne – kein massiver Abbau von Arbeitsplätzen diagnostiziert wird. Es wird eher vermutet, dass die Nachfrage nach höher qualifizierten Arbeitskräften zulasten von Personen mit Routinetätigkeiten (Wolter et al. 2015) steigen wird. Darüber hinaus wird angenommen, dass „der Übergang zu einer *Industrie 4.0* den anhaltenden Strukturwandel hin zu den Dienstleistungsbereichen beschleunigen“ (ebda. S. 49) wird. Diese Transformationen führten bisher in vielen Branchen dazu, dass sich die Ausstattung der Arbeitsplätze sowie die institutionellen Rahmenbedingungen der Arbeit für die Arbeitskräfte deutlich verschlechtert haben (Flecker 2016). Freilich ist dies nicht der Technologie anzulasten, sondern das Ergebnis organisationaler, firmeninterner und arbeitsmarktpolitischer Veränderungsprozesse. Die (langfristigen) Probleme, die sich daraus ergeben haben, zeigen allerdings, wie wichtig eine frühe Einbindung der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer in Technikentwicklungsprozessen sein könnte, um das Zusammenspiel zwischen den arbeitenden Menschen und den technischen Systemen nach den Bedürfnissen humanverträglicher und nachhaltiger Arbeitsbedingungen auszurichten (Moniz et al. 2009, Moniz 2012).

Fragt man nach dem Transformationspotential dieser Entwicklung sowie nach den institutionellen Herausforderungen für die Gestaltung dieser Prozesse, so verweisen die Diskussionen im deutschsprachigen Raum signifikant auf neue fachliche Kompetenzen, die auf Seiten der

Beschäftigten notwendig werden. So werden beispielsweise Anforderungen an (neue) Fähigkeiten in der Kommunikation mit technischen und vernetzten Systemen sowie (neue) Kompetenzen im Rahmen systemtechnischer Problemlösungskapazitäten vermutet (Hirsch-Kreinsen et al. 2015, Pfeiffer et al. 2016). „Durch das Zusammenwachsen von IKT, Produktions- und Automatisierungstechnik und Software werden mehr Arbeitsaufgaben in einem technologisch, organisatorisch und sozial sehr breit gefassten Handlungsfeld zu bewältigen sein“ (Acatech 2013: 59). Die Verknüpfung von informationstechnisch gestützten Prozessen mit Fertigungstechnik und somit die Anforderungen an „interdisziplinäre Produkt- und Prozessentwicklung“ (ebda., S. 59) macht nicht nur neue berufliche Handlungsfelder notwendig. Auch berufliche Anforderungen wie etwa neue „arbeitsplatzrelevante Kompetenzen“ (ebda., S. 59) im Zusammenspiel virtueller und realer Maschinen werden signifikant an Bedeutung zunehmen. Diese Qualifikationsanforderungen sind vielfältig und beziehen sich zunächst auf die Ausweitung avancierter sozio-technischer Räume im industriellen Bereich (Wolter et al. 2015).

Darüber hinaus ist jedoch auch davon auszugehen, dass die sich wandelnden Arbeitsbedingungen zu neuen Herausforderungen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes führen werden. Schon die Erfahrungen mit Digitalisierungstrends im Rahmen von Arbeitsumgebungen weisen darauf hin, dass die „Arbeitsinhalte komplexer und die Anforderungen an Flexibilität, Erreichbarkeit, Selbstorganisation und Verantwortungsübernahme höher sind“ (Ahlers 2016: 9). Diese Anforderungen reichen in der Regel weit über fachliche Kompetenzen hinaus und betreffen soziale und kognitive Kompetenzen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter genauso wie physische Arbeitsabläufe. Der Hinweis auf mögliche Diskrepanzen zwischen den technischen Möglichkeiten und ihrem Einsatz im Hinblick auf humanverträgliche Arbeitsbedingungen ist ein Topos, der in der Produktion eine lange Tradition hat und dessen Aktualität mit dem Konzept der *Industrie 4.0* derzeit auf der wissenschaftlichen und politischen Ebene intensiv diskutiert wird (Aichholzer et al. 2015, Pfeiffer, Suphan 2015). In öffentlichen Debatten werden als Erwartungen an technische Innovationen vor allem wirtschaftliche und wettbewerbsorientierte Kriterien betont. Es geht in diesen Debatten überraschenderweise weniger um die Frage, ob und auf welche Weise die Ausgestaltung einer *Industrie 4.0* zukunftsfähigen und nachhaltigen Arbeitsanforderungen Genüge leisten (könnte). So knüpfen die Diskussionen wenig an industriesoziologische Debatten an, die schon in den 1980er Jahren technische Rationalisierungsprozesse in der Produktion nicht mehr „alleine vor der Dimension der Arbeitsvernichtung“ (Pfeiffer 2010: 243) betrachteten, sondern vor dem Hintergrund der veränderten Nutzung, Auslastung und Betonung menschlicher Arbeitsleistung. Die Veränderung der technischen Umgebungen wurde damals schon – durchaus positiv – als neue Qualifikations- und Teilhabechance im Rahmen der Betriebe diskutiert (Kern, Schumann 1984: 20ff.). Mit der Bezugnahme auf die qualitative Nutzung der Arbeitskraft reklamierten Autoren wie Kern und Schumann dann auch partizipative Ansätze der Technikgestaltung als ein politisch

relevantes Gestaltungsfeld, welche die Selbstorganisation der Beschäftigten in den Mittelpunkt ihrer Betrachtung stellten (ebda. 1984, Alemann, Schatz, Simonis 1992; Brödner 2000, 2007). Diese Debatten scheinen heute relevanter denn je zu sein und werden vor allem von den Gewerkschaften intensiv eingefordert. Hier geht es nicht zuletzt um Selbstbestimmung, Kreativität und Souveränität in den Arbeitsabläufen und damit um einen „partizipativen Verständigungsprozess“ (Ahlers 2016: 9) zwischen Unternehmen und Beschäftigten. Schließlich scheint es angesichts dieser Fragestellungen notwendig, eine gesellschaftliche Debatte über *Industrie 4.0* zu führen, um zukünftige Arbeits- und Lebensmodelle in den Blick zu nehmen und gegebenenfalls gestaltend einwirken zu können (BMBF 2016, Maschke 2016).

4 Digitalisiert, effizient *und* global – eine Erfolgsstory?

Obgleich es noch eine Reihe ungeklärter Problemstellungen im Rahmen der *Industrie 4.0* gibt, wie etwa die Sicherheit der Unternehmensdaten oder Handelsbeschränkungen im Rahmen internationaler Vernetzungen, scheint es sich hier um ein Allroundkonzept für eine Reihe aktueller Problemstellungen zu handeln. So soll *Industrie 4.0* – neben dem Erhalt wirtschaftlicher Wettbewerbsfähigkeit – auch Beiträge zur Lösung einer Reihe gesellschaftspolitischer Fragen leisten wie beispielsweise einen Beitrag „zur Bewältigung aktueller Herausforderungen wie Ressourcen- und Energieeffizienz, urbane Produktion und demografischer Wandel“ (Acatech 2013: 5). Letzterer Aspekt betont die Vorstellung, dass Mitarbeiter sich „dank intelligenter Assistenzsysteme auf die kreativen, wertschöpfenden Tätigkeiten konzentrieren [können] und [...] von Routineaufgaben entlastet [werden]“ (ebda., S. 5). Die Arbeit soll „Demografie-sensibel und sozial gestaltet werden. Die Mitarbeiter können sich dank intelligenter Assistenzsysteme auf die kreativen, wertschöpfenden Tätigkeiten konzentrieren und werden von Routineaufgaben entlastet“ (ebda., S. 5). Diese Zitate zeigen deutlich, dass der Bogen im Hinblick auf Effizienz und Einsatzmöglichkeiten von Digitaltechnik sehr weit gespannt wird. Zumindest im Hinblick auf die Gestaltung industrieller Arbeit erscheint eine technikzentrierte Perspektive etwa mit dem Einsatz von Expertensystemen u. ä. als „wenig vielversprechend“ (Brödner 2015: 247).

So werden hier auf der Basis von „intelligenten, technologiebasierten und maximal medial unterstützten Arbeitsumgebung(en)“ (Spath 2012: 33) (auch) sozio-politische Visionen entworfen, die in krassem Gegensatz zu den historischen Erfahrungen der Ausgestaltung der Arbeitsplätze in der Industrie stehen. Zwar ist hier dringend geboten, innerhalb der Sektoren

im Hinblick auf technische Ausstattung, Maß an Eigenkreativität und Verantwortung, Sicherheit und Entlohnung zu unterscheiden, dennoch ist die industrielle Arbeit auch heute noch in hohem Maße durch physische *und* psychische Anstrengungen gekennzeichnet. Die Frage, wie und auf welche Weise die Eingriffstiefen von informationsgestützten Systemen in die Strukturbedingungen aktueller Arbeitswelten konkret einwirken, ist noch weitgehend unerforscht. Dies liegt zum einen daran, dass die Wechselwirkungen von technischen Innovationen und Erwerbsarbeit schon seit geraumer Zeit nicht mehr im Fokus industrie- und arbeitswissenschaftlicher Bemühungen stehen (Pfeiffer 2010, Brödner 2015). Erst in den letzten Jahren rückt die technische Entwicklung wieder vermehrt in das Interesse industriesoziologischer Debatten. Zum anderen liegt es daran, dass der vielseitige Einsatz der digitalen Technologien als kausaler Bezugspunkt für die weitreichenden beruflichen Veränderungen im Hinblick auf die Durchdringung digitaler Technologien nicht (mehr) ausreicht, um generalisierende Aussagen über den Wandel von Arbeit zu formulieren. Die Beobachtungen im Hinblick auf das Wissensdefizit über die Auswirkungen intelligenter und maximal medial unterstützter Arbeitsumgebungen sind zunächst durch technische Parameter geprägt, an die die institutionellen, organisationalen *und* individuellen Arbeitsstrukturen angepasst werden. Diese Anpassungsleistungen erfolgen in der Regel durch technische Vorgaben, deren professionsbezogene Wirkungsweisen in ihren Effekten erst nach der Einführung neuer technischer Arbeitsumgebungen zum Tragen kommen. Die Praxis der Technisierung in den industriellen Feldern ist hierbei vielschichtig und weist auf unterschiedliche Traditionen der Technisierung hin. So sind Branchen wie die Automobilbranche schon seit Jahrzehnten durch informationsgestützte Produktionsabläufe geprägt, andere wie die Logistik unterlagen im letzten Jahrzehnt großen Technisierungsschüben und damit Transformationsprozessen (Greenan et al. 2009). Generell gilt jedoch für die Industrie, dass die Art und Weise, wie die menschliche Arbeitskraft, die Kreativität der Arbeitenden sowie das tätige Handeln sich entfalten können, in besonderem Maße durch technische und organisationale Vorgaben (vor)geprägt sind. Die Gestaltung neuer sozio-technischer Arbeitsumgebungen im Rahmen der Vision *Industrie 4.0*, aber auch im Rahmen fortlaufender Digitalisierungstrends von Arbeitsumgebungen, werden aktuell stark durch ingenieurwissenschaftliche Visionen und Konzepte vorgegeben. Von „smart“ im Sinne reibungsloser und unkomplizierter Prozesse kann hierbei zunächst wenig die Rede sein. Auch weist in der industriellen Produktion die Transformation einfacher angelernter Tätigkeiten wie Montagetätigkeiten in Automatisierungsprozesse weit größere Schwierigkeiten auf als beispielsweise die Digitalisierung komplexer Rechenoperationen in der Verwaltung (Pfeiffer 2007). Dazu kommt, dass mit der „Steigerung der Leistungsfähigkeit der Digitalisierung und der hiermit verbundenen Ausweitung und Vernetzung technischer Systeme zugleich auch die Anfälligkeit für Störungen nicht ab, sondern eher zunimmt“ (Böhle 2017: 8, Pfeiffer 2007).

Potentiale im Sinne einer humanverträglichen Gestaltung neuer sozio-technischer (Arbeits-)Räume sind bisher wenig ausgeschöpft. Soll diese als Ziel ernst genommen werden, so beinhaltet die Ausgestaltung solcher Räume durchaus aufwändige Lern- und Gestaltungsprozesse, die zusammen mit den Beschäftigten entwickelt werden müssten.⁴ So erhält die schon in den 1970er Jahren geforderte und vieldiskutierte *Humanisierung der Arbeit* besonders im Kontext der Digitalisierung eine neue und besondere Aktualität. Im Anschluss an diese Erfahrungen wäre es sicherlich ergiebig, an Forderungen der Gestaltung humaner Arbeitsbedingungen im Hinblick auf Teamorientierung, Kreativitätspotentiale sowie Mitbestimmungsformen dieser Debatten anzuknüpfen. Darüber hinaus geht es auch darum, soziale und humanverträgliche Aspekte in diesen neuen Arbeitsumgebungen zu eruieren und zu definieren (Moniz, Krings 2016). Die Frage scheint angesichts neuer Mensch-Maschine-Interaktionen nicht mehr zu sein, ob und wie repetitive Tätigkeiten ersetzt oder Spielräume für abwechslungsreichere Aufgaben geschaffen werden können. „In den Fokus gerät vielmehr die Möglichkeit zum selbstverantwortlich-dialogisch-explorativen Erkunden praktischer Gegebenheiten, spürenden und empfindenden Wahrnehmens, assoziativ-bildhaften Denkens und Involvements. Arbeitsorganisation, Personaleinsatz sowie vor allem auch die Schnittstelle zwischen Mensch und Technik müssen sich darauf beziehen und dementsprechend gestaltet werden“ (Böhle 2017: 10, Böhle et al. 2008).

Im Rahmen dieser Überlegungen könnte die Analyse der Digitalisierung in den unterschiedlichen Arbeitswelten durchaus dazu beitragen, identitätsstiftende, (neue) Formen des Arbeitshandelns für die Beschäftigten auch in der Industrie zu entwickeln. Dazu gehört notwendigerweise auch, diese Debatten in Zukunftsdebatten über „gesellschaftspolitische Leitbilder der Gestaltung und Verteilung von Erwerbsarbeit“ (Alemann et al. 1992; Bosch et al. 2001: 81) einzubinden. Im Hinblick auf Digitalisierung der Arbeitswelt und ihre Ausgestaltung ist, so viel scheint sicher, das Ende der Fahnenstange noch längst nicht erreicht.

Literatur

- [1] Acatech – Deutsche Akademie der Wissenschaften (Hrsg.) (2013): Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises 4.0 der Deutschen Akademie der Wissenschaften. Frankfurt a M.

⁴ Vgl. für wissensintensive Tätigkeiten: http://wing-projekt.de/wp-content/uploads/2016/11/ISF-1608-WING-Broschre-161108web_2MB.pdf vom 24.02.17.

- [2] Ahlers, E. (2016): Sind gesundheitsgefährdende Arbeitsbelastungen durch zeitgemäße Regulierung vermeidbar? In: Digitalisierung der Arbeitswelt: Report, Nr. 24, Hans-Böckler Stiftung, Düsseldorf, S. 8-10.
- [3] Aichholzer, G. (2016): Industrie 4.0: Perspektiven für Arbeit und Beschäftigung. In: TAB-Brief Nr. 47, Juli 2016, S. 29-33.
- [4] Alemann, U. v.; Schatz, H.; Simonis, G. (1992): Leitbilder sozialverträglicher Technikgestaltung. Ergebnisbericht des Projektträgers zum NRW-Landesprogramm „Mensch und Technik – Sozialverträgliche Technikgestaltung“. Opladen.
- [5] Altvater, E.; Mahnkopf, B. (1997): Grenzen der Globalisierung. Ökonomie, Ökologie und Politik in der Weltgesellschaft. Münster.
- [6] Baukrowitz, A.; Berker, T.; Boes, A.; Pfeiffer, S.; Schmiede, R.; Will, M. (Hrsg.) (2006): Informatisierung der Arbeit – Gesellschaft im Umbruch, Berlin.
- [7] Beale, S.; Truman, P.; Sanderson, D.; Kruger, J. (2010): The Initial Evaluation of the Scottish Telecare Development Program. In: Journal of Technology in Human Services, 28/ 2010, S. 60-73.
- [8] Bechmann, G.; Krings, B.-J.; Rader, M. (Hrsg.) (2003): Across the divide. Work, organization and social exclusion in the European information society (Gesellschaft – Technik – Umwelt, Neue Folge 3), Berlin.
- [9] Bell, D. (1973): The Coming of Post-Industrial Society: A Venture in Social Forecasting. Harmondsworth.
- [10] Benner, C. (2015): Crowdwork – zurück in die Zukunft? Perspektiven digitaler Arbeit. Frankfurt a. M.
- [11] Boerner, F.; Nierling, L.; Kehl, C. (2016): Digitale Arbeitswelten in Produktion und Dienstleistung – zwischen Euphorie und Pessimismus. TAB-Brief 47(2016), S. 19-24.
- [12] Boehle, F. (2017): Digitalisierung braucht Erfahrungswissen, In: DENK-doch-MAL, Das Online Magazin (<http://denk-doch-mal.de/wp/fritz-boehle-digitalisierung-erfordert-erfahrungswissen/> 12 Seiten, vom 24.02.17).
- [13] Boehle, F.; Bolte, A.; Pfeiffer, S.; Porschen, S. (2008): Kooperation und Kommunikation in dezentralen Organisationen – Wandel von formalem und informellem Handeln. In: Funken, Schulz-Schäffer (Hrsg.) a.a.O., S. 93-118.
- [14] Boes, A.; Kämpf, T. (2011): Global verteilte Kopfarbeit. Offshoring und der Wandel der Arbeitsbeziehungen. Baden-Baden.

- [15] Bosch, G.; Kalina, T.; Lehndorff, S.; Wagner, A.; Weinkopf, C. (2001): Zur Zukunft der Erwerbsarbeit. Arbeitspapier 43, Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf.
- [16] Brödner, P. (2015): Industrie 4.0 und Big Data – wirklich ein Technologieschub? In: Hirsch-Kreinsen et al., a.a.O., S. 231-250.
- [17] Bundesministerium für Bildung und Forschung (2017): <https://www.bmbf.de/de/innovationen-fuer-die-produktion-dienstleistung-und-arbeit-von-morgen-599.html>, vom 01.02.17.
- [18] Castells, M. (1996): The Rise of the Network Society. The Information Age: Economy, Society and Culture Vol. I. Malden, MA; Oxford, UK.
- [19] Drucker, P. F. (1969): The Age of Discontinuity. Guidelines to our changing society. Oxford.
- [20] Flecker, J. (2016): Leistung und Inklusion in kommerzialisierten Dienstleistungen und fragmentierter Beschäftigung. In: Austrian Journal of Political Science, Vol 45, Issue 1, open access: <http://oezp.at/>.
- [21] Flecker, J.; Schultheis, F.; Vogel, B. (Hrsg.) (2014): Im Dienste öffentlicher Güter. Metamorphosen der Arbeit aus der Sicht der Beschäftigten. Berlin.
- [22] Fraunhofer-Gesellschaft (2014): Fraunhofer-Magazin >>Weiter.vorn<< Zeitschrift für Forschung, Technik und Innovation. München.
- [23] Frey, C.B.; Osborne, M.A. (2013): The Future of Employment: How susceptible are jobs to computerisation? Oxford Martin School Working paper, Oxford.
- [24] Funken, Ch.; Schulz-Schaeffer, I. (Hrsg.) (2008): Digitalisierung der Arbeitswelt. Zur Neuordnung formaler und informeller Prozesse in Unternehmen. Wiesbaden.
- [25] Greenan, N.; Kocoglu, Y.; Walkowiak, E.; Cszimadia, P.; Makó, C. (2009): The role of technology in value chain restructuring. Leuven.
- [26] Hielscher, V.; Kirchen-Peters, S.; Sowinski, Ch. (2015): Technologisierung der Pflegearbeit? Wissenschaftlicher Diskurs und Praxisentwicklung in der stationären und ambulanten Langzeitpflege. In: Pflege & Gesellschaft, 20. Jg., 2015, H1, S. 5-19.
- [27] Hülsken-Giesler, M.; Krings, B.-J. (2015): Technik und Pflege in einer Gesellschaft des langen Lebens – Einführung in den Schwerpunkt. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 24(2015)2, S. 4-1.
- [28] Huws, U. (Hrsg.) (2006): The transformation of work in a global economy: towards a conceptual framework. Leuven.

- [29] Huws, U. (Hrsg.) (2007): *The Spark in the Engine: Creative Workers in the Global Economy*, Volume 1, No1 of *Work organisation, labour & globalization*.
- [30] Huws, U.; Dahlmann, S.; Flecker, J.; Holtgrewe, U.; Schönauer, A.; Ramioul, M.; Geurts, K. (2009): *Value chain restructuring in Europe in a global economy*. Leuven.
- [31] Jacobsen, H. (2010): *Strukturwandel der Arbeit im Tertiarisierungsprozess*. In: Böhle, F.; Voß, G. G. (Hrsg.): *Handbuch Arbeitssoziologie*, Wiesbaden, S. 203-228.
- [32] Kern, H.; Schumann, M. (1984): *Ende der Arbeitsteilung? Rationalisierung in der industriellen Produktion*. München.
- [33] Kleemann, F.; Matuschek, I. (2008): *Informalisierung als Komplement der Informatisierung von Arbeit*. In: Funken, Ch.; Schulz-Schaeffer (Hrsg.): *Digitalisierung der Arbeitswelt. Zur Neuordnung formaler und informeller Prozesse in Unternehmen*. Wiesbaden, S. 43-67.
- [34] Kratzer, N. (2001): *Arbeitskraft in Entgrenzung. Grenzenlose Anforderungen, erweiterte Spielräume, begrenzte Ressourcen*. Berlin.
- [35] Krings, B.-J. (2007): *Die Krise der Arbeitsgesellschaft. Einführung in den Schwerpunkt*. In: *Technikfolgenabschätzung, Theorie und Praxis*, Nr. 2, 16. Jg., S. 4-15.
- [36] Krings, B.-J. (Hrsg.) (2011): *Introduction*. In: Krings, B.-J. (Hrsg.): *Brain Drain or Brain Gain? Changes of Work in Knowledge-based Societies*. Berlin, S. 11-29.
- [37] Krings, B.-J. (2013): *Arbeit und Technik*. In: Grunwald, A. (Hrsg.): *Handbuch Technikethik*. Stuttgart, S. 217-222.
- [38] Lott, Y. (2016): *Fördert die Digitalisierung Geschlechtergleichheit?* In: *Digitalisierung der Arbeitswelt!? Mitbestimmungs-Report Nr. 24*, Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf, S. 7-8.
- [39] Mahnkopf, B. (Hrsg.) (2003): *Grenzen der Globalisierung. Ökonomie, Ökologie und Politik in der Weltgesellschaft*. Münster.
- [40] Manzei, A. (1999): *Pflegende und Ärzte zwischen High-Tech und Patientenorientierung*. In: *intensiv*, 7, S. 60-65.
- [41] Manzei, A. (2003): *Körper – Technik – Grenzen. Kritische Anthropologie am Beispiel der Transplantationsmedizin*. Münster.
- [42] Manzei, A.; Schmiede, R. (Hrsg.) (2014): *20 Jahre Wettbewerb im Gesundheitswesen. Theoretische und empirische Analysen zur Ökonomisierung von Medizin und Pflege*. Wiesbaden.

- [43] Maschke, M. (2016): Vor welchen Herausforderungen steht die Mitbestimmung im Betrieb 4.0? In: Digitalisierung der Arbeitswelt!?: Mitbestimmungs-Report Nr. 24, Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf, S. 10-12.
- [44] Moniz, A. (2012): Anthropocentric-based robotic and autonomous systems: Assessment for new organisational options. In: Decker, M.; Gutmann, M. (Hrsg.): Robo- und Informationethics: Some Fundamentals. Zürich, Berlin, S. 123-157 (Hermeneutik und Anthropologie Bd. 3).
- [45] Moniz, A.; Krings, B.-J. (2016): Robots working with humans or humans working with robots? Searching for social dimensions in new human-robot interaction in Industry. In: Societies, 6(2016)3, 23 Seiten, open access.
- [46] Moniz, A.; Paulos, M. R.; Bannink, D. (2009): Change processes and methodologies of future perspectives on work, Leuven.
- [47] Noon, M.; Blyton, P.; Morrell, K. (2013): The realities of work – experiencing work and employment in contemporary society. London.
- [48] Pfeiffer, S. (2007): Montage und Erfahrung. Warum Ganzheitliche Produktionssysteme menschliches Arbeitsvermögen brauchen. München, Mering.
- [49] Pfeiffer, S. (2010): Technisierung von Arbeit. In: Böhle, F.; Voß, G.G. (Hrsg.): Handbuch Arbeitssoziologie, Wiesbaden, S. 231-262.
- [50] Pfeiffer, S.; Lee, H.; Zirnig, C.; Suphan, A. (2016): Industrie 4.0 – Qualifizierung 2055 (Studie für Maschinen- und Anlagenbau; <https://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2016-Pfeiffer-Industrie40-Qualifizierung2025.pdf>, vom 21. 02.2017).
- [51] Pfeiffer, S.; Suphan, A. (2015): Der AV-Index. Lebendiges Arbeitsvermögen und Erfahrung als Ressourcen auf dem Weg zu Industrie 4.0. Working paper 2015 #1, Hohenheim.
- [52] Rammert, W.; Schulz-Schäfer, I. (Hrsg.) (2002): Können Maschinen handeln? Soziologische Beiträge vom Verhältnis von Mensch und Technik. Frankfurt a. M., New York.
- [53] Schietinger, M. (2016): Was steckt hinter der Digitalisierung? In: Digitalisierung der Arbeitswelt!?: Mitbestimmungs-Report Nr. 24, Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf, S. 4-5.
- [54] Schilcher, Ch.; Will-Zocholl, M. (2012): Arbeitswelten in Bewegung. Arbeit, Technik und Organisation in der „nachindustriellen Gesellschaft“, Wiesbaden.
- [55] Schmiede, R. (Hrsg.) (1996): Virtuelle Arbeitswelten. Arbeit, Produktivität und Subjekt in der „Informationsgesellschaft“. Berlin.

- [56] Schmitz, W. (2016a): Keine Angst vor Arbeit 4.0. In: VDI-Nachrichten, 25. November 2016, Nr. 47, S. 1.
- [57] Schmitz, W. (2016b): Der neue Kollege. In: VDI-Nachrichten, 25. November 2016, Nr. 47, S. 20-21.
- [58] Schwemmler, M.; Wedde, P. (2012): Digitale Arbeit in Deutschland. Potentiale und Problemlagen. Bericht, Friedrich-Ebert-Stiftung (Hrsg.), Bonn.
- [59] Shire, K. A.; Leimeister, J. M. (2012): Technologiegestützte Dienstleistungsinnovationen in der Gesundheitswirtschaft. Wiesbaden, S. 3-30.
- [60] Soete, L. (2001): ICTs, knowledge work and employment: The challenges to Europe. In: International Labour Review 140(2), S. 143-163.
- [61] Spath, D. (Hrsg.): Arbeitswelten 4.0. Wie wir morgen arbeiten und leben. Beiträge des Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, Stuttgart.
- [62] Stehr, N. (1994): Arbeit, Eigentum und Wissen. Zur Theorie von Wissensgesellschaften. Frankfurt a. M.
- [63] Stehr, N. (1994): Arbeit, Eigentum und Wissen. Zur Theorie von Wissensgesellschaften. Frankfurt a. M.
- [64] Wolter, M.; Mönnig, A.; Hummel, M.; Schneemann, C.; Weber, E.; Zika, G.; Helmrich, R.; Maier, T.; Neuber-Pohl, C. (2015): Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft. Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. IAB-Forschungsbericht 8/2015, IAB (Hrsg.), Nürnberg.