SSOAR

Open Access Repository
www.ssoar.info

Digitalisierung und Polarisierung: eine Literaturstudie zu den Auswirkungen des digitalen Wandels auf Sozialstruktur und Betriebe

Staab, Philipp; Prediger, Lena J.

Veröffentlichungsversion / Published Version
Forschungsbericht / research report

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:
Staab, P., & Prediger, L. J. (2019). *Digitalisierung und Polarisierung: eine Literaturstudie zu den Auswirkungen des digitalen Wandels auf Sozialstruktur und Betriebe.* (FGW-Studie Digitalisierung von Arbeit, 19). Düsseldorf: Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung e.V. (FGW). https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-68020-2

Nutzungsbedingungen:
Dieser Text wird unter einer CC BY-NC-ND Lizenz (Namensnennung-Nicht-kommerziell-Keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de

Terms of use:
This document is made available under a CC BY-NC-ND Licence (Attribution-Non Comercial-NoDerivatives). For more Information see:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0

gesis
Leibniz-Institut
für Sozialwissenschaften

Mitglied der
Leibniz-Gemeinschaft

FGW-Studie
Digitalisierung von Arbeit 19
Hartmut Hirsch-Kreinsen, Anemari Karačić (Hrsg.)

Philipp Staab, Lena J. Prediger

Digitalisierung und Polarisierung

Eine Literaturstudie zu den Auswirkungen des digitalen Wandels auf Sozialstruktur und Betriebe

FGW Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung

FGW Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung

Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung (e.V.)
Kronenstraße 62
40217 Düsseldorf

Telefon: 0211 99450080
E-Mail: info@fgw-nrw.de
www.fgw-nrw.de

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

Themenbereich
Digitalisierung von Arbeit - Industrie 4.0
Prof. Dr. Hartmut Hirsch-Kreinsen, Vorstandsmitglied
Anemari Karačić, wissenschaftliche Referentin

Layout
Olivia Pahl, Referentin für Öffentlichkeitsarbeit

Förderung
Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen

ISSN
2510-4101

Erscheinungsdatum
Düsseldorf, Juli 2019

Philipp Staab, Lena J. Prediger

Digitalisierung und Polarisierung

Eine Literaturstudie zu den Auswirkungen des digitalen Wandels auf Sozialstruktur und Betriebe

Auf einen Blick

- Die soziale Polarisierungsbewegung, die im Zeichen der fortschreitenden Digitalisierung in der Öffentlichkeit befürchtet wird, ist bereits seit Jahrzehnten real.
- Eine Fortsetzung dieser Bewegung ist mit oder ohne fortschreitende Digitalisierung wahrscheinlich. Makrodynamiken wie die Globalisierung und Finanzialisierung der Ökonomie, die fortschreitende Tertiarisierung des Arbeitsmarktes sowie vorhandene institutionelle Filtermechanismen deuten in die Richtung einer zwar nicht extrem schnellen, einstweilen aber ungebrochenen Polarisierungsbewegung.
- Bei beschleunigter Digitalisierung wäre davon auszugehen, dass sich diese Dynamik durch die Veränderungen des Arbeitsmarktes, die schneller eintreten, als sie bewältigt werden können, weiter verschärfen würde.
- Die betriebliche Ebene erscheint uns dabei als entscheidende Vermittlungsinstanz, die die sozialverträgliche Bearbeitung eines beschleunigten digitalen Wandels zu moderieren hätte.

Abstracts

Digitalisierung und Polarisierung – Eine Literaturstudie zu den Auswirkungen des digitalen Wandels auf Sozialstruktur und Betriebe

In jüngerer Vergangenheit ist eine vitale Debatte um den Zusammenhang zwischen der Digitalisierung der Arbeit und der Polarisierung der Sozialstruktur entstanden. Dabei stehen sich Studien zu Makroentwicklungen sozialer Ungleichheit und Befunde zu Veränderungen betrieblicher Sozialstrukturen (Mikroebene) bisher unverbunden gegenüber. Die vorliegende Metastudie versucht daher, die Brücke zwischen diesen beiden Forschungsfeldern zu schlagen. Über eine umfassende Literaturauswertung kommen wir zu dem Schluss, dass die soziale Polarisierungsbewegung, die im Zeichen der fortschreitenden Digitalisierung in der Öffentlichkeit befürchtet wird, bereits seit Jahrzehnten real und ihre Fortsetzung mit oder ohne fortschreitende Digitalisierung wahrscheinlich ist. Von einer beschleunigten Digitalisierung könnten gleichwohl Impulse für eine weitere Verschärfung dieser Dynamik ausgehen.

Digitalization and polarization – A literature study on the effects of digital change on social structure and companies

In recent past a vital debate on the connection of the digitalization of work and the polarization of the social structure has emerged. Up to now studies on the development of social inequality on the societal macro level on one hand and those that look into the changes of social structure on the micro level of companies on the other hand have not been systematically linked. Therefore, this meta study tries to lay a bridge across these two fields of research. By means of an extensive analysis of the available literature we conclude that social polarization has been a reality for decades and will continue to progress with or without digital change. Nonetheless a digitalization that accelerates could lead to worsening of this dynamic.

Inhalt

Inhalt ... **iii**

Abbildungsverzeichnis ... **v**

Tabellenverzeichnis ... **v**

Abkürzungsverzeichnis ... **vi**

1 Einleitung ... **1**

2 Begriffe ... **4**

3 Methodisches Vorgehen ... **6**

4 Gesellschaftliche Ebene ... **7**

4.1 Soziale Polarisierung hat viele Triebfedern ... 7

4.2 Digitale Technologie als transversale Kategorie ... 9

4.3 Effekte der Digitalisierung auf die Sozialstruktur ... 10

4.3.1 Digitalisierung und Beschäftigungsverluste ... 12

4.3.2 Digitalisierung und die Polarisierung der Berufsstruktur ... 28

4.3.3 Digitalisierung und Lohnungleichheit ... 37

4.4 Zwischenfazit ... 39

5 Betriebliche Ebene ... **41**

5.1 Allgemeine Diagnosen und Prognosen zur Digitalisierung der Arbeit ... 41

5.1.1 Sektorenübergreifende Studien ... 41

5.1.2 Digitaler Taylorismus ... 46

5.1.3 Kybernetische Kontrolle ... 49

5.1.4 Crowdwork ... 50

5.1.5 Digitalisierung und Management ... 55

5.2 Sekundärer Sektor ... 59

5.2.1 Allgemeine Diagnosen und Prognosen zu industrieller Arbeit ... 68

5.2.2 Industrielle Einfacharbeit ... 75

5.2.3 Industrielle Facharbeit ... 84

5.2.4 Akademische Arbeit in der Industrie ... 114

5.2.5 Baugewerbe ... 118
5.2.6 Zwischenfazit Industrie ... 121
5.3 Tertiärer Sektor ... 122
5.3.1 Branchenübergreifende Studien zum Dienstleistungssektor ... 123
5.3.2 Handel ... 127
5.3.3 Logistik ... 133
5.3.4 Büroarbeit und Verwaltung ... 142
5.3.5 Information und Kommunikation ... 147
5.3.6 Finanzdienstleistungen ... 153
5.3.7 Gesundheits- und Sozialwesen ... 161
5.3.8 Erziehung und Unterricht ... 176
5.3.9 Gastgewerbe ... 180
5.3.10 Zwischenfazit Dienstleistungen ... 182
5.4 Bedingungen der Polarisierung ... 183
5.4.1 Gestaltungsoffenheit technologischer Entwicklungen ... 183
5.4.2 Bedingungen der Polarisierung auf der betrieblichen Ebene ... 186
5.4.3 Handlungsempfehlungen ... 188
6 Fazit ... 190
7 Literatur ... 192
8 Über die Autor_innen ... 233

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Auswirkungen der Digitalisierung im Wirtschaft-4.0-Szenario des Jahres 2035 im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion – nach Regionen 22

Abbildung 2: Beschäftigungseffekt der beschleunigten Digitalisierung 24

Abbildung 3: Automatisierungswahrscheinlichkeit und Bildungsniveau 30

Abbildung 4: Substituierbarkeitspotenzial nach Anforderungsniveau 31

Abbildung 5: Zahl der Erwerbstätigen nach Anforderungsniveaus im Wirtschaft-4.0-Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion 33

Abbildung 6: Veränderung der Beschäftigung in den Anforderungsniveaus unter Verwendung verschiedener Ersetzbarkeitsmaße im Jahr 2025 34

Abbildung 7: Beschäftigungspolarisierung 2011-2016 36

Abbildung 8: Entwicklung der Löhne 2011-2016 38

Abbildung 9: Entwicklung betrieblicher Tätigkeitsstrukturen zwischen 2014 und 2015 44

Abbildung 10: Anteile an Betrieben mit unterschiedlichen Entwicklungen in den Tätigkeitsstrukturen in den Jahren 2014 und 2015 45

Abbildung 11: Entwicklungsszenarien zur Zukunft digitaler Arbeit in der Industrie 63

Abbildung 12: Roadmap zur zukünftigen Entwicklung der Dienstleistungsbranche im Kontext digitaler Arbeit bis 2030 126

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kategorisierung von *Crowdwork* 51

Tabelle 2: Zukunftsbilder industrieller Arbeit 65

Tabelle 3: Beschreibungsdimensionen für die Auswirkungen digitaler Technologien auf industrielle Arbeit 67

Tabelle 4: Entwicklungspfade industrieller Einfacharbeit 79

Tabelle 5: Einschätzung der Veränderungsrichtung von Qualifikationserfordernissen durch Expert_innen in der Studie von Windelband et al. 2010 109

Tabelle 6: Auswirkungen des Technologieeinsatzes im Groß- und Einzelhandel 130

Tabelle 7: Zukunftsbilder für Arbeit in Büros 146

Tabelle 8: Auswirkungen von Industrialisierung und Internetisierung auf die Arbeit und Beschäftigung bei Banken und Versicherungen 155

Abkürzungsverzeichnis

AAL	*Ambient Assisted Living*
acatech	Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
AGV	Arbeitgeberverband
AIS	Arbeits- und Industriesoziologie
AV-Index	Arbeitsvermögensindex
BA	Bundesagentur für Arbeit
BaFin	Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht
BAQ	Forschungsinstitut für Beschäftigung Arbeit Qualifikation
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumentwicklung
BDI	Bundesverband der deutschen Industrie
BDPEMS	Berlin Doctoral Program in Economics and Management Science
BGW	Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege
BIBB	Bundesinstitut für Berufsbildung
BIM	*Building Information Modeling*
Bitkom	Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BTQ	Beratungsstelle für Technologiefolgen und Qualifizierung
CAD	*Computer-Aided Design*
CNC	*Computerized Numerical Control*

CPS	Cyberphysische Systeme
CRM	*Customer Relationship Management*
Destatis	Statistisches Bundesamt
DGB	Deutscher Gewerkschaftsbund
DGfE	Deutsche Gesellschaft für Erziehungswissenschaft
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EHI	Euro Handelsinstitut
ERP	*Enterprise Ressource Planning*
Eurofound	Europäische Stiftung zur Verbesserung der Lebens- und Arbeitsbedingungen
Eurostat	Statistisches Amt der Europäischen Union
FAZ	Frankfurter Allgemeine Zeitung
f-bb	Forschungsinstitut Betriebliche Bildung
FES	Friedrich-Ebert-Stiftung
FIT	Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik
Fraunhofer IAO	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
Fraunhofer IML	Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik
GDV	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft
GI	Gesellschaft für Informatik
GMA	VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik
GPS	Globales Positionsbestimmungssystem
GWS	Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung
HBS	Hans-Böckler-Stiftung
HFD	Hochschulforum Digitalisierung
HFT	*High Frequency Trading*
IAB	Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung

IAQ	Institut Arbeit und Qualifikation
IAW	Institut Arbeit und Wirtschaft
IdD	Internet der Dinge
ifaa	Institut für angewandte Arbeitswissenschaft
iit	Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
INQA	Initiative Neue Qualität der Arbeit
ISF	Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.
iso-Institut	Institut für Sozialforschung und Sozialwirtschaft
IT	Informationstechnik
ITA	Institut für Technikfolgenabschätzung
IuK	Information und Kommunikation
IW	Institut der deutschen Wirtschaft
IZA	Forschungsinstitut zur Zukunft der Arbeit
KI	Künstliche Intelligenz
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KMK	Kultusministerkonferenz
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LLP	*Linked Personal Panel*
MDK	Medizinischer Dienst der Krankenversicherung
MGI	McKinsey Global Institute
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik
MOOC	*Massive Open Online Course*
NBIMS	National Building Information Model Standard Project Committee
NGG	Nahrung, Genuss, Gaststätten
OER	*Open Educational Resources*

PwC	Pricewaterhouse-Coopers
QPE	Qualifizierungspanel Ersetzbarkeitsindex
QuBe	BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektion
RBTC	*Routine Biased Technical Change*
RFID	*Radio-Frequency Identification*
SBTC	*Skill Biased Technical Change*
SOEP	Sozio-oekonomisches Panel
TAB	Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag
TU	Technische Universität
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
WP	Wertpapier
WSI	Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliches Institut
ZEW	Zentrum für europäische Wirtschaftsforschung

1 Einleitung

Seit einigen Jahren wird in Deutschland eine aufgeregte Debatte um die Effekte des technologischen Wandels für soziale Ungleichheit geführt, der zufolge eine neue Welle von Automatisierungsmaßnahmen in verschiedenen Branchen sowie eine veränderte Nachfrage nach Arbeitskraft zu einer Polarisierung der Sozialstruktur führen sollen (vgl. Staab 2017). Im Verdacht stehen ausgerechnet jene digitalen Technologien, die unter dem Schlagwort einer *Industrie 4.0* oder gar *Wirtschaft 4.0* doch eigentlich die entscheidenden Treiber der Verjüngung des deutschen Produktionsmodells und die Antwort des Hochtechnologiestandorts Deutschland auf die Digitalisierung der Weltwirtschaft sein sollen. Falls Algorithmen und Roboter immer mehr Tätigkeiten ganz oder teilweise ersetzen, wer wird dann zu den Gewinner_innen und wer zu den Verlierer_innen dieses Strukturwandels zählen? Wird der Arbeitsmarkt etwaige Verliererpopulationen absorbieren können oder steht uns eine Welle „technologischer Arbeitslosigkeit“ (Keynes 1930, S. 140) bevor? Werden die Mittelschichten im Sturm der technischen Erneuerung Schiffbruch erleiden (vgl. Collins 2014) und nur mehr technische Expert_innen und abgehängte Einfacharbeiter_innen übrigbleiben?

Die Konjunktur, die derartige Fragen im Kontext der Digitalisierung entwickelt haben, ist nur vor dem Hintergrund einer grundsätzlichen Nervosität der Öffentlichkeit hinsichtlich dieses Themas zu verstehen, die weit tiefer reicht als die Debatte um den technologischen Wandel der Gegenwart. Die deutsche Sozialstruktur hat sich – wie in den meisten anderen Gesellschaften der OECD-Welt auch – in den vergangenen 50 Jahren von einem um eine stabile Mitte sortierten Ensemble zu einer zunehmend polarisierten Konstellation mit spezifischen Gewinner- und Verliererpopulationen entwickelt. Mit Leichtbaurobotern, (vermeintlich) selbstfahrenden Automobilen und mysteriösen ‚künstlichen Intelligenzen‘ findet also womöglich nur eine nachholende Thematisierung jener Dynamik statt, die die Bundesrepublik der vergangenen 20 Jahre in der Erfahrung vieler Menschen als eine „Abstiegsgesellschaft“ (Nachtwey 2016) haben erscheinen lassen.

Damit ist freilich noch nichts über die realen Effekte der Digitalisierung auf soziale Ungleichheit in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft gesagt oder gar in Abrede gestellt, dass es solche gibt und geben wird. Versucht man allerdings, hinsichtlich dieser Frage empirische Orientierung zu gewinnen, stößt man zunächst ausgerechnet auf jene Studien, die die beschriebene Nervosität erst erzeugt haben bzw. in deren Fahrwasser andere Arbeiten ähnlichen Typs bemüht sind, durch optimistische Gegenprognosen weniger dramatische Töne anzuschlagen. Mit erheblichem statistischem Aufwand wird versucht, die Arbeitsgesellschaft der Zukunft zu modellieren, wobei hochgradig konträre Optionsräume skizziert werden: Von der Radikalisierung technologischer Arbeitslosigkeit bis zu Perspektiven allgemeinen Profits für breite Bevölkerungsschichten scheint im Scheinwerferlicht der blühenden ‚Forecastindustrie‘ alles möglich.

In Absehung von den ökonomischen Interessen, die hierbei im Spiel sind, lässt sich diese Situation ganz nüchtern als Ausweis des Umstandes interpretieren, dass man womöglich diagnostisch

zu früh zu viel gewollt hat: Eine ökonomisch-technologische Revolution auszurufen und zugleich ihre langfristigen Effekte zu kartieren überfordert ganz offensichtlich das wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Programm.

Gleichzeitig ist die Forecastwelt freilich nicht die einzige Domäne, in der der Zusammenhang von technologischem Wandel und sozialer Ungleichheit thematisiert wird. Die Sozialstrukturanalyse etwa widmet sich seit geraumer Zeit der Beobachtung dieses Zusammenhangs in retrospektiver Betrachtung. Die Arbeits- und Industriesoziologie bildet eine weitere Disziplin, die sich von jeher mit dem Zusammenhang von technologischem Wandel und sozialer Ungleichheit befasst. Ihrem Kernprogramm zufolge bilden Arbeitskontrolle und Automatisierung den Ausgangpunkt für Veränderungen betrieblicher Sozialstrukturen, die letztlich auch die Neusortierung sozialer Ungleichheit auf gesamtgesellschaftlicher Ebene stark beeinflussen (vgl. Brose 1998; Vester 1998). Gerade in der Arbeits- und Industriesoziologie hat das große politische und öffentliche Interesse an der laufenden digitalen Transformation zu einer Revitalisierung jenes technologieorientierten empirischen Programms geführt, das die Hochzeit der Disziplin in den 1970er- und 1980er-Jahren prägte. Dabei sind zahlreiche empirisch tiefe Fallstudien entstanden, die allerdings bisher in keinen systematischen Zusammenhang zur übergeordneten Fragestellung, welche gesellschaftlichen Effekte in den beobachteten betrieblichen Transformationen womöglich angelegt sind, gebracht wurden.

An dieser Stelle setzt die vorliegende Studie an. Sie will die Debatten aus der Forecastwelt, der Sozialstrukturanalyse und der Arbeits- und Industriesoziologie zusammenführen, um der Frage nachzugehen, ob sich aus der Zusammenschau dieser Befunde so etwas wie eine übergeordnete Linie hinsichtlich des Zusammenhangs von Digitalisierung und sozialer Ungleichheit herausschälen lässt. Die unterschiedlichen Perspektiven auf das Feld scheinen uns dabei besonders hinsichtlich der systematischen Verbindung der von der Arbeit- und Industriesoziologie beobachteten betrieblichen *Mikroebene* und der in der Sozialstrukturanalyse und im Forecastspektrum abgebildeten *Makroeffekte* des technologischen Wandels auf soziale Ungleichheit vielversprechend. Über eine umfassende Literaturstudie ist unser Ziel daher, die Verbindung zwischen der betrieblichen Realität und den gesamtgesellschaftlichen Effekten des digitalen Wandels so explizit zu machen, wie es die Empirie zulässt. Im Kern dieses analytisch durchaus riskanten Vorhabens steht die Fragestellung: Führt die Digitalisierung der Ökonomie zu einer Polarisierung der Sozialstruktur?

Wir nähern uns dieser Frage in mehreren Schritten. Nach einer Klärung der zentralen Begriffe (2) und der Darlegung unseres methodischen Vorgehens (3) wenden wir uns den Befunden zum Zusammenhang von Digitalisierung und Polarisierung auf der Makroebene zu (4). Anschließend widmen wir uns über eine Vollerhebung der zum deutschen Fall produzierten Befunde der betrieblichen Mikroebene (5). Wir sortieren die vorliegenden Studien in unserer Darstellung nach Wirtschaftssektoren und gehen zunächst auf die Industrie, dann auf den Dienstleistungssektor ein.

In der Gesamtschau der in den vergangenen Jahren zum Thema produzierten empirischen Befunde entsteht dabei kein widerspruchsfreies Bild der sozialstrukturellen Effekte der Digitalisierung auf betrieblicher und gesellschaftlicher Ebene. Gleichwohl liefert unsere Studie zum einen eine möglichst umfassende Kartierung der Debattenlage. Zum anderen lassen sich aus der Querbetrachtung aller das Feld kennzeichnenden Studien einige systematische Aussagen zum Zusammenhang von Digitalisierung und sozialer Polarisierung destillieren, die wir im Folgenden bereits zusammenfassen:

- Die soziale Polarisierungsbewegung, die im Zeichen der fortschreitenden Digitalisierung in der Öffentlichkeit befürchtet wird, ist bereits seit Jahrzehnten real.
- Eine Fortsetzung dieser Bewegung ist mit oder ohne fortschreitende Digitalisierung wahrscheinlich. Makrodynamiken wie die Globalisierung und Finanzialisierung der Ökonomie, die fortschreitende Tertiarisierung des Arbeitsmarktes sowie vorhandene institutionelle Filtermechanismen deuten in die Richtung einer zwar nicht extrem schnellen, einstweilen aber ungebrochenen Polarisierungsbewegung.
- Bei beschleunigter Digitalisierung wäre davon auszugehen, dass sich diese Dynamik durch die Veränderungen des Arbeitsmarktes, die schneller eintreten, als sie bewältigt werden können, weiter verschärft würde.
- Die betriebliche Ebene erscheint uns dabei als entscheidende Vermittlungsinstanz, die die sozialverträgliche Bearbeitung eines beschleunigten digitalen Wandels zu moderieren hätte.

2 Begriffe

Bevor wir uns der Empirie zuwenden, sind einige Worte zu den zentralen analytischen Begriffen der Studie angebracht: Unter **Digitalisierung** verstehen wir die Durchsetzung und Verbreitung neuerer Informations- und Kommunikationstechnologien in den Arbeitswelten der Gegenwart. Wie auch die in den nächsten Kapiteln folgenden Analysen zeigen, werden der Begriff der Digitalisierung und verwandte Konzepte wie ‚Informationstechnologien', das Suffix ‚4.0' oder das Präfix ‚Smart' zur Bündelung eines recht diversen Sets von Technologien verwendet. Analytische Unterscheidungen werden allerdings quer durch die von uns untersuchte Literatur in Form einer Stufenhierarchie – mal impliziter, mal expliziter – mitgeführt. Demnach sind im Rahmen der fortschreitenden Digitalisierung IT-gestützte ‚3.0-Technologien', wie Computer oder Robotik, von IT-integrierten ‚4.0-Technologien', etwa Big-Data-Anwendungen, *Cloud-Computing* und Internetplattformen, zu unterscheiden. Wir beziehen in unsere Auswertung Studien zu diesen beiden Technologiekomplexen mit ein.

Infobox: 3.0-Technologien und 4.0-Technologien

3.0-Technologien sind indirekt gesteuert und IT-gestützt: Bei diesen Arbeitsmitteln übernimmt die Technik einen Großteil der Arbeit, der Mensch ist nur indirekt tätig. z. B. CNC-Maschinen, Industrieroboter, Computer, Terminals, elektronische Kassen oder CAD-Systeme

4.0-Technologien sind selbststeuernd und IT-integriert: Bei diesen Arbeitsmitteln übernimmt die Technik Arbeitsprozesse weitestgehend selbstständig und automatisch. z. B. cyberphysische Systeme, Internet der Dinge, Analysetools mit *Big Data*, Cloud-Computing-Systeme, Internetplattformen, Onlinemärkte

Quelle: Eigene Darstellung nach Arntz et al. 2018, S. 17

Unter dem Label der **Polarisierung** der Sozialstruktur werden innerhalb der Sozialstrukturanalyse und der Arbeitsforschung, aber auch im allgemeinen Sprachgebrauch und im politischen Diskurs unterschiedliche Aspekte der Entwicklung sozialer Ungleichheit thematisiert. So hat beispielsweise die Arbeits- und Industriesoziologie in Deutschland verschiedentlich eine Polarisierung betrieblicher Sozialstrukturen diagnostiziert, von der man in aggregierter Form erwartete, dass sie auch einer Polarisierung zwischen Berufsgruppen auf dem Arbeitsmarkt zuspielen könnte. Die Sozialstrukturanalyse dagegen setzt meist auf aggregiertem Niveau mit quantitativen Vermessungen an, nutzt dabei aber verschiedene Zugänge. Im Zentrum steht dabei in der Regel ebenfalls die Beobachtung von Veränderungen innerhalb (nationaler) Berufsstrukturen mit aggregierten Berufsklassen etwa in Form von Qualifikationen oder Löhnen. Davon sind etwa Studien aus dem Bereich der Makroökonomie zu unterscheiden, die sich vornehmlich auf die Verteilung von Vermögen bzw. zwischen Vermögen und Einkommen beziehen (vgl. z. B. Piketty

2014). Wir konzentrieren uns in unserer Studie auf jene Arbeiten zum Spektrum der Berufsstruktur, da die unter dem Stichwort der Digitalisierung verhandelten Phänomene empirisch an dieser Stelle unmittelbar ansetzen. Von Polarisierung sprechen wir in diesem Kontext dann, wenn sich in Längsschnittperspektive spezifische Gruppen am oberen bzw. unteren Rande der Berufsstruktur voneinander entfernen oder die Mittelschicht im Verhältnis zu oberen und unteren Schichten abnimmt.[1]

[1] Wir sehen dabei von einigen systematischen Differenzierungen ab, die innerhalb der Sozialstrukturanalyse zu diesem Thema diskutiert werden. So verstehen wir sowohl den Rückgang mittelqualifizierter Stellen im Verhältnis zu niedrig- und hochqualifizierten Stellen als Polarisierung als auch eine Vermehrung hochqualifizierter Stellen bei gleichzeitigem Anstieg von Arbeitslosigkeit. Letzteres wird innerhalb der Sozialstrukturanalyse in der Regel als Aufwertung (*Upgrading*) diskutiert.

3 Methodisches Vorgehen

Die vorliegende Arbeit ist als Metastudie konzipiert, d. h. wir versuchen, den Stand der Forschungsliteratur so umfassend wie möglich darzustellen[2], um nach Übereinstimmungen hinsichtlich des Zusammenhangs von Digitalisierung und sozialer Ungleichheit zu suchen und diese darzustellen. Alles in allem basiert unsere Studie auf der Auswertung von 580 Veröffentlichungen, darunter empirische Studien, statistische Prognosen und einige optimistische Konzeptpapiere. Der größte Teil der Arbeiten ist dem Feld der Arbeits- und Industriesoziologie zuzurechnen.

Wir haben uns, wie einleitend bereits bemerkt, auf zwei Ebenen von Diagnosen und Prognosen zum Sachverhalt konzentriert: Die gesellschaftliche Makroebene des Zusammenhangs zwischen Digitalisierung und sozialer Ungleichheit (vgl. Kapitel 4) vermessen wir zum einen im Bereich von Studien der soziologischen Sozialstrukturanalyse. Zum anderen analysieren wir jüngere Ergebnisse der ‚Forecastindustrie', die ambitionierte (und, wie wir zeigen werden, methodisch durchaus problematische) Prognosen zum Zusammenhang von digitalen Technologien und sozialer Polarisierung produziert.

Anschließend widmen wir uns der betrieblichen Mikroebene (vgl. Kapitel 5) über den Versuch einer Gesamtschau der arbeits- und industriesoziologischen Studien zum Zusammenhang von Digitalisierung und betrieblichen Entwicklungen ab 2011 – dem Jahr, in dem der Begriff der Industrie 4.0 aus der Taufe gehoben wurde.

Beide Ebenen – gesellschaftliche und betriebliche – werden hiernach im Fazit in Kapitel 6 zusammengeführt.

[2] Selbstverständlich können wir trotz aller Bemühungen die Vollständigkeit nicht garantieren.

4 Gesellschaftliche Ebene

Lange vor der aktuell heiß diskutierten Verbreitung digitaler Technologien kam es in Deutschland zur Aufwertung und Erweiterung höher qualifizierter und akademischer Berufe in oberen Einkommensschichten und zur Abwertung zahlreicher mittlerer und gering qualifizierter Tätigkeiten mit Verfestigungen am unteren Rand der Berufsstruktur. Ob von einer schwindenden Mittelschicht gesprochen werden kann, ist zwar umstritten (vgl. Grabka/Frick 2008; Goebel et al. 2010; Enste et al. 2011; Noll/Weick 2011; Mau 2012; Eichhorst et al. 2015), doch die Tendenz zur gesellschaftlichen Polarisierung mit systematischen Gewinner- und Verliererpopulationen gibt es, seit die Automatisierungsprozesse Mitte der 1970er im industriellen Sektor zum Abbau von Einfacharbeit bei gleichzeitiger Aufwärtsbewegung in mittleren Qualifikationsniveaus führten (vgl. Kern 1998). Auch im Dienstleistungssektor bewirkten unterschiedliche Faktoren verstärkt seit den 1980er-Jahren eine fortschreitende soziale Polarisierung zwischen Gewinner_innen und Verlierer_innen des ökonomischen Strukturwandels (vgl. Staab 2014; Bahl/Staab 2015) – insbesondere zwischen den akademischen ‚Dienstklassen' (vgl. Erikson/Goldthorpe 1993) und dem in einfachen Dienstleistungen beschäftigten ‚Dienstleistungsproletariat' (vgl. Blossfeld et al. 2009; Staab 2014; Oesch 2006; Hertel 2017).

Der mit diesen Phänomenen zusammenhängende Anstieg der Lohnungleichheit in Deutschland seit Mitte der 1990er-Jahre wurde in der sozialwissenschaftlichen Literatur vielfach besprochen und dokumentiert (vgl. z. B. Kohn 2006; Gernandt/Pfeiffer 2006; Giesecke/Verwiebe 2008; Dustmann et al. 2009; Möller 1998; Fitzenberger 2012; Biewen/Juhasz 2012). Der Gini-Koeffizient[3] ist in Westdeutschland zwischen 1993 und 2006 von 0,26 auf 0,31 angestiegen. Der Bevölkerungsanteil, der mit weniger als 60 Prozent des Medianeinkommens auskommen muss, stieg in dieser Zeit von 12 auf 15 Prozent (vgl. Pfaller 2012).

4.1 Soziale Polarisierung hat viele Triebfedern

In dieser Hinsicht ist Polarisierung zwar hochaktuell, aber zugleich ein alter Hut. Digitale Technologien wirken auf die Ungleichheitsverhältnisse ein, sind jedoch keineswegs der einzige Faktor und, folgt man der Debatte um soziale Ungleichheit, auch nicht der dominierende. Für gesellschaftliche Polarisierung gibt es unterschiedliche Erklärungsansätze. Folgende Dynamiken können als relativ etablierte Theoreme gelten:

Globalisierung

Von wirtschaftlichen Globalisierungsprozessen sind in den Kernländern der OECD-Welt unterschiedliche Bevölkerungsgruppen in verschiedener Weise betroffen (vgl. Flassbeck/ Steinhardt 2018). Akademische Berufsgruppen profitieren vielfach, während am unteren Ende der Berufsstruktur Stellen in andere Weltregionen verlegt werden (vgl. z. B. Blinder 2009) und Löhne durch

[3] Der Gini-Koeffizient ist ein statistisches Maß zur Darstellung der gesellschaftlichen Ungleichverteilung von Einkommen und Vermögen.

die neue globale Konkurrenz in Form eines globalen „Reservearmeemechanismus“ (Butollo 2016) unter Druck geraten.

Finanzialisierung und ökonomische Krisen

Die Verschiebung der Wertschöpfungsschwerpunkte weg vom industriellen Sektor und hin zum Finanzmarkt (vgl. Windolf 2005) schöpft Ressourcen aus der ‚Realwirtschaft‘ ab, die dort nicht mehr für die üblichen Kanäle der Umverteilung und zur Distribution in Form von Löhnen zur Verfügung stehen (vgl. Piketty 2014). Dies erhöht den Druck auf die unteren Einkommen, während höhere Einkommen aufgrund besserer Marktpositionen weniger stark unter Druck geraten.

Auch Marktzusammenbrüche wie der *Dotcom Bust* des Jahres 2000 und die Finanzmarkt- und spätere Staatsschuldenkrise ab 2008 gelten zu Recht als Beschleuniger sozialer Polarisierung. In ökonomischen Krisen wird Kapital vernichtet, das nicht mehr für Löhne oder ungleichheitslindernde Transfers verwendet werden kann. Zudem traf die Subprimekrise von 2008 in den USA vor allem die Mittelschichten und setzte dort eine Dynamik sozialen Abstiegs in Gang, die die gesamtgesellschaftliche Polarisierungsbewegung weiter förderte.

Tertiarisierung

Die Verschiebung der Beschäftigungsschwerpunkte in den Kernländern der OECD-Welt, weg vom industriellen und hin zum Dienstleistungssektor, die sich verstärkt seit den frühen 1980er-Jahren beobachten lässt, verringert die gesamtgesellschaftlichen Produktivitätsgewinne. Viele Dienstleistungstätigkeiten sind von einer relativen Rationalisierungsresistenz geprägt, sie erzielen nur geringe Produktivitätsfortschritte (vgl. Fourastié 1954; Baumol/Bowen 1968; Baumol 2013). Vor allem in geringqualifizierten Dienstleistungsberufen hat dies zu Reallohnstagnation bzw. Reallohnverlusten geführt (vgl. Senftleben-König/Wieland 2014). Gleichzeitig stehen den Absteigerpopulationen der Dienstleistungsgesellschaft vermehrt tertiäre Funktionseliten in akademischen Berufen und Managerpositionen gegenüber (vgl. Oesch 2015). So trägt auch die ungleiche tertiäre Berufsstruktur ihren Teil zur gesellschaftlichen Polarisierung bei.

Institutionelle Faktoren

Vermittelt werden jüngere Verteilungskonflikte wie Globalisierung, Finanzialisierung und Tertiarisierung durch institutionelle Faktoren: die gerade im tertiären Sektor nach wie vor schwindende Macht der Gewerkschaften, spezifische Steuer- und Bildungspolitiken sowie wohlfahrtstaatliche Transferstrategien – Faktoren, die je nach Zuschnitt soziale Polarisierung in einem komplexen Zusammenspiel moderierten oder beförderten und sie zumindest innerhalb eines Großteils der OECD-Welt nicht verhindern konnten.

Technologischer Wandel

Der technologische Wandel, der aktuell unter dem Begriff der Digitalisierung diskutiert wird, wird vielfach mit einer fortschreitenden Automatisierung assoziiert, die niedrig- und mittelqualifizierte Berufsgruppen ungleich schwerer treffen soll als höherrangige. Abstiegsdynamiken im Bereich der Einfach- und Routinearbeit stünden dann in Zukunft der stärkeren Resilienz der meisten akademischen Berufsgruppen gegenüber.

4.2 Digitale Technologie als transversale Kategorie

In einem weniger hermetischen Verständnis von Digitalisierung bilden Informations- und Kommunikationstechnologien freilich auch die systematische Schnittmenge der gerade genannten Triebfedern sozialer Polarisierung. Beim technologischen Wandel der Produktionsapparate ist dies am offensichtlichsten: Technologische Rationalisierungsstrategien basieren über alle Sektoren und Branchen hinweg seit den 1970er-Jahren auf digitalen Basistechnologien (Chips, Halbleiter, Sensorik etc.) (vgl. Schiller 2011). Dies gilt für Scanmechanismen an Supermarktkassen genauso wie für KUKA-Roboter in der Automobilproduktion. Die unter dem Begriff der Globalisierung diskutierte weltweite Vernetzung von Wertschöpfungsketten und Erweiterung von Absatzmärkten ist ohne die durch digitale Technologien ermöglichte Echtzeitkommunikation unvorstellbar. Am Finanzmarkt wiederum ist von der Einführung von Geldautomaten über das Onlinebanking bis zum Hochfrequenzhandel die gesamte Renovierung der Infrastruktur seit den 1970er-Jahren digital gewesen – ein wichtiger Grund dafür, dass der Finanzsektor nicht nur als Investor in, sondern auch als wichtigste Quelle der Nachfrage nach digitaler Technologie (vgl. Schiller 2014) den Aufstieg dieses Sektors entscheidend geprägt hat (vgl. Staab 2018, 2019).

Tertiarisierung wird dann wiederum als Sekundäreffekt der durch digitale Automatisierungsprozesse im produzierenden Gewerbe und der durch Globalisierung verursachten Verschiebung von Beschäftigung in Schwellen- und Entwicklungsländer verständlich. Der Ausbau von in der Regel verhältnismäßig rationalisierungs- und globalisierungsresilienter tertiärer Arbeit ist aus dieser Perspektive eine Reaktion auf den Aufstieg der Informations- und Kommunikationstechnologien ab den 1970er-Jahren – weshalb es umso bedeutender ist, wenn heute eine neue Welle ambitionierter Rationalisierungs- und Automatisierungsversuche auf den tertiären Sektor zurollt (vgl. Staab 2017; Staab/Nachtwey 2016). In analytischer Hinsicht stärkt diese Entwicklung folgende Hypothese: Digitalisierung ist als Triebfeder sozialer Ungleichheit eine transversale Kategorie. Institutionelle Faktoren, die die Sortierung sozialer Ungleichheit moderieren, lassen sich aus diesem Blickwinkel auch als Mechanismen des gesellschaftlichen *Copings* mit technologischen Innovationen verstehen.

Fragt man nun unter einer solchen Perspektive auf den Zusammenhang von Digitalisierung und sozialer Ungleichheit nach jenen Dynamiken, die nicht die vergangenen 50 Jahre (1970-2018) bestimmten, sondern vielmehr die jüngere Vergangenheit (2008-2018) und – im Sinne der Extrapolation gegenwärtiger Trends – womöglich die nahe Zukunft prägen, dann stehen vor allem

die Effekte digitaler Technologien auf Arbeit im Fokus. Fortschreitende Automatisierung und Intensivierung der Lohnungleichheit sind zentrale Aspekte der Debatte, auf die wir im folgenden Abschnitt (Kapitel 4.3) eingehen.

4.3 Effekte der Digitalisierung auf die Sozialstruktur

Technologie wirkt auf menschliche Arbeit nicht ahistorisch, sondern technologische Entwicklungen haben die Berufsstruktur, die Qualifikationsanforderungen und schließlich auch die Entlohnung zu verschiedenen Zeiten unterschiedlich beeinflusst (vgl. Oesch 2013, S. 14). Entsprechend haben sich in der wissenschaftlichen Debatte abhängig von der jeweils beobachteten Empirie verschiedene Theorien zum Einfluss der Technologie entwickelt.

In Bezug auf digitale Technologien war in den 1990ern zunächst die *Skill-Biased-Technological-Change*-Hypothese (SBTC) prominent, der zufolge technologischer Fortschritt für die vermehrte Entstehung hochqualifizierter Arbeitsplätze im Verhältnis zu niedrigqualifizierten Jobs sorgt (vgl. Acemoglu/Autor 2011). SBTC prognostiziert mit dem Qualifikationsniveau der Erwerbstätigen linear steigende Lohnerhöhungen (vgl. Autor/Dorn 2013) und somit eine Aufwertung in der Berufsstruktur bei gleichzeitig steigender Lohnungleichheit.

Die ursprüngliche SBTC-Hypothese geriet in die Kritik, weil das Modell einige empirische Phänomene nicht erklären konnte, und wurde in den 2000er-Jahren zunehmend durch die sogenannte *Routinization*-Hypothese (oder: *Routine-Biased-Technological-Change*-Hypothese, RBTC) erweitert, der zufolge neue Technologien nur bestimmte Tätigkeiten ersetzen können: klar definierte, routinemäßige Prozeduren, die leicht kodierbar sind, sodass sie von Software oder Maschinen übernommen werden können (vgl. Autor et al. 2003; Goos/Manning 2005; Spitz-Oener 2006; Autor/Dorn 2013). Da Routinetätigkeiten nicht nur bei geringqualifizierter Arbeit, sondern insbesondere in der mittelqualifizierten Produktions-, Verwaltungs- und Büroarbeit zu finden sind, bietet RBTC im Gegensatz zu SBTC eine Erklärung für den Abbau mittelqualifizierter Stellen bei gleichzeitigem Anwachsen geringqualifizierter, nichtroutinemäßiger Servicejobs, die aufgrund der Notwendigkeit physischer Flexibilität und spontaner Anpassungsfähigkeit nicht einfach und kostengünstig automatisierbar sind (vgl. Autor/Dorn 2013). RBTC zufolge ist aufgrund des technologischen Wandels mit einer weiteren Polarisierung der Beschäftigtenstruktur zu rechnen: Zuwächse an den beiden Polen hoch- und geringqualifizierter und -entlohnter Arbeitsplätze und Verluste im mittleren Bereich (vgl. ebd.; Dustmann et al. 2009).

SBTC und RBTC basieren auf der Annahme, der berufsstrukturelle Wandel fuße auf einer erhöhten bzw. verringerten Nachfrage nach bestimmten Arbeitskräften. Demnach sollten Veränderungen der Anzahl der Erwerbstätigen der verschiedenen Qualifikationsniveaus mit Veränderungen von deren Entlohnung positiv korrelieren: Wenn Unternehmen einen Typ Arbeit vermehrt nachfragen, ist es wahrscheinlich, dass der Lohn, der für diese Arbeit gezahlt wird, steigt (vgl. Oesch 2013, S. 74). Daher ist nach SBTC eine wachsende Lohnungleichheit mit steigenden Löh-

nen für hochqualifizierte Arbeitskräfte und sinkenden Löhnen für geringqualifizierte Arbeitskräfte zu erwarten. Dagegen prognostiziert RBTC, dass die Löhne sowohl im Niedrig- als auch im Hochlohnbereich schneller anwachsen als in der Mitte (vgl. Autor/Dorn 2013; Dustmann et al. 2009). Dieses Phänomen wird in der RBTC-Debatte als ‚Lohnpolarisierung' bezeichnet (vgl. z. B. Autor/Dorn 2013; Arntz et al. 2018; Senftleben-König/Wieland 2014), obwohl ein schnelleres Anwachsen der niedrigen Löhne zu verringerter Ungleichheit in der unteren Hälfte der Einkommensverteilung führen würde. Im Folgenden nutzen wir den Polarisierungsbegriff nicht auf diese Weise, sondern im grundsätzlicheren Sinne eines Auseinanderdriftens hoher und niedriger Einkommen.

In Bezug auf Deutschland wurde in den 1990er- und frühen 2000er-Jahren einerseits die nach RBTC erwartbare Beschäftigungspolarisierung beobachtet, andererseits das von SBTC prognostizierte lineare Anwachsen der Lohnungleichheit (vgl. Antonczyk et al. 2010; Dustmann et al. 2009; Kampelmann/Rycx 2011; Eichhorst et al. 2015; Senftleben-König/Wieland 2014; Autor 2015; Goos et al. 2009; Fitzenberger 2012; Dauth 2014; Schwarzwälder 2015; Card et al. 2013). Auf Basis der genannten Forschungsliteratur ist man geneigt, in diesem Zeitraum eine technologisch beförderte Polarisierung zu diagnostizieren: Eine zunehmend auseinanderklaffende soziale Schere mit steigenden Arbeitsnehmerzahlen im Hoch- ebenso wie im Niedriglohnbereich und wachsender Lohnungleichheit. Diese Diagnose ist allerdings nicht unumstritten. Der technologische Wandel als einziger Einflussfaktor hat weder über SBTC noch mit RBTC genügend Erklärungskraft, um den vielfältigen Veränderungen der Beschäftigungs- und Lohnstrukturen gerecht zu werden (vgl. Oesch 2013; Eichhorst et al. 2015; Dustmann et al. 2009; Eurofound 2014). Es ist nicht einmal sicher erwiesen, dass der Anteil von Routinetätigkeiten an der Arbeit in Deutschland gesunken ist: Rohrbach-Schmidt und Tiemann erkennen seit dem Ende der 1990er-Jahre wieder einen Anstieg (vgl. Rohrbach-Schmidt/Tiemann 2013, S. 230), Helmrich et al. dagegen zwischen 1979 und 2012 einen konstanten Rückgang desselben (vgl. Helmrich et al. 2016, S. 32-33). Oesch und Rodríguez Menez stellen auf Basis von Daten des SOEP[4] keine Polarisierung, sondern ein eindeutiges *Upgrading* der deutschen Berufsstruktur zwischen 1990 und 2007 fest und ziehen neben der Technisierung zahlreiche andere Erklärungsmuster in Betracht (vgl. Oesch/Rodríguez Menez 2010, S. 514; Oesch 2013).

Im Folgenden stellen wir die neuere von uns untersuchte Literatur aus dem Feld der quantitativen Sozialforschung dar, die sich im Anschluss an SBTC und RBTC mit den (potenziellen) Auswirkungen der aktuellen Digitalisierungswelle befasst. Dabei unterscheiden wir drei Analyseebenen sozialer Polarisierung: Beschäftigungsverluste (Kapitel 4.3.1), Polarisierung der Berufsstruktur (Kapitel 4.3.2) und steigende Lohnungleichheit (Kapitel 4.3.3).

[4] Das *Sozio-oekonomische Panel (SOEP)* ist eine repräsentative Längsschnittbefragung im Auftrag des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW), in deren Rahmen jedes Jahr in Deutschland etwa 30.000 Personen in fast 11.000 Haushalten zu Einkommen, Erwerbstätigkeit, Bildung oder Gesundheit befragt werden.

4.3.1 Digitalisierung und Beschäftigungsverluste

Im Rahmen der öffentlichen Diskussion zur Zukunft der Ungleichheit im digitalen Zeitalter wirken die medial tonangebenden Prognosen, die Beschäftigungsverluste in den Vordergrund stellen, mithin stark überzeichnet. Nachdem der Branchenverband Bitkom Ende des Jahres 2017 eine Umfrage veröffentlichte, in der ein Viertel der befragten 505 Unternehmen der Aussage ‚Die Digitalisierung gefährdet die Existenz unseres Unternehmens' eher zustimmte (vgl. Bitkom 2017, S. 4), beeilte sich die FAZ zu titeln, in Deutschland würden 3,4 Millionen Stellen zerstört, „weil Roboter oder Algorithmen die Arbeit übernehmen" (Löhr 2018). Obwohl völlig unverständlich ist, wie die Autorin von besagter Umfrage auf die Automatisierung jedes zehnten Arbeitsplatzes schließen konnte, sprangen sogleich weitere Medien auf den Zug auf. Die Angst vor technologisch verursachtem Arbeitsplatzabbau ist heute wie vor vierzig Jahren ein beliebtes Thema der deutschen Presse. Martina Heßler vermerkt hierzu:

> „Ersetzung und Angst vor Arbeitslosigkeit. Das Schreckgespenst der menschenleeren Fabrikhallen prägte [in den 1970er und 1980er Jahren] den gewerkschaftlichen Diskurs und noch viel stärker den medialen. […] Auch heute, in den Diskussionen um Industrie 4.0, ist die Angst vor der sogenannten technologischen Arbeitslosigkeit ein zentraler Topos. Sie scheint das häufigste Motiv im Kontext von Diskursen um die Technisierung der Arbeitswelt zu sein, von den Anfängen der Industriellen Revolution bis in die Gegenwart. […] Die Persistenz der Argumentationsfiguren mag den Eindruck erwecken, es handle sich um die stets gleichen Bedenken, um aufgeregte Diskurse, die sich im Laufe der Zeit als haltlos erweisen werden, gleichwohl aber bei jedem Automatisierungsschub erneut auftauchen. Gleichwohl wäre diese Lesart […] zu einfach und würde die historische Entwicklung unterschätzen. Sicher, Arbeit verschwand nicht. Doch handelte es sich um gravierende Transformationsprozesse" (Heßler 2016, S. 20-23).

Substituierbarkeit von Berufen und Tätigkeiten

Wegen ihrer prominenten Position in der aktuellen Debatte um technologische Arbeitslosigkeit kommt man nach wie vor nicht umhin, die vielzitierte Studie der Oxfordökonomen Frey und Osborne zu erwähnen. Die Autoren beziehen sich auf RBTC, nehmen aber an, es könnten sehr bald auch Nichtroutinetätigkeiten technologisch substituiert werden. Daher identifizieren sie im Umkehrschluss drei Tätigkeitskategorien, die sie in den nächsten Jahren noch vor Automatisierung sicher glauben (vgl. Frey/Osborne 2013, S. 24-27). Zudem wurden mithilfe technischer Expert_innen aus einer Datenbank 70 vermeintlich künftig sicher automatisierbare Berufe ausgewählt (vgl. ebd., S. 30). Schließlich weisen Frey und Osborne auf Basis eines Algorithmus, der die subjektive Einschätzung der Expert_innen mit den Tätigkeitskategorien und beruflichen Tätigkeitsprofilen kombiniert, jedem Beruf der Datenbank eine Automatisierungswahrscheinlichkeit zu (vgl. ebd., S. 32-42). Dabei gehen sie davon aus, dass alle Beschäftigten eines Berufs die gleichen Tätigkeiten ausüben. 47 Prozent der US-amerikanischen Arbeitsplätze sind Frey und Osborne zufolge zeitnah von Substitution durch digitale Technologien bedroht (vgl. ebd., S. 38). Die Methodik der Studie wurde seitdem vielfach kritisiert (vgl. z. B. Bonin et al. 2015) und in wissenschaftlichen Kreisen scheint heute niemand mehr an die hohen Jobverluste zu glauben, die sie nahelegt.

Nach 2013 sind auch in Bezug auf Deutschland einige Studien erschienen, die sich auf Frey und Osborne beziehen und die **Automatisierungswahrscheinlichkeit** von Arbeitsplätzen in Deutschland untersuchen. Brzeski und Burk haben die Methodik von Frey und Osborne exakt kopiert und prognostizierten, 59 Prozent der Stellen seien in Zukunft gefährdet (vgl. Brzeski/Burk 2015, S. 1). Bonin et al. kamen mit verbesserter Methodik zu dem Schluss, dass der Anteil der Arbeitsplätze mit hoher Automatisierungswahrscheinlichkeit in Deutschland bei 12 Prozent liegt (vgl. Bonin et al. 2015, S. 14). Die Wissenschaftler des ZEW wählten ein Berechnungsmodell, bei dem die Tätigkeiten am Arbeitsplatz und nicht künstlich homogenisierte Berufsbilder die zentrale Bezugskategorie für die Automatisierungswahrscheinlichkeit darstellen (vgl. ebd., S. 12-13). Allerdings liegen auch diesem Ansatz die subjektiv gefärbten Automatisierungswahrscheinlichkeiten von Frey und Osborne zugrunde.

Einen etwas anderen Ansatz zur Feststellung von **Substituierbarkeitspotenzialen** haben Dengler und Matthes vom IAB gewählt (vgl. Dengler/Matthes 2015b, 2018; vgl. zudem Infobox auf S. 14-15): Die Autorinnen haben anhand beruflicher Tätigkeitsprofile untersucht, wie groß in jedem Beruf der Anteil der Tätigkeiten ist, die zum Untersuchungszeitpunkt bereits von Computern übernommen werden können (vgl. Dengler/Matthes 2015b, S. 3). Demnach arbeiteten 2013 15 Prozent (vgl. ebd., S. 6) und 2016 25 Prozent (vgl. Dengler/Matthes 2018, S. 7) der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland in Berufen, bei denen mehr als 70 Prozent der Tätigkeiten durch jeweils existierende digitale Technologien ersetzt werden könnten. Den größten Anteil automatisierbarer Tätigkeiten wiesen Dengler und Matthes zufolge zu beiden Erhebungszeitpunkten industrielle Berufe in der Fertigung und der Fertigungstechnik auf (vgl. Dengler/Matthes 2015b, S. 4-5, 2015a, S. 27-28, 2018, S. 6). Durch Fortschritte in der Robotik seien die Substituierbarkeitspotenziale insbesondere bei Berufen in Logistik und Reinigung stark gestiegen (vgl. Dengler/Matthes 2018, S. 6). Die Marktreife teils selbstlernender Software habe zudem einen Anstieg des Substituierbarkeitspotenzials bei den unternehmensbezogenen Dienstleistungen bewirkt (vgl. ebd.). Damit weist die Gruppe der Versicherungs- und Finanzdienstleistungen, Dienstleistungen im Rechnungswesen, im Controlling, in der Steuerberatung, in der Rechtsberatung und der öffentlichen Verwaltung nach den beiden Berufsgruppen der Industrieproduktion im Jahr 2016 das dritthöchste Substituierbarkeitspotenzial auf (vgl. ebd.).

Um eine erste Einschätzung zu Auswirkungen der potenziellen Substituierbarkeit auf die tatsächliche Beschäftigungsentwicklung der jeweiligen Berufsgruppe vorzunehmen, haben Dengler und Matthes die Beziehung zwischen den 2013 erstellten Substituierbarkeitspotenzialen und dem Beschäftigungswachstum zwischen 2013 bis 2016 nach IAB-Beschäftigtenhistorik untersucht (vgl. Dengler/Matthes 2018, S. 8-9). Es zeigt sich insgesamt ein statistisch signifikanter negativer Zusammenhang. Allerdings gibt es auch viele Berufsgruppen, in denen die tatsächliche Beschäftigungsentwicklung entgegengesetzt zu der nach Substituierbarkeit erwartbaren ablief, das heißt Berufe mit hohem zugeschriebenen Substituierbarkeitspotenzial konnten Beschäftigungsgewinne verzeichnen (vgl. ebd., S. 8).

> „Zusammenfassend kann man also sagen, dass sich die Berufsstruktur zugunsten der Beschäftigung in Berufen mit niedrigeren Substituierbarkeitspotenzialen entwickelt hat. Allerdings ist der Zusammenhang nicht stark. Das heißt, Substituierbarkeitspotenziale sind ein wichtiger, aber nicht der einzige Erklärungsfaktor für die Beschäftigungsentwicklung“ (Dengler/Matthes 2018, S. 8).

Oliver Stettes hat die Beschäftigungsdaten der Bundesagentur für Arbeit (BA) von 2014 bis 2017 hinsichtlich einer Beziehung zu den Substituierbarkeitspotenzialen nach Dengler und Matthes untersucht (vgl. Stettes 2018). Er verweist auf das gesamtwirtschaftliche Beschäftigungswachstum, das sich auch bei Berufsgruppen zeige, denen ein hohes Substituierbarkeitspotenzial zugeschrieben wird. Unter den wenigen Berufen mit negativer Tendenz seien gleichermaßen solche mit hohen und niedrigen Werten (vgl. Stettes 2018, S. 16-17). „Die Automatisierungshypothese spiegelt sich daher noch nicht als Trend in den Daten wider“ (ebd., S. 17), so der Autor. Seine Berechnungen bestätigen zwar den negativen statistischen Zusammenhang zwischen dem Ausmaß des Beschäftigungswachstums der Berufsgruppen und ihrem jeweiligen Substituierbarkeitspotenzial, jedoch zeigen Stettes zufolge statistische Kontrollrechnungen, „dass sich in der tatsächlich beobachtbaren Beschäftigungsentwicklung auch Engpässe beim Arbeitsangebot sowie Berufs- und Branchentrends, die sich unabhängig vom Automatisierungspotenzial digitaler Technologien vollziehen können, widerspiegeln“ (ebd., S. 20).

Infobox: Maße für die Ersetzbarkeit von Tätigkeiten

Das **Substituierbarkeitspotenzial** von Dengler und Matthes wird „für jeden Beruf durch den Anteil der Tätigkeiten bestimmt, der schon heute von Computern oder computergesteuerten Maschinen nach programmierbaren Regeln erledigt werden könnte“ (Dengler/Matthes 2015b, S. 2). Die Tätigkeitsprofile der einzelnen Berufe entstammen der Expertendatenbank BERUFENET der BA und es wurde unabhängig dreifach recherchiert, ob gegenwärtig Technologien zur Automatisierung der Tätigkeiten existieren. Anschließend wurde das Substituierbarkeitspotential eines Einzelberufs als prozentualer Anteil ersetzbarer Kernanforderungen an allen Kernanforderungen errechnet. Innerhalb der Berufsaggregate werden die Einzelberufe je nach Beschäftigtenzahl gewichtet (vgl. ebd., S. 3).

Der **Routineindex** von Tiemann basiert auf den Angaben, die Beschäftigte in der *BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012* zu ihren Tätigkeiten gemacht haben (vgl. Tiemann 2016). Im Anschluss an Frey und Osborne (vgl. Frey/Osborne 2013) wird neben der Häufigkeit von Routinearbeit im Sinne standardisierter Tätigkeiten ohne Autonomiespielräume auch die Häufigkeit von Tätigkeiten miteinbezogen, von denen angenommen wird, dass sie nicht oder nur schwer automatisierbar sind. Dazu zählen Tätigkeiten des Unterrichtens und Erziehens, des Reparierens und Instandsetzens sowie Verfahrensverbesserungen und der Umgang mit Neuheiten. Mithilfe einer Faktorenanalyse werden diese Merkmale in einem Faktor zusammengeführt, der die Routinehaftigkeit der Arbeit jeder befragten Person beschreibt (vgl. Tiemann 2016, S. 19-20; Helmrich et al. 2016, S. 23-24).

Der **Qualifizierungspanel Ersetzbarkeitsindex** (QPE) von Helmrich et al. ähnelt in der Vorgehensweise dem Routineindex, basiert aber auf den Angaben von Unternehmen im *BIBB-Qualifizierungspanel 2015* zu den Tätigkeitsinhalten ihrer Belegschaften (vgl. Helmrich et al. 2016). In der Faktorenanalyse wurden für Beschäftigte unterschiedlicher Qualifikationsniveaus jeweils acht Fragen der Umfrage berücksichtigt, durch welche die Programmierbarkeit ihrer Tätigkeiten sowie die Häufigkeit und Bedeutung menschlicher Wahrnehmung, manueller Handhabung, sozialer Intelligenz und Kreativität erfasst werden soll (vgl. Helmrich et al. 2016, S. 65-66). „Der QPE ist nicht als Wahrscheinlichkeit der Ersetzung durch eine Maschine zu interpretieren, gibt jedoch eine Relation der Ersetzbarkeit der Beschäftigtengruppen in den verschiedenen Wirtschaftszweigen zueinander" (ebd., S. 67).

Der **Arbeitsvermögensindex** (AV-Index) von Pfeiffer und Suphan verwendet wie der Routineindex die Ergebnisse der *BIBB-BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012*, soll aber nicht im eigentlichen Sinne die Ersetzbarkeit von Arbeit messen, sondern zeigen, wie häufig die Beschäftigten „das Gegenteil von Routine" (Pfeiffer/Suphan 2015b, S. 10) tun. In diesem Index sind 18 Fragen zusammengefasst, die abbilden, in welchem Ausmaß die Arbeitskräfte situative und strukturelle Komplexität und Unwägbarkeiten bewerkstelligen müssen und welche Bedeutung Erfahrungswissen bei ihren Tätigkeiten hat (vgl. ebd.). Der AV-Index zeigt an, wie stark „die befragte Person lebendiges Arbeitsvermögen [benötigt,] um mit situativen Unwägbarkeiten, Komplexität und Wandel [umzugehen]" (ebd.).

Neben dem Konzept von Dengler und Matthes sind in der deutschen Debatte weitere Maße für die Ersetzbarkeit von Tätigkeiten im Umlauf, die nicht auf der externen Beurteilung von Tätigkeitsprofilen aus einer Berufedatenbank basieren, sondern auf den empirisch erfragten Tätigkeiten von Beschäftigten oder betrieblichen Führungskräften (vgl. Infobox auf S. 14-15). Je nachdem, welches Maß verwendet wird, fallen die Einschätzungen zur Automatisierbarkeit von Arbeit in Deutschland unterschiedlich aus. Nach dem **Routineindex** von Tiemann (vgl. Tiemann 2016) weisen primäre Dienstleistungsberufe allgemein und insbesondere die Gastronomie- und Reinigungs-, die Transport- und Logistik- sowie die Sicherheits- und Wachberufe im Schnitt das höchste Ersetzbarkeitspotenzial auf. Den Berufsgruppen im produzierenden Gewerbe werden mittlere Routineanteile zugeschrieben, allerdings haben industrielle Hilfskräfte von allen Berufen den höchsten Wert zu verzeichnen. Als kaum substituierbar werden Lehrberufe, Sozial- und Gesundheitsberufe und wissenschaftliche Berufe identifiziert (vgl. Helmrich et al. 2016, S. 25-26). Laut **QPE** verfügt die Arbeit im Bergbau, in der Ver- und Entsorgung, der Kleidungsindustrie und in der Landwirtschaft über das größte Ersetzbarkeitspotenzial. Auch Wach- und Sicherheitsdienste, Verkehr und Logistik, Gastgewerbe, Verwaltung und industrielle Metallverarbeitung weisen tendenziell höhere Werte auf. Dagegen gilt die Arbeit der Beschäftigten bei Reparaturdiensten, in der Werbe- und Medienbranche, im Finanz- und Versicherungswesen und in der Immobilienwirtschaft als wenig routiniert (vgl. ebd., S. 68). Helmrich et al. stellen die jeweiligen Vor- und Nachteile einer Beurteilung der Tätigkeitsprofile mit unterschiedlicher empirischer Grundlage wie folgt dar:

> „Der Vorteil von Selbsteinschätzungen von Beschäftigten liegt darin, dass die Informationen von der ausführenden Person stammen (die den besten Überblick über die Tätigkeiten haben sollte), während bei Arbeitgebereinschätzungen durch eine unzureichende Informationslage eventuell eine fälschliche Wahrnehmung der Tätigkeiten von Beschäftigten vorliegen kann. Allerdings bergen Arbeitnehmerangaben das Risiko, dass Beschäftigte ihre Tätigkeiten verzerrt beurteilen, da ihnen der Gesamtkontext des Produktionsprozesses womöglich fehlt. Ebenso bieten Arbeitgebereinschätzungen Einblick in die Wahrnehmung der Person, die letztendlich Personalentscheidungen treffen wird. Normative Setzungen wiederum umgehen die Probleme der beiden anderen Informationsquellen und stellen sicher, dass die Tätigkeit stets auf der gleichen Skala beurteilt wird. Ein Nachteil ist hierbei jedoch, dass Fehler bei der Setzung aufgrund unzureichender Informationen über den beruflichen Kontext entstehen" (ebd., S. 76; vgl. auch Ortmann/Walker 2018, S. 86).

An den bisher genannten Studien zur Substituierbarkeit sind mindestens zwei zusammenhängende **methodische Kritikpunkte** anzubringen: Erstens neigen sie dazu, „die Einsatzmöglichkeiten und praktische Relevanz neuer Technologien zu überschätzen" (Bonin et al. 2015, S. 18).[5] Insbesondere, wenn die Einschätzung zu künftigen Automatisierungstechnologien wie bei Frey und Osborne (vgl. Frey/Osborne 2013) sowie den Adaptionen der Studie für Deutschland auf der subjektiven Meinung technischer Expert_innen basiert, ist die resultierende Beurteilung substituierbarer Tätigkeiten mit Vorsicht zu genießen (vgl. auch Autor 2014).

Zweitens ist die Klassifikation von Tätigkeitsbündeln in automatisierbare Routine einerseits und Nichtroutine andererseits höchst fragwürdig. Um aus den Tätigkeitsstrukturen der Beschäftigten auf die Substituierbarkeit von Berufen oder Arbeitsplätzen zu schließen, müssen Wissenschaftler_innen die Tätigkeiten kategorisieren (vgl. Arntz et al. 2018, S. 6-7; Pfeiffer/Suphan 2015b, S. 4-5; Dengler et al. 2014). Rohrbach-Schmidt und Tiemann zeigen mit Blick auf RBTC, dass sich die jeweils gewählte Operationalisierung in Studien zur Beschäftigungsentwicklung massiv auf die Ergebnisse auswirkt (vgl. Rohrbach-Schmidt/Tiemann 2013). Kritik an dieser Praxis kommt auch aus dem Zweig der Arbeitssoziologie, der sich mit erfahrungsgeleitetem, subjektivierendem Arbeitshandeln befasst (vgl. Böhle 2017a, 2017b; Huchler 2016; Huchler/Rhein 2017; Pfeiffer/Suphan 2015a; Pfeiffer 2016b; Hirsch-Kreinsen 2018a, S. 17-18).

Pfeiffer und Suphan weisen darauf hin, dass die Definition von Routine und die entsprechende Klassifikation von Routinetätigkeiten alles andere als eindeutig sind. In vielen Studien würden diese Voraussetzungen weder empirisch noch theoretisch hergeleitet, oft nicht einmal nachvollziehbar begründet (vgl. Pfeiffer/Suphan 2015b, S. 5-6). Dabei ist eine entscheidende Problematik, dass die Tätigkeitsbündel, die als Routine oder Nichtroutine klassifiziert werden, viel zu grob zusammengefasst sind, um ein angemessenes Abbild der Realität darzustellen (vgl. Walker 2016, S. 82). Insbesondere in der Industrie werden ganze Tätigkeitsfelder als automatisierbare Routinetätigkeiten gefasst, obwohl sie in großem Ausmaß Nichtroutineelemente beinhalten (vgl. Pfeiffer/Suphan 2015b, S. 7-8).

[5] Hingegen äußern sich Patscha et al. folgendermaßen: „Eine Faustregel der Zukunftsforschung besagt, dass Menschen auf kurze Sicht die Auswirkungen neuer Technologien überschätzen, langfristig aber die Wirkungen unterschätzen" (Patscha et al. 2017, S. 6).

Fritz Böhle zeigt, dass bei technischen und organisatorischen Prozessen in beinahe allen Arbeitsbereichen „Unwägbarkeiten zur ‚Normalität' der Arbeit gehören" (Böhle 2017b), die unmöglich zu antizipieren oder technisch zu kontrollieren sind (vgl. Böhle 2017a). Zur Bewältigung solcher Situationen ist „erfahrungsgeleitet-subjektivierendes Handeln" der Mitarbeiter_innen notwendig (Böhle 2017b). Selbst bei scheinbar routiniertem Arbeitshandeln greifen Menschen auf verinnerlichtes Wissen zurück, das nicht explizierbar ist. Es ist, so Eva-Maria Walker,

> „die ganzheitliche Wahrnehmung der Beschäftigten, ihr exploratives Vorgehen, ihr ‚Gespür' für technisierte Arbeitsprozesse sowie ihre Fähigkeit im Umgang mit situativen und strukturellen Unwägbarkeiten, welche die strukturell unausweichlichen Blindstellen automatisierter Arbeitsprozesse abfedern und damit deren Funktionieren erst ermöglichen" (Walker 2016, S. 83).

Die Situationen, in denen erfahrungsgeleitetes, flexibles oder intuitives Handeln notwendig ist, weisen so viele Unregelmäßigkeiten auf, dass ihre Erfassung und Beschreibung mit Daten und Algorithmen notwendig von der Realität abweicht (vgl. Böhle 2017b). Tätigkeitselemente, deren Ausführung auf subjektivierendem Arbeitshandeln und Erfahrungswissen basiert, weisen „einen nur schwer fassbaren, ausgeprägt situationsspezifischen und intuitiven Charakter auf und lassen sich daher computertechnisch kaum zureichend abbilden" (Ittermann et al. 2016, S. 18). Auch Tätigkeiten, die keine hohe fachliche Qualifikation erfordern, können aufgrund fehlender Regelhaftigkeit der Arbeitssituationen und des entsprechenden menschlichen Handelns nicht oder nur fehlerhaft in Daten und Algorithmen übertragen werden (vgl. Böhle 2017b; Huchler 2016; Pfeiffer 2016b). Demnach sind der Automatisierung technische Grenzen gesetzt und es können bei weitem nicht so viele Tätigkeiten substituiert werden wie in einigen Substituierbarkeitsanalysen angenommen. Hinzu kommt, dass die Bedeutung subjektivierenden Arbeitshandelns aus der Perspektive dieses Forschungszweigs mit der Digitalisierung eher wächst (vgl. Bauer et al. 2006; Böhle 2017b):

> „Mit zunehmender Automatisierung und Digitalisierung steigt zwangsläufig die Systemkomplexität und die (noch) nicht automatisierten oder algorithmisierten Störungen erfordern gerade deshalb umso mehr – und nicht wie oft angenommen – weniger subjektivierende Kompetenzen und lebendiges Arbeitsvermögen zu ihrer situativen Bewältigung" (Pfeiffer/Suphan 2015b, S. 9).

Pfeiffer und Suphan haben aus ihrer Kritik heraus ein eigenes Maß entwickelt, das nicht Routine, sondern das subjektivierende und adaptive Handeln der Beschäftigten erfassen soll (vgl. Pfeiffer/Suphan 2015a; vgl. zudem Infobox auf S. 14-15). Die Autorinnen haben den **AV-Index** für industrielle Berufsfelder dargestellt, wobei ausschließlich die Arbeit in Logistik und Transport Werte unterhalb des theoretischen Mittelwerts aufweist (vgl. Pfeiffer/Suphan 2015a, S. 41). Pfeiffer und Suphan zufolge sind für die meisten Berufe in der Industrie „hohe Anforderungen an Komplexität und Unwägbarkeiten sowie subjektivierendes Arbeitshandeln charakteristisch" (ebd., S. 25), was eine geringe Ersetzbarkeit nahelegt. Die durchschnittlich höchsten Werte wurden für IT-Kernberufe, Techniker_innen, Ingenieur_innen und klassische Metall- und Elektroberufe errechnet (vgl. ebd., S. 41).

Fragt man die Arbeitnehmer_innen selbst, ob sie ihre Arbeit für automatisierbar halten, fällt die Größenordnung übrigens so ähnlich aus wie bei Bonin et al. (vgl. Bonin et al. 2015): Von 6.012 abhängig Beschäftigten der Privatwirtschaft, die im Rahmen des *Linked Personal Panels* (LLP) befragt wurden, hielten es 13 Prozent für wahrscheinlich, dass ihre Arbeit innerhalb von zehn Jahren technologisch ersetzt werden kann (vgl. Arnold et al. 2016b, S. 16). Überdurchschnittlich hoch liegt der Anteil der Befragten, die eine Automatisierung befürchten, in der Baubranche, der Fertigung und der Logistik sowie im Lebensmittel- und Gastgewerbe (vgl. ebd., S. 18).

Alle genannten Studien untersuchen lediglich die *mögliche* Ersetzbarkeit von Berufen und Tätigkeiten durch digitale Technologien. Sie betrachten nicht, ob der tatsächlichen Automatisierung wirtschaftliche, institutionelle, politische, ethische oder sonstige Gründe entgegenstehen (vgl. Bonin et al. 2015; Dengler/Matthes 2018). Ortmann und Walker merken an, dass potenziell einzusparende Lohnkosten alleine nicht genügen, um künftige Investitionen in Automatisierungstechnologien zu prognostizieren. Stattdessen seien umfassende unternehmerische Strategieentscheidungen von zentraler Bedeutung, die empirisch erfasst werden müssen (vgl. Ortmann/Walker 2018, S. 86). Bonin et al. weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass unklar ist, wann existierende Technologien ein Preisniveau erreichen, das Unternehmen mit begrenzten Ressourcen eine Investition ermöglicht und diese lohnenswert macht (vgl. Bonin et al. 2015, S. 20-21). Zudem hängen Investitionen davon ab, ob die richtigen Fachkräfte mit dem Knowhow zu deren Bedienung im Unternehmen oder am Arbeitsmarkt verfügbar sind (vgl. ebd., S. 21; auch Janssen/Mohrenweiser 2014). Es soll daher an dieser Stelle noch einmal betont werden, dass die geschätzte Substituierbarkeit von Tätigkeiten, Berufen oder Arbeitsplätzen keine Aussage bezüglich des realen Einsatzes von Automatisierungstechnologien erlaubt. Der digitale Wandel ist ein langwieriger Prozess mit vielen Hürden und verläuft in unterschiedlichen Branchen und Betrieben höchst heterogen (vgl. z. B. Hirsch-Kreinsen 2018a; Arntz et al. 2016, 2018; Lehmer/Matthes 2017; Stettes 2018).

Selbst wenn Automatisierungstechnologien eingesetzt werden – was in einigen Wirtschaftszweigen und Unternehmen sicherlich der Fall ist und sein wird –, ist das jedoch weder auf betrieblicher noch auf gesellschaftlicher Ebene gleichbedeutend mit Beschäftigungsverlusten. Walker zufolge

> „übersieht das dem Tätigkeitsansatz zugrunde liegende statische Verständnis von Routine/Nicht-Routine auf der Ebene der Organisation von Wissen, dass technische – wie alle organisationalen – Innovationen eben auch neue organisationale Anforderungsbündel hervorbringen können. Das heißt auf betrieblicher Ebene, dass neue Tätigkeitsfelder und im Extremfall sogar neue Berufsfelder entstehen können, die bei einer linearen Fortschreibung bisheriger Arbeitsformen freilich übersehen werden“ (Walker 2016, S. 84).

Der Rückgang von Routineaufgaben bewirkt in vielen Fällen eine Anpassung der Tätigkeitsprofile innerhalb von Berufen und Arbeitsplätzen. Die automatisierten Tätigkeiten werden durch andere ersetzt, die neu entstehen oder für die infolge der Automatisierung mehr Zeitressourcen vorhanden sind (vgl. Spitz-Oener 2006). Häufig verlagern Erwerbstätige den Fokus ihrer Arbeit hin zu schwer automatisierbaren Tätigkeiten (vgl. Autor 2013). „Offenbar sind die Arbeitskräfte

in der Lage, den Wandel mitzugehen“ (Arntz et al. 2018, S. 102; vgl. BMAS 2017, S. 47-48). Dieser Veränderungsprozess kann durch Weiterbildungsmaßnahmen vorangetrieben werden, vor allem falls Tätigkeiten entstehen, die eine höhere Qualifikation erfordern (vgl. Bonin et al. 2015, S. 19-20; Dengler/Matthes 2015b, S. 6).

Auf makroökonomischer Ebene vernachlässigen Studien, die allein die Substituierbarkeit von Tätigkeiten untersuchen, die möglichen Beschäftigungsgewinne durch Digitalisierung (vgl. Arntz et al. 2018; Bonin et al. 2015; Dengler/Matthes 2018). Im Zuge des technologischen Wandels sind vielfältige wirtschaftliche Prozesse am Werk und der Abbau von Arbeitsplätzen geht stets mit dem Aufbau anderer Arbeitsplätze einher. Beispielsweise kann die Digitalisierung durch das Aufkommen neuer technikbezogener Aufgaben, die Gründung oder Vergrößerung unternehmerischer Abteilungen und das Wachstum von Wirtschaftszweigen, deren Produkte oder Leistungen vermehrt nachgefragt werden, zum Entstehen neuer Jobs führen.

> „Verschiedene makroökonomische Anpassungsprozesse können aber die Effekte auf die Gesamtbeschäftigung teilweise, ganz oder sogar überkompensieren. Beispielsweise entstehen neue Arbeitsplätze in den Sektoren, welche die neuen Technologien produzieren. Neue Technologien führen über Kosten- und Preissenkungen zu einem Anstieg der Nachfrage und über eine Ausdehnung der Produktion zu neuer Beschäftigung. Die Freisetzung von Arbeitskräften kann über sinkende Löhne wiederum zu steigender Arbeitsnachfrage führen. Aufgrund der höheren Produktivität könnten zudem die am Produktionsprozess weiterhin beteiligten Arbeitskräfte höhere Löhne verhandeln, was über steigende Konsumnachfrage auch zu einer höheren Arbeitsnachfrage führen könnte […]. Die Gesamtbeschäftigungseffekte müssen somit nicht zwangsläufig negativ ausfallen“ (Arntz et al 2018, S. 8; vgl. Arntz et al. 2014).

Apt et al. legen nahe, dass der Einsatz digitaler Technologien und die Individualisierung der Produktion die Rückverlegung von Industriestandorten aus Niedriglohnländern nach Deutschland ermöglicht (vgl. Apt et al. 2016a, S. 50). Allerdings konnten Wolter et al. keine Hinweise auf eine solche Entwicklung identifizieren (vgl. Wolter et al. 2016, S. 22).

Gesamtbeschäftigungseffekte

In der Debatte zu technologischen Arbeitsmarkteffekten sind in Deutschland einige Studien erschienen, die die letztgenannten Kritikpunkte integrieren und auf Basis von Szenarien und Modellrechnungen die künftigen Gesamtbeschäftigungseffekte der Digitalisierung in Deutschland abzuschätzen versuchen. Zwar ist ein Abnehmen des Beschäftigungsvolumens nicht auszuschließen, jedoch kommt die Mehrheit der Studien auf dem einen oder anderen Weg zu dem Schluss, dass die zu erwartenden Beschäftigungsverluste durch neu geschaffene Arbeitsplätze in anderen Bereichen größtenteils ausgeglichen werden und dass die Folge der Digitalisierung langfristig kein großer Verlust von Arbeitsplätzen, sondern ein erheblicher **Strukturwandel** sein wird (vgl. Wolter et al. 2015, 2016; Helmrich et al. 2016; Vogler-Ludwig et al. 2016; Lehmer/Matthes 2017; Arntz et al. 2018; Zika et al. 2018; Stettes 2018; auch BMAS 2017; Herzog-Stein 2016; Arnold et al. 2016a; Weber 2016). Auch die großen Consultingfirmen kommen auf dem einen oder anderen Weg zu diesem Schluss (vgl. Manyika et al. 2017; Ostwald et al. 2016; Lorenz et al. 2015) und

Studien, die sich mit bisherigen Effekten digitaler Technologien auf den Arbeitsmarkt beschäftigen, scheinen jene Prognosen zu stützen (vgl. Arntz et al. 2014, 2018; Gregory et al. 2016; Graetz/Michaels 2015; Dauth et al. 2017; Hammermann/Stettes 2015; Stettes 2018; Wolter et al. 2016, S. 40-41).

Wolter et al. prognostizieren die Auswirkungen der **Industrie 4.0** auf den Arbeitsmarkt bis zum Jahr 2030 unter der Annahme, dass Deutschland dabei eine Vorreiterrolle einnimmt und die sukzessive Digitalisierung der Produktion bis 2025 abgeschlossen ist (vgl. Wolter et al. 2015, S. 24). Die Autor_innen konstruieren aus fünf zusammenhängenden Teilszenarien – Ausrüstungsinvestitionen, Bauinvestitionen, Material- und Personalaufwendungen, Veränderung der Berufsfeldstrukturen und Nachfragesteigerungen – ein Industrie-4.0-Szenario und vergleichen dieses mit dem Zukunftsszenario der *BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektion (QuBe)*[6], das von einer an der Empirie der Vergangenheit orientierten Weiterentwicklung ausgeht (vgl. ebd., S. 16, 25-26). Sollten die Annahmen hinsichtlich der Umsetzung von Industrie 4.0 ebenso wie das antizipierte Wachstum der Nachfrage aus dem Ausland und aus Privathaushalten eintreffen, werden gesamtwirtschaftlich bis 2025 nur etwa 60.000 Arbeitsplätze abgebaut (vgl. ebd., S. 61). Hinter der geringen quantitativen Veränderung stehen deutlich voluminösere Struktureffekte: Bezogen auf unterschiedliche Berufsgruppen gehen Wolter et al. davon aus, dass 450.000 abgebauten Arbeitsplätzen 390.000 neu geschaffene gegenüberstehen (vgl. ebd., S. 60). Die Verschiebung zwischen den Branchen ist zahlenmäßig etwas geringer, es verändert sich also auch die Berufsstruktur innerhalb von Branchen (vgl. ebd., S. 59). Im Anschluss an **Dengler und Matthes** (vgl. Dengler/Matthes 2015a) wird in der Studie davon ausgegangen, dass Routinetätigkeiten substituiert werden und digitale Technologien komplementär auf Nichtroutinetätigkeiten wirken (vgl. Wolter et al. 2015, S. 41-42). Die Autor_innen schätzen, dass nur die Hälfte der Arbeit, die nach dem Substituierbarkeitspotenzial ersetzt werden kann, auch wirklich ersetzt wird (vgl. ebd.), und beziehen zahlreiche weitere Faktoren in ihre Berechnungen mit ein, etwa umfassende Weiterbildungsmaßnahmen (vgl. ebd., S. 33) sowie Investitionen, Produktivitäts- und Nachfragesteigerungen. Mit dem Konzept von Dengler und Matthes kommen Wolter et al. zu dem Schluss, „dass vor allem produzierende Berufe abnehmen und dienstleistungsorientierte Berufe zunehmen“ (ebd., S. 46): „Der Wandel zu einer Dienstleistungsgesellschaft wird durch den Übergang zu Industrie 4.0 gestärkt“ (ebd., S. 63). Für IT-Dienstleistungen und andere technisch-naturwissenschaftliche Berufe, Lehrkräfte, Bauberufe und in der Unternehmensberatung würden neue Stellen entstehen (vgl. ebd., S. 36, 49, 58). Negativ betroffen seien dagegen insbesondere „Maschinen und Anlagen steuernde und wartende Berufe“ (ebd., S. 58) in der Industrie. Eine genauere Betrachtung zeigt, dass sich die prozentual größten Verluste in der Chemie- und Kunststoffindustrie, der Baustoffherstellung, der Keramik- und Glasherstellung, der

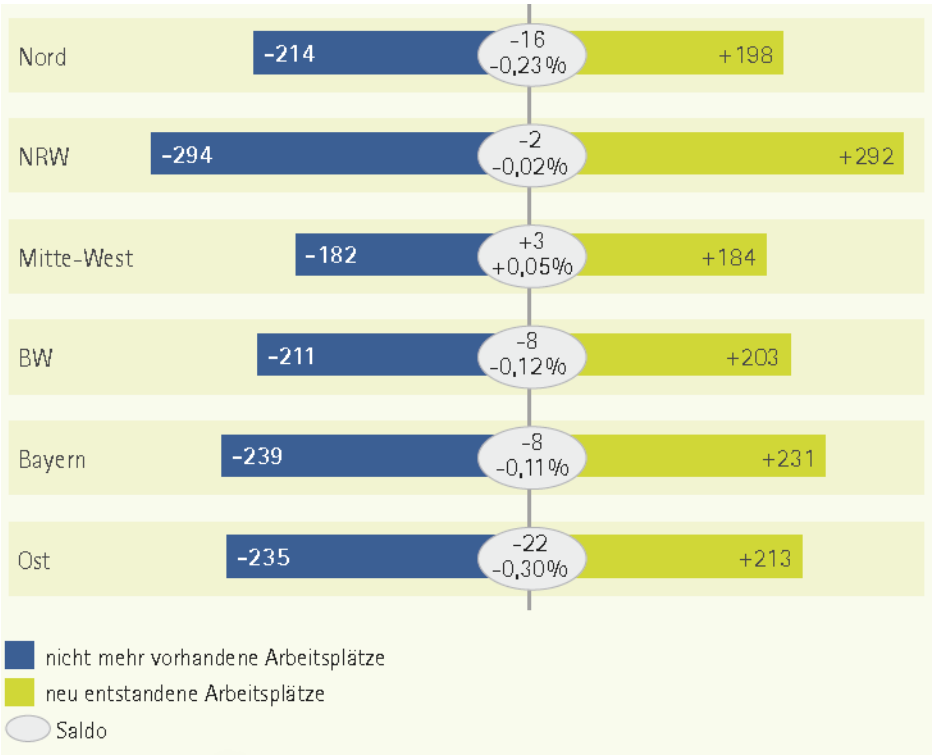
[6] Die *QuBe* ist eine regelmäßig erneuerte langfristige Prognose zur Entwicklung von Angebot und Nachfrage nach Qualifikationen und Berufen. Die Projektion wird von BIBB, IAB, FIT und GWS erstellt.

Metallerzeugung und -bearbeitung, der Lebensmittelproduktion, der Textilproduktion, in Papierherstellung und Druck sowie unter Industrie- und Werkzeugmechaniker_innen abzeichnen (vgl. Wolter et al. 2015, S. 59).

Ein Jahr später haben die Wissenschaftler_innen des IAB aufbauend auf das Szenarienkonzept von Wolter et al. (vgl. Wolter et al. 2015) die potenziellen Arbeitsmarkteffekte einer **Wirtschaft 4.0** errechnet, in der die Digitalisierung nicht nur die Industrie, sondern auch die Arbeitswelt des tertiären Sektors frühzeitig durchdrungen hat (vgl. Wolter et al. 2016, S. 10; 22). Zudem wurden die Annahmen für die Szenarien durch Erkenntnisse aus Unternehmensbefragungen verbessert (vgl. ebd., S. 62). Demnach werden bis 2025 insgesamt lediglich 30.000 Arbeitsplätze in Deutschland wegfallen, weil die insgesamt rund 1,5 Millionen im Zuge der Digitalisierung abgebauten Stellen durch beinahe ebenso viele neue Stellen ersetzt werden (vgl. ebd., S. 60-61). Auch der digitale Wandel der Gesamtwirtschaft wirke sich beschleunigend auf die voranschreitende Tertiarisierung aus (vgl. ebd., S. 62). Allerdings würden neben Arbeitsplätzen der oben genannten industriellen Berufsfelder auch Dienstleistungsstellen abgebaut (vgl. ebd., S. 56-57): Bis 2035 seien insbesondere bei Büroberufen, im Personalwesen, unter Telefonist_innen, in der Buchhaltung und im Finanz- und Rechnungswesen Beschäftigungsverluste zu erwarten (vgl. ebd., S. 58). Ebenso würden Arbeitsplätze für Hausmeister_innen verloren gehen, während die Reinigungs- und Entsorgungsberufe Zuwächse verzeichnen könnten. Den Autor_innen zufolge profitieren IT-Kernberufe, Werbefachleute, Sozialberufe, Lehrkräfte, Sicherheits- und Wachberufe und überraschenderweise Groß- und Einzelhandelskaufleute sowie Berufe im Cluster Publizistik, Übersetzungen und Bibliothekswissenschaften am stärksten von einer umfassenden Digitalisierung der Wirtschaft (vgl. ebd.).

Eine Untersuchung der Ergebnisse von Wolter et al. hinsichtlich regionaler Unterschiede hat ergeben, dass von den prognostizierten Beschäftigungsverlusten besonders der Osten und der Norden Deutschlands betroffen wären, während es den größten Umschlag von Arbeitsplätzen in Nordrhein-Westfalen geben würde (vgl. Zika et al. 2018; vgl. zudem Abbildung 1).

Abbildung 1: Auswirkungen der Digitalisierung im Wirtschaft-4.0-Szenario des Jahres 2035 im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion – nach Regionen



Quelle: Zika et al. 2018, S. 7; Gewinne und Verluste an Arbeitsplätzen in Tausend, Saldo in Prozent, Anteil aller betroffenen Arbeitsplätze in Prozent

Helmrich et al. haben untersucht, inwiefern sich die Prognose von Wolter et al. (vgl. Wolter et al. 2016) verändert, wenn der angenommenen Automatisierung anstatt des Substituierbarkeitspotenzials von Dengler und Matthes ein anderes Maß für die Ersetzbarkeit von Tätigkeiten zugrunde gelegt wird (vgl. Helmrich et al. 2016). Dazu wurde die Berechnung der Auswirkungen einer Wirtschaft 4.0 auf die QuBe-Basisprojektion jeweils mit dem **Routineindex**, dem **QPE** und dem **AV-Index** wiederholt. Helmrich et al. haben festgestellt, dass die Ergebnisse der auf empirischer Basis entwickelten Maße „häufiger als erwartet dieselbe Richtung einschlagen“ (ebd., S. 85), während alle drei größere Unterschiede zum normativ gesetzten Substituierbarkeitspotenzial aufweisen. So sind bei Verwendung der Indizes jeweils ein deutlich geringerer Beschäftigungsverlust bei der Büroarbeit und gleichsam weniger Gewinne bei den hochqualifizierten Sozialberufen und Medienberufen zu erwarten (vgl. ebd., S. 80). Auch zeigen die drei alternativen Maße markanten Arbeitsplatzabbau bei Reinigungs- und Entsorgungsberufen sowie in Logistik und Verkehr an, wo mit dem Substituierbarkeitspotenzial ein leichtes Beschäftigungswachstum errechnet wurde (vgl. ebd., S. 79). Dagegen prognostizieren sie bei industriellen Produktionsberufen, die laut dem Konzept von Dengler und Matthes hohe Verluste zu verzeichnen hätten,

einen nur leichten Rückgang oder sogar Gewinne (vgl. ebd.).[7] Die Gesamtzahl der Stellen, die im Zuge der Digitalisierung von Auf- oder Abbau betroffen sind, ist mit allen drei Indizes geringer als mit dem Substituierbarkeitspotenzial (vgl. ebd., S. 84-85). Negative Gesamtbeschäftigungseffekte einer Wirtschaft 4.0 werden mit allen vier Maßen prognostiziert. Bei Errechnung auf Basis der Indizes fallen diese etwas größer aus als mit dem Substituierbarkeitspotenzial. So sind mit QPE Beschäftigungsverluste in Höhe von fast 40.000 Arbeitsplätzen, mit dem Routineindex von beinahe 50.000 und mit dem AV-Index von über 70.000 zu erwarten (vgl. ebd., S. 84). Allerdings würde in jedem Fall weniger als ein Prozent der Stellen in Deutschland verloren gehen.

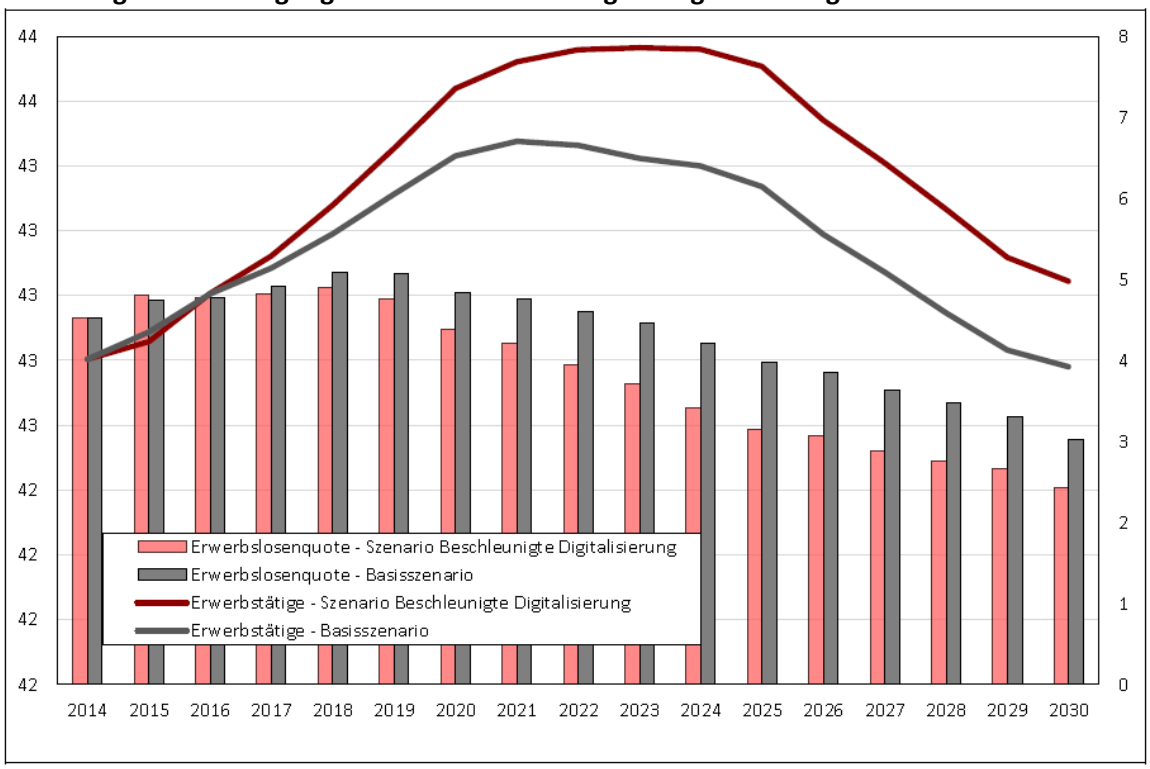
Wolter et al. schließen beide ihrer Studien mit einem Appell, die Digitalisierung der Wirtschaft zügig und umfassend umzusetzen, da ansonsten deutlich negativere Effekte für den Arbeitsmarkt drohen:

> „Letztlich gibt es keinen anderen Weg – wenn Deutschland nicht in der Lage ist, eine Umsetzung der Wirtschaft 4.0 durchzuführen, dann werden andere Länder dies dennoch tun. Und die Annahmen, die sich im obigen Szenario positiv auf Deutschland auswirken (Vorreiter, zusätzliche Nachfrage im Ausland, Wettbewerbsvorteile) richten sich dann gegen den hiesigen Wirtschaftsstandort. Produktionsrückgänge und zusätzliche Arbeitslosigkeit sind die Folgen. Jene werden ausgelöst durch den Verlust an Wettbewerbsfähigkeit und die Verschiebung der inländischen Nachfrage hin zu importierten Produkten. Die Aufgabe kann also nur sein, den Übergang möglichst nachhaltig zu gestalten." (Wolter et al. 2016, S. 64; vgl. Wolter et al. 2015, S. 63-64).

Vogler-Ludwig et al. haben im Auftrag des BMAS eine Arbeitsmarktprognose bis zum Jahr 2030 erstellt, die neben der Digitalisierung auch die Auswirkungen von Migration erfassen soll (vgl. Vogler-Ludwig et al. 2016). Es werden zwei Szenarien einander gegenübergestellt, die unterschiedliche Strategien zur Bewältigung des demografischen Wandels und des Fachkräftemangels in Deutschland darstellen: Das Basisszenario geht von einer stetigen, nicht forcierten Digitalisierung, einem fortschreitenden Trend zu Tertiarisierung und Höherqualifizierung sowie weiterer fluchtbedingter Zuwanderung bis 2020 aus. Im Szenario *Beschleunigte Digitalisierung* hingegen wird der digitale Wandel von Politik und Wirtschaft vorangetrieben, um die Produktivität zu steigern und die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Produkte zu sichern (vgl. ebd., S. 3). Es wird angenommen, dass die Bevölkerung ebenso wie Unternehmen und der öffentliche Sektor digitale Technologien intensiv nutzen und Deutschland „die technologische Führerschaft im Bereich von Industrie 4.0 anstrebt" (ebd., S. 10). Die Autor_innen identifizieren zahlreiche Trends, auf deren Umsetzung sie im Szenario bis 2030 spekulieren, darunter selbstfahrende Autos, vollautomatische Lagerhaltung, internetbasierte Verwaltung, Verdrängung der Printmedien und Verbreitung von Handels- und Dienstleistungsplattformen (vgl. ebd., S. 11).

[7] Für die Berechnungen von Helmrich et al. spielt neben der Ersetzbarkeit der Tätigkeiten die Stundenzahl pro Person eine Rolle: In Branchen, in denen sich viele Beschäftigte in atypischer Beschäftigung mit geringer Stundenzahl befinden (z. B. Gastronomie, Reinigung), würden bei gleicher Substituierbarkeit mehr Arbeitsplätze wegfallen als in Branchen, in denen jede_r Erwerbstätige durchschnittlich eine höhere Stundenzahl arbeitet (vgl. Helmrich et al. 2016, S. 80).

Abbildung 2: Beschäftigungseffekt der beschleunigten Digitalisierung



Quelle: Vogler-Ludwig et al. 2016, S. 12; linke Skala: Erwerbstätige in Millionen, rechte Skala: Erwerbslosenquote in Prozent

Die szenarienbasierten Modellrechnungen von Vogler-Ludwig et al. integrieren neben der Substitution von Arbeit „die positiven Nachfrageeffekte von Produktinnovationen, Kosten- und Preissenkungen“ (ebd., S. 11). Im Ergebnis ist vom Digitalisierungsszenario im Vergleich zum Basisszenario bis 2030 ein Beschäftigungsgewinn von etwa einer viertel Million und eine um 20 Prozent verringerte Arbeitslosenquote zu erwarten, wobei 1.000.000 gewonnene 750.000 verlorenen Arbeitsplätzen gegenüberstehen (vgl. ebd., S. 11-12; vgl. Abbildung 2).

Durch eine beschleunigte Digitalisierung würden insbesondere in den „Herstellerbranchen für digitale Technik und Dienste“ (ebd., S. 12) positive Beschäftigungseffekte entstehen. Die meisten Arbeitsplätze bauen demnach die IT-Branche, Maschinenbau, Fahrzeugbau sowie die Elektronik- und Optikindustrie auf, was sich direkt mit der angenommenen Vorreiterrolle Deutschlands in der Industrie 4.0[8] begründen lässt. Auch in der Unternehmens- und Rechtsberatung werden Zuwächse erwartet. Rückläufig sei die Beschäftigung dagegen vor allem im Einzelhandel – vermutlich wegen der Prävalenz des plattformbasierten Onlinehandels – und in der Papier-

[8] Vogler-Ludwig et al. (2016) gehen im Szenario Beschleunigte Digitalisierung davon aus, dass die deutsche Industrie die „technologische Führerschaft im Bereich von Industrie 4.0 anstrebt“ (S. 10). Damit verbinden die Autor_innen eine hohe Investitionsbereitschaft, einen hohen Aufwand im Bereich Forschung und Entwicklung und einen Nachfrageschub für Unternehmensdienste aufgrund der zentralen Rolle von Software, Hardware und Leistungen in den Bereichen Big Data, selbstfahrende Fahrzeuge, Rationalisierung der Verwaltungen, Industrie 4.0-Technik u.ä. (vgl. ebd., S. 11).

und Druckbranche – wahrscheinlich aufgrund der angenommenen Ablösung von Printmedien durch digitale Medien. Außerdem werden in der öffentlichen Verwaltung, im Gastgewerbe, in der Metallerzeugung und in der Landwirtschaft deutlich sinkende Erwerbstätigenzahlen errechnet; allerdings ist in diesen Bereichen der Unterschied zu den auch im Basisszenario erwarteten Verlusten relativ gering (vgl. ebd., S. 13). Hinsichtlich der beruflichen Kategorien[9] prognostizieren beide Szenarien unabhängig vom Ausmaß der Digitalisierung insgesamt deutliche Verluste in den landwirtschaftlichen Berufen, den Produktionsberufen und im Bereich von kaufmännischen Dienstleistungen, Warenhandel, Vertrieb, Hotel und Tourismus, während es Gewinne vor allem in den sozialen oder lehrenden Berufen und Gesundheitsberufen sowie in wissenschaftlich-akademischen Berufen geben soll (vgl. ebd., S. 7, 14). Der Rückgang der Produktionsberufe fällt im Digitalisierungsszenario aufgrund von Industrie 4.0 jedoch geringer aus, hier werden statt 647.000 nur 528.000 verlorene Arbeitsplätze erwartet. Negativ betroffen seien dabei vor allem industrielle Metall-, Textil- und Lebensmittelberufe, während es Zuwächse bei Mechatroniker_innen, Maschinen- und Fahrzeugtechniker_innen gebe (vgl. ebd., S. 14). In den naturwissenschaftlichen und informationswissenschaftlichen Berufen fallen die Gewinne laut Vogler-Ludwig et al. bei beschleunigter Digitalisierung fast doppelt so hoch aus. Und auch die Berufssegmente Unternehmensführung und -organisation sowie Werbung und Marketing wachsen in diesem Szenario stärker an. Dafür wird im Vergleich zum Basisszenario im Bereich von Logistik und Verkehr der Abbau von 148.000 Arbeitsplätzen befürchtet, was wohl damit zusammenhängt, dass die Modellrechnung von der Verbreitung selbstfahrender Autos und automatisierter Lagerhaltung ausgeht (vgl. ebd., S. 7, 14).

Die positive Beschäftigungsentwicklung bei Vogler-Ludwig et al. ist mit einer Vielzahl an Voraussetzungen und der Erwartung politischer und wirtschaftlicher Maßnahmen verbunden, deren Eintreffen alles andere als sicher ist. In der Studie wird deutlich, dass die Wissenschaftler_innen im Falle einer schnellen und durchgreifenden Digitalisierung einen Ausgleich der Verluste durch Zuwächse in anderen Branchen erwarten. Dies könne allerdings nur zutreffen, wenn die Umschichtungen zwischen den Branchen und Berufen gelinge (vgl. ebd., S. 19).

> „Befürchtungen, es käme zu einer Welle technologisch bedingter Arbeitslosigkeit, erscheinen unbegründet. Den in den vergangenen Jahren immer wieder thematisierten Gefährdungspotenzialen durch die Digitalisierung stehen Nachfragepotenziale gegenüber, die mehr Arbeitsplätze schaffen als durch Rationalisierung entfallen. Es kommt nur darauf an, die Chancen der Digitalisierung zu nutzen“ (Vogler-Ludwig et al. 2016, S. 18).

Trotz der Bemühungen, zahlreiche Einflussfaktoren in die Studien einzubeziehen, können die auf Basis von Szenarien entwickelten Beschäftigungsprognosen nach Wolter et al. (2015; 2016), Helmrich et al. (2016) und Vogler-Ludwig et al. (2016) die Zukunft des deutschen Arbeitsmarkts nicht verlässlich vorhersagen. Abgesehen von der intrinsischen Unmöglichkeit, alle Faktoren und menschengemachten Gestaltungsmaßnahmen miteinzubeziehen, basieren die Berechnungen

[9] Die Autor_innen weisen darauf hin, dass sich verschiedene Beschäftigungseffekte innerhalb der sehr grob gefassten Berufskategorien kompensieren. So gleichen sich einerseits verschiedene Berufe, andererseits verschiedene Qualifikationsniveaus gegenseitig aus (vgl. Vogler-Ludwig et al. 2016, S. 7).

jeweils auf der Annahme, dass Deutschland eine Vorreiterrolle in der Digitalisierung einnimmt, was sich bisher jedoch nicht abzeichnet (vgl. OECD 2017; 2019; Foley et al. 2018). Obwohl es eindeutig einen gesamtwirtschaftlichen Trend zur Nutzung digitaler Technologien gibt, ist höchst fraglich, ob tatsächlich die Mehrheit der Unternehmen die Digitalisierung zeitnah vorantreiben und umsetzen wird (vgl. z. B. Hirsch-Kreinsen 2018a; Arntz et al. 2016, 2018; Helmrich et al. 2016, S. 56-57). Zudem tendieren die Prognosen zur Überschätzung technologischer Möglichkeiten (vgl. Vogler-Ludwig et al. 2016) oder hängen von unsicheren Maßen der Substituierbarkeit von Arbeit ab (vgl. Wolter et al. 2015, 2016; Helmrich et al. 2016). Nichtsdestotrotz könnte die Stoßrichtung der Vorhersagen ihre Richtigkeit haben. Diverse Studien legen nahe, dass die Digitalisierung bisher zumindest keine negative Wirkung auf die Gesamtbeschäftigung hatte (vgl. Graetz/Michaels 2015; Gregory et al. 2016; Dauth et al. 2017; Lehmer/Matthes 2017; Stettes 2018; Arntz et al. 2018). Im Folgenden betrachten wir drei aktuelle Veröffentlichungen, die versuchen, die Effekte des digitalen Wandels empirisch auf Basis von Unternehmensbefragungen zu erfassen. Die dritte (Arntz et al. 2018) wagt auf dieser Grundlage einen zeitnahen Blick in die Zukunft.

Hammermann und Stettes (2015) sowie Stettes (2016, 2018) haben die Ergebnisse des *IW-Personalpanels*[10] analysiert. Im Zuge des insgesamt positiven Beschäftigungstrends auf dem deutschen Arbeitsmarkt stellt Stettes fest, dass der Anteil stark digitalisierter Unternehmen, die ein Beschäftigungsplus verzeichnen, größer ist als der bei weniger digitalisierten Unternehmen (vgl. Stettes 2018, S. 8). Allerdings zieht der Autor nach einer Kontrolle für diverse Unternehmensmerkmale in Zweifel, dass es überhaupt einen statistischen Zusammenhang zwischen Digitalisierungsgrad und quantitativer Personalpolitik gibt (vgl. ebd., S. 8-9). Auch auf Branchenebene zeige sich kein einheitliches Bild, es gebe sowohl stark als auch schwach digitalisierte Branchen mit wachsenden Beschäftigtenzahlen (vgl. ebd., S. 11). Stettes schließt daraus, dass die Digitalisierung keinen systematischen Beschäftigungseffekt zeitigt, sondern sich in unterschiedlichen Branchen und Betrieben differenziert auswirkt (vgl. ebd., S. 14; auch Warning/Weber 2017).

Zu ähnlichen Schlüssen kommen Lehmer und Matthes (2017) auf Basis einer von IAB und ZEW im Jahr 2016 durchgeführten Befragung von 2.032 Produktions- und Dienstleistungsunternehmen zu ihren Technologieinvestitionen. Die Ergebnisse wurden mit der Beschäftigtenhistorik des IAB verknüpft (vgl. Lehmer/Matthes 2017, S. 2). Entsprechend der Erkenntnisse von Stettes wird auch in dieser Studie deutlich, dass stärker digitalisierte Unternehmen statistisch ein höheres Beschäftigungswachstum aufweisen als weniger digitalisierte. Zudem verfügen sie insgesamt im Schnitt über eine größere Zahl an Mitarbeiter_innen (vgl. ebd., S. 3-4). Bei einer Betrachtung nach Sektoren sind die deutlichsten Zuwächse bei IKT-Unternehmen zu verzeichnen, die sich als

[10] Das *IW-Personalpanel* ist eine regelmäßig durchgeführte Befragung von 1.000 bis 2.000 Personalverantwortlichen deutscher Unternehmen, die vom Institut der deutschen Wirtschaft (IW) durchgeführt wird. Da es sich beim IW um ein arbeitgebernahes Forschungsinstitut handelt, sind die arbeits- und wirtschaftspolitischen Interessen zu beachten, die bei der Darstellung der Forschungsergebnisse eine Rolle gespielt haben mögen.

Vorreiter der Digitalisierung hervortun. Hingegen haben Betriebe der gleichen Branche, die wenig in digitale Technologien investieren, ihre Belegschaften im Schnitt am stärksten verkleinert. Ansonsten ist bei stark digitalisierten, nicht wissensintensiven Produktionsunternehmen, etwa in der Möbelfertigung oder im Baugewerbe, die Zahl der Mitarbeiter_innen gestiegen. In allen anderen Sektoren ist das Beschäftigungswachstum in den wenig digitalisierten Unternehmen größer als in den stark digitalisierten (vgl. ebd., S. 5).

> „Mit dieser neuen Datenbasis kann belegt werden, dass die Digitalisierung in den letzten Jahren auf aggregierter Ebene weder zu massiven Beschäftigungsverlusten noch zu deutlichen Gewinnen geführt hat. […] Festzuhalten bleibt, dass keine pauschalen Aussagen über Gewinne und Verluste von bestimmten Beschäftigtengruppen aufgrund der Digitalisierung getroffen werden können. Vielmehr sind die Auswirkungen nach Sektor- und Betriebsmerkmalen sehr unterschiedlich“ (Lehmer/Matthes 2017, S. 7).

Arntz et al. (2018) erwarten von der fortschreitenden Digitalisierung der Wirtschaft deutliche Struktureffekte mit leicht positiven Gesamtbeschäftigungseffekten. Im Gegensatz zu den oben dargestellten szenarienbasierten Veröffentlichungen nimmt die Studie einen kürzeren Zeitraum in den Blick und ist weniger stark auf die möglicherweise arbeitsplatzsparenden Effekte digitaler Automatisierungstechnologien fokussiert (vgl. Arntz et al. 2018, S. 104). Als empirische Grundlage dienen die Daten aus derselben Befragung von 2.032 Produktions- und Dienstleistungsbetrieben, auf die sich auch Lehmer und Matthes (2017) beziehen, in Verbindung mit einer Auswertung der *Integrierten Erwerbsbiographien* der BA[11] sowie der *World Input-Output Database* von 2013[12]. Auf dieser Basis untersuchen Arntz et al. vergangene ebenso wie künftige gesamtwirtschaftliche Auswirkungen der Digitalisierung anhand statistischer Modellrechnungen. Den Autor_innen zufolge haben computergesteuerte Technologien in der Vergangenheit manuelle ebenso wie kognitive Routineberufe und seit 2011 zunehmend auch manuelle Nichtroutineberufe ersetzt, wobei die negativen Substitutionseffekte zum Teil durch positive Produktnachfrageeffekte ausgeglichen wurden (vgl. Arntz et al. 2018, S. 68, 75). Die Nachfrage nach Beschäftigten in analytischen und interaktiven Berufen sei durch Computertechnik gesteigert worden (vgl. ebd.). Für die Zukunft erwarten Arntz et al. eine Fortschreibung dieser Entwicklung (vgl. ebd., S. 91). Die durch die Digitalisierung verursachten Gesamtbeschäftigungseffekte der vergangenen zwanzig Jahre sind den Autor_innen zufolge schwach positiv ausgefallen (vgl. ebd., S. 69, 76, 79-80). Zwischen 2011 und 2016 sei die Arbeitslosenquote aufgrund des technologischen Wan-

[11] „Dabei handelt es sich um eine 2%-Stichprobe der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten zwischen 1975 und 2014 und beinhaltet Informationen zu Beschäftigungszeiten, Löhnen, Beruf- und Sektorzugehörigkeit“ (Arntz et al. 2018, S. 48-49).

[12] „Die World Input-Output Database ist eine internationale Datenbank mit detaillierten Informationen zu den Handelsströmen zwischen Ländern […]. Input-Output-Tabellen stellen die Güterströme einer Ökonomie dar, aus der sich ablesen lässt, aus welchen Sektoren ein Sektor seine Vorleistungen bezieht und wofür der Output eines Sektors verwendet wird. […] Wir verwenden die 2013er Ausgabe der WIOD.13 Diese umfasst 40 Länder und 35 Sektoren für den Zeitraum 1995-2011“ (Arntz et al. 2018, S. 51).

dels etwas gesunken (vgl. ebd., S. 84). Arntz et al. identifizieren den Wechsel von Arbeitnehmer_innen in die wachsenden Arbeitsmarktsegmente als einen Grund für den positiven Beschäftigungseffekt:

> „Die Zahl der Personen, die in kognitiven Routine-Berufen, aber auch in manuellen Nicht-Routine-Berufen einen Arbeitspatz hatten oder suchten, ist geschrumpft, dagegen suchen deutlich mehr Arbeitskräfte in analytischen und interaktiven Berufen ihr Glück. Diese Mobilität der Arbeitskräfte begünstigt die insgesamt positiven Beschäftigungseffekte: Wären die Arbeitskräfte nicht in der Lage, in die wachsenden Segmente zu wechseln, so würde die steigende Arbeitsnachfrage vor allem zu steigenden Löhnen für die Arbeitskräfte in den wachsenden Segmenten führen, aber kaum zu Beschäftigungseffekten weil die Fachkräfte fehlen würden“ (Arntz et al. 2018, S. 80-81).

Zudem habe die Computerisierung den Strukturwandel hin zum tertiären Sektor beschleunigt (vgl. ebd., S. 69). Die geplanten Unternehmensinvestitionen in digitale Technologien könnten die Beschäftigung in Deutschland in den kommenden Jahren bis 2021 um bis zu 1,8 Prozent steigern[13] und den Rückgang der Arbeitslosenquote unterstützen (vgl. ebd., S. 88, 94). Anhand eines Vergleichs unterschiedlicher betrieblicher Investitionsverhalten verdeutlichen die Autor_innen, dass Investitionen in digitale 4.0-Technologien entgegen weit verbreiteter Befürchtungen eher zu einer steigenden Nachfrage nach Fachkräften führen, weil die Unternehmen Personal für die Implementierung derselben benötigen (vgl. ebd., S. 90). Unabhängig von den Investitionsstrategien der Unternehmen seien zwischen den Berufen und Branchen deutlich größere Verschiebungseffekte zu erwarten, als es Veränderungen in der Gesamtbeschäftigung geben werde (vgl. ebd., S. 91-92).

4.3.2 Digitalisierung und die Polarisierung der Berufsstruktur

Eine zweite Analyseebene innerhalb der quantitativ orientierten Literatur zum Feld befasst sich mit dem Zusammenhang von Digitalisierung und Beschäftigungspolarisierung, also weniger mit einer Insider-Outsider-Spaltung am Arbeitsmarkt, sondern mit Veränderungen innerhalb der Berufsstruktur. Die **Polarisierungsthese** beschreibt hier „die nicht-lineare Beeinflussung von Tätigkeiten und Qualifikationsanforderungen durch den technologischen Wandel“ (Helmrich et al. 2016, S. 10), wie sie etwa mit RBTC prognostiziert wird. In der aktuellen Debatte um Digitalisierung beruht sie zumeist auf der Annahme, durch Computer werde vornehmlich die Automatisierung von Routinetätigkeiten, die den Kern mittelqualifizierter Arbeitsplätze ausmachen, ermöglicht und vorangetrieben. Nach der Polarisierungsthese ist eine unterdurchschnittliche oder negative Beschäftigungsentwicklung auf der mittleren Qualifikationsebene zu erwarten, während die Beschäftigtenzahlen im Bereich hoch- und niedrigqualifizierter und -entlohnter Arbeit

[13] Dabei handelt es sich um eine ‚kontrafaktische‘ Prognose, da ausschließlich die Wirkung des technologischen Wandels betrachtet und alle anderen Faktoren ausgeblendet wurden. Entsprechend ist dies keine Prognose zur tatsächlichen Entwicklung des Arbeitsmarktes (vgl. Arntz et al. 2018, S. 87).

steigen bzw. stagnieren.[14] Das Ergebnis einer anhaltenden Polarisierungstendenz wäre eine polarisierte Beschäftigungsstruktur mit vielen Erwerbstätigen an den Polen und vergleichsweise wenigen in der Mitte. Die Beschäftigungspolarisierung kann einerseits mit einer erhöhten Arbeitslosenquote einhergehen, andererseits können sich die freigesetzten mittelqualifizierten Arbeitskräfte auf hoch- und geringqualifizierte Stellen verteilen.

Die gegenläufige Entwicklung wäre eine lineare Beeinflussung der Beschäftigungsstruktur durch digitale Technologien, die durch ein linear komplementäres Verhältnis zwischen Technologieeinsatz und Qualifikationsniveau bedingt wird, wie es nach SBTC zu erwarten ist. Demnach profitieren hochqualifizierte Beschäftigte am meisten von der Digitalisierung und ihr Anteil an der Gesamtbeschäftigung wächst, während der Anteil geringqualifizierter Arbeitskräfte sinkt. Diese **lineare Aufwertung** der Beschäftigung[15] birgt allerdings die Gefahr einer gesellschaftlichen Polarisierung, wenn sie mit bedenklichem Arbeitsplatzabbau einhergeht. Dann stünden qualifizierte und hochqualifizierte Erwerbstätige den geringqualifizierten Arbeitslosen gegenüber.

Weitestgehend alle Studien stimmen darin überein, dass sich die Digitalisierung in der Tendenz zugunsten hochqualifizierter Arbeitskräfte auswirkt. In den Betrachtungen zur Substituierbarkeit von Arbeit werden akademischen Berufen und Tätigkeiten größtenteils geringe Routineanteile und ein geringes Potenzial zur Automatisierung zugeschrieben (vgl. Brzeski/Burk 2015; Dengler/Matthes 2015a, 2018; Bonin et al. 2015; Pfeiffer/Suphan 2015a; Helmrich et al. 2016). Die szenarienbasierten Berechnungen der Gesamtbeschäftigungseffekte prognostizieren unisono eine höhere Nachfrage nach hochqualifizierten und entsprechend gut bezahlten Erwerbstätigen in analytischen oder interaktiven Berufen (vgl. Wolter et al. 2015, 2016; Helmrich et al. 2016; Vogler-Ludwig et al. 2016; Arntz et al. 2018). Beispielsweise würde sich laut Vogler-Ludwig et al. bei einer beschleunigten Digitalisierung der Bedarf an Hochschulabsolvent_innen bis 2030 um über eine halbe Million erhöhen (vgl. Vogler-Ludwig et al. 2016, S. 14). Die Befragung von Unternehmen scheint den Aufwertungstrend im oberen Qualifikationssegment insgesamt zu bestätigen (vgl. Lehmer/Matthes 2017; Stettes 2018; Arntz et al. 2018). Laut Stettes wurden im Verlauf des Beschäftigungswachstums der letzten Jahre insbesondere in stark digitalisierten Branchen wie der Informations- und Kommunikationswirtschaft, bei wissensintensiven Dienstleistungen und im Maschinenbau vermehrt hochqualifizierte Arbeitnehmer_innen nachgefragt (vgl. Stettes 2018, S. 13).

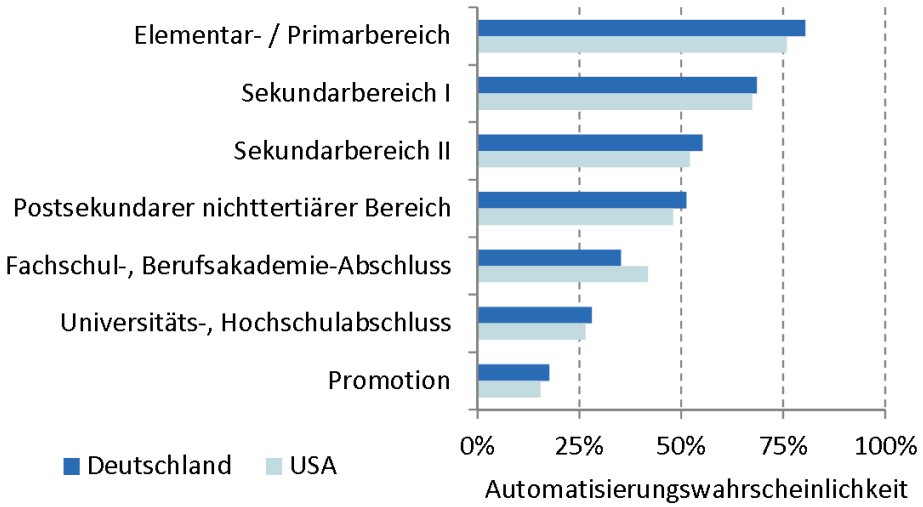
[14] Obwohl Löhne und Qualifikationsniveaus nicht linear miteinander korreliert sind, hängen sie doch so eng zusammen, dass empirische Makrountersuchungen die Entwicklung der Beschäftigungsstruktur häufig anhand der Löhne messen (vgl. z. B. Oesch 2013; Arntz et al. 2018; Eichhorst et al. 2015; Dauth 2014; kritisch dazu Spitz-Oener 2006).

[15] Daniel Oesch weist zudem darauf hin, dass eine Aufwertung der Beschäftigungsstruktur (nach Qualifikation und Lohnniveau) nicht zwingend mit einer Verbesserung der Arbeitsbedingungen einhergeht. Stattdessen kann eine solche Entwicklung mit der Destandardisierung von Arbeitsbeziehungen einhergehen: Befristete Verträge, schlechte Arbeitszeiten usw. können trotz höherer Qualifikation zu Unsicherheit und Prekarität führen (vgl. Oesch 2013, S. 58).

Uneinigkeit herrscht in der Debatte hingegen darüber, ob die ‚digitale Aufwertung' der Beschäftigungsstruktur über die gesamte Beschäftigungsstruktur weitgehend linear verläuft oder ob sich eine Polarisierung mit rückläufiger Beschäftigung in der Mitte der Qualifikations- und Lohnstruktur abzeichnet. Die Studien zur **Substituierbarkeit** schreiben alle sowohl Berufen im mittleren als auch solchen im niedrigen Qualifikationsbereich ein hohes Ersetzbarkeitspotenzial zu.

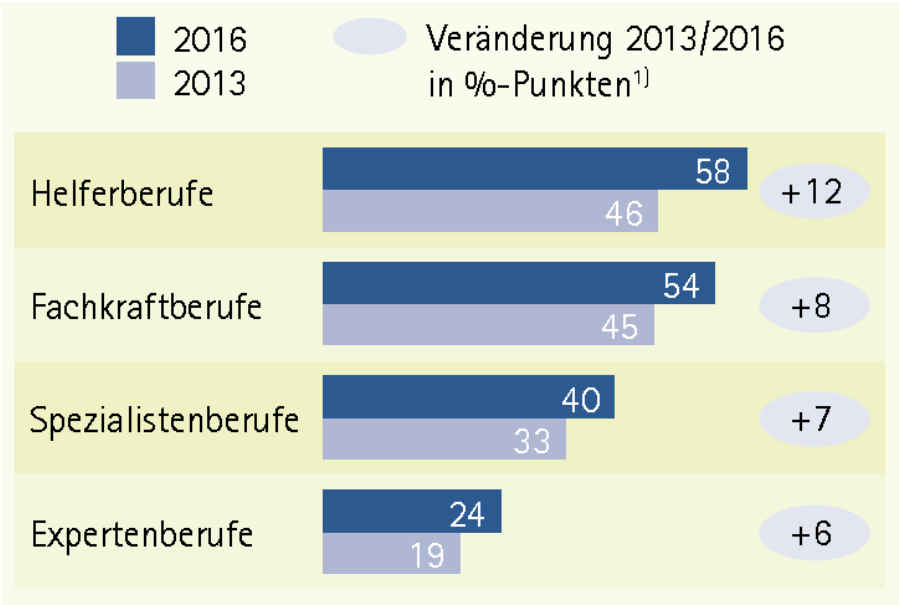
Bei der Nachahmung der umstrittenen Methodik von Frey und Osborne (2013) für Deutschland ergibt sich zwar, dass insgesamt 85 Prozent und in der Logistikbranche sogar 93 Prozent der Hilfskraftstellen künftig automatisierbar sind. Allerdings halten die Verfasser_innen der Studie auch über 4,5 Millionen fachlich ausgebildete Arbeitskräfte für gefährdet (vgl. Brzeski/Burk 2015, S. 4). Hingegen sind sich Bonin et al. (2015) und Dengler und Matthes (2018) weitestgehend einig, dass eher Helferberufe substituierbar sind oder sein werden. Bei Bonin et al. sinkt die Automatisierungswahrscheinlichkeit nahezu linear sowohl mit wachsendem Qualifikationsniveau (vgl. Abbildung 3) als auch mit steigendem Einkommen (vgl. Bonin et al. 2015, S. 16). Laut Dengler und Matthes verfügten Helfer- und Fachkraftberufe 2013 noch gleichermaßen über ein durchschnittliches Substituierbarkeitspotenzial von etwa 45 Prozent (vgl. Dengler/Matthes 2015b, S. 4). Bei der zweiten Untersuchung drei Jahre später führte die Marktreife neuer Automatisierungstechnologien, „die eher auf die Ersetzung einfacher Tätigkeiten abzielen" (Dengler/Matthes 2018, S. 5), dazu, dass sich der Wert für Helferberufe deutlicher erhöhte als für die anderen Qualifikationsniveaus. Den Autorinnen zufolge waren 2016 im Schnitt 58 Prozent der Helfertätigkeiten potenziell ersetzbar und das Substituierbarkeitspotenzial sank linear mit steigendem Anforderungsniveau (vgl. ebd.; Abbildung 4).

Abbildung 3: Automatisierungswahrscheinlichkeit und Bildungsniveau



Quelle: Bonin et al. 2015, S. 16

Abbildung 4: Substituierbarkeitspotenzial nach Anforderungsniveau



Quelle: Dengler/Matthes 2018, S. 1

Eine Betrachtung einzelner Berufsfelder macht allerdings deutlich, dass keine branchenübergreifende Verallgemeinerung der negativen Korrelation von Qualifikationsniveau und Substituierbarkeitspotential möglich ist. So lag 2013 die Substituierbarkeit in der Logistik und im Handel bei Hilfskräften deutlich höher als bei allen anderen Qualifikationsniveaus (vgl. Dengler/Matthes 2015a, S. 20, 18), in den Fertigungsberufen dagegen war der Wert bei Fach- und Hilfskräften etwa gleich hoch (vgl. ebd., S. 16) und in Bauberufen, in Gesundheitsberufen und im Gastgewerbe wiesen sowohl Fachkräfte als auch Spezialist_innen ein höheres Substituierbarkeitspotenzial auf als Helfer_innen (vgl. ebd., S. 16, 17). Die Tendenz in den letztgenannten Branchen kommt zustande, weil geringqualifizierte Beschäftigte dort laut der verwendeten Datenbank vor allem manuelle Nichtroutinetätigkeiten verrichten, während Fachkräfte Aufgaben der Kalkulation und Planung übernehmen, die eher als automatisierbar eingestuft wurden (vgl. ebd., S. 17). Pfeiffer und Suphan lehnen die Zuschreibung von Routinehaftigkeit zwar ab, haben aber mit dem AV-Index ein entsprechendes Ergebnis erreicht: Mit steigendem Qualifikationsniveau gehen tendenziell höhere Anforderungen durch Unwägbarkeiten einher. Allerdings seien die Indexwerte bei geringqualifizierten Beschäftigten breit gestreut und deren Tätigkeitsspektren hochgradig differenziert. Es gebe also auch Helfer_innen, die in großem Maß subjektivierendes Arbeitshandeln zur Bewältigung ihrer komplexen Aufgaben benötigen (vgl. Pfeiffer/Suphan 2015a, S. 24).

> „Dies wäre ein weiteres Indiz dafür, dass die formale Qualifikation allein wenig zur Beurteilung der Routinelastigkeit einer Tätigkeit beiträgt. […] Das zeigt sich gerade in den für Industrie 4.0 als zentral angesehenen Kernbereichen wie der Automobilindustrie: Hier haben sich die für Facharbeit typischen Anforderungen durch Gruppenarbeit und Produktionssysteme längst in die scheinbar einfach und repetitive Arbeit ausgedehnt, die damit höchst ambivalenten Handlungsanforderungen ausgesetzt ist“ (Pfeiffer/Suphan 2015a, S. 24).

Unter den auf **Zukunftsszenarien** basierten Studien zu den Gesamtbeschäftigungseffekten gibt es sowohl solche, die eine etwa lineare Aufwertung der Beschäftigung prognostizieren (vgl. Helmrich et al. 2016; Vogler-Ludwig et al. 2016), als auch solche, nach denen es zu einer polarisierten Entwicklung kommt (vgl. Wolter et al. 2015, 2016).

Von der Einführung der Industrie 4.0 erwarten Wolter et al. (2015), dass sich die Struktur der Berufsfelder in Abhängigkeit von ihren jeweiligen Routineanteilen nach Dengler und Matthes (2015) verändert, was sich auf die gesamtwirtschaftliche Qualifikationsstruktur auswirke (vgl. Wolter et al. 2015, S. 48). Einerseits nehme die Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften signifikant zu, andererseits würden Arbeitskräfte mit beruflicher Ausbildung insgesamt deutlich weniger nachgefragt (vgl. ebd., S. 48, 62). Bis 2030 verringere sich die Zahl der mittelqualifizierten Erwerbstätigen um etwa 130.000. Auch die Zahl der ungelernten Beschäftigten nehme ab, allerdings ist bei ihnen das Ausmaß der Veränderung viel geringer, sodass sich insgesamt eine polarisierte Entwicklung abzeichne (vgl. ebd., S. 62). Bei der zweiten Studie von Wolter et al., in der die Folgen eines branchenübergreifenden Wirtschaft 4.0-Szenarios berechnet werden, wiederholt sich das gleiche Muster mit einem tätigkeitsbasierten Ansatz. Die Autor_innen prognostizieren deutlich stärkere Verluste bei den Fachkrafttätigkeiten als bei den Helfertätigkeiten und steigende Nachfrage nach hochkomplexen Tätigkeiten (vgl. Wolter et al. 2016, S. 59; Abbildung 5). In beiden Veröffentlichungen betonen Wolter et al., dass diese Polarisierungstendenz nicht per se negativ zu bewerten ist. Die rückläufige Beschäftigung für fachlich qualifizierte Personen könne eine Lösung für den Fachkräftemangel darstellen, während die höhere Nachfrage nach akademischen Qualifikationen die große Zahl an Hochschulabsolvent_innen auffange (vgl. Wolter et al. 2015, S. 63). Außerdem seien mittelqualifizierte Beschäftigte auch in der Lage, hochkomplexe Tätigkeiten auszuführen, sofern sie ihre Kompetenzen weiterentwickeln (vgl. Wolter et al. 2016, S. 63).

Abbildung 5: Zahl der Erwerbstätigen nach Anforderungsniveaus im Wirtschaft-4.0-Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion

Quelle: Wolter et al. 2016, S. 59

Helmrich et al. (2016) führen die von Wolter et al. (2016) errechnete Polarisierung auf die Verwendung des Substituierbarkeitspotenzials von Dengler und Matthes (2015) zurück. Das gleiche Wirtschaft-4.0-Szenario führe bei der Berechnung mit anderen Maßen der Substituierbarkeit zu einer linearen Aufwertung statt zu einer polarisierten Entwicklung (vgl. Abbildung 6).

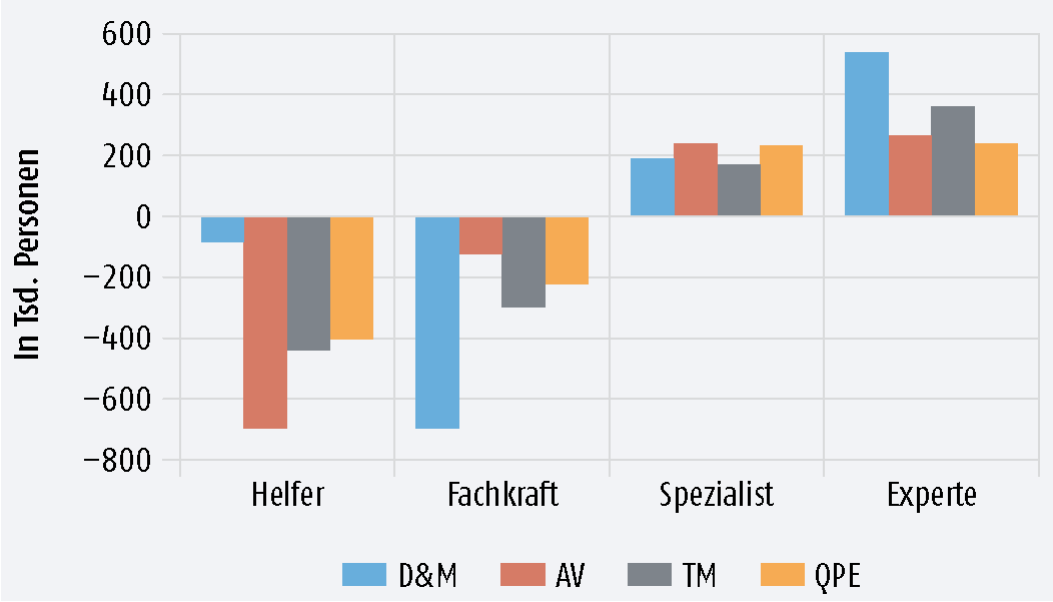
> „Mit der Einbindung der alternativen Indizes werden vor allen Dingen Positionen für Helfer, aber auch im geringeren Maße bei Fachkräften abgebaut. Gleichzeitig entstehen Arbeitsstellen für Spezialisten und Experten. Somit wird hier eher eine Zunahme der Komplexität der Arbeit in der Projektion abgebildet“ (Helmrich et al. 2016, S. 86).

Im Szenario der beschleunigten Digitalisierung nach Vogler-Ludwig et al. zeichnet sich ebenfalls eine lineare Aufwertung ab (vgl. Vogler-Ludwig et al. 2016). Der Gesamtrückgang an geringqualifizierten Beschäftigten übersteigt die Verluste bei beruflich qualifizierten Erwerbstätigen bei weitem. Den Berechnungen zufolge führt die forcierte Nutzung digitaler Technologien bis 2030 im Vergleich zum Basisszenario zum Abbau von 177.000 Arbeitsplätzen für Personen ohne qualifizierenden Abschluss und von 90.000 Arbeitsplätzen mittleren Qualifikationsniveaus, während etwa eine halbe Million zusätzliche Stellen für Hochschulabsolvent_innen geschaffen würden (vgl. ebd., S. 15). Auf dem mittleren Qualifikationsniveau wird der stark rückläufige Bedarf nach Fachkräften in Fertigungs- und Metallberufen sowie in Verwaltungs- und Büroberufen durch eine steigende Nachfrage nach Fachkräften mit technischer oder kaufmännischer Ausbildung ausgeglichen (vgl. ebd.).

Im Modell der Studie verstärkt die forcierte Digitalisierung die Entwicklungstendenz, die Vogler-Ludwig et al. bereits für das Basisszenario mit nur moderatem digitalen Wandel erwarten, sodass insgesamt enorme Verluste von beinahe zwei Millionen Stellen für Geringqualifizierte prognostiziert werden. Die insgesamt positiven antizipierten Beschäftigungseffekte sind auf das enorme Anwachsen der Zahl der hochqualifizierten Beschäftigten um etwa 2,5 Millionen zurückzuführen (vgl. ebd.). So sind laut dieser Studie zwar weder Gesamtbeschäftigungsverluste noch eine Beschäftigungspolarisierung zu erwarten, wohl aber etwa zwei Millionen Arbeitslose ohne abgeschlossene Ausbildung.

> „Die Sorge, dass die Digitalisierung die beruflich gebildete Mittelschicht, also die Facharbeiter und mittleren Angestellten, freisetzt, wird von unseren Modellrechnungen nicht gestützt. Nach unserer Einschätzung ersetzt die digitale Technik – wie alle bisherigen Technologielinien – in erster Linie einfache Arbeit, während anspruchsvollere Tätigkeiten zu komplexeren Aufgabenfeldern weiterentwickelt werden“ (Vogler-Ludwig et al. 2016, S. 18).

Abbildung 6: Veränderung der Beschäftigung in den Anforderungsniveaus unter Verwendung verschiedener Ersetzbarkeitsmaße im Jahr 2025[16]



Quelle: Helmrich et al. 2016, S. 83

Obwohl es Veröffentlichungen gibt, die sich aufgrund der Digitalisierung das „Ende der Mittelschichtarbeit“ (Collins 2014) ausmalen, prognostizieren die Zukunftsberechnungen im Großen und Ganzen keine oder eine nur moderate durch Digitalisierung verursachte Beschäftigungspolarisierung. Mit Blick sowohl auf die Studien zur Substituierbarkeit als auch auf die zu künftigen

[16] *D&M* steht für das Substituierbarkeitspotenzial nach Dengler und Matthes (2015), *AV* steht für den AV-Index nach Pfeiffer und Suphan (2015), *TM* steht für den Routineindex nach Tiemann (2016) und *QPE* steht für den Qualifizierungspanel Ersetzbarkeitsindex von Helmrich et al. (2016). Für Informationen zu den einzelnen Maßen vgl. Infobox auf S. 14-15.

Gesamtbeschäftigungseffekten tendiert die Debatte zur **linearen Aufwertung** der Beschäftigungsstruktur mit großen Gewinnen für Hochqualifizierte und möglichen Arbeitsplatzverlusten im geringqualifizierten Segment. Viele Veröffentlichungen halten die Arbeit der Zukunft für komplexer und anspruchsvoller und eine umfassende Qualifizierung der Beschäftigten für notwendig und sinnvoll, was – sofern erfolgreich Weiterbildungsmaßnahmen durchgeführt werden – für eine qualifikatorische Aufwertung der heutigen Beschäftigtenstruktur spricht (vgl. Wolter et al. 2015, S. 32-33, 2016, S. 31; Helmrich et al. 2016, S. 19-20; Vogler-Ludwig et al. 2016; Patscha et al. 2017; Arnold et al. 2016a, S. 5).

> „Die gestiegenen Anforderungen verdeutlichen die künftige Arbeitsteilung von Mensch und Maschine. Während Maschinen Tätigkeiten übernehmen, die leichter zu programmieren und zu automatisieren sind, übernehmen Menschen überwiegend kreativ-intelligente oder sozial-interaktive Tätigkeiten. Diese setzen tendenziell eine höhere Qualifikation voraus“ (Arnold et al. 2016a, S. 6).

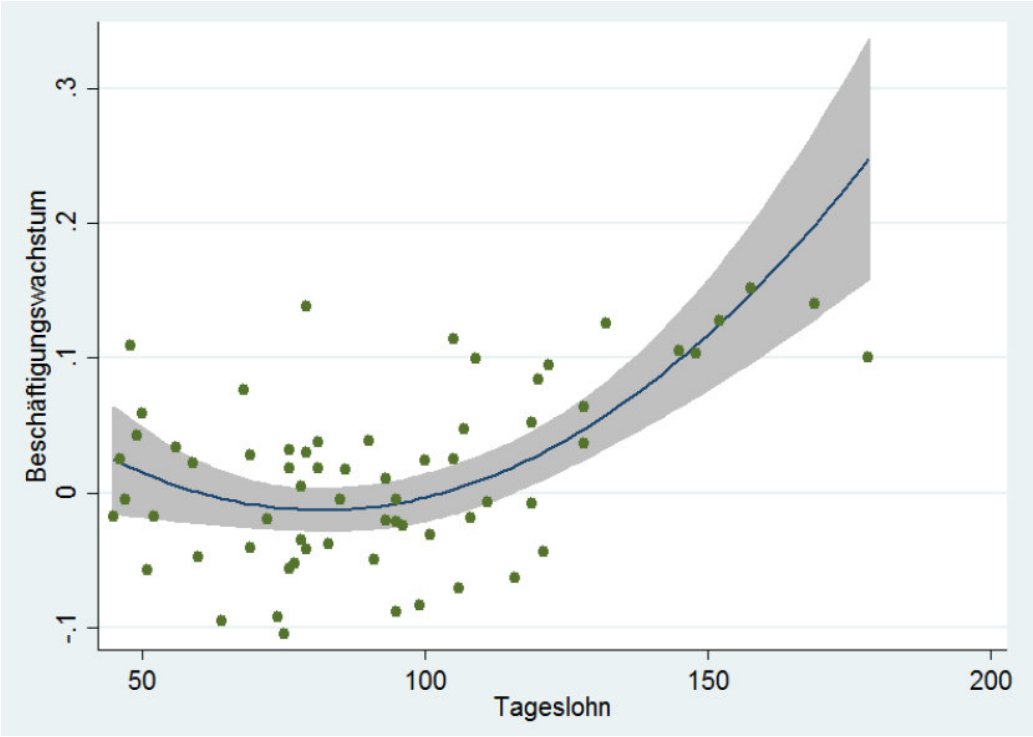
> „Die Ergebnisse sind kompatibel mit der Hypothese, dass der Mensch einen komparativen Vorteil bei abstrakten Aufgaben wie Problemlösung, Intuition, Kreativität und Sozialkompetenz hat, während Maschinen einen komparativen Vorteil bei klar definierten und sich wiederholenden Aufgaben haben, die mit Hilfe von Computern und Algorithmen leichter zu programmieren sind“ (Arntz et al. 2018, S. 46).

Hingegen weisen die empirischen Untersuchungen zu den Auswirkungen der Digitalisierung der letzten Jahre tendenziell in Richtung einer Beschäftigungspolarisierung. Die Analyse der BA-Daten durch Oliver Stettes hat ergeben, dass zwischen 2014 und 2017 die Anzahl mittelqualifizierter Stellen im Verhältnis zu gering- und hochqualifizierten gesamtgesellschaftlich weniger schnell gewachsen ist, was einer leichten **Polarisierungstendenz** entspricht (vgl. Stettes 2018, S. 16). Die Beschäftigung habe sich zwischen 2014 und 2017 insbesondere für Hilfskräfte positiv entwickelt (vgl. ebd.). In keiner Branche sei im geringqualifizierten Bereich eine negative Beschäftigungsentwicklung zu verzeichnen gewesen, obwohl vielen Helferberufen ein hohes Substituierbarkeitspotenzial zugeschrieben wird (vgl. ebd., S. 16-17). In der Chemie- und Pharmaindustrie und im Handel seien mit steigendem Digitalisierungsgrad sogar vermehrt Helfer_innen eingestellt worden (vgl. ebd., S. 14). Dieses Ergebnis beschreibt Stettes auch hinsichtlich einzelner Berufsgruppen, in denen „die Anzahl der Beschäftigten in Helfertätigkeiten mit einer hohen Rate gestiegen ist, während im Fachkräftesegment ein deutlich geringeres Wachstum, in manchen Fällen auch ein negatives Wachstum verzeichnet worden ist“ (ebd., S. 17). Stettes vermutet allerdings, „dass die zurückhaltende Beschäftigungsentwicklung insbesondere im Fachkräftesegment weniger auf einen vom technologischen Fortschritt getriebenen Nachfrageeffekt zurückzuführen ist, als vielmehr auf ein begrenztes Angebot“ (ebd., S. 18).

Auch nach Arntz et al. hat die Digitalisierung zwischen 2011 und 2016 eine leichte Beschäftigungspolarisierung verursacht (vgl. Arntz et al. 2018; auch Arnold et al. 2016a). Im Zusammenhang mit Technologieinvestitionen habe sich die Nachfrage nach mittelqualifizierten und -entlohnten Berufen im Verhältnis zu der nach Arbeitskräften im niedrigen und hohen Bereich des Spektrums negativ entwickelt (vgl. ebd., S. 84-85; vgl. Abbildung 7). Allerdings sei die Nachfrage

nach hochqualifizierten Beschäftigten deutlich stärker gestiegen als die nach geringqualifizierten, sodass sich insgesamt ein polarisiertes *Upgrading* in der Beschäftigungsstruktur abgezeichnet habe (vgl. ebd.).

Abbildung 7: Beschäftigungspolarisierung 2011-2016



Quelle: Arntz et al. 2018, S. 85

Für die Zukunft erwarten die Autor_innen eine weiter steigende Nachfrage nach Arbeitskräften im Hochlohnbereich und eine Stagnation der Stellenanzahl im niedrigen und mittleren Segment (vgl. ebd., S. 95). Demnach kommt es in den nächsten Jahren aufgrund des digitalen Wandels zu einer **Aufwertungsbewegung** bei einer gleichzeitig numerisch wachsenden Ungleichverteilung in der Sozialstruktur. Eine durch den Abbau mittelqualifizierter Stellen verursachte Beschäftigungspolarisierung ist dagegen gesamtwirtschaftlich nicht zu erwarten.

Die Sichtung der Debatte zu Digitalisierung und Polarisierung ergibt, dass für die Jahre zwischen 1990 und 2016 in Deutschland eine leichte Beschäftigungspolarisierung mit wachsenden Anteilen hoch- und geringqualifizierter Arbeitsplätze im Verhältnis zu mittelqualifizierten Stellen in Deutschland festgestellt wurde. Diese Entwicklung wird mit dem digitalen Wandel in Verbindung gebracht. Dennoch erwartet ein Großteil der Studien für die nähere Zukunft keine weitere durch die Digitalisierung verursachte Beschäftigungspolarisierung. Der Abbau mittelqualifizierter Arbeitsplätze ist zwar wahrscheinlich, ebenso aber der Aufbau neuer und der Wandel bestehender Stellen in diesem Qualifikationsbereich. Der Abbau der Mittelschicht als solche erscheint unrealistisch. Insgesamt dominiert sowohl in der Vergangenheit als auch in der antizipierten Zukunft

der Trend zur Höherqualifizierung. Einigen Studien zufolge sind zudem der Abbau und die Entwertung von Einfacharbeit zu befürchten.

4.3.3 Digitalisierung und Lohnungleichheit

Die dritte Analyseebene, die bei Studien aus dem Bereich der quantitativen Analysen zum Zusammenhang von Digitalisierung und sozialer Ungleichheit gelegentlich betrachtet wird, betrifft die Effekte neuerer Technologien auf die Entwicklung von Lohnungleichheit.

Bis etwa 2010 konnte in Deutschland ein markantes Anwachsen der Lohnungleichheit festgestellt werden, was mit dem technologischen Wandel in Verbindung gebracht wird (vgl. Eichhorst et al. 2015; Senftleben-König/Wieland 2014; Antonczyk et al. 2010). Dagegen befassen sich wenige Veröffentlichungen ausführlich damit, wie sich die Digitalisierung in Zukunft auf die Lohnstruktur auswirkt. Häufig beziehen sich die Verfasser_innen von Prognosen implizit auf die Annahme, Löhne würden von der Nachfrage nach bestimmten Arbeitskräften bestimmt. Werden aufgrund der Digitalisierung mehr hochqualifizierte Arbeitskräfte nachgefragt, sind steigende Löhne im Hochlohnbereich zu erwarten. Werden weniger Hilfskräfte nachgefragt, sind sinkende Löhne im Niedriglohnbereich wahrscheinlich. Die zunehmende Automatisierung von Einfacharbeit könnte eine Konkurrenzsituation zwischen Arbeit und Technik herstellen, die über die Abwertung menschlicher Arbeit zu Lohnstagnation und -rückgang im unteren Lohnsegment führt. So wird die Digitalisierung der Wirtschaft der Beratungsfirma McKinsey zufolge zu wachsender Lohnungleichheit führen, weil die Automatisierung den Lohndruck auf mittel- und geringqualifizierte Beschäftigte erhöht, wohingegen die Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften zu steigenden Löhnen im Hochlohnbereich führt (vgl. MGI 2017, S. 5-6; Bughin et al. 2018). In ihrer Studie zum Robotereinsatz in deutschen Industrieunternehmen zwischen 1994 und 2014 kommen Dauth et al. (2017) zu dem Schluss, dass es zu einem Trade-off zwischen Beschäftigungssicherheit und Lohnniveau gekommen ist. Die Arbeitsplätze sind erhalten geblieben, aber die Löhne für die gleiche Arbeit wurden gesenkt (vgl. ebd., S. 35-36).

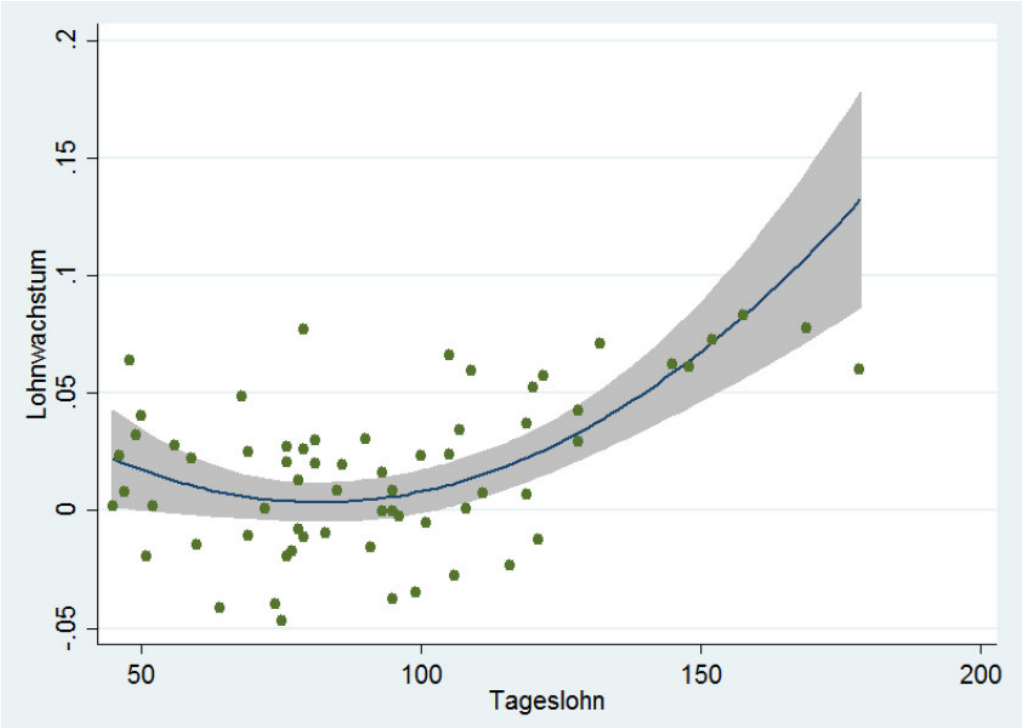
Hingegen stehen Vogler-Ludwig et al. (2016) der Befürchtung, die Digitalisierung führe zu vergrößerter Lohnungleichheit, ablehnend gegenüber. Ihre Berechnungen zeigten „keinen Zusammenhang zwischen der Veränderung der Beschäftigtenzahlen in den Berufen und ihrem jeweiligen Einkommensniveau“ (ebd., S. 19). Nach Ansicht der Autor_innen verfolgen deutsche Unternehmen „keine Niedriglohnstrategie“ (ebd.). Entsprechend seien mit der Digitalisierung tendenziell nicht sinkende Löhne für Hilfskräfte, sondern Weiterqualifizierungsmaßnahmen zu erwarten (vgl. ebd.).

Wolter et al. (2015; 2016) und Helmrich et al. (2016) erwarten von der Wirtschaft 4.0 mit steigender Zahl hochqualifizierter Beschäftigter auch eine insgesamt wachsende Lohnsumme. „Die Lohnsteigerungen entstehen durch eine Umverteilung der Beschäftigung hin zu Arbeitsplätzen mit einem höheren Anforderungsniveau, die dann auch mit höheren Arbeitsentgelten versehen sind“ (Helmrich et al. 2016, S. 84). Dabei wird in den Studien nicht ganz klar, ob die Lohnsumme nur wegen der vergrößerten Zahl an Arbeitnehmer_innen mit hohem Qualifikationsniveau und

entsprechend hohen Löhnen wächst oder auch, weil die gesteigerte Nachfrage nach Arbeitskräften deren Lohnniveau weiter erhöht. Laut Wolter et al. wird die Digitalisierung für Produktivitätszuwächse im verarbeitenden Gewerbe und in der Landwirtschaft sorgen, die sich positiv auf die Löhne der verbleibenden Beschäftigten auswirken, sofern eine produktivitätsorientierte Lohnpolitik verfolgt wird (vgl. Wolter et al. 2015, S. 56, 62, 2016, S. 55). Dadurch würden sich die Lohnunterschiede zwischen Industrie und Dienstleistungen vergrößern (vgl. Wolter et al. 2015, S. 62).

In der makroökonomischen Studie von Arntz et al. (2018) wird der Zusammenhang zwischen Angebot von und Nachfrage nach bestimmten Berufsgruppen und deren Lohnniveau nachgewiesen. Digitale Technologien haben der Studie zufolge zu einer steigenden Nachfrage einerseits nach analytischen und interaktiven Berufen, andererseits nach geringqualifizierten Helferberufen geführt, was jeweils mit steigenden Löhnen einhergegangen sei (vgl. ebd., S. 83). Für die Jahre zwischen 2011 und 2016 stellen Arntz et al. durch die Einführung digitaler Technologien verursachte deutliche Lohnerhöhungen im Hochlohnbereich und im Vergleich zum mittleren etwas raschere Lohnzuwächse im unteren Lohnsegment fest (vgl. ebd., S. 85-86; vgl. Abbildung 8).

Abbildung 8: Entwicklung der Löhne 2011-2016



Quelle: Arntz et al. 2018, S. 86

Das bedeutet, dass die Ungleichheit in der oberen Hälfte der Verteilung technologisch induziert zugenommen hat, während sie in der unteren Hälfte leicht zurückgegangen ist. Betrachtet man die Lohnverteilung insgesamt, ist die Ungleichheit deutlich gestiegen. Für die Zukunft halten die Autor_innen entsprechend der antizipierten Nachfrageentwicklung weitere Lohnerhöhungen

am oberen Ende der Verteilung für wahrscheinlich, im mittleren und unteren Bereich dagegen kaum (vgl. ebd., S. 95-96). Demnach ist von der fortschreitenden Digitalisierung eine bestärkende Wirkung auf die bestehende Lohnungleichheit und damit auf gesellschaftliche Polarisierungstendenzen zu erwarten.

4.4 Zwischenfazit

Die von uns analysierten Studien der Makroebene zum Zusammenhang von Digitalisierung und sozialer Ungleichheit kommen auf den ersten Blick zu durchaus heterogenen Ergebnissen. Zunächst ist festzuhalten, dass ein großer Teil der Sozialstrukturanalyse gesellschaftliche Polarisierungsdynamiken diagnostiziert hat, lange bevor jene neueren digitalen Technologien, denen sich der Großteil der in diesem Kapitel ausgewerteten Studien widmet, überhaupt auf dem Arbeitsmarkt ankamen. Darüber hinaus zeigt der längere Blick in die Vergangenheit, dass diese Polarisierungsdynamiken keineswegs nur als Effekte technologischer Entwicklungen in der Arbeitswelt beschrieben werden. Soziale Polarisierung ist real und hat viele Quellen (vgl. Kapitel 4.1).

Daraus ist zu schließen, dass sich gesellschaftliche Polarisierungsentwicklungen auf der Basis von Finanzialisierung, Globalisierung und Tertiarisierung im Grunde unabhängig von der Applizierung und Verbreitung neuerer digitaler Technologien in der Arbeitswelt fortsetzen werden, sofern diese Trends ungebrochen fortbestehen. Polarisierung gibt es – soweit man gegenwärtige Trends in die Zukunft verlängern kann – demnach mit oder ohne Digitalisierung.

Gleichwohl bilden digitale Technologien auch eine transversale Kategorie, ohne die die Megatrends Globalisierung, Finanzialisierung und Tertiarisierung nur schwer vorstellbar sind. Aus dieser Perspektive liegt es auf der Hand, dass digitale Technologien zu den beschriebenen gesellschaftlichen Polarisierungsprozessen beigetragen haben – auch ohne, dass sich ihr Beitrag zu diesem Phänomen exakt isolieren lässt.

Jene Studien, die sich seit 2011 mithilfe von Analysen zur Beschäftigungsentwicklung (vgl. Kapitel 4.3.1), zum berufsstrukturellen Wandel (vgl. Kapitel 4.3.2) sowie zur Entwicklung von Lohnungleichheit (vgl. Kapitel 4.3.3) direkt mit der Wirkung des Faktors Digitalisierung auf soziale Ungleichheit befasst haben, kommen unter dem Strich zu folgenden Ergebnissen:

- **Beschäftigungsentwicklung**: Beobachtet und für die nähere Zukunft erwartet wird trotz eines gewissen Ausmaßes an Automatisierung, dass sich Beschäftigungsverluste in Grenzen halten werden. Denkbar sind sogar Beschäftigungsgewinne. Gleichwohl basieren viele der Prognosen einerseits auf positiven Erwartungen hinsichtlich der technischen Vorreiterrolle Deutschlands und pochen andererseits auf die Notwendigkeit, Verlierer des strukturellen Wandels durch Weiterbildung weiterhin in den Arbeitsmarkt zu integrieren. Ob sich diese Perspektiven realisieren werden, kann freilich heute niemand

wissen. Bei geringem Erfolg von Bildungsmaßnahmen ist hinsichtlich der Beschäftigungsentwicklung eine Polarisierung zwischen Insidern und Outsidern des Arbeitsmarktes denkbar.

- **Beschäftigungsstruktur**: Innerhalb der berufsstrukturellen Analysen finden sich starke Hinweise hinsichtlich der Vermehrung hochqualifizierter Arbeitsplätze, was vielfach als Aufwertungstendenz beschrieben wird. Gleichwohl wurde im Deutschland der jüngeren Vergangenheit eine leichte Beschäftigungspolarisierung mit wachsenden Anteilen hoch- und geringqualifizierter Arbeitsplätze im Verhältnis zu mittelqualifizierten Stellen festgestellt. Diese Entwicklung wird mit dem digitalen Wandel in Verbindung gebracht. Hinsichtlich der weiteren Entwicklung sozialer Ungleichheit in der näheren Zukunft werden in den von uns analysierten Studien für Deutschland keine auf den Faktor Digitalisierung rückführbaren Polarisierungstendenzen erwartet. Damit ist freilich nichts über andere Triebfedern der bestehenden Polarisierungsdynamik gesagt.

- **Lohnungleichheit**: In der von uns begutachteten Literatur wird als Effekt des digitalen Wandels mehrheitlich eine leicht steigende Lohnungleichheit erwartet, die sich primär aus Lohngewinnen am oberen Ende der Einkommenshierarchie ergeben soll. Hier wird also auch vom Faktor Digitalisierung ein eigener Impuls für eine weitere gesellschaftliche Polarisierung erwartet.

5 Betriebliche Ebene

Wenden wir uns nun den Veränderungen betrieblicher Sozialstrukturen im Kontext der Digitalisierung der Arbeit zu. Folgt man dem diagnostischen Programm der Arbeits- und Industriesoziologie, dann lässt sich der Arbeitsprozess als zentrale Keimzelle des Sozialen verstehen – insbesondere der Entwicklung sozialer Ungleichheit. Denn jene Veränderungen der Arbeitswelt, die sich in den quantitativen Daten der Sozialstrukturanalyse als Auseinanderdriften zwischen bestimmten Gruppen niederschlagen, haben vielfach ihren Ausgangspunkt in betrieblichen Kontroll- und Automatisierungsdynamiken. Aus dieser Perspektive kann man die Vermutung anstellen, dass Entwicklungen, die sich der quantitativen Analyse erst in der Zukunft offenbaren werden, heute schon in exemplarischen Fällen auf der betrieblichen Ebene beobachtet werden können. Diese Hypothese prägt den folgenden Blick auf jene qualitativen Fallstudien und quantitativen Analysen der betrieblichen Ebene, die wir in diesem Kapitel analysieren werden. Wir werden dabei zunächst auf einige allgemeine Diagnosen und Hypothesen zum digitalen Wandel eingehen (Kapitel 5.1). Anschließend widmen wir uns zunächst dem industriellen (Kapitel 5.2), dann dem Dienstleistungssektor (Kapitel 5.3).

Bei der Untersuchung von Digitalisierung und Polarisierung auf der betrieblichen Ebene liegt der Fokus unserer Studie auf **Qualifikationen** und **Tätigkeiten**. Daher gehen wir primär auf Literatur ein, die sich mit diesen Dimensionen befasst oder Phänomene beschreibt, die auf diese Dimensionen einwirken. Natürlich gibt es auch zahllose Veröffentlichungen, die sich mit den Auswirkungen des digitalen Wandels auf andere Dimensionen der Arbeit auseinandersetzen. Zentral sind vor allem Arbeitsqualität, Belastung, Entgrenzung und Flexibilisierung sowie die Verbreitung atypischer Beschäftigungsformen, etwa Leiharbeit, Befristungen und *Crowdwork*. Trotz des Gewichts und der Aktualität dieser Aspekte sind sie hier nur am Rande Thema.

5.1 Allgemeine Diagnosen und Prognosen zur Digitalisierung der Arbeit

Bevor wir uns den Befunden zu betrieblichen Veränderungen nach sektoraler Logik zuwenden, wollen wir einige branchenübergreifende Studien sowie möglicherweise wichtige Analysen von Strukturdynamiken, die wir innerhalb unseres Literatursamples fanden, darstellen.

5.1.1 Sektorenübergreifende Studien

Lukowski und Neuber-Pohl vom BIBB stellen fest, dass Arbeit im Zuge der Digitalisierung durchschnittlich komplexer und anspruchsvoller wird (vgl. Lukowski/Neuber-Pohl 2017, S. 9). Aus der Analyse einer Befragung von Führungskräften aus 3.500 deutschen Betrieben im Rahmen des *BIBB-Qualifizierungspanels* im Jahr 2016 schließen sie, dass an Arbeitsplätzen, an denen mit digitalen Technologien gearbeitet wird, „weniger repetitive Routinetätigkeiten und mehr manuelle, insbesondere aber mehr interaktive und wissensintensive Tätigkeiten“ (ebd., S. 11) ausgeübt werden. Die Arbeit mit Computern, Onlineanwendungen und größeren Datenmengen erfordere höhere kognitive und manuelle Fähigkeiten (vgl. ebd., S. 11-12). „Mit der Ausnahme der Technologien zur Datensicherheit und zur Vernetzung mit Lieferanten [bei denen kein Effekt

gemessen werden konnte] haben somit alle ‚4.0-relevanten' Technologien einen signifikant positiven Einfluss auf die Anforderungen an die Beschäftigten" (ebd., S. 12). Neuber-Pohl und Lukowski weisen darauf hin, dass aus der verwendeten Methodik der einfachen Regressionsanalyse lediglich ein Zusammenhang zwischen Digitalisierung und Anforderungen, nicht aber zwingend eine Kausalität geschlossen werden könne (vgl. ebd., S. 12-13).

Die Untersuchung *Digitalisierung am Arbeitsplatz* basiert auf Daten des *Linked Personal Panel*s, einer von BMAS und IAB getragenen Betriebs- und Beschäftigtenbefragung. Die Stichprobe der Studie vom Frühjahr 2015 umfasst 6.012 Mitarbeiter_innen aus 716 privatwirtschaftlichen Betrieben ab einer Größe von 50 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (vgl. Arnold et al. 2016b, S. 3-4). 78 Prozent der Befragten haben den Eindruck, ihre Fähigkeiten und Kompetenzen im Zuge der Digitalisierung weiterentwickeln zu müssen (vgl. ebd., S. 14). Demgegenüber erfahren 15 Prozent verringerte Kompetenzanforderungen durch den Einsatz digitaler Technologien (vgl. ebd., S. 11). Der Anteil der Personen mit der subjektiven Wahrnehmung gestiegener bzw. neuer Anforderungen ist in höher qualifizierten Beschäftigtengruppen größer als in niedrigqualifizierten, während der Anteil mit rückläufigen Anforderungen mit sinkendem Qualifikationsniveau steigt. So sind über 80 Prozent der Meister, Universitäts- und Fachhochschulabsolvent_innen der Auffassung, sich weiterbilden zu müssen, jedoch nur 66 Prozent der Beschäftigten ohne Abschluss (vgl. ebd., S. 15). Dagegen geben 29 Prozent der niedrigqualifizierten Arbeitnehmer_innen an, ihre Arbeit erfordere durch die Digitalisierung weniger Fähigkeiten und Kompetenzen (vgl. ebd., S. 11). Bei den Beschäftigten mit Meistertitel oder Fachhochschulabschluss sind es 14 Prozent, bei denen mit abgeschlossenem Studium lediglich 3 Prozent (vgl. ebd.). Die Untersuchung deutet darauf hin, dass sich die Digitalisierung hinsichtlich der Kompetenzanforderungen auf unterschiedlich qualifizierte Arbeitnehmer_innen verschieden auswirkt. Höher qualifizierte Beschäftigte erfahren eher gestiegene Anforderungen als niedrigqualifizierte – niedrigqualifizierte erfahren eher verringerte Anforderungen als höher qualifizierte. Insgesamt fällt jedoch auf, dass die Mehrheit der Beschäftigten aller Qualifikationsniveaus gestiegene Kompetenzanforderungen durch digitale Technologien wahrnimmt. Obwohl sich also eine Polarisierungstendenz abzeichnet, scheint die Digitalisierung dieser Studie zufolge eher eine Steigerung der Anforderungen zu bewirken.

Mehrere Studien weisen darauf hin, dass innovative Betriebe, die frühzeitig und umfassend in digitale Technologien investieren, mehr Beschäftigungssicherheit bieten und über größere, tendenziell höher qualifizierte Belegschaften verfügen, die mehr anspruchsvolle Tätigkeiten ausüben (vgl. z. B. Arntz et al. 2018; Lehmer/Matthes 2017; Jaehrling et al. 2018; Dworschak/Zaiser 2013). Allerdings ist anzumerken, dass keine der Veröffentlichungen einen Kausalzusammenhang nachweist.

> „Empirische Ergebnisse der Vergangenheit im IT-Sektor haben gezeigt, dass Firmen mit einer höheren Diffusion von IuK-Technologien sowohl einen höheren Anteil an Arbeitskräften mit einem Hochschulabschluss als auch einen höheren Anteil an Informationstechnologiespezialis-

> ten (IKT-Fachkräfte) beschäftigen. Im Gegensatz dazu ist eine höhere Diffusion der IuK-Technologien signifikant negativ korreliert mit dem Anteil an mittel- und niedrig-qualifizierten Arbeitskräften“ (Dworschak/Zaiser 2013, S. 176).

Jaehrling et al. haben über eine Sekundäranalyse des *IAB Betriebspanels* untersucht, welcher Effekt sich für die Beschäftigten ergab, wenn ein Unternehmen zwischen 2010 und 2012 eine Innovation durchgeführt hat (vgl. Jaehrling et al. 2018, S. 4). Von den 16.000 befragten Unternehmen haben etwa 55 Prozent eine Produktinnovation und 40 Prozent eine organisatorische Innovation eingeführt, was beides im Schnitt zu einer verbesserten Beschäftigungsentwicklung für qualifizierte Arbeitskräfte geführt hat (vgl. ebd.). Sowohl organisatorische Innovationen als auch Prozessinnovationen, deren Einführung 20 Prozent der Betriebe angegeben haben, zeitigten eine negative Wirkung auf die Anzahl gering qualifizierter Beschäftigter in den Betrieben (vgl. ebd.). Jaehrling et al. führen diese Entwicklung auf die Automatisierung einfacher Routinetätigkeiten und *Outsourcing* zurück (vgl. ebd.).

Lehmer und Matthes und Arntz et al. haben durch die Befragung von 2.032 deutschen Produktions- und Dienstleistungsbetrieben festgestellt, dass Vorreiterunternehmen, die in den fünf Jahren vor der Erhebung in 4.0-Technologien investiert haben, im Schnitt höhere Umsätze erwirtschaften und über größere Belegschaften verfügen, die einen deutlich höheren Anteil an Hochqualifizierten und einen kleineren Anteil an Geringqualifizierten aufweisen (vgl. Arntz et al. 2018, S. 25-26; Lehmer/Matthes 2017, S. 4-5).

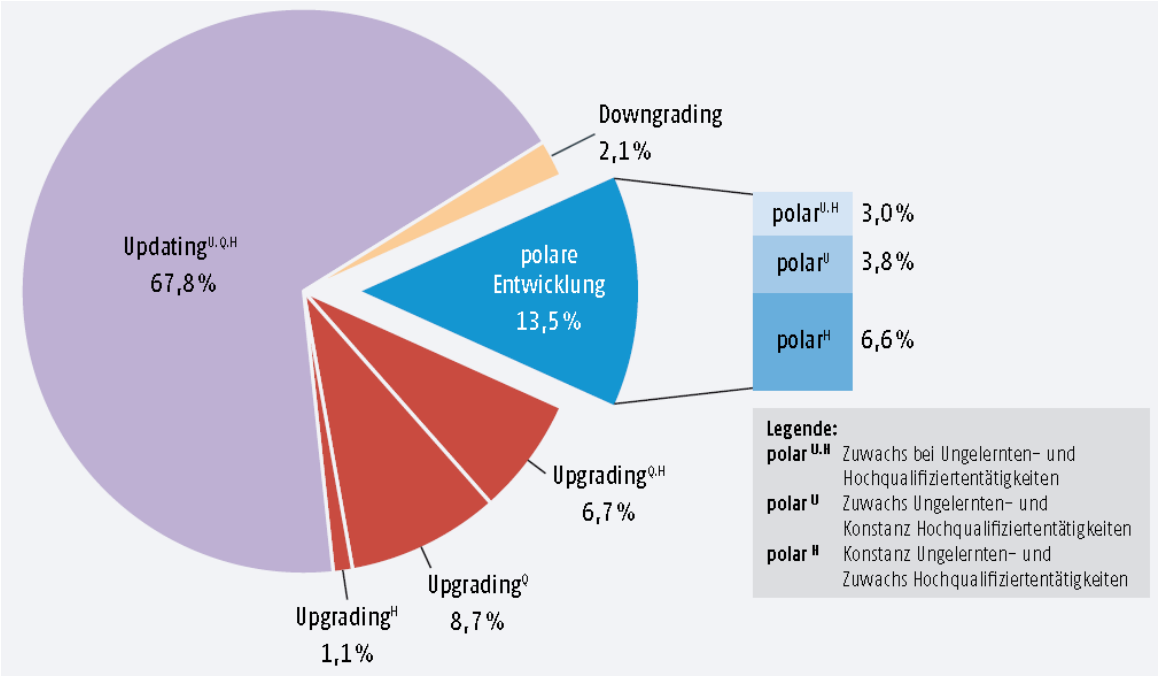
> „Dementsprechend haben Mitarbeiter von Technologievorreitern höhere Löhne, arbeiten häufiger mit 3.0 und 4.0-Technologien und erledigen häufiger analytische, interaktive oder kognitive Tätigkeiten bzw. verrichten seltener wiederholende- und. manuelle Aufgaben“ (Arntz et al. 2018, S. 26-27).

Helmrich et al. haben die Ergebnisse der Unternehmensbefragungen im Rahmen der BIBB-Qualifizierungspanels[17] aus den Jahren 2014, 2015 und 2016 hinsichtlich der Veränderung in den Belegschaftsstrukturen ausgewertet (vgl. Helmrich et al. 2016; vgl. Abbildung 9). Die große Mehrheit der Unternehmen, 67,8 Prozent, hat die qualifikatorische Zusammensetzung ihrer Belegschaften nicht geändert. Bei 16,5 Prozent war ein *Upgrading* zu verzeichnen, das heißt der Anteil der hochqualifizierten oder der fachlich qualifizierten Mitarbeiter_innen ist gestiegen (vgl. ebd., S. 52). Lediglich 13,5 Prozent weisen ein polares Entwicklungsmuster auf, worunter sowohl die Betriebe fallen, in denen zugleich der Anteil hoch- oder geringqualifizierter Beschäftigter auf Kosten der beruflich ausgebildeten Fachkräfte gestiegen ist, als auch solche, in denen der Anteil

[17] „Das BIBB-Betriebspanel zu Qualifizierung und Kompetenzentwicklung ist eine jährliche, repräsentative Wiederholungsbefragung von Betrieben in Deutschland, die seit 2011 durchgeführt wird […]. Seit 2014 nehmen jährlich 3.500 Betriebe an den Befragungen teil. […] Neben […] den Themengebieten Aus- und Weiterbildung, Personalbewegung und -struktur sowie allgemeinen Betriebsmerkmalen umfasst die Befragung variierende Themenschwerpunkte[…]. Einer der Schwerpunkte der Erhebungswellen 2015 und 2016 ist die zunehmende Digitalisierung der Arbeitswelt. Um diese umfassend bewerten zu können, wurden im Rahmen der 2016er Erhebung 3.500 zusätzliche Betriebe […] befragt “ (Helmrich et al. 2016, S. 48).

von nur einer der Gruppen an den Qualifikationspolen größer wurde, während der andere konstant blieb (vgl. ebd., S. 51).

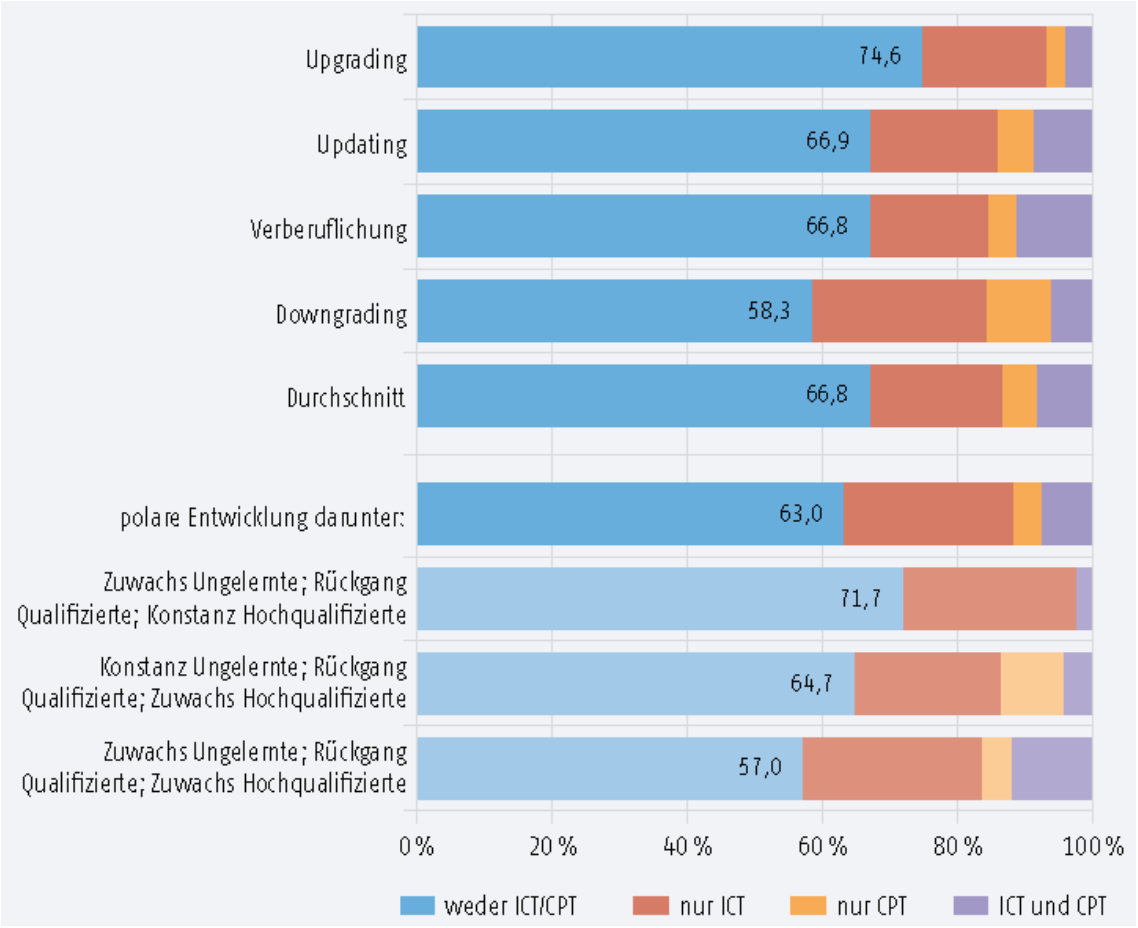
Abbildung 9: Entwicklung betrieblicher Tätigkeitsstrukturen zwischen 2014 und 2015



Quelle: Helmrich et al. 2016, S. 52

Die Autor_innen merken an, dass diese Entwicklungsmuster nicht zwingend technologiegetrieben sind, und haben sie daher mit Blick auf die Einführung neuer Technologien in den Unternehmen betrachtet (vgl. Abbildung 10).

Abbildung 10: Anteile an Betrieben mit unterschiedlichen Entwicklungen in den Tätigkeitsstrukturen in den Jahren 2014 und 2015 nach Einführung von Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT) und computergesteuerten Produktions- und Steuerungstechnologien (CPT) sowie deren Kombination im Vorjahr



Quelle: Helmrich et al. 2016, S. 54

Von den polarisierten Betrieben, in denen der Anteil Ungelernter gewachsen, der Anteil Hochqualifizierter jedoch gleich geblieben ist, haben über 70 Prozent gar keine digitalen Technologien eingeführt. Helmrich et al. schließen daraus, dass es sich hier „um eine substitutive Beziehung zum betrieblichen technologischen Wandel handelt“ (ebd., S. 53), also dass mehr geringqualifizierte Arbeitskräfte eingestellt wurden, anstatt in Technologie zu investieren. Weiterhin haben beinahe 30 Prozent dieser Unternehmensgruppe lediglich IKT eingeführt, was den Autor_innen zufolge für eine substitutive Beziehung zwischen IKT und Mittelqualifizierten und eine komplementäre Beziehung zwischen IKT und Ungelernten spricht (vgl. ebd.). Bei den Betrieben, in denen nur die Zahl der Hochqualifizierten gestiegen ist, während die der Geringqualifizierten konstant blieb, ist der Anteil mit Investitionen in spezielle Produktions- und Steuerungstechnologien überdurchschnittlich hoch. Helmrich et al. stellen die Vermutung an, dass

> „bei Technologien, die auf die Automatisierung der Produktion und deren Steuerung ausgerichtet sind, komplementäre Effekte für Tätigkeiten im Bereich der An- und Ungelernten sowie der

> Hochqualifizierten vor[liegen], da sie nur in Kombination beider Tätigkeitsgruppen implementiert werden können" (Helmrich et al. 2016, S. 54).

Weiterhin ist festzustellen, dass von den polarisiert entwickelten Betrieben mit Zuwächsen sowohl bei Hochqualifizierten als auch bei Geringqualifizierten insgesamt überdurchschnittliche 43 Prozent in digitale Technologien investiert haben.[18] Ohne einen Kausalzusammenhang nachweisen zu können, lässt sich aus der Studie deskriptiv ablesen, dass Betriebe, die eine Polarisierungstendenz aufweisen, in den letzten Jahren eher neue Technologien eingeführt haben. Allerdings scheint es keine verallgemeinerbaren Beziehungen zwischen Qualifikationsgrad und Technologiewirkung zu geben. So gibt es auch zahlreiche Unternehmen, in denen sich trotz neuer Technologien an der qualifikatorischen Zusammensetzung der Belegschaften nichts geändert hat oder sogar Stellen für Hochqualifizierte abgebaut wurden. Helmrich et al. schließen aus den Daten, dass es in Deutschland bisher weder eine große Zahl polarisierter Betriebe gibt, noch polare Entwicklungsmuster einen globalen Trend in den Einstellungspraktiken darstellen (vgl. ebd., S. 69).

> „Infolge technologischer Veränderungen in Betrieben scheint es […] zur technologiebedingten Substituierung von Beschäftigten gekommen zu sein, die für qualifizierte Tätigkeiten vorgesehen sind […]. Allerdings scheint dies zumindest im Untersuchungszeitraum kein genereller Trend zu sein, sondern betrifft etwa jeden zehnten Betrieb in Deutschland" (Helmrich et al. 2016, S. 54-55).

In der Summe deuten die in diesem Abschnitt referierten Studien auf wenige Veränderungen betrieblicher Sozialstrukturen durch Digitalisierung hin. Digitale Vorreiterunternehmen zeichnen sich allerdings durch eine Tendenz zur Höherqualifizierung der Belegschaften aus.

5.1.2 Digitaler Taylorismus

Studien zu recht unterschiedlichen Fällen weisen auf eine spezifische Dynamik hin: das Entstehen eines „digitalen Taylorismus" (Staab/Nachtwey 2016, S. 28)[19]. Gemeint ist damit der Einsatz neuerer digitaler Technologien zur radikalen Zergliederung von Arbeitsschritten sowie insbesondere die direkte und weitgehend automatisierte Kontrolle von Tätigkeiten. Mit Blick auf Tätigkeiten und Qualifikationen lassen sich die zugrundeliegenden Fallstudien als Hinweise auf weitere mit der Digitalisierung verbundene Abwertungstendenzen von Arbeit verstehen. Zahlreiche

[18] In der Studie scheint an dieser Stelle ein Fehler vorzuliegen, der entweder in der Beschreibung oder in der Grafik zu finden ist. Helmrich et al. interpretieren den überdurchschnittlich hohen Anteil an Betrieben mit neu eingeführten Technologien als „wichtiges Indiz für die Komplementarität neuer Technologien und dem Qualifikationsgrad der Beschäftigten" (Helmrich et al. 2016, S. 54) und als Evidenz für SBTC, obwohl bei diesen Fällen laut Grafik die Anzahl der fachlich Qualifizierten zurückgegangen und der Anteil der Ungelernten gestiegen ist, was eher für RBTC spricht. Im Text klingt durch, dass die Autor_innen die 43 Prozent Technologieinvestitionen mit Betrieben in Verbindung bringen, in denen der Anteil Hochqualifizierter gestiegen, der Ungelernter aber gleich geblieben ist, was nicht den Angaben in der Grafik entspricht. Wir verlassen uns in diesem Fall auf die Grafik, allerdings bleibt unklar, welches Ergebnis richtig ist.

[19] Der Begriff ist an die von Frederick Winslow Taylor Anfang des 20. Jahrhunderst entwickelten Prinzipien der Arbeitsvereinfachung und der Arbeitskontrolle angelehnt.

Veröffentlichungen befassen sich mit einer solchen Entwicklung (vgl. z. B. Altenried 2017; Barthel/Rottenbach 2017; Boes et al. 2017a; Thompson/Briken 2017; Nachtwey/Staab 2015; Butollo et al. 2018; Kurz 2013; Hirsch-Kreinsen 2016, S. 12). Butollo et al. fassen den gemeinsamen Kern der Diagnosen wie folgt zusammen:

> „Gemeinsam ist den Diagnosen aber die These, dass Arbeit durch den Einsatz neuer technischer Mittel auf der operativen Ebene stark kontrolliert, segmentiert und standardisiert wird. Dadurch erfordere sie geringe Qualifikationen und wenig Erfahrungswissen, denn digitale Assistenzsysteme wie Datenbrillen oder Handscanner übernähmen die Arbeitsanleitung und Leistungsmessung […]. Gleichzeitig werde das vornehmlich stille Prozesswissen und die Erfahrung der Beschäftigten sensorisch erfasst, datentechnisch verarbeitet und in Softwaresystemen in der Hand des Managements zentralisiert […]. Aufgrund des umfassenden Einsatzes einer Vielzahl von Sensoren, Software- und digitalen Assistenzsystemen steige mithin das technische Potenzial zu einer rigiden Arbeitsteilung, Kontrolle und Prozesssteuerung selbst in komplexeren Arbeitsumfeldern. Die alte tayloristische Stoppuhr werde durch Sensorik und automatische Datenverarbeitung ersetzt, woraufhin eine neue Stufe der ‚maschinellen Menschensteuerung' erklommen werde" (Butollo et al. 2018, S. 145).

Mit Informations- und Telekommunikationstechnologien lässt sich, „so das Argument, weitaus tiefgreifender als bislang innerbetriebliche Transparenz, Vergleichbarkeit und letztlich Herrschaft herstellen, indem die Auswertungspraxis selbst zunehmend automatisiert werde" (Niehaus 2017, S. 19; vgl. Schmiede 2015). Mehrere Veröffentlichungen weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass im Zuge der Digitalisierung große Mengen arbeitsbezogener Daten erfasst und zur Leistungs- und Verhaltenskontrolle eingesetzt werden können (vgl. Nachtwey/Staab 2015, S. 67; Apt et al. 2016a, S. 47; Stopper et al. 2017):

> „Die schlichte Präsenz von Laptops und Diensthandys erzeugt eine Flut von Daten, die zum Zwecke des Screenings von Mitarbeitern genutzt werden kann. Solche Evaluierungen sind weit feinkörniger und individuierbarer als alle bisher bekannten arbeitsprozessbezogenen Kontrollmethoden" (Staab 2015, S. 6).

> „Als Inbegriff der Transparenz gilt dabei der ‚gläserne Mitarbeiter', welcher seine Tätigkeiten in Echtzeit dokumentiert, seine Arbeitszeit an digitalen Vorgaben ausrichtet und dabei auf die Einhaltung vorgegebener Qualitätsvorschriften achtet" (Stopper et al. 2017, S. 32).

Eine digitale Version tayloristischer Arbeitssteuerung birgt die Gefahr rigider Kontrolle, Standardisierung und Dequalifizierung von Tätigkeiten, die nicht mehr an den Grenzen des industriellen Sektors Halt macht (vgl. Staab/Nachtwey 2016). Über digitale Technologien können sowohl produktive Arbeit als auch Dienstleistungen und Wissensarbeit nach den Prinzipien des *Scientific Managements* gesteuert werden (vgl. Nachtwey/Staab 2015, S. 76; The Economist 2015). Die Ausweitung auf den tertiären Sektor ist Bettina-Johanna Krings zufolge das entscheidende Neue an der „Fortentwicklung tayloristischer Arbeitslogik […] auf der Basis informationstechnologischer Optionen" (Krings 2018, S. 169):

> „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" (Krings 2018, S. 169).

In der deutschen Debatte befassen sich insbesondere Wissenschaftler_innen des ISF München mit der digitalisierten tayloristischen Steuerung von Wissensarbeit. Diese Forschungsrichtung analysiert den globalen „Informationsraum" (Baukrowitz/Boes 1996) als neue Ebene sozialer Handlungen und Interaktionen zwischen Menschen – auch in Bezug auf Arbeit:

> „Für einen immer größer werdenden Anteil von Beschäftigten werden digitalisierte Informationen und Informationssysteme zum zentralen Arbeitsgegenstand und Arbeitsmittel. Ihre Arbeit findet dann sozusagen ‚im Netz' statt. Der Informationsraum wird nunmehr zur zentralen Handlungs- und Eingriffsebene von Arbeit selbst – er wird zu einem neuen ‚Raum der Produktion'" (Boes et al. 2016b, S. 140).[20]

> „In diesem neuen Raum wird Arbeit dabei in bisher ungeahnter Weise transparent. Einerseits ermöglicht dies Innovations- und Lernschleifen und eine neue Qualität der Nutzung geistiger Produktivkräfte, andererseits wird so selbst hochqualifizierte Arbeit einer immer engmaschigeren Kontrolle zugänglich" (Boes et al. 2016a, S. 35).

Die Transparenz aller Arbeitsschritte schafft die Grundlage für eine minutiöse Überwachung der Arbeit und ein neues Ausmaß an Leistungssteuerung (vgl. Boes et al. 2016a, S. 36). Dabei gehe die Digitalisierung der Arbeit oftmals mit einer starken Prozessorientierung und der Standardisierung der Arbeitsschritte einher. Boes et al. interpretieren diese Entwicklung als „Taylorismus 2.0" (ebd., S. 37; vgl. Boes et al. 2017a). Die Transparenz ist Grundlage einer auf Prozessoptimierung ausgerichteten Vermessung der Arbeitsabläufe, die darauf hinausläuft, den Beschäftigten das ‚ideale' Vorgehen vorzuschreiben (vgl. Boes et al. 2016a, S. 36):

> „In der Folge bestimmen digitale Workflows und Prozesse den Ablauf von Arbeit, geben Arbeitsschritte oftmals minutiös vor und strukturieren die Arbeitsteilung und die Zusammenarbeit mit Kollegen entlang der Wertschöpfungskette. Der digitalisierte Arbeitsgegenstand ‚fließt' so von Arbeitsschritt zu Arbeitsschritt wie an einem digitalen Fließband bis zum Kunden. Der Takt wird von modernen ‚Ticketsystemen' vorgegeben, die den einzelnen Beschäftigten kontinuierlich mit Aufträgen versorgen. Die individuellen Handlungsspielräume werden dabei immer kleiner – die einzelnen Prozessschritte sind in die IT-Systeme regelrecht eingeschrieben und lassen ein Arbeiten am Prozess vorbei kaum noch zu" (Boes et al. 2016a, S. 36).

[20] Im Anschluss an diese Perspektive wird zudem auf die Auswirkungen globaler Arbeitsteilung über den Informationsraum verwiesen. Digitale Technologien stellen die „Grundlage dafür, geistige Tätigkeiten arbeitsteilig zu organisieren" (Boes et al. 2014a, S. 10). „Im Informationsraum werden geistige Tätigkeiten von Menschen aneinander anschlussfähig gemacht und können so über die Grenzen von Unternehmen hinweg zu einem gemeinsamen Arbeitsprozess zusammengeführt werden" (Boes et al. 2014a, S. 10). Im Zuge der Digitalisierung wurde also die Zergliederung und Verlagerung von Wissensarbeit ins Ausland ermöglicht (vgl. ebd.; Schwemmle/Wedde 2012, S. 63-67). Das *Offshoring* geistiger Arbeit über Ländergrenzen hinweg kann für Unternehmen eine wirtschaftlich attraktive Option darstellen, „wenn ein etablierter Produktionsstandort in einem westlichen Industrieland ungünstigere Kostenstrukturen aufweist als etwa ein alternativer Standort in einem weit entfernten Schwellenland" (Schrader/Laaser 2009, S. 3). Digitale Technologien sind damit die Grundlage der Ausbildung einer globalen Konkurrenzsituation im Bereich der Wissensarbeit (vgl. Schwemmle/Wedde 2012, S. 66). „Der daraus resultierende Abwärtsdruck auf die Einkommens- und Arbeitsbedingungen und die damit verbundene Verunsicherung der Beschäftigten macht – und dies ist eine vergleichsweise neue Erkenntnis – auch vor den lange Zeit vermeintlich ‚globalisierungsimmunen' Hochqualifizierten nicht mehr halt" (ebd., S. 65).

Auf eine digitale Retaylorisierung weisen neben einigen Fallstudien etwa die Ergebnisse einer WSI-Betriebsrätebefragung aus dem Jahr 2016 hin, in der ein Viertel der Befragten angab, der Anteil standardisierter Tätigkeiten in ihrem Betrieb sei im Zuge der Digitalisierung gestiegen (vgl. Ahlers 2018, S. 4). Ebenfalls ein Viertel sagte aus, dass Verhaltens- und Leistungskontrollen zugenommen hätten (vgl. ebd.). Laut *DGB-Index Gute Arbeit 2016* fühlten sich 46 Prozent der Beschäftigten infolge der Digitalisierung am Arbeitsplatz stärker überwacht (vgl. Institut DGB-Index Gute Arbeit 2016, S. 13). Andererseits äußerte fast ein Drittel der befragten Beschäftigten in der Studie von Arnold et al., dass sich ihr Entscheidungsspielraum aufgrund der Digitalisierung vergrößert habe (vgl. Arnold et al. 2016b, S. 20).

Allgemein zielen die Autor_innen der digitalen Taylorisierungshypothese auf die Darstellung von Abwertungsdynamiken unterschiedlicher Tätigkeiten in verschiedenen Branchen und Sektoren. In systematischeren Betrachtungen wird dabei die Taylorisierung bestimmter Arbeitstypen als Element einer Zentrums-Peripherie-Spaltung zwischen Beschäftigtengruppen dargestellt (vgl. Nachtwey/Staab 2015, 2017). Im Gegensatz zu den Taylorisierungsprozessen in den Peripherien wird dabei für die schmalen Zentren des „digitalen Produktionsmodells“ (Nachtwey/Staab 2017, S. 2) eine Aufwertung der dort vorfindbaren Arbeit beschrieben. In der Summe scheinen die Autor_innen der digitalen Taylorisierungshypothese daher zu einer Polarisierungsdiagnose für die von ihnen beobachteten Felder zu neigen.

5.1.3 Kybernetische Kontrolle

Der Begriff der kybernetischen Kontrolle hat eine ähnliche Stoßrichtung. Hinsichtlich der Durchsetzung betrieblicher Herrschaft ist das Problem klassischer tayloristischer Steuerung, dass der hierarchisch strukturierte, unidirektionale Technikeinsatz unflexibel gegenüber dem reflexiven Handeln der Beherrschten ist. Reflexivität hinsichtlich der eigenen Position, Tätigkeiten und Wirkung ermöglicht Individuen kritisches und bewusst abweichendes, regelverletzendes oder ineffizientes Handeln. Dadurch können sich systematische Steuerungslücken auftun, die eine Aneignung der Technologien und das Unterlaufen der Herrschaft ermöglichen (vgl. Raffetseder et al. 2017, S. 229, 232). Im Gegensatz zu hierarchischer Arbeitskontrolle basiert die kybernetische Kontrolle[21] auf durch digitale Technologien ermöglichten Feedbackschleifen, die eine permanente Anpassung des Steuerungssystems an sich verändernde Bedingungen ermöglichen (vgl. ebd., S. 233). Durch Feedbacksysteme als „rekursive Steuerungselemente“ (ebd., S. 232) kann die Arbeitssteuerung flexibel auf das reflexive, kritische und abweichende Handeln der Beherrschten reagieren. Die Abnahme direkter, hierarchischer Steuerung impliziert dabei „keine einfache Zunahme von Autonomie, sondern ist verschränkt mit der Etablierung neuer Formen der indirekten Steuerung und damit neuen Herrschaftsformen“ (Jochum 2013, S. 25). Durch **Kybernetik** wird Herrschaft „verstärkt, indem die Reflexivität der Beschäftigten in automatische

[21] Für einen Überblick über die historische Genese der Kybernetik und die Kybernetisierung der Arbeitssteuerung vgl. Jochum 2013.

Kontrollprozesse integriert wird“ (Raffetseder et al. 2017, S. 230). Kybernetik als Managementstrategie verbindet die Selbstregulierung des Systems mit der Kontrolle der Beschäftigten durch das System (vgl. ebd., S. 234). Menschliches Management ist in diesem Modell automatischer Steuerung überflüssig (vgl. ebd., S. 230, 233-234).

Jochum identifiziert die „Verbreitung informationsverarbeitender und selbststeuernder Maschinen“ (Jochum 2013, S. 25) als ermöglichende Bedingung kybernetischer Arbeitssteuerung (vgl. ebd., S. 28-31). Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung zeichne sich „eine neue und intensivierte Stufe der Kybernetisierung von Arbeit“ (ebd., S. 39) ab, die Jochum als ‚Kybernetisierung 2.0‘ bezeichnet. Er hält es für möglich, dass kybernetische Steuerungsmechanismen, die bereits zur Kontrolle und Motivierung von Crowdworker_innen verwendet werden (etwa Bewertungstools, die die digitale Reputation beeinflussen), zunehmend auf die normale Arbeitswelt übertragen werden (vgl. ebd., S. 40). Die Delegation von Führungs- und Steuerungsaufgaben an Technologien mit künstlicher Intelligenz könne „als Vollendung der kybernetischen Revolution“ (ebd., S. 43) interpretiert werden.

Auch Raffetseder et al. argumentieren, dass es heute zu einem „Comeback kybernetischer Steuerungsideen in der Arbeitswelt“ (Raffetseder et al. 2017, S. 229) kommt.[22] Den Autor_innen zufolge leisten digitale Technologien der Kybernetisierung der Arbeit Vorschub, indem sie einerseits Feedbackschleifen in Echtzeit ermöglichen und andererseits die Bereitstellung nahezu vollständiger Informationen über die Prozesse versprechen (vgl. ebd., S. 235). Die Implementierung automatisierter, selbstregulierender, algorithmischer Steuerungssysteme ziele auf die systematische Nutzbarmachung der Reflexivität und Selbstorganisation der Beschäftigten und auf die Unabhängigkeit von der kognitiven Planungsleistung der Manager_innen ab (vgl. ebd., S. 244). Raffetseder et al. deuten die digitale Kybernetisierung „als einen systematischen Ausbau betrieblicher Herrschaft“ (ebd.).

Die mit der Kybernetisierung betrieblicher Herrschaft implizierte Verschärfung von Kontrolle verweist auf Autonomieverluste und damit Abwertungsdynamiken bei den betroffenen Tätigkeiten. Sie kann folglich als eine weitere Triebfeder sozialer Polarisierung auf betrieblicher Ebene gelten, wobei sich, wie beim digitalen Taylorismus, kaum Hinweise auf die Reichweite dieses Phänomens finden lassen.

5.1.4 Crowdwork

Ein eigenes empirisches Feld, das sowohl als Quelle einiger Taylorisierungs- als auch Kybernetisierungsbefunde dient, ist *Crowdwork*. Die Reichweite des Phänomens scheint bisher über-

[22] Beispielhaft sind sensorbasierte Feedbacksysteme in der Industrie (siehe S. 84 in dieser Arbeit) und kybernetische Steuerung von Büro- und Verwaltungstätigkeiten durch Prozesssteuerungssoftware (siehe S. 143-144 in dieser Arbeit) zu nennen.

schaubar. Dennoch lohnt sich der Blick auf das Phänomen, da im Falle einer weiteren Verbreitung von *Crowdwork* aller Voraussicht nach eine Abwertung der betroffenen Tätigkeiten impliziert wäre.

Die Verwendung verschiedener Begrifflichkeiten im gesellschaftlichen Diskurs zu diesem Thema ist uneinheitlich und oft unscharf. Ein Großteil der deutschsprachigen Literatur verwendet den Begriff *Crowdwork* als Synonym jeglicher Dienstleistungsarbeit, die über Internetplattformen vermittelt wird. Greef und Schroeder charakterisieren Crowdwork anhand dreier Merkmale (vgl. Greef/Schroeder 2017; auch Menz/Cárdenas Tomažič 2017, S. 13-14).

(1) Im Rahmen der sogenannten *On Demand Economy* werden Arbeitsleistungen angeboten und können je nach Bedarf einzeln von Auftraggeber_innen eingekauft werden (vgl. Kalkhake 2016, S. 54). Die Vergabe der Aufgaben findet auf Internetplattformen statt. Die Arbeit ist aus dem Betriebskontext herausgelöst (vgl. Greef/Schröder 2017, S. 17).

(2) Viele potenzielle Auftragnehmer_innen konkurrieren als Soloselbstständige um wenige ausgeschriebene Aufträge (vgl. ebd.).

(3) Die Plattformen sind keine Arbeitgeber, sondern leisten die Vermittlung. Sie finanzieren sich, sofern sie die Aufgaben an Dritte vermitteln, durch anfallende Provisionen (vgl. ebd.; Kalkhake 2016, S. 55).

Tabelle 1: Kategorisierung von *Crowdwork*

	Cloudworking[23] (ortsunabbhängig)	***Gigworking*** (ortsabhängig)
Microtasks, Microjobs	***Clickworking*** z. B. Beschreiben von Bildern, Erstellen von Produkttexten, Kategorisierung von Daten	***Microjobbing*** z. B. Fotografieren von Angebotsaufstellern im Supermarkt
***Macrowork,* Projektarbeit, Kreativwettbewerbe**	***High-Qualified Cloudwork*** z. B. Programmieren von Modulen, Erstellen eines Layouts oder Designs, Autorentätigkeiten und Lektorate	***(Qualified) Gigwork*** z. B. Handwerkerleistungen, Haushaltsdienstleistungen, Transportfahrten, Lieferdienste

Quelle: Eigene Darstellung nach Greef/Schröder, S. 19; vgl. auch Schmidt 2016, S. 5-6; De Groen et al. 2016, S. 2; Durward et al. 2016, S. 48; Nierling 2018, S. 190-191

[23] Boes et al. verstehen unter *Cloudworking* „alle Formen gesellschaftlicher Arbeit, die im globalen Informationsraum als neuartigem ‚Raum der Produktion' ihre für die Ausführung der Tätigkeiten bestimmenden Arbeitsmittel und Arbeitsgegenstände haben und deren Kooperation wesentlich über den Informationsraum als sozialen Handlungsraum vermittelt ist" (Boes et al. 2014b, S. 25). *Cloudworking* muss dieser Definition nach nicht bezahlt sein, sondern kann auch im Privatbereich oder in einer *Community* stattfinden. *Crowdworking* in der *Cloud* ist demnach eine Subkategorie des *Cloudworkings* (vgl. ebd.).

Crowdwork stellt eine neue, durch die Digitalisierung ermöglichte Organisationsform für Arbeit dar und kann prinzipiell in allen Branchen und für unterschiedliche Typen von Arbeit eingesetzt werden (für eine Übersicht vgl. Tabelle 1). Viele Plattformen haben die Vermittlung von Soloselbstständigen an Dritte als eigenes Geschäftsmodell etabliert. In Deutschland sind etwa die Plattformunternehmen MyHammer.de für Handwerkerleistungen und Helpling.de für Reinigungsdienste zu nennen, die beide *Gigwork* im Sinne manueller Dienstleistungen an Privathaushalte vermitteln. Auch Jovoto.com für Designs oder Clickworker.de für einfache *Microtasks* fungieren ausschließlich als Vermittler, sprechen aber gezielt eher Firmen als Kundschaft an. Einige Unternehmen betreiben auch eigene Plattformen, über die sie betriebliche Aufgaben an externe Freelancer_innen auslagern. Dazu gehören beispielsweise das Startup Foodora, das selbstständige Essenslieferant_innen beschäftigt, und der Konzern IBM, der über eigene Plattformen global Arbeitspakete der Softwareentwicklung vergibt (vgl. dazu Boes et al. 2014b, S. 37-42).

Im Rahmen unserer Recherchen sind wir auf zahlreiche Veröffentlichungen gestoßen, die sich mit plattformvermittelter Arbeit befassen. Sie beschreiben die Auswirkungen, Vorteile und Gefahren für die Beschäftigten (vgl. z. B. Apt et al. 2016a; Nierling 2018; Pongratz/Bormann 2017; Boerner et al. 2017), versuchen, die wirtschaftliche Bedeutung abzuschätzen (vgl. z. B. Ohnemus et al. 2016; Leimeister et al. 2015b; Kalkhake 2016), und ordnen das Phänomen in die größeren Konzepte der Informatisierung (vgl. z. B. Boes et al. 2014b, 2017b) oder des digitalen Kapitalismus (vgl. z. B. Staab/Nachtwey 2015, 2016; Altenried 2017) ein.

Insbesondere in gewerkschaftlichen und sozialdemokratischen Zusammenhängen, aber auch in sozialwissenschaftlichen Arbeiten werden der prekäre Status der Crowdworker_innen sowie die daraus folgenden arbeits- und sozialpolitischen Handlungsbedarfe thematisiert (vgl. Greef/Schröder 2017; Benner 2015; ver.di 2015a, 2015b; IG Metall 2016; Leimeister et al. 2016; Schwemmle/Wedde 2012, S. 61-62; Carstensen 2015; Kalkhake 2016; Gerber/Krzywdzinski 2017; Lorig 2015; Eichhorst/Linckh 2017; Dabrowski/Wolf 2017; Dietl 2018): Wiederkehrende Themen sind die schlechte soziale Absicherung bei Krankheit oder im Alter und mangelnde gesetzliche Regulierung. Die Arbeit fällt zudem nicht in den Geltungsbereich eines Tarifvertrags, Crowdworker_innen haben kein Recht auf betriebliche Mitbestimmung und ihnen fehlt der Rahmen zur kollektiven Organisation. Die Bezahlung erfolgt auf Honorar- oder Werkvertragsbasis und kann auf Stunden umgerechnet äußerst niedrig liegen. Ein weiterer Kritikpunkt ist die Konkurrenzsituation auf den Plattformen, die sich in enormem Lohndruck niederschlagen kann (vgl. Lorig 2015, S. 61-62; Schörpf et al. 2017b). In der Literatur wird zudem darauf hingewiesen, dass die Angst vor negativen Bewertungen und folgendem Auftragsrückgang eine starke Selbstdisziplinierung bis hin zu unentgeltlichen Leistungen verursacht (vgl. Lorig 2015, S. 60).

Des Weiteren wird *Crowdwork* im Kontext des digitalen Taylorismus analysiert[24] (vgl. Altenried 2017; Schörpf et al. 2017a; Staab/Nachtwey 2015; Leimeister et al. 2015a). Viele Veröffentlichungen erwähnen, dass es im Falle cloudbasierter, kognitiver Arbeit gängige Praxis der Auftraggeber_innen ist, zusammenhängende Aufgaben vor der Auslagerung über Plattformen zu zerstückeln (vgl. z. B. ver.di 2015a, S. 17, 23, 40; Nierling 2018, S. 190; Boes et al. 2014b, S. 40; Menz/Cárdenas Tomažič 2017, S. 22). Die Zerteilung in Arbeitseinheiten betrifft zum einen unqualifiziertes *Clickworking*, bei dem durch einen hohen Grad an Zerlegung standardisierte *Microtasks* generiert und an die *Crowd* vergeben werden (vgl. Altenried 2017, S. 180). Zum anderen wird auch hochqualifizierte Wissensarbeit in kleine Arbeitspakete aufgeteilt und mit strengen Zeitvorgaben versehen[25] (vgl. Boes et al. 2014b, S. 40-41, 2016a, S. 38). Die intensivierte Arbeitsteilung und die Standardisierung von Tätigkeiten bergen die Gefahr der Dequalifizierung vormals höher qualifizierter Arbeit (vgl. Menz/Cárdenas Tomažič 2017, S. 22; Altenried 2017, S. 183; ver.di 2015a, S. 40).

> „Crowdarbeit könnte […] FacharbeiterInnen durch ungelernte Arbeitskräfte ersetzen, da Aufgaben in immer kleinere Arbeitsschritte zerlegt werden. […] Forscher sind sogar der Meinung, dass komplexe Tätigkeiten wie Textproduktion, Produktdesign oder Übersetzungen – die bislang Experten vorbehalten waren – dank entsprechender Ablaufgestaltung und technischer Unterstützung auch von unausgebildeten Crowdarbeitern verrichtet werden können“ (ver.di 2015a, S. 40).

Crowdwork wird zudem häufig mit gründlicher digitaler Überwachung und Kontrolle der Beschäftigten in Verbindung gebracht (vgl. z. B. Nachtwey/Staab 2015, S. 82; Altenried 2017, S. 183; Gerber/Krzywdzinski 2017, S. 7; Leimeister et al. 2016, S. 69-70; ver.di 2015a, S. 28; Boes et al. 2014b, S. 43-44; Jochum 2013, S. 41-42). Neben automatisierten Kontrollmechanismen, die in die Software der Plattformen integriert sind, wird die Disziplin der Crowdworker_innen über die Konkurrenzsituation sowie Bewertungsmechanismen und Anreizstrukturen hergestellt, die determinieren, ob jemand weitere Aufträge erhält oder nicht (vgl. Lorig 2015; Schörpf et al. 2017a; Leimeister et al. 2015a, S. 26).

Hinsichtlich der Bedeutung von *Crowdwork* in Deutschland gehen die Meinungen auseinander. Die Einschätzungen von Verbänden und Parteien variieren „zwischen ‚marginaler Bedeutung‘, ‚Randerscheinung‘, ‚Nischenphänomen‘ und ‚festem Bestandteil der Arbeitswelt‘“

[24] Dagegen weisen Menz und Cárdenas Tomažič auf die Unterschiede zwischen *Clickwork* und Taylorismus hin (vgl. Menz/Cárdenas Tomažič 2017, S. 22). *Microtasks* seien nicht zwangsläufig identisch und repetitiv. Zudem handle es sich bei *Crowdwork* um eine Institutionalisierung von Spontaneität und Flexibilität, was einen Kontrast zur systematischen, rigiden Planung in tayloristischen Fabriken darstelle. Auch die radikale Vermarktlichung, die sich in der Abhängigkeit der selbstständigen *Crowdworker_innen* von Marktschwankungen zeige, stelle eine Differenz zur streng hierarchisch organisierten, aber fest angestellten Belegschaft im Taylorismus dar (vgl. ebd.).

[25] Die Journalisten Boewe und Schulten merken allerdings an, dass IBM, das Vorreiterunternehmen der plattformbasierten Vergabe hochqualifizierter Softwareentwicklung, bei der Zerstückelung und Standardisierung komplexer Aufgaben auf Schwierigkeiten gestoßen ist und seine Strategie in diesem Aspekt wieder geändert hat (vgl. Boewe/Schulten 2016).

(Greef/Schröder 2017, S. 73). Um das quantitative Ausmaß plattformvermittelter Arbeit in Deutschland zu ermessen, hat das BMAS diverse Studien beauftragt und gefördert. Die aktuellste und bisher umfassendste davon wurde im Rahmen des Forschungsprojekts *Crowdworking Monitor* von Oliver Serfling erstellt (vgl. Serfling 2018). Etwa 375.000 Menschen wurden online befragt und die Ergebnisse gewichtet auf die bundesdeutsche Bevölkerung hochgerechnet. Demnach sind 4,8 Prozent der wahlberechtigten Deutschen aktive Crowdworker_innen. Mit einer Telefonbefragung des IZA im Jahr 2017 wurden 10.000 Menschen erreicht (vgl. Bonin/Rinne 2017). Nach der bereinigten Hochrechnung dieser Studie sind 0,85 Prozent, also etwa eine Million Deutsche, als Crowdworker_innen tätig (vgl. ebd., S. 9). Eine repräsentative Unternehmensbefragung des ZEW hat ergeben, dass 3,2 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft 2016 *Crowdwork* nutzten und weitere 1,1 Prozent die Nutzung für das folgende Jahr geplant hatten. Im verarbeitenden Gewerbe waren es 2016 1,2 Prozent und zusätzlich 0,8 Prozent für 2017 (vgl. Ohnemus et al. 2016, S. 6). Die Zahlen zeigen, dass *Crowdwork* in Deutschland bisher nicht sehr weit verbreitet ist. Hinzu kommt, dass die plattformvermittelten Tätigkeiten für viele Crowdworker_innen lediglich einen Zuverdienst darstellen (vgl. Bertschek et al. 2015; ver.di 2017; Pongratz/Bormann 2017; Leimeister et al. 2016, S. 46).

Trotz der quantitativ aktuell geringen Bedeutung wird *Crowdwork* als Paradebeispiel aktueller Entwicklungen gewertet und für die Zukunft wird eine hohe Relevanz desselben erwartet. Paulo Kalkhake diagnostiziert ein hohes „Verdrängungspotenzial“ und vermutet „tief greifende Folgen für die Wertschöpfungsketten“ (Kalkhake 2016, S. 54). Al-Ani und Stumpp zufolge determiniert *Crowdwork* den „Zielzustand im digitalen Kapitalismus“ (Al-Ani/Stumpp 2018, S. 240). Nachtwey und Staab deuten *Crowdwork* als Bestandteil einer asymmetrischen Polarisierungsentwicklung, die typisch für den digitalen Kapitalismus sei (vgl. Nachtwey/Staab 2015). Demnach wird Arbeitskraft im digitalen Kapitalismus „zunehmend an der Peripherie der Unternehmen angesiedelt“ (Nachtwey/Staab 2015, S. 77). *Crowdwork* sei eine Erscheinungsform des systematischen Wandels hin zu Betrieben mit kleinem Kern fester unentbehrlicher Mitarbeiter_innen und einer großen Peripherie von Arbeitskräften ohne Betriebszugehörigkeit, deren Leistungen nur im Bedarfsfall eingekauft werden (vgl. ebd., S. 78-79).

> „Als formal Selbstständiger ist die Kontingenzarbeitskraft nicht durch vertragliche Garantien des Arbeitgebers vor der Konkurrenz am Arbeitsmarkt geschützt. Ihre Folgsamkeit muss vom Unternehmen nicht mehr, wie im Falle des festangestellten Arbeitnehmers, durch die Übernahme des Marktrisikos erkauft werden. Als institutionell entbundener Arbeitskraftanbieter ist die Kontingenzarbeitskraft in einen Zusammenhang doppelter Kontingenz gestellt: Sie ist einerseits systematisch darauf angewiesen, dass Nachfrage (Aufträge) und Angebot (Arbeitskraftdisponibilität zu den geforderten Konditionen) sich treffen, aber andererseits ohne effektiven Einfluss auf den Preis der eigenen Arbeitskraft, der vor allem von der Größe und Form der digitalen Reservearmee abhängt“ (Nachtwey/Staab 2015, S. 81).

Boes et al. (2014a; 2014b; 2016a; 2017a) interpretieren *Cloudworking* und *Crowdsourcing* als Ausdrucksform der Reorganisation von Wissensarbeit und Symptom der „Neukonstituierung der gesellschaftlichen Arbeit über den Informationsraum“ (Boes et al. 2014b, S. 24). Wie Staab und

Nachtwey diagnostizieren auch die Wissenschaftler_innen des ISF eine asymmetrische Polarisierung in den Betrieben, die ihrer Auffassung nach auch zuungunsten der Festangestellten wirkt:

> „Wo früher die feste Zugehörigkeit zum Unternehmen und die soziale Welt des gemeinsamen Arbeitsplatzes Bindung und Engagement erzeugten, lautet heute das zentrale Prinzip Wettbewerb. Alle Aufträge werden als Wettbewerb ausgeschrieben – und nur die zwei bestbewerteten Lösungen erhalten Geld. […] Die Folgen dieser Entwicklung betreffen dann auch nicht nur die Crowdsourcees selbst, die sich auf einmal außerhalb des Geltungsbereichs des Arbeitsrechts wiederfinden. Vielmehr erreichen die Veränderungen vor allem die Belegschaften im Inneren der Unternehmen: Die disruptive Dynamik reicht hier von neuen Formen der Arbeitsorganisation über eine neue Austauschbarkeit auch hochqualifizierter Beschäftigter in transparenten und industrialisierten Arbeitsprozessen bis hin zu einem radikalen ‚System permanenter Bewährung', in dem es zum Prinzip wird, ‚Innen' und ‚Außen' gegeneinander auszuspielen" (Boes et al. 2016a, S. 38).

Ähnlich wie die Theoreme und Befunde zur digitalen Taylorisierung und Kybernetisierung der Arbeit deutet auch die Mehrheit der Arbeiten zum Thema *Crowdwork* das Phänomen als eine Dynamik der Abwertung von Arbeit, die folglich im Falle wachsender Anteile am Arbeitsmarkt eine weitere Triebfeder sozialer Polarisierung bilden könnte.

5.1.5 Digitalisierung und Management

Wie schon die Kybernetisierungshypothese nahelegt, wirkt sich Digitalisierung nicht nur auf ausführende Arbeiten aus, sondern auch und insbesondere in vielfältiger Weise auf die Managementebenen (vgl. Hirsch-Kreinsen 2014; Mühge 2018; Beverungen 2017; Staab/Nachtwey 2016; Raffetseder et al. 2017; Staab 2016). Weil diese Entwicklungstendenzen das Management von Unternehmen aller Branchen betreffen, haben wir uns entschieden, diesen Abschnitt vorzuziehen und das Thema nicht jeweils einmal im Kapitel zum sekundären und zum tertiären Sektor zu behandeln.

Es gibt bisher kaum eindeutige Forschungsergebnisse zur Zukunft des Managements in digitalisierten Betrieben. Aus den Beiträgen, die sich mit dieser Thematik befassen, lassen sich zwei grundlegende Entwicklungsrichtungen herausarbeiten: Einerseits könnte das Management aufgrund neu entstehender Aufgaben sowie verbesserter Informationsgrundlage für Entscheidungsfindung und Kontrollaufgaben eine Aufwertung erfahren. Andererseits könnte die Managementebene von zunehmenden Aufgaben- und Kompetenzverlusten betroffen sein.

Hartmut Hirsch-Kreinsen hält es für denkbar, dass auf die Managementebene in der Industrie „komplexitätsbedingt erweiterte und neue Planungsaufgaben" (Hirsch-Kreinsen 2014, S. 424) zukommen. Eventuell verschmelzen auf „der Planungs- und Managementebene früher getrennte Aufgaben und Kompetenzen, beispielsweise IT- und Produktionskompetenzen" (ebd.; vgl. auch Spath et al. 2013), was mit erhöhten Qualifikationsanforderungen einhergehen würde. Ein Zweig der Managementforschung vertritt die Auffassung, dass die Automatisierung repetitiver Tätigkeiten durch die Digitalisierung die Entstehung kreativer Freiräume und neuer Funktionen für Manager_innen befördert (vgl. Walgenbach 2013, zit. n. Mühge 2018, S. 192). Daniela

Ahrens, die die Folgen der Digitalisierung in einem Industrieunternehmen untersucht hat, gibt an, dass „die mittleren Führungskräfte mit wachsenden administrativen Tätigkeiten und Dokumentationsaufgaben konfrontiert sind“ (Ahrens 2016, S. 50). Dadurch werde vermehrt kaufmännisches und arbeitsrechtliches Wissen verlangt (vgl. ebd.). Apt et al. sind der Auffassung, dass das Management aufgrund von organisationalen Veränderungen im Zuge der Digitalisierung vor neuen Herausforderungen steht:

> „Um angesichts der Aufweichung von Strukturen dennoch eine gemeinsame Orientierung, Verbindlichkeit und Wertevorstellung zu ermöglichen, […] wird die gelebte Umsetzung der Unternehmenskultur als ‚immersives Führungsinstrument‘ hohe Bedeutung erlangen. Dies betrifft auch die Einbindung/Koordination externer Dienstleister (Crowdworker, Solo-Selbständige); ein solcher Prozess der Fragmentierung von Arbeiten, die Definition von Teilaufgaben, die Sicherstellung der Passfähigkeit und das Garantieren einer durchgängigen Qualität […] stellt eine anspruchsvolle Aufgabe dar, die neben den fachlichen auch interkulturelle und soziale Qualifikationen erfordert“ (Apt et al. 2016a, S. 67-68).

Kompetenzverluste des Managements könnten mit der Verschiebung von Planungsaufgaben und Entscheidungskompetenzen auf andere Ebenen in der Unternehmenshierarchie einhergehen. Hirsch-Kreinsen deutet an, dass die Komplexitätssteigerungen durch die Implementierung autonomer digitaler Systeme in der Industrie zu einer Überforderung des Managements und schließlich zu einer Verlagerung der managerialen Planungs- und Steuerungsfunktionen sowie Entscheidungskompetenzen auf die qualifizierten Beschäftigten der operativen Ebene führen könnte (vgl. Hirsch-Kreinsen 2014, S. 424-425). „Das heißt, mit Industrie 4.0-Systemen verbindet sich ein Dezentralisierungsschub und Hierarchieabbau“ (ebd., S. 424).

Gernot Mühge weist dagegen darauf hin, dass die Digitalisierung eine Zentralisierung von Informationen ermöglicht, „wodurch Aufgaben vom mittleren an das Topmanagement verlagert werden können“ (Mühge 2018, S. 191). Auch Staab und Nachtwey legen dar, dass sich höhere Managementabteilungen durch Vernetzung und Datensammlung im Zuge der Digitalisierung von Arbeitsprozessen Wissen aneignen können, das zuvor „die exklusive Domäne der Beschäftigten im mittleren Management“ (Staab/Nachtwey 2016, S. 29) war. „Deren Erfahrungswissen verliert im Angesicht ‚objektiver‘ Zahlen an Bedeutung“ (ebd.). Demnach ist insbesondere das mittlere Management von einem Aufgabenverlust betroffen und könnte zum „‚Streichposten‘ in der Unternehmenshierarchie“ (Wiesner 2014, zit. n. Mühge 2018, S. 191) werden, was eine Polarisierung der Belegschaft vorantreiben würde.

Zahlreiche Veröffentlichungen stellen heraus, dass Manager_innen durch die permanente Überwachung und Datensammlung digitaler Technologien über eine verbesserte Informationsgrundlage verfügen, die einerseits zur Kontrolle und Steuerung der Arbeitskräfte und andererseits zur optimierten Entscheidungsfindung genutzt werden kann (vgl. Boes et al. 2018; Nachtwey/Staab 2015; Staab/Nachtwey 2016; Beverungen 2017). Hirsch-Kreinsen zufolge können die Digitalisierung der industriellen Systeme und die „informationstechnische Abbildung realer Prozessabläufe“ dem Management „neue Möglichkeiten zur Kontrolle der Prozesse und zur Störungsdiagnose“ eröffnen (Hirsch Kreinsen 2014, S. 425). Andererseits verweisen einige Beiträge darauf,

dass Aufgaben der Kontrolle und Überwachung, Entscheidungsfindung sowie Organisation zunehmend von Technologien übernommen werden könnten, sodass das Management Gefahr läuft, mindestens teilweise überflüssig zu werden. Hirsch-Kreinsen und Mühge stellen die Möglichkeit einer Automatisierung der Entscheidungsfindung des Managements in der Industrie auf Basis von *Big Data* und Algorithmen in Aussicht (vgl. Hirsch-Kreinsen 2014, S. 425; Mühge 2018, S. 192). Laut Evans und Kitchin wird das Management in der Handelsbranche zunehmend automatisiert und die Arbeit menschlicher Manager_innen ist, sofern es sie noch gibt, technologisch reguliert und von Daten und Leistungskennzahlen fremdbestimmt (vgl. Evans/Kitchin 2018, S. 54).

Raffetseder et al. zufolge verlieren Manager_innen gegenüber sich selbst regulierenden digitalen Systemen an Macht und Bedeutung (vgl. Raffetseder et al. 2017, S. 243-244): Einerseits würden sie „selbst zum Objekt automatisierter Steuerungsprozesse“, andererseits büßten sie „die Hoheit über Beobachtung, Evaluierung und Steuerung des Arbeitsprozesses“ ein (ebd.). So bestimme nicht mehr das Management, sondern der Aufbau der Software die „Bandbreite an Möglichkeiten, wie und in welchen Schritten ein Prozess durchlaufen werden kann“ (ebd.). Kybernetisch ausgerichtete Prozesssteuerungssoftware beschränkt demnach nicht nur die Autonomie der ausführenden Beschäftigten, sondern entwertet auch die Arbeit des Managements.

Armin Beverungen befasst sich mit **algorithmischem Management** und speziell der Bedeutung von *Enterprise-Resource-Planning-Systemen* (ERP), „die zum Ziel haben, sämtliche Bereiche und Prozesse von Organisationen abzubilden und so sichtbar, steuerbar und potenziell programmierbar zu machen“ (Beverungen 2017, S. 55). ERP-Systeme sollen Manager_innen mit großen Mengen an Informationen versorgen und Zukunftsszenarien simulieren und dadurch ihre Entscheidungen unterstützen (vgl. ebd., S. 53, 58). Die Handlungsmacht des Managements wird durch die Technologie prinzipiell nicht infrage gestellt, sondern soll datenbasiert gesteigert werden (vgl. ebd., S. 57): „Der ‚Executive Manager‘ wird so als allwissend und allmächtig dargestellt; seine Exekutivmacht wird durch Rechenkraft gestützt und verstärkt“ (ebd., S. 55). Allerdings ist der von ERP-Systemen dargestellte Entscheidungsraum Beverungen zufolge „extrem begrenzt“ (ebd., S. 59):

> Denn die Analyse- und Simulationskapazitäten des Systems nehmen der Entscheidung entscheidenden Spielraum. […] Hier trennt sich im Digital Boardroom das, was durch das Computersystem berechenbar und somit im Rahmen von Statistik und Wahrscheinlichkeit entscheidbar wird, und das, was eben nicht entscheidbar ist und somit von Führungskräften entschieden werden muss. Dabei ist schon vorab entschieden, dass Rechenkraft dazu verwendet wird, Entscheidungen zu treffen beziehungsweise Entscheidungen durch Daten so vorzubereiten und herzurichten, dass sie praktisch schon gefallen sind“ (Beverungen 2017, S. 59).

Obwohl die Entwicklung der ERP-Systeme von ‚Managerialismus‘ geprägt sei und die Technologie das Management stärken soll, werde Handlungsmacht vom Management an das System delegiert (vgl. ebd., S. 60, 62). Der Entscheidungsspielraum der Führungskräfte werde „systematisch eingeschränkt, indem Exekutivmacht in algorithmischen Systemen verteilt wird“ (ebd., S. 61).

> „Dabei wird auch Entscheidungsmacht an das System delegiert, die sich mit den Einzelheiten von organisatorischen Abläufen befasst. So können zum Beispiel Algorithmen im Customer-Relationship-Management-Modul darüber entscheiden, welche Kunden ein Callcenter-Agent wann und wie kontaktiert, mit welchen Angeboten und so weiter. Oder Algorithmen bestimmen im Logistikzentrum darüber, wann Mitarbeiter welche Aufträge wie bearbeiten und welche Routen durch das Warenlager und welche Auslieferungswege zu nehmen sind. Hier wird nicht nur algorithmisch entschieden, sondern Anweisungen werden auch an menschliche Arbeiter mit technischen Mitteln überbracht […] Die Automatisierung und insbesondere der Ersatz von menschlicher Arbeit durch Maschinen und Roboter macht deutlich, wie viel Handlungs- und Entscheidungsmacht diese Systeme entwickeln“ (Beverungen 2017, S. 60-61).

Algorithmisches Management sei etwa bei Crowdworkingplattformen wie Clickworker oder der Fahrtenplattform Uber sichtbar, wo das mittlere Management vollständig von algorithmischen Systemen übernommen werde (vgl. ebd., S. 62). Digitale Systeme ermöglichen diesen Unternehmen, dass einige wenige Manager_innen für tausende Beschäftigte zuständig sind (vgl. Lee et al. 2015; auch Möhlmann/Zalmanson 2017).

Gernot Mühge untersucht anhand dreier qualitativer Fallstudien im Rahmen des *SOPHIE Forschungsprojekts* die Folgen der Einführung digitaler Systeme der Entscheidungsunterstützung für die Aufgabenprofile des mittleren Managements deutscher Industrieunternehmen. Mühge versteht diese Technologien als Rationalisierungsinstrumente (vgl. Mühge 2018, S. 190-191). Die digitalen Systeme geben auf Basis von Produktionsdaten und Simulationen Handlungsoptionen vor. Weil sich die Führungskräfte kaum gegen den digital errechnet optimalen Vorschlag wenden, gebe es durch die Technologie „weniger Spielräume für eigene bzw. abweichende Entscheidungen“ (ebd., S. 193). Obwohl die Entscheidung offiziell noch beim Menschen liegt, hält Mühge die Bezeichnung ‚Unterstützungsinstrument‘ daher für irreführend und identifiziert die Technologie als Automatisierungstechnologie (vgl. ebd.). Zwar wird eine solche Entwicklung in den Fallbetrieben aus normativer Perspektive abgelehnt, jedoch sieht der Autor die Tendenz zu einer vollständigen Kompetenzübertragung auf die Technologie, die schließlich dazu führen könnte, dass das System autonom Entscheidungen trifft und das mittlere Management seine Koordinationsfunktion vollständig aufgeben muss (vgl. ebd.). Andererseits bestehe dadurch die Möglichkeit einer Rollenveränderung der betroffenen Mitarbeiter_innen: Sie könnten ihr vorhandenes Wissen zur Übernahme neuer, nicht automatisierbarer Aufgaben etwa „in der Begleitung und Förderung eines permanenten Innovationsprozesses“ (ebd., S. 194) nutzen.

Staab und Nachtwey heben hervor, dass das mittlere Management selbst in den Fokus digitaler Kontrollmöglichkeiten und individualisierter Evaluationssysteme gerät (vgl. Staab/Nachtwey 2016). Über die Vernetzung aller Betriebseinheiten, Überwachung in Echtzeit und intelligente Bewertungsalgorithmen würden „selbst kleinere Fehler schnell und systematisch aufgedeckt“ (ebd., S. 29).

> „So wird das systematische Aussieben der ‚Low Performer‘ möglich. Digitalisierungsprozesse verschärfen insofern nicht nur die vermeintlich objektive Leistungskontrolle. Auch direkte, personengebundene Kontrollformen erleben im Bereich qualifizierter Angestelltenarbeit eine professionelle Formalisierung. In den hochqualifizierten Tätigkeitsbereichen, die von einer solchen digitalen Verschärfung der Kontrollmechanismen betroffen sind, setzt die Digitalisierung der

> Arbeitsprozesse, analog zur Situation der Einfacharbeitsplätze, folglich ebenfalls Intensivierungs- und Abwertungsprozesse in Gang. Zum einen erzeugen die internen Konkurrenzsituationen Arbeitsdruck. Zum anderen verliert das mittlere Management tendenziell an Handlungsautonomie. Die mittleren Leitungsebenen werden von Entscheidern zu Befehlsempfängern" (Staab/Nachtwey 2016, S. 29).

Unter dem Strich deutet sich in den beschriebenen Dynamiken im Managementbereich an, dass mit der Digitalisierung der Arbeit der Druck auf diesen Bereich wächst. Die potenzielle Substituierung zahlreicher Aufgaben im mittleren Management lässt sich als Hinweis auf die Möglichkeit der Ausdünnung eines zentralen Feldes der Mittelschichtsarbeit interpretieren. Im Falle einer breiten Wirkung dieser Dynamik wäre damit auch eine Verstärkung sozialer Polarisierung aufgerufen.

5.2 Sekundärer Sektor

Wenden wir uns nun der sektoralen Betrachtung des deutschen Arbeitsmarktes zu. Wir verzichten dabei aus zwei Gründen auf die Auswertung von Studien zum Primärsektor (Agrar). Erstens konnten wir zu diesem Feld kaum aktuelle Studien finden. Zweitens ist der Anteil des Agrarsektors an der Gesamtbeschäftigung so gering, dass dort stattfindende Veränderungen nur geringen Einfluss auf die Entwicklung der bundesrepublikanischen Sozialstruktur hätten. Wir beginnen also mit der Darstellung der Ergebnisse zum Sekundärsektor.

Etwa ein Viertel der Erwerbstätigen in Deutschland arbeitet im Sekundärsektor der Wirtschaft, der definitionsgemäß Bergbau, verarbeitendes Gewerbe (Industrie und Handwerk), Energieversorgung, Wasserversorgung und Baugewerbe umfasst (vgl. Destatis 2018, S. 359). Dem verarbeitenden Gewerbe sind etwa 17 Prozent der Beschäftigten zuzuordnen (vgl. ebd.), der Wirtschaftszweig ist jedoch für rund 25 Prozent der deutschen Bruttowertschöpfung verantwortlich (vgl. Eurostat 2019b). Unter dem Schlagwort ‚Industrie 4.0' beherrscht die Digitalisierung der Industrie die öffentliche Diskussion zum digitalen Wandel in Deutschland. Mit dem Begriff wird ein heterogenes Technologiebündel, bestehend u. a. aus cyberphysischen Systemen, neuerer Unternehmenssoftware und digitalen Automations- bzw. Kontrolltechnologien, bezeichnet (vgl. Forschungsunion/acatech 2013; Abel 2018, S. 4-15; Ittermann et al. 2016; Pfeiffer/Huchler 2018).

Umsetzung von Industrie 4.0

Der Bekanntheitsgrad von Industrie 4.0 hat sich innerhalb der vergangenen Jahre gesteigert und Industrieunternehmen befassen sich vermehrt mit ihrer digitalen Zukunft (vgl. Abel 2018, S. 11). Einer Umfrage des Instituts für Angewandte Arbeitswissenschaft bei Unternehmen aus der Metall- und Elektroindustrie im Jahr 2015 ergab, dass über 90 Prozent der befragten Fach- und Führungskräfte den Begriff kannten und 88 Prozent Industrie 4.0 hohe Bedeutung zumaßen, wobei jedoch nur ein Drittel wusste, was genau darunter zu verstehen ist (vgl. ifaa 2015, S. 10, 12). Laut einer Studie von Pfeiffer et al. hatten sich im Maschinen- und Anlagenbau 2015 immerhin schon über 70 Prozent der befragten Unternehmen mit Industrie 4.0 beschäftigt, etwa ein Viertel sogar

intensiv (vgl. Pfeiffer et al. 2016a, S. 60). Einer Befragung von Bitkom und Ernst & Young zufolge halten 77 Prozent der Unternehmen mit mehr als 100 Beschäftigten Industrie 4.0 strategisch für wichtig oder sehr wichtig (vgl. Bitkom/Ernst & Young 2016, S. 7). Bei den Unternehmen mit mindestens 500 Angestellten sind es sogar 87 Prozent (vgl. ebd.).

Was den konkreten Umsetzungsstand angeht, zeigt sich Industrie 4.0 in Deutschland jedoch noch immer weit mehr als Vision denn als tatsächliche Realität. Letztlich ist für die Einführung der Industrie 4.0 nicht die technische Machbarkeit entscheidend. Stattdessen leiten „Fragen der Wirtschaftlichkeit, der Produktkomplexität, der Wertschöpfungskette und bereits vorhandene Produktionstechnologien […] als zentrale Faktoren die betrieblichen Umsetzungsmöglichkeiten neuer Technologien“ (Ahrens 2016, S. 44). 2016 hatten sich einer Erhebung von IAB und ZEW zufolge 46,5 Prozent der Betriebe im produzierenden Gewerbe mit der Nutzung digitaler Technologien noch gar nicht befasst (vgl. Arntz et al. 2016, S. 4). Nur etwa 37 Prozent verwendeten bereits digitale Technologien (vgl. ebd.). Die Verwirklichung läuft insgesamt eher langsam an und weist zwischen den einzelnen Branchen erhebliche Unterschiede auf (vgl. Bosch et al. 2017; Lins et al. 2018; Hirsch-Kreinsen 2018a). Große Differenzen gibt es zudem in Abhängigkeit von der Unternehmensgröße und der entsprechenden Verfügbarkeit von Ressourcen (vgl. Abel 2018, S. 13-14; auch: Bitkom/Ernst & Young 2016; Arntz et al. 2016, S. 5). Laut acatech lenken „78,1 Prozent der großen Betriebe die verschiedenen Unternehmensbereiche in Richtung Industrie 4.0“, während „nur 57,4 Prozent der KMU eine solche Absicht“ äußern (acatech 2016a, S. 15). So gibt es einzelne meist technologieintensive und beschäftigungsstarke Vorreiterunternehmen, die bereits umfassende digitale Systeme verwenden, „während die Masse insbesondere der kleinen und mittleren Unternehmen mit eher inkrementellen Innovationsmaßnahmen einen seit Jahren erkennbaren technologischen Pfad weiterverfolgt“ (Hirsch-Kreinsen 2018b; vgl. auch Hirsch-Kreinsen 2018a, S. 9-10). Ludwig et al. merken an, dass das Konzept der Industrie 4.0 vornehmlich auf große Industrieunternehmen gemünzt zu sein scheint, während für KMU, in denen explizit die Mitarbeiter_innen zentral für den wirtschaftlichen Erfolg sind, zahlreiche Fragen unbeantwortet bleiben (vgl. Ludwig et al. 2016, S. 73).

Während teilweise öffentlichkeitswirksam eine disruptive Umwälzung im Sinne einer „Vierten industriellen Revolution“ (Schwab 2016; vgl. Forschungsunion/acatech 2013) angekündigt wird (vgl. z. B. Rüssmann et al. 2015; Brynjolfsson/McAfee 2015; Bitkom/Fraunhofer IAO 2014), stellen zahlreiche Wissenschaftler_innen heraus, dass die Digitalisierung der Industrie sukzessive seit den 1990er-Jahren läuft und die neuen Technologien dabei keinen Umbruch bewirken, sondern in bestehende Strukturen integriert werden (vgl. z. B. Butollo et al. 2017; Hirsch-Kreinsen 2018a). Wenn digitale Technologien eingeführt werden, handelt es sich in den wenigsten Fällen um eine unternehmensübergreifende Vernetzung, sondern meist um vereinzelte Anwendungen in der Produktion (vgl. Hirsch-Kreinsen 2018a, S. 11; Gerst 2015). Zudem, so stellt Hirsch-Kreinsen auf Basis von 33 Betriebsfallstudien fest, „weisen die konkreten Systemeinführungen in hohem Maße eine *technische Pfadabhängigkeit* auf“ (Hirsch-Kreinsen 2018a, S. 11): Der „digitale Wandel [verläuft] in den allermeisten Betrieben vorherrschend inkrementell und ist eng verschränkt mit den je gegebenen realen, stofflichen, sozialen und ökonomischen Möglichkeiten

und Restriktionen der Anwenderbetriebe“ (Hirsch-Kreinsen 2018a, S. 6; vgl. auch Spöttl et al. 2016, S. 51, 73-74). Faktoren, die Implementierungsvorhaben und -prozesse beeinflussen, seien neben den „betriebsgrößenabhängig sehr unterschiedlichen Ressourcen und Kompetenzstrukturen“ (Hirsch-Kreinsen 2018a, S. 20) etwa „Zeitdruck und konkurrenzbedingte Kurzfristorientierung“ (ebd.) und „unklare Rentabilitätsaussichten“ (ebd., S. 22). Hinsichtlich der Digitalisierungsstrategie nimmt Hirsch-Kreinsen eine Differenzierung der Industrieunternehmen in drei Kategorien vor (vgl. Hirsch-Kreinsen 2018a):

(1) **Vorreiterunternehmen**: „Diese Unternehmen setzen die neuen digitalen Technologien weitreichend und systematisch ein“ (ebd., S. 9).

(2) **Follower**: „Zentrales Merkmal dieses Betriebstypus ist der schrittweise und begrenzte Einsatz neuer digitaler Technologien und ihre Nutzung zur Optimierung der laufenden Prozesse“ (ebd.).

(3) **Nachzügler**: „Diese Unternehmen sind zumeist sehr unsicher, welcher Weg der Digitalisierung sich zukünftig als vorteilhaft für sie erweisen wird. Darüber hinaus umfasst diese Kategorie auch an Digitalisierungsmaßnahmen desinteressierte und gegenüber der laufenden Debatte sehr skeptische Unternehmen“ (ebd., S. 10).

Die Einführungsprozesse in den Unternehmen seien oft langwierig und würden von Einführungsbarrieren gehemmt, derer Hirsch-Kreinsen drei identifiziert: Abstimmung mit und Integration in bestehende technische Strukturen; Akzeptanzprobleme in der Belegschaft bis hin zum aktiven Widerstand; organisationsstrukturelle Beharrungskräfte, die dem notwendigen Umbau „der betrieblichen Planungs- und Steuerungsbereiche und einer geänderten Kompetenzverteilung zwischen IT und Produktionstechnik“ (Hirsch-Kreinsen 2014, S. 427) im Wege stehen.

Es ist nicht davon auszugehen, dass die Industrie 4.0 in den kommenden Jahren branchenübergreifend zur industriellen Realität in Deutschland wird. Stattdessen ist eine weiterhin heterogene Entwicklung wahrscheinlich. Voraussichtlich „werden vor allem solche Unternehmen auf die neuen Systeme zugreifen, die aufgrund hoher Flexibilitätsanforderungen ständig unter Innovations- und Rationalisierungsdruck stehen und in den neuen Systemen eine Chance zu einer durchgreifenden Produktivitätssteigerung sehen“ (ebd.). Dagegen scheint die Implementierung digitaler Automatisierungstechnologien bei ‚Großserienproduzenten‘, die technologisch bereits gut aufgestellt sind und ein entsprechend hohes Produktivitätsniveau halten, eher unwahrscheinlich (vgl. ebd.). Auch wenig technologieintensive KMU mit begrenzten Ressourcen werden sich kaum auf Industrie-4.0-Experimente einlassen (vgl. ebd.).

Industrie 4.0 und Arbeit

Es mangelt in Deutschland nicht an hoffnungsvollen Zukunftsvisionen für die Arbeit in der Industrie 4.0, aber es fehlen umfassende empirische Studien zum tatsächlichen Wandel der Arbeit durch den Einsatz digitaler Technologien. Pfeiffer diagnostiziert, dass der Bruch mit dem Technikdeterminismus in der Arbeits- und Industriesoziologie „fast zu einer kompletten Abkehr [von]

der systematischen Erforschung des Zusammenhangs von Technisierung und Arbeit geführt [hat]" (Pfeiffer 2015, S. 10; vgl. auch Hirsch-Kreinsen 2014, S. 428). Es gibt zwar explorative Unternehmensfallstudien, aber Pfeiffer zufolge wurde seit den 1990er-Jahren keine systematische Bestandsaufnahme für größere Branchenbereiche der Produktionsarbeit mehr vorgenommen (vgl. ebd.). Das Fehlen von Informationen über den Einfluss bereits implementierter digitaler Technologien in der Industrie macht es schwer, die künftige Entwicklung der Qualifikationen und Tätigkeiten über Unternehmen und Branchen hinweg fundiert zu prognostizieren. Die vorhandene Literatur zur Arbeit in der digitalisierten Industrie ist höchst heterogen. Empirisch kaum gestützte Wunschvorstellungen und Ängste stehen zahlreichen Expertenbefragungen und einigen Unternehmensfallstudien gegenüber, die naturgemäß nur einzelne Entwicklungspfade beleuchten. Im Folgenden gehen wir zunächst auf einige Veröffentlichungen ein, die mögliche Zukünfte industrieller Arbeit in Form von Szenarien darstellen, um uns anschließend mit Prognosen und Diagnosen zu befassen.

Szenarien industrieller Belegschaften

Hinsichtlich künftiger Qualifikationen und Tätigkeiten in der Industrie findet sich ein Spektrum von Entwicklungsperspektiven, dessen Pole Hartmut Hirsch-Kreinsen als vorstellbare Extremszenarien skizziert hat. Diese Szenarien werden im Folgenden kurz umrissen:

Betrachten wir zunächst die positiv besetzte Hoffnung auf ein ***Upgrading***, das Hirsch-Kreinsen zufolge in Form zweier verschiedener Ausprägungen typisiert werden kann: Erstens als Prozess **allgemeiner Aufwertung**[26] von Arbeit aller Qualifikationsniveaus. Dabei wird angenommen, digitale Technologien führten durch die Notwendigkeit des Verstehens der von ihr generierten Informationen dazu, dass menschliche Arbeit nicht nur bedeutsam bleibe, sondern überall komplexer und anspruchsvoller werde (vgl. Hirsch-Kreisen 2015, S. 16; Ittermann et al. 2016, S. 14). „Durch die steigende Verfügbarkeit einer großen Vielfalt von Informationen über laufende Prozesse und deren Zusammenhänge ergeben sich neue und bislang nicht gekannte Anforderungen an Tätigkeiten und es eröffnen sich vielfältige Handlungsspielräume in der Arbeit" (Ittermann et al. 2016, S. 14). Konkret könnte in diesem Szenario der „Auf- und Ausbau von IT-Kompetenzen, Medienkompetenzen und Prozessverantwortung" (Ittermann et al. 2016, S. 14) sowie kreativer, sozialer und abstrakt kognitiver Fähigkeiten in der gesamten Belegschaft gefordert sein (vgl. ebd.).

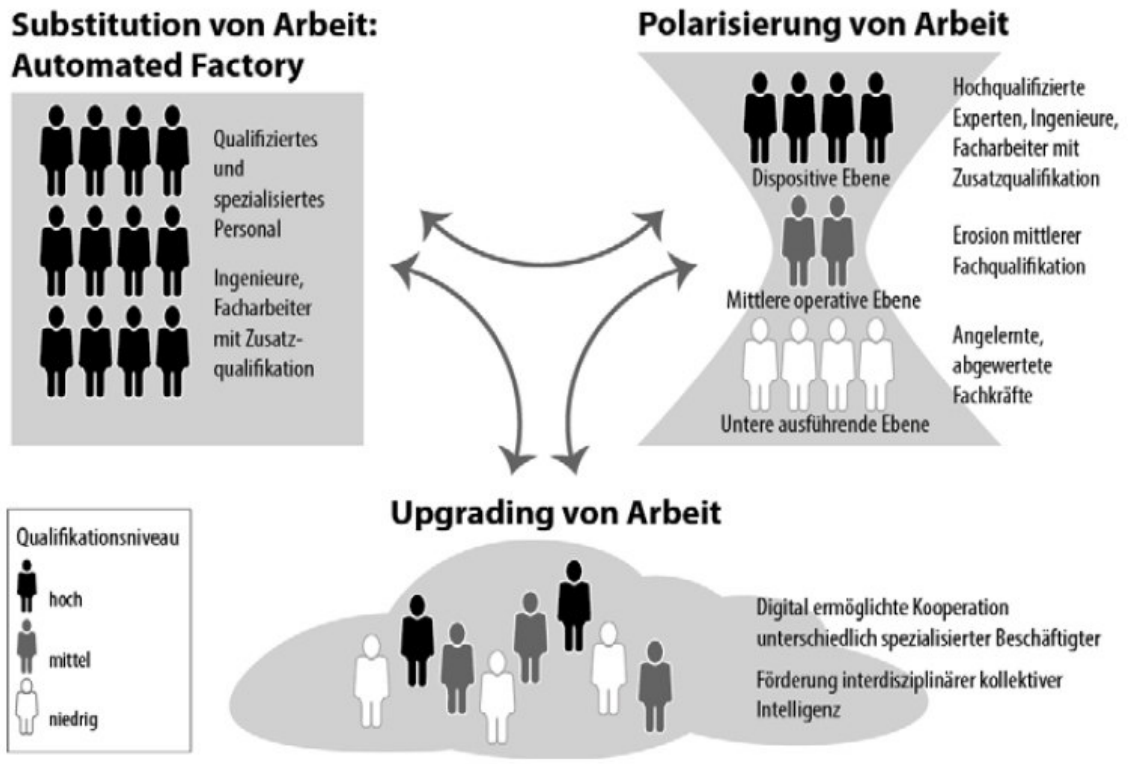
Das zweite Upgradingszenario (Substitutionsszenario) prognostiziert eine umfassende **Substitution geringqualifizierter Tätigkeiten**, wodurch im Betrieb ausschließlich Jobs höherer Qualifikationsniveaus übrig bleiben (vgl. Hirsch-Kreisen 2015, S. 16). Zumeist wird davon ausgegangen, dass primär standardisierte Arbeit in Produktion und Logistik wegfallen wird (vgl. Ittermann et

[26] An anderer Stelle wird dieses Entwicklungsszenario mit dem Begriff der *Komplementaritätsthese* bedacht, weil es darauf basiert, dass Technik einerseits und der Mensch andererseits komplementäre Eigenschaften und Fähigkeiten besitzen, sodass Technisierung nicht auf vollständige Automatisierung hinauslaufen kann (vgl. Huchler 2016).

al. 2016, S. 16-17). Ob letztgenanntes Upgradingszenario der betrieblichen Ebene auf der Makroebene ebenfalls mit einem *Upgrading* oder stattdessen mit gesellschaftlicher Polarisierung einhergeht, hängt selbstredend davon ab, ob die Arbeitnehmer_innen, deren Stellen der Automatisierung zum Opfer fallen, im höher qualifizierten Arbeitsmarkt aufgefangen werden oder in die Arbeitslosigkeit abgleiten.

Dem Upgradingszenario entspricht idealerweise eine betriebliche Organisation, „die durch eine lockere Vernetzung unterschiedlich qualifizierter, aber gleichberechtigt agierender Beschäftigter gekennzeichnet ist, die weitgehend selbstorganisiert und situationsbestimmt im digitalisierten Arbeits- und Produktionsprozess handeln“ (ebd., S. 15). Hirsch-Kreinsen nutzt für dieses organisatorische Muster den Begriff der „Schwarm-Organisation“ (Hirsch-Kreinsen 2015, S. 17). Strukturelle Offenheit, Ganzheitlichkeit und Flexibilität seien die Voraussetzung dafür, dass die Qualifikationen und Erfahrungen der Beschäftigten das System der digitalen Fabrik aufrechterhalten (vgl. ebd.).

Abbildung 11: Entwicklungsszenarien zur Zukunft digitaler Arbeit in der Industrie



Quelle: Ittermann et al. 2016, S. 13

Die dem Upgradingszenario entgegengesetzte Zukunftsaussicht ist die der **Polarisierung** von Qualifikationen und Tätigkeiten in den Betrieben. In dieser Vorstellung sind vor allem Tätigkeiten, die von Personen mittleren Qualifikationsniveaus ausgeführt werden, von Substitution durch digitale Technologien betroffen (vgl. Hirsch-Kreisen 2015, S. 18-19). Dagegen steigt im

Verhältnis der Anteil nicht automatisierbarer Einfacharbeit ebenso wie der Anteil hochqualifizierter Aufgabenfelder etwa in *Engineering*, Informatik, IT-Facharbeit und Kreativarbeit (vgl. Ittermann et al. 2016, S. 19).

> „Als Voraussetzung für die Erosion der mittleren Qualifikationsgruppen gilt, dass es sich dabei einerseits um Tätigkeiten handelt, die einen gut strukturierten und regel-orientierten Charakter aufweisen und daher, ähnlich wie viele einfache Tätigkeiten, algorithmisiert bzw. automatisiert werden können. Zudem wird argumentiert, dass Informationstechnologien es erlauben, ursprünglich komplexe Tätigkeiten durch Modellierung und Formalisierung weitreichend zu standardisieren. So können durch den Einsatz entsprechend ausgelegter Assistenzsysteme viele komplexere Tätigkeiten in einfache Teiloperationen zerlegt und mit restriktiven Arbeitsvorgaben, die kaum noch Handlungsspielräume erlauben, versehen werden" (Ittermann et al. 2016, S. 19).

Infolgedessen werden Fachkraftstellen abgebaut oder die betroffenen Arbeitnehmer_innen übernehmen vermehrt abgewertete, einfache Tätigkeiten und vereinzelt auch hochqualifizierte Aufgaben. So oder so kommt es aus dieser Perspektive zu einer Polarisierung „zwischen verbliebenen und nicht automatisierten einfachen Tätigkeiten bzw. abgewerteten Fachtätigkeiten einerseits und anspruchsvollen, qualifizierten Tätigkeiten andererseits" (Hirsch-Kreinsen 2015, S. 19). In diesem Digitalisierungsszenario sind die einfachen Tätigkeiten von geringen Entscheidungs- und Handlungsspielräumen und Standardisierung gekennzeichnet, während die hochqualifizierten Stellen um manageriale Aufgaben erweitert werden und Verantwortung tragen (vgl. ebd., S. 19-20). Diese ‚polarisierte Organisation' herrscht Hirsch-Kreinsen zufolge bereits in vielen hoch technisierten Industriebetrieben vor (vgl. ebd., S. 20).

Große Ähnlichkeit mit Hirsch-Kreinsens Darstellung weisen die Szenarien auf, die Pfeiffer et al. auf Basis von Interviews mit Unternehmensvertreter_innen aus dem Maschinen- und Anlagenbau erarbeitet haben (vgl. Pfeiffer et al. 2016a). Die in Abhängigkeit von den jeweiligen technologischen Visionen stark divergierenden Prognosen der Befragten wurden zu drei idealtypischen Szenarien verdichtet, die „gängige Diskursmuster" (ebd., S. 82) wiederspiegeln:

(1) *Growing Gap*, ein Polarisierungsszenario, das ein Auseinanderdriften der Facharbeitsebene in hoch- und niedrigqualifizierte Arbeitssegmente voraussagt (vgl. ebd., S. 83-86).

(2) *General Upgrade* entspricht einer Aufwertung menschlicher Arbeit mit höheren Anforderungen auf allen Qualifikationsniveaus, wobei die Fachkraft „in Zukunft also mindestens genauso, eher noch mehr, als verantwortungstragender Entscheider, Problemlöser und Dirigent des Produktionsgeschehens gefragt" (ebd., S. 86-89) sei.

(3) *Central Link* erwartet mit der Digitalisierung der Produktion eine Aufwertung und Bedeutungszunahme von beruflich gebildeten Meister_innen oder Techniker_innen mit viel Erfahrungswissen, die eine Scharnierfunktion zwischen Facharbeit und akademischer Qualifikationsebene einnehmen (vgl. ebd., S. 89-91).

Eine griffige Darstellung möglicher Entwicklungsrichtungen haben Korge et al. auf Basis von Expertenbefragungen entwickelt (vgl. Korge et al. 2016; vgl. Tabelle 2). Die Autoren identifizieren

zwei relevante Dimensionen bei der Technisierung der Arbeit, deren Kombinationen die Zukunftsbilder bestimmen (vgl. ebd.; Korge/Marrenbach 2018b, S. 9):

(1) Die Digitalisierungsstrategie eines Betriebs kann auf Ersetzung (Substitution) oder Unterstützung (Assistenz) ausgerichtet sein und legt die Gestaltung und den Einsatz der Technik fest.

(2) Die Entwicklung der Qualifikationen und Tätigkeiten der Beschäftigten kann in Richtung einer Aufwertung der Arbeit aller Beschäftigten (*Upgrading*) oder zu einer Aufwertung der Arbeit Hochqualifizierter bei gleichzeitiger Entwertung der Arbeit Mittel- und Geringqualifizierter (Polarisierung) gehen. Diese Dimension ist wesentlich durch die Macht- und Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Technik bestimmt: Bestimmt der Mensch über die Technik oder bestimmt die Technik über den Menschen?

Tabelle 2: Zukunftsbilder industrieller Arbeit

		Arbeits- und Qualifikationsanforderungen	
		Polarisierung	**Aufwertung**
Digitalisierungs-strategie	**Assistenz**	Angelerntenproduktion	Facharbeiterproduktion
	Substitution	Vollautomatisierung	Prozessbetreuung

Quelle: Eigene Darstellung nach Korge et al. 2016; 2018b

„Eine **Angelerntenproduktion** halten die Experten für plausibel und wahrscheinlich. […] Sie eignet sich insbesondere bei nicht einfach zu automatisierenden arbeitsintensiven Arbeitsprozessen, etwa bei der Produktion individueller Produkte“ (Korge et al. 2016, S. 35). In diesem Zukunftsbild werden geringqualifizierte Beschäftigte von digitalen Assistenzsystemen durch ihre Arbeitsaufgaben geleitet. Die Kontrollintensität ist hoch, die Autonomiespielräume sind gering. Das Erfahrungswissen der Produktionsarbeiter_innen kann entwertet und abgebaut werden. Dennoch betrachten die Autoren dieses Szenario nicht als negativ, da es Arbeitsplätze für Geringqualifizierte erhalte und auf der anderen Seite anspruchsvolle Aufgaben in der Planung und im *Engineering* entstünden (vgl. ebd., S. 35-36).

Demgegenüber steht in der **Facharbeiterproduktion** nicht der Technik, sondern der Mensch im Fokus und behält die Kontrolle über die Produktion. Fachkräfte erfahren eine qualifikatorische Aufwertung und ihr Erfahrungswissen ist von hoher Bedeutung. Sie können bei Unwägbarkeiten jederzeit in das System eingreifen und selbstständig Entscheidungen treffen (vgl. ebd., S. 36-37).

> „Die Experten halten das Zukunftsbild für plausibel. Es handelt sich um die am schnellsten zu realisierende Entwicklungsrichtung. Eine Facharbeitsproduktion eignet sich insbesondere für komplexe, variantenreiche Produkte, kundenspezifische Umfänge und kleine Lose, die nicht in Serie produziert werden“ (ebd., S. 36).

Dem Zukunftsbild der **Vollautomatisierung** liegt eine technikzentrierte Perspektive zugrunde, die von der Automatisierbarkeit zahlreicher menschlicher Tätigkeiten ausgeht (vgl. Huchler 2016). Eine nahezu vollständige Automatisierung

> „scheint in absehbarer Zukunft allenfalls in Nischen für einfache Aufgaben realisierbar, etwa in den Bereichen der Halbleitertechnologien, einfachen Vormontagen und in Teilumfängen der Logistik […]. Für die breite Anwendung ist dieses Szenario sehr unrealistisch, auch als längerfristige Vision. Erforderlich sind weitgehend standardisierte Produkte und Prozesse mit großer Wiederholungszahl und langer Lebensdauer" (Korge et al. 2016, S. 38).

In dieser Vision übernehmen Geringqualifizierte als ‚Lückenfüller unvollständiger Automatisierung' einige nicht automatisierbare Einfacharbeiten (vgl. ebd.). Auf der anderen Seite sind hochqualifizierte externe Spezialist_innen für die Behebung von Störungen verantwortlich (vgl. ebd.).

Das Zukunftsbild **Prozessbetreuung** sei im Unterschied zur Vollautomatisierung „sehr wahrscheinlich" (ebd., S. 39). Grundlage sei eine „möglichst umfassende, autonome und stabile Automatisierung. Geeignet sind hoch standardisierte Produkte und Prozesse" (ebd.). Fachkräfte der Produktionstechnik und Instandhaltung müssten umfassend weiterqualifiziert werden, um den neuen Technologien und ihrer Verantwortung im Produktionsprozess gerecht werden zu können (vgl. ebd.).

Die Szenarien stellen unterschiedliche Arbeitswelten dar, die sich den Autoren zufolge für verschiedene Marktanforderungen eignen (vgl. Korge/Marrenbach 2018b, S. 10). Eine Expertenbefragung habe ergeben, dass sich in Abhängigkeit von Branche, unternehmerischen Zielsetzungen und bestehenden Organisationsstrukturen im Betrieb voraussichtlich alle vier Arbeitswelten verbreiten werden. Die flächendeckende Verwirklichung der auf Assistenz ausgerichteten Szenarien sei innerhalb der kommenden zehn Jahre möglich (vgl. ebd., S. 15, 21). Sie könnten Korge und Marrenbach zufolge Übergangsphänomene auf dem Weg zur Substitution der Arbeit darstellen (vgl. ebd., S. 21). Hinsichtlich des Zeitrahmens bis zur breiten Realisation der Vollautomatisierung herrschte unter den befragten Expert_innen allerdings Uneinigkeit (vgl. ebd., S. 15).

Die tatsächliche Entwicklung der Qualifikationen und Tätigkeiten in den Betrieben wird sich in Abhängigkeit von verschiedensten Faktoren sicherlich zwischen und abseits der in szenaristischen Darstellungen beschriebenen Extremfälle bewegen. „Technologieintensitäten, Betriebsgrößen, Spezifika von Produkten, Branchenzugehörigkeiten, Konkurrenzsituationen oder besondere Kundenanforderungen sind wichtige Einflussgrößen für den konkreten Stellenwert von Industrie 4.0 und digitaler Arbeit" (Ittermann et al. 2016, S. 21). Zudem wirkt sich die Digitalisierung nicht nur in verschiedenen Branchen, sondern auch in jedem Betrieb unterschiedlich aus, je nachdem, unter welchen spezifischen Voraussetzungen welche Technologien eingesetzt werden und wie vonseiten der Arbeitgeber_innen, der Beschäftigten und der Gewerkschaften mit der Implementierung umgegangen wird. Daher werden voraussichtlich alle beschriebenen Szenarien gleichzeitig eintreten (vgl. Korge et al. 2016, S. 34).

Wischmann und Hartmann schlagen vor, die Auswirkungen digitaler Technologien bzw. „technisch-organisationale[r] Lösungen“ (Wischmann/Hartmann 2018, S. 3) auf industrielle Arbeit anhand eines Beschreibungsmodells mit fünf Kategorien zu erfassen (vgl. Tabelle 3). Anhand dieser Dimensionen kann die auf- oder abwertende Wirkung von Industrie-4.0-Anwendungen differenziert untersucht werden.

Tabelle 3: Beschreibungsdimensionen für die Auswirkungen digitaler Technologien auf industrielle Arbeit

	Auswirkung der Technologie hinsichtlich
Bedarf	▪ des Bedarfs nach verschiedenen Qualifikationsprofilen (z. B. Facharbeiter_innen, Meister_innen, Ingenieur_innen, Angelernte)?
Hierarchische Vollständigkeit	▪ Monotonie und komplexen Aufgaben? ▪ problemlösenden und Optimierungsaufgaben? ▪ Lernen in der Arbeit?
Sequentielle Vollständigkeit	▪ Planungsaufgaben? ▪ Kommunikation und Kooperation?
Kontrolle und Autonomie	▪ Kontrolle des Menschen über seine Arbeitssituation? ▪ der Selbstbestimmung, den Handlungs- und Entscheidungsspielräumen in der Arbeitssituation?
Querschnittliche und gegenstandsspezifische Aspekte	▪ der Interdisziplinarität in der Arbeitssituation? ▪ der Bedeutung von IT-Kenntnissen?

Quelle: Eigene Darstellung nach Wischmann/Hartmann 2018, S. 4

Im Folgenden stellen wir die Ergebnisse unserer Literaturstudie im Feld der Industrie dar. Es kamen verschiedene Sortierungen in Frage, etwa nach empirischer Grundlage, nach Branchen oder Tätigkeitsbereichen, nach betrachteten Qualifikationsniveaus oder prognostizierter Entwicklung der Belegschaftsstruktur, sprich Polarisierung oder *Upgrading*. Wir haben uns schließlich dazu entschieden, die Ergebnisse grob entlang der Qualifikationsebenen Einfacharbeit (Kapitel 5.2.2), Facharbeit (Kapitel 5.2.3) und akademisch qualifizierter Arbeit (Kapitel 5.2.4) zu ordnen. Die Mehrheit der Veröffentlichungen befasst sich mit der Zukunft der Facharbeit, deren Entwicklungsrichtung höchst umstritten ist und die außerdem als entscheidender Faktor für die eventuelle Polarisierung der Belegschaftsstrukturen gilt. Bevor wir allerdings auf die Prognosen eingehen, die sich mit industrieller Arbeit bestimmter Qualifikationsniveaus befassen, stellt der folgende Abschnitt allgemeine Diagnosen und Prognosen zur Zukunft industrieller Arbeit dar, die sich nicht in das gewählte Schema einordnen ließen (Kapitel 5.2.1).

5.2.1 Allgemeine Diagnosen und Prognosen zu industrieller Arbeit

Unter all den Veröffentlichungen zur Arbeit in der Industrie 4.0 herrscht weitestgehend Einigkeit darüber, dass die **Tertiarisierung** im Zuge der Digitalisierung voranschreiten wird. Zumeist wird die Verschmelzung von Produktions- und Wissensarbeit bzw. eine Verschiebung von direkt produzierenden zu informationsverarbeitenden, dienstleistenden und planerischen Tätigkeiten erwartet (vgl. z. B. Kinkel et al. 2007; Bauer/Schlund 2015; Dworschak/Zaiser 2016; Abel 2018, S. 53; Ludwig et al. 2016; Spath et al. 2013; Apt et al. 2016a, S. 78). Es besteht allerdings Uneinigkeit darüber, wie diese Entwicklung zu bewerten ist.

Kinkel et al. zufolge birgt die vergrößerte Distanz zum Fertigungsgeschehen die Gefahr eines „schleichende[n] Wissensverlust[s] bezüglich der inneren Zusammenhänge der Fertigungsverfahren und Steuerungsprozesse“ (Kinkel et al. 2007, S. 242). Auch Spöttl et al. merken an, dass eine „distanzierte Kontrollposition der Fachkräfte […] zur Folge [hätte], dass die Mitarbeiter an Expertise und Erfahrung im Produktionsprozess verlieren“ (Spöttl et al. 2016, S. 47). Zahlreiche Autor_innen verweisen auf die Gefahr der „Ironies of Automation“ (Bainbridge 1983) (vgl. z. B. Ahrens/Spöttl 2015, S. 196; Hartmann 2015, S. 18; Hirsch-Kreinsen 2014, S. 423, 2016, S. 15; Ittermann/Niehaus 2015, S. 44; Apt et al. 2016a, S. 57): Die fortschreitende Automatisierung mit computergestützten Maschinen führt zu steigender Komplexität und Intransparenz vormals einfach zu überblickender Vorgänge in der Produktion (vgl. Ahrens/Spöttl 2015, S. 195). Im Zuge der wachsenden Distanz zwischen dem Menschen und dem eigentlichen Produktionsprozess falle es den meisten Beschäftigten schwerer, die Abläufe des Systems zu begreifen (vgl. ebd., S.195-196). Die Verdrängung der Arbeitnehmer_innen aus den Fertigungsabläufen berge die Gefahr, dass sie sich – auch aufgrund eines Mangels an Verständnis – zu sehr auf die Technik verlassen, das System nicht mehr beherrschen und im Störungsfall nicht eingreifen können[27] (vgl. ebd., S. 196-197). Häufig wird die Tertiarisierungstendenz bei Tätigkeitsfeldern auf dem *Shop Floor* aber mit einer Aufwertung und Höherqualifizierung der Arbeit zusammengedacht (vgl. z. B. Kagermann 2014; Ludwig et al. 2016; Dornbrowski et al. 2014; Matt/Rauch 2014; Gebhardt et al. 2015; Spath et al. 2013; Patscha et al. 2017).

Ein großer Teil der Literatur zu den künftigen Auswirkungen digitaler Technologien auf Qualifikationen und Tätigkeiten in der Industrie basiert nicht auf empirischen Untersuchungen zu den Folgen bereits implementierter Industrie-4.0-Technologien, sondern auf den (**optimistischen**) **Einschätzungen einschlägiger Expert_innen und Führungskräfte** industrieller Unternehmen. Dabei prognostizieren insbesondere Veröffentlichungen aus dem Dunstkreis der Plattform Industrie 4.0, industrienaher Forschung, Arbeitgeberverbänden und Unternehmensberatungen eine allgemeine Aufwertung der industriellen Arbeit, oft ohne auf spezifische Tätigkeitsfelder oder Arbeitnehmer_innen eines bestimmten Qualifikationsniveaus Bezug zu nehmen. Die Prog-

[27] Andererseits könnten weitere technologische Neuerungen, etwa Assistenzsysteme, die „dem Nutzer ermöglichen, ‚im Bilde zu bleiben‘“ (Apt et al. 2016a, S. 57), die Beherrschbarkeit der Maschine für Menschen wieder vereinfachen (vgl. ebd.).

nosen haben tendenziell normativen Charakter und sind hinsichtlich künftiger Qualifikationsanforderungen in der Industrie zumeist so positiv wie vage. In diesem Rahmen häufig genutzte Schlüsselbegriffe sind ‚Interdisziplinarität' (z. B. Gorecky 2014, S. 527; acatech 2016b, S. 13), höhere ‚Komplexitäts-, Abstraktions- und Problemlösungsanforderungen' (z. B. Windelband/Dworschak 2015, S. 81) und die ‚Bereitschaft zum lebenslangen Lernen' (z. B. Schlund et al. 2014, S. 27; Blanchet et al. 2014, S. 12-13). Im Folgenden werden zunächst einige dieser Prognosen beispielhaft dargestellt:

Im *Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0* aus dem Jahr 2013 ist von „deutlich erhöhte[n] Komplexitäts-, Abstraktions- und Problemlösungsanforderungen" (Forschungsunion/acatech 2013, S. 57) die Rede. Digitale Technologien würden den Arbeitnehmer_innen in der Industrie „ein sehr hohes Maß an selbstgesteuertem Handeln, kommunikativen Kompetenzen und Fähigkeiten zur Selbstorganisation" (ebd.) abverlangen. Diese Erwartungen an die Industrie 4.0 werden in vielen Veröffentlichungen nahezu wortgleich übernommen, beispielsweise von Klaus-Detlev Becker vom arbeitgebernahen Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (vgl. Becker 2015, S. 26-27). Becker zufolge werden digitale Technologien zwar die Arbeitsinhalte, -aufgaben und -prozesse verändern, der Mensch bleibe aber auch in der *Smart Factory* der entscheidende Produktionsfaktor (vgl. ebd., S. 25). Die Mitarbeiter_innen seien „in ihrer Gesamtheit die Träger der planenden, steuernden, dispositiven, ausführenden usw. Tätigkeiten" (ebd., S. 25), während die Automatisierung schwerer und belastender Tätigkeiten durch Industrie 4.0 ermöglicht werde (vgl. ebd., S. 24).

In einem Sammelband von Thomas Bauernhansl und Michael ten Hompel vom Fraunhofer IAO schreibt Henning Kagermann (acatech), in der Industrie 4.0 würden Mitarbeiter_innen „weniger als ‚Maschinenbediener' eingesetzt, sondern mehr in der Rolle des Erfahrungsträgers, Entscheiders und Koordinators" (Kagermann 2014, S. 608). Die Arbeit werde interdisziplinärer, vielfältiger und komplexer, während gleichzeitig die Einweisungs- und Lernzeiten verkürzt würden (vgl. ebd.). Diesen Widerspruch scheint Kagermann durch den Einsatz interaktiver Assistenzsysteme für aufgelöst zu halten (vgl. ebd.). Im gleichen Band vertritt Dominic Gorecky die Auffassung, Menschen nähmen in der Industrie 4.0 eine übergeordnete strategische Position ein, die „ein grundlegendes Verständnis bezüglich des Umgangs mit Informationen und […] das Wissen zu den Methoden und Technologien" (Gorecky 2014, S. 527) erfordere. Wie Kagermann betont Gorecky die Rolle der „Interdisziplinarität" (ebd.) für die Arbeit in der Industrie 4.0. Ebenso nimmt etwa das Beratungsunternehmen Roland Berger an, industrielle Arbeit werde in Zukunft vermehrt interdisziplinäres Denken und die Bereitschaft zu lebenslangem Lernen erfordern (vgl. Blanchet et al. 2014, S. 12-13).

Die Studie *Industrie 4.0 – Eine Revolution der Arbeitsgestaltung* des Fraunhofer IAO fußt auf einer 2014 durchgeführten Befragung von Produktionsverantwortlichen und Geschäftsführer_innen aus 518 deutschen Industrieunternehmen, größtenteils Firmen der Automobilbranche und aus dem Maschinen- und Anlagenbau (vgl. Schlund et al. 2014, S. 8). Etwa die Hälfte der Befrag-

ten geht von einer Reduktion manueller Einfacharbeit aus (vgl. ebd., S. 19). Schlund et al. spekulieren, Industrie-4.0-Anwendungen würden künftig Routinetätigkeiten substituieren, was einerseits einfache Routinearbeit, andererseits planende und steuernde Aufgabenbereiche betreffen könne (vgl. ebd., S. 20). Hinsichtlich der Kompetenzentwicklung werden der Studie zufolge im Zuge von Industrie 4.0 in vielen Bereichen neue nicht näher spezifizierte IT-Kompetenzen vermittelt werden müssen (vgl. ebd., S. 26). Insgesamt scheinen die befragten Führungskräfte der Industrie eine Aufwertung der Produktionsarbeit zu erwarten, die mit höheren Anforderungen an die Arbeitskräfte einhergeht. So sagte Mehrheit der Befragten aus, Industrie 4.0 erfordere von ihren Mitarbeiter_innen eine „aktivere Beteiligung an Problemlösungs- und Optimierungsprozessen", die „Beherrschung zunehmend komplexer Arbeitsinhalte", ein „höheres Systemwissen" sowie die „Bereitschaft zum lebenslangen Lernen" (ebd., S. 27).

Das Fraunhofer IAO hatte bereits 2013 eine ähnliche Studie durchgeführt, für die einerseits Führungskräfte aus 661 produzierenden Unternehmen, andererseits 20 Experten und eine Expertin der deutschen Industrie befragt wurden (vgl. Spath et al. 2013). Die Befragten aus den teilnehmenden Unternehmen stimmten annährend vollständig darin überein, dass menschliche Arbeit für die Produktion auch in Zukunft von Bedeutung sein wird (vgl. ebd., S. 47). Auch die Expert_innen erwarten trotz steigenden Automatisierungsgrades, dass Menschen weiterhin integraler Bestandteil der Fabrik bleiben, weil zahlreiche menschliche Fähigkeiten technologisch gar nicht oder nur sehr aufwendig umgesetzt werden könnten und Automatisierung nur stattfinde, wo sie sich wirtschaftlich lohne (vgl. ebd., S. 52-53, 101, 130). 58 Prozent der befragten Unternehmen waren der Auffassung, eine zusätzliche Kompetenzentwicklung für den Umgang mit neuen cyberphysischen Systemen sei notwendig (vgl. ebd., S. 124). Ein zentrales Ergebnis ist zudem die in Zukunft aufgrund von Marktanforderungen notwendige Flexibilisierung der Produktionsarbeit. Über 80 Prozent der befragten Unternehmen gaben an, ihre Mitarbeiter_innen müssten weiter qualifiziert werden, um in wenig planbaren Situationen eingesetzt werden zu können (vgl. ebd., S. 86). Unter den Expert_innen herrscht die Erwartung eines *Upgradings* der Produktionsarbeit mit wachsenden Kompetenzanforderungen vor. Zahlreiche repetitive Tätigkeiten in der direkten Produktion würden automatisiert, sodass die Menschen in der Produktionsarbeit der Zukunft „stärker die Dirigenten und Koordinatoren der Fabrik" (ebd., S. 48) und „führende Entscheidungsinstanz" (ebd., S. 129) seien. Zwar äußern die Expert_innen, dass Entscheidungen in Zukunft datenbasiert getroffen werden und nicht mehr aufgrund von Erfahrung und Intuition (vgl. ebd., S. 117-118, 63), jedoch wird diese Entwicklung nicht als Entwertung von Erfahrungswissen thematisiert. Aufgrund der größeren Komplexität der Produktionssysteme seien zusätzliche Fachkompetenzen notwendig, die den Betrieb, die Wartung, Eingriffe in Störungsfällen und sogar die Verbesserung der Prozesse ermöglichen (vgl. ebd., S. 54, 124). Betont wird auch in dieser Studie die Notwendigkeit stärkerer Interdisziplinarität zwischen IT und Produktionstechnik (vgl. ebd., S. 26). Die Gefahr der Abwertung von Qualifikationen, etwa durch von Assistenzsystemen kleinschrittig determinierten Tätigkeiten oder autonom entscheidenden Produktionssystemen, ist den Expert_innen bewusst (vgl. ebd., S. 126, 127). Daher wird in einer normativen Formulierung gefordert, bei den Mitarbeiter_innen ein „Verständnis für das Gesamtkonzept und

die vernetzten Themen [zu] wecken“, da es zu oberflächlich sei, nur „an dem Device die Knöpfe oder die Schieber am Touchscreen zu bewegen“ (ebd., S. 126). Es wird angedeutet, dass ein Hierarchieabbau mit mehr dezentralen Entscheidungen im Sinne der Schwarmintelligenz in der Industrie 4.0 möglich und sinnvoll sein wird (vgl. ebd., S. 95-96). Die meisten der Expert_innen gehen davon aus, dass die gegenwärtigen Mitarbeiter_innen den neuen Qualifikationsanforderungen gewachsen sind und lediglich entsprechende Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen (vgl. ebd., S. 125, 126, 48, 54). Insgesamt propagiert die Studie aus der Perspektive von Führungskräften und digitalisierungsbegeisterten Expert_innen ein beinahe durchweg positives Bild für die Zukunft der Qualifikationen und Tätigkeiten in der Industrie 4.0.

Eine Studie des McKinsey Global Institutes auf Basis eines Automatisierungsmodells und der Befragung von Führungskräften des mittleren Managements in Unternehmen aus Nordamerika und Westeuropa prognostiziert eine abnehmende Nachfrage nach physischen manuellen Kompetenzen, vor allem in größeren Unternehmen, die mehr Automatisierungstechnologien implementieren (vgl. Bughin et al. 2018, S. 17). Davon seien insbesondere grobe motorische Fähigkeiten und körperliche Kraft betroffen, was zum Abbau von Stellen in der Montage und an Maschinen führe (vgl. ebd., S. 23). Gleichzeitig gewännen in der deutschen Industrie *technology design skills* zur Entwicklung neuer Fertigungstechnik, fortgeschrittene IT-Kompetenzen – wie etwa Softwareentwicklung und Netzwerkverwaltung – und höhere kognitive Fähigkeiten für Kreativität und komplexe Informationsverarbeitung an Bedeutung (vgl. ebd., S. 15, 23). Zudem würden soziale und emotionale Kompetenzen wie Kommunikation und Verhandlung, Führung, Management und Anpassungsfähigkeit wichtiger werden (vgl. ebd., S. 23). McKinsey prognostiziert dem industriellen Sektor ein *Upgrading* im Sinne der Entstehung neuer hochqualifizierter Stellen für Ingenieur_innen und technologische Fachkräfte sowie in Verkauf und Management (vgl. ebd.) bei gleichzeitigem Wegfall gering- und mittelqualifizierten Jobs. Die Studie befasst sich mit denkbaren Unternehmensstrategien, dieser erwarteten Entwicklung der Arbeit zu begegnen, und stellt neben Entlassungen und Neuanstellungen vor allem die Weiterqualifizierung der Belegschaft und die Verlegung von Arbeitskräften innerhalb des Unternehmens in den Fokus (vgl. ebd., S. 51-57). Das Beratungsunternehmen hält es in Abhängigkeit vom jeweiligen Geschäftsmodell, übergeordneten Marktdynamiken, der spezifischen Digitalisierungsstrategie und der Zusammensetzung der gegenwärtigen Belegschaft durchaus für möglich und sinnvoll, das *Upgrading* der Arbeit mit den vorhandenen Arbeitnehmer_innen zu verwirklichen (vgl. ebd., S. 56-57). McKinsey empfiehlt arbeitsintensiven Unternehmen der industriellen Produktion mit hauptsächlich gering- und mittelqualifizierter Belegschaft und auf Automatisierung abzielender Digitalisierungsstrategie ein Vorgehen, das einerseits auf Weiterbildung, vor allem aber auf Entlassungen fußt (vgl. ebd.).

Laut dem Statusreport des Arbeitskreises *Arbeitswelt Industrie 4.0* der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik entspricht das Upgradingszenario „stark dem aktuell am Hochlohnstandort Deutschland erfolgreichen Modell durchgängiger Prozessketten, schneller Reaktionsfähigkeit und Flexibilität“ (GMA 2016, S. 12). Momentan komme es bereits zu einer

„Automatisierung manueller Routinetätigkeiten und Digitalisierung kognitiver Routinetätigkeiten“ (ebd., S. 9). Aufgrund neuer Automatisierungstechnologien mit künstlicher Intelligenz seien in Zukunft auch Nichtroutinetätigkeiten in Gefahr, substituiert zu werden (vgl. ebd.). Die Autor_innen erwarten neue Qualifikationsanforderungen, wobei nur Problemlösungskompetenzen (vgl. ebd., S. 8), Fähigkeiten der Datenanalyse und IT-Kompetenzen (vgl. ebd., S. 11) explizit genannt werden. Letztere würden „als Querschnittskompetenz in allen Unternehmensfunktionen massiv an Bedeutung gewinnen“ (ebd.). Die Digitalisierung ermögliche dezentrale Organisationskonzepte, die bisher allerdings erst in Ansätzen verwirklicht wurden (vgl. ebd.). Es werden zunehmende Komplexitätssteigerungen und wachsende Flexibilitätsanforderungen prognostiziert, die in Zukunft vermehrt dezentrale Selbstorganisation und autonome Teamarbeit notwendig machen könnten (vgl. ebd.).

In der Foresightstudie *Digitale Arbeitswelt* für das BMAS stellen Apt et al. basierend auf einer Literaturanalyse und Experteninterviews eine mögliche Roadmap der Industriearbeit vor, ohne jedoch eine klare Prognose zur Entwicklung der Qualifikationen abzugeben (vgl. Apt et al. 2016a). Die Autor_innen erwarten eher eine Steigerung der Qualifikationsanforderungen durch die Digitalisierung, der mit umfassenden Weiterbildungsmaßnahmen begegnet werden müsse (vgl. Apt et al. 2016a, S. 29-30, 55, 58). Genannt werden etwa „(scientific) literacy“ (ebd., S. 29), IT-Kompetenzen, Überblickswissen sowie die ‚Transferfähigkeit von Kompetenzen‘ von einem Anwendungsfall zum nächsten (vgl. ebd., S. 30). Ohne Weiterbildung könne es insbesondere in hochtechnisierten Betrieben zu einer Verstärkung der ohnehin bereits bestehenden Qualifikationspolarisierung kommen (vgl. ebd., S. 58). Apt et al. erwarten, dass bis 2025 fortgeschrittene integrierte Assistenzsysteme entwickelt werden könnten, „die sich an den individuellen Nutzer und Kontext anpassen und zu jeder Zeit die notwendige Hilfestellung liefern“ (ebd., S. 56). Solche Technologien bergen die Gefahr des Abbaus der Selbstständigkeit und Problemlösefähigkeiten der Mitarbeiter_innen, was unvorhersehbare Folgen für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen haben könne (vgl. ebd.).

Ludwig et al. gehen davon aus, dass die „Durchdringung von Arbeitsprozessen mit digitalen Arbeitswerkzeugen“ (Ludwig et al. 2016, S. 77) im Zuge der Vernetzung zu Veränderungen der Tätigkeiten und Anforderungen an die industriellen Mitarbeiter_innen führen wird. Kompetenzen wie Vorstellungsvermögen, Analyse- und schnelle Adaptionsfähigkeit, Überblickswissen und interdisziplinäres Verständnis würden im Zuge schwindender Grenzen zwischen Produktions- und Wissensarbeit an Bedeutung gewinnen (vgl. ebd.).

Auch Constanze Kurz von der IG Metall erwartet tendenziell steigende Kompetenzanforderungen an die Arbeitnehmer_innen in der Industrie. Die Einführung digitaler Technologien werde den Bedarf an Überblickswissen, interdisziplinären Kompetenzen und Fähigkeiten zur Komplexitätsbewältigung und Problemlösung erhöhen (vgl. Kurz 2013, 2015). Industrie 4.0 könne die Beschäftigten in einer dezentral organisierten Produktion in die Position der „Entscheider und Problemlöser“ (Kurz 2013) versetzen, die mit vergrößerter Autonomie und besserer Arbeit einhergehe. Andererseits warnt Kurz in ihrer Rolle als Gewerkschafterin davor, dass die Industrie

4.0 ohne bewusste Gestaltung nicht sicher den Pfad der „Requalifizierung von Produktionsarbeit“ (ebd.) einschlagen werde. Auch ein ‚Taylorismus 4.0‘ sei möglich:

> „Die Arbeit wird weiter standardisiert, digital quantifiziert, zu Parametern innerhalb von Algorithmen (um)strukturiert und am Ende zum geistlosen Niedriglohnjob. Die Beschäftigten wären nur noch vernetztes Rädchen in einer unmenschlichen Cyberfabrik, ohne nennenswerte Handlungskompetenzen, entfremdet von der eigenen Tätigkeit durch eine fortschreitende Dematerialisierung und Virtualisierung von Geschäfts- und Arbeitsvorgängen“ (Kurz 2013).

Ebenso weisen Huchler und Rhein darauf hin, dass im „digitalen Wandel zumindest die Gefahr einer ‚Formalisierung 4.0‘ bzw. einer ‚indirekten Steuerung 4.0‘ angelegt [ist], die sich auch im aktuellen Diskurs über die adäquate Ausgestaltung der Industrie 4.0 widerspiegelt“ (Huchler/Rhein 2017, S. 294).

> „Die Kernidee dezentraler sozio-technischer Systeme wird mittelbar verknüpft mit einer integrierten bzw. ‚zentralisierten‘ Steuerung und ‚Durchsteuerbarkeit‘ von komplexen Wertschöpfungssystemen […]. ‚Selbstorganisation‘ bezieht sich dann auf das technische System und nicht auf die Gestaltung des Arbeitsprozesses durch die Menschen vor Ort.“ (Huchler/Rhein 2017, S. 294).

Aus dieser Perspektive beinhalten technikzentrierte Visionen, in denen Industrie 4.0 im Sinne vernetzter, selbstorganisierter, dezentral gesteuerter, intelligenter Produktionssysteme charakterisiert wird, eine Abwertung menschlicher Arbeit und Autonomieverluste für die Beschäftigten (vgl. auch Raffetseder et al. 2017).

Allen Visionen großartiger Veränderungen industrieller Arbeit – ob positiv oder vereinzelt negativ – widerspricht eine umfassende Studie der TU Dortmund, die zeigt, dass der Wandel der Arbeit im Zuge Digitalisierung weitestgehend **strukturkonservativ** verläuft, d. h. „im Rahmen der existierenden Organisations- und Arbeitsstrukturen, ohne diese grundlegend zu verändern oder aufzubrechen“ (Hirsch-Kreinsen 2018a, S. 6). In 33 Betrieben aus der Metallindustrie, der Möbelherstellung, der Prozessindustrie und der Logistik wurde die Einführung verschiedener digitaler Technologien untersucht (vgl. ebd., S. 7). Lediglich in wenigen digitalen Vorreiterunternehmen komme es zu umfassenderem Wandel der Arbeit, also zur Automatisierung einiger Tätigkeiten, zur Erweiterung des Tätigkeitsspektrums der Beschäftigten und veränderten Qualifikationsanforderungen (vgl. ebd., S. 14). In den meisten Fällen seien neue digitale Anwendungen in einen inkrementellen Digitalisierungsprozess einzuordnen, der keine umfassende Veränderung, sondern eine Optimierung existierender Arbeitsprozesse zum Ziel habe (vgl. ebd., S. 13). Entsprechend wandeln sich auch die Arbeitsinhalte nicht maßgeblich und es seien keine „Strukturbrüche in Hinblick auf Tätigkeitsumfang, Qualifikationsanforderungen oder auch Personalbesetzung erkennbar“ (ebd.).

Hirsch-Kreinsen führt den strukturkonservativen Charakter des Wandels darauf zurück, dass das Personal in der Lage sein müsse, eine Abstimmung „zwischen den digital formalisierten virtuellen Prozessabbildern und daraus resultierenden Arbeitsvorgaben einerseits und den häufig nicht endgültig kalkulier- und beherrschbaren realen physischen und sozialen Prozessabläufen andererseits“ (Hirsch-Kreinsen 2018a, S. 16) vorzunehmen. Um unnötige Risiken zu vermeiden, liege

es für Unternehmen nahe, auf die „eingespielten Formen des Personaleinsatzes, der Qualifikationsstruktur und der Arbeitsorganisation“ (ebd.) zu setzen. Das Erfahrungswissen und die Fähigkeiten der Beschäftigten könnten bisher nicht vollständig durch die Digitalisierung erfasst werden, sodass die Leistungen der Mitarbeiter_innen auch in einer mit digitalen Technologien ausgestatteten Fabrik unverzichtbar blieben (vgl. ebd., S. 17). Das gelte einerseits für kognitiv-intellektuelle Tätigkeiten, „die ein hohes Maß an Kreativität, Problemlösungsfähigkeit und Intuition aufweisen“ (ebd.). Andererseits gelte das aber auch für einfache manuelle Arbeit, „wo situative Anpassungsfähigkeit und flexibles Handeln, soziale Interaktion, körperliche Geschicklichkeit und Fingerspitzengefühl gefordert“ (ebd., S. 18) seien. So wird in der Studie zwar deutlich, dass digitale Technologien durchaus das Potenzial haben, die Arbeitsabläufe weiter zu standardisieren, zu vereinfachen und damit qualifikatorisch zu entwerten, die Beschäftigten zu kontrollieren und ihre Autonomie durch starre Vorgaben einzuschränken (vgl. ebd., S. 13, 14). Jedoch wurden die Technologien in den Fallbetrieben bisher nicht derart eingesetzt, da solche Beschränkungen dazu führen würden, dass die Mitarbeiter_innen nicht mehr flexibel auf Störungen und ungeplante Zwischenfälle reagieren können (vgl. ebd., S. 16).

Hirsch-Kreinsen betrachtet den Einsatz digitaler Steuerungs- und Informationssysteme als Reaktion auf die zunehmende Prozesskomplexität, welche „durch die Entwicklung neuer und aufwendiger Produkte und vor allem auch eine steigende Flexibilität der Märkte und der entsprechenden Absatzstrategien der Unternehmen hervorgerufen“ (ebd., S. 22) werde. Aus seiner Perspektive neutralisieren digitale Technologien die Komplexität und machen sie beherrschbar, sodass bewährte Personalstrategien beibehalten werden können, also um „weiterhin einfache Tätigkeiten mit gering qualifiziertem Personal“ besetzen zu können und „aufwendige Qualifizierungsprozesse zu vermeiden“ (ebd.).

Gegensätzlicher Ansicht ist einer der befragten Expert_innen in einer Studie von Korge et al.:

> „Das Perfide ist, dass wir versuchen, Komplexität durch komplexe technische Systeme zu bekämpfen. Wir bauen Systeme auf, die immer komplexer werden, um in der Produktion Komplexität herauszunehmen. Dadurch entsteht eine eigene Welt, die so komplex ist, dass man sie kaum beherrschen kann“ (Korge et al. 2016, S. 45).

Folgerichtig vertreten die Autoren die Position, dass in digitalisierten Unternehmen, die von großer Komplexität geprägt sind, qualifizierte Beschäftigte mit hohen Autonomiegraden und Eigenverantwortung ausgestattet werden müssten, um „ungeplante Zustände vor Ort schnell und situativ […] bewältigen“ (Korge et al. 2016, S. 45) zu können. In einer an diese Studie angeschlossenen Veröffentlichung fassen Pfeiffer et al. die Perspektive zusammen:

> „Mit komplexen technischen Systemen wird versucht, Komplexität zu beherrschen und/oder zu verringern. Damit aber erhöht sich die Gesamtkomplexität, deren Beherrschbarkeit immer fragiler wird. Die Digitalisierungsszenarien im Zuge von Industrie 4.0 werden dieses Dilemma nicht automatisch auflösen. Nötig ist, sich auch in den Prozessen der Organisationsentwicklung und der Arbeitsgestaltung vom Paradigma der Planbarkeit zu lösen und Organisation sowie Beschäftigte zur Komplexitätsbewältigung zu befähigen“ (Pfeiffer et al. 2016b, S. 44).

Unter dem Strich zeichnen die in diesem Abschnitt betrachteten, allgemeinen Hypothesen zur Entwicklung der Industriearbeit ein widersprüchliches Bild: Während Konzeptpapiere und Expertenbefragungen überwiegend zu recht optimistischen Einschätzungen hinsichtlich der Entwicklung betrieblicher Sozialstrukturen in der Industrie kommen (*Upgrading*), legen insbesondere Studien aus dem Bereich der Industriesoziologie ein komplexeres Bild dar, demzufolge vor allem branchen- und unternehmensbezogen mit spezifischen Pfadabhängigkeiten zu rechnen ist, die nicht durch einen übergeordneten technologischen Imperativ aus der Welt geschafft werden. In den folgenden Absätzen versuchen wir, die Masse an Veröffentlichungen zur Entwicklung industrieller Arbeit nach den qualifikatorisch verschiedenen Arbeitstypen zu ordnen, um das komplexe Feld, wie es sich in der Literatur darstellt, Stück für Stück aufzuarbeiten.

5.2.2 Industrielle Einfacharbeit

Abel et al. definieren industrielle Einfacharbeit als „Tätigkeit, die im Gegensatz zur qualifizierten Facharbeit keine einschlägige Berufsausbildung verlangt und nach kurzen Qualifizierungs- und Einarbeitungsprozessen ausgeführt werden kann“ (Abel et al. 2014, S. 15).

> „Die Einfacharbeiten sind in der Regel arbeitsplatz- bzw. arbeitsbereichsbezogen; übergeordnetes Wissen und Hintergrundwissen spielen keine oder eine untergeordnete Rolle. Typische einfache Tätigkeiten in der Industrie sind beispielsweise die manuelle Bedienung spezialisierter Werkzeugmaschinen, Tätigkeiten der kurzzyklischen Maschinenbeschickung, repetitive Verpackungstätigkeiten oder monotone Überwachungstätigkeiten sowie Lager- und Kommissioniertätigkeiten im Logistikbereich“ (Hirsch-Kreinsen 2017, S. 9).

Klassischerweise wird einfachen Tätigkeiten daher, wie bereits in Kapitel 4 erläutert, ein vergleichsweise hohes Automatisierungsrisiko zugerechnet.

Substitution und ihre Grenzen

Auch viele der nun betrachteten Prognosen, die auf den Einschätzungen von Expert_innen oder der Betrachtung existierender Automatisierungstechnologien basieren, sagen eine mehr oder minder umfassende Substitution einfacher Tätigkeiten voraus (vgl. Abel 2018, S. 53; Schlund et al. 2014; Dworschak/Zaiser 2016, S. 116; Kinkel et al. 2007, S. 238, 239; Forschungsunion/acatech 2013; Malanowski/Brandt 2014, S. 40; Wischmann/Hartmann 2018, S. 243; Aichholzer 2016, S. 32).

> „Das in der breiten Öffentlichkeit bekannte Argument dahinter lautet, dass mit abnehmenden Kosten und zunehmender Leistungsfähigkeit digitaler Technologien Aufgaben, die bis jetzt durch menschliche Arbeit gelöst werden, in Zukunft vollautomatisch bewältigt werden. In dieser Perspektive ist es insbesondere Arbeit ohne einschlägige Berufsausbildung, die von Vollautomation betroffen ist“ (Ortmann/Walker 2018, S. 79).

Kinkel et al. stellten bereits 2007 die Vermutung an, dass digitale Technologien in der Industrie hauptsächlich einfache Tätigkeiten mit geringen Qualifikationsanforderungen substituieren werden (vgl. Kinkel et al. 2007, S. 238; 239). Ebenso werden Henning Kagermann von acatech zufolge durch die Digitalisierung ‚vor allem unqualifizierte‘ Arbeitsplätze wegfallen (vgl. Kagermann, zit. n. Roland Berger/BDI 2015, S. 41). Thomas Bauernhansl vom Fraunhofer IAO ist sogar

der Überzeugung, dass es innerhalb der nächsten 20 bis 30 Jahre „keine Jobs mehr für niedrig qualifizierte Arbeiter in der industriellen Produktion geben" (Bauernhansl, zit. n. Spath et al. 2013, S. 125) wird. Auch in einigen Fallstudien und Betriebsbefragungen wird auf den voraussichtlich umfassenden Rückgang der Einfacharbeit hingewiesen (vgl. Göcking et al. 2017, S.14-15, 17, 18, 21; Matthäi 2016, S. 29; Spöttl et al. 2016, S. 42; Dregger et al. 2017; Tödter et al. 2015).

> „Weitgehend einig sind sich hier fast alle Autoren, dass die Arbeitsplatzverluste vor allem im Segment geringqualifizierter und standardisierter Tätigkeiten in Produktion und Logistik anfallen werden. Die Voraussetzung hierfür ist, dass es sich dabei um Tätigkeiten handelt, die einen gut strukturierten und regel-orientierten Charakter aufweisen, daher in Algorithmen überführt und automatisiert werden können" (Ittermann et al. 2016, S. 16-17).

Kritik an der Prognose umfassender Automatisierung einfacher Tätigkeiten kommt einerseits aus der Forschungsrichtung **subjektivierenden Arbeitshandelns.** Viele Tätigkeiten, die keine oder kaum qualifikatorische Anforderungen aufweisen, verlangen situativ flexibles und intuitives Handeln auf Basis von Erfahrungswissen (vgl. Pfeiffer 2007, 2016b; Pfeiffer/Suphan 2015a): „Im Umgang mit Technik, Bearbeitungsprozess, Produkt und Störungen bleibt Erfahrung eine relevante Größe – auch bei anscheinend ‚einfacher' Arbeit" (Pfeiffer 2007, S. 111). Es gibt sowohl Einfacharbeitsplätze mit marginalem als auch solche mit überdurchschnittlich hohem Anteil subjektivierenden Arbeitshandelns (vgl. Pfeiffer/Suphan 2015a, S. 39, 40). Diese geringqualifizierten „Erwerbstätigen verrichten damit nicht, wie oft unterstellt, ausschließlich repetitive und monotone Arbeit" (Pfeiffer et al. 2016b, S. 31). Auch, wenn es zur Automatisierung von Routineanteilen kommt, können die Nichtroutinetätigkeiten kaum in Daten und Algorithmen abgebildet und substituiert werden (vgl. Huchler 2016; Böhle 2017b; Ittermann 2016, S. 18-19). Aus dieser Perspektive ist es technologisch nicht möglich und wirtschaftlich nicht sinnvoll, Einfacharbeitsplätze in der Industrie vollständig abzubauen bzw. auf ihren vollständigen Abbau hinzuarbeiten. Es wird zudem darauf hingewiesen, dass in bereits hochgradig digitalisierten und komplexen Arbeitsumgebungen sogar vermehrt „Anforderungen und Situationen auf[treten], die menschliche Arbeit erfordert. [sic] Sie resultieren aus Unwägbarkeiten innerhalb beschreibbarer und regelhafter Prozesse, auf die sich die Digitalisierung bezieht sowie auch der digitalisierten technischen Systeme selbst" (Böhle 2017b). Nach der Automatisierung von Routineanteilen könnte es für geringqualifizierte Beschäftigte also zu einer Verschiebung der Tätigkeitsinhalte hin zu nicht automatisierbaren oder neu entstehenden Aufgaben kommen (vgl. Pfeiffer/Suphan 2015a).

So stellen Dregger et al. (2017), die sich auf diverse Forschungsprojekte zur Logistikbranche[28] beziehen, zwar fest, dass die Arbeit Geringqualifizierter am wahrscheinlichsten von Substitution

[28] Die Logistikbranche und darunter die Intralogistik in der Industrie gelten klassisch als Domäne unqualifizierter Arbeit, die der Gefahr digitaler Automatisierung besonders ausgesetzt ist (vgl. Ittermann/Eisenmann 2018; Dregger et al. 2017). Dagegen stellen Pfeiffer und Lee heraus, dass in der Intralogistik deutlich mehr Fachkräfte als geringqualifizierte Beschäftigte tätig sind (vgl. Pfeiffer/Lee 2018, S. 108). Zudem seien

betroffen sein wird (vgl. Dregger et al. 2017, S. 26-27), erklären jedoch gleichzeitig, dass es in der Logistik auch zahlreiche einfache Tätigkeiten gibt, die nicht automatisiert werden können. So würde im Bereich der Lieferantendienstleistungen die Prozessoptimierung weitestgehend von Algorithmen übernommen, jedoch erfordere das Ausliefern und Fahren ein hohes Maß an Flexibilität und sei „(derzeit) nicht sinnvoll automatisierbar" (ebd., S. 28). Auch in der Kommissionierung, wo die „Automatisierung von Prozessen teilweise bereits weit fortgeschritten" (ebd., S. 30) ist, seien die menschlichen Picker_innen den automatisierten Lösungen dank ihrer Flexibilität und der Komplexität einzelner Arbeitsschritte noch überlegen (vgl. ebd.). Die Autoren weisen allerdings darauf hin, dass der technische Fortschritt in diesem Feld ‚rasant' ist (vgl. ebd.).

Auch Heiner Reimann und Jürgen Klippert von IG Metall sind der Auffassung, dass es in der Logistik weiterhin einer großen Zahl an- und ungelernter Arbeitskräfte bedarf (vgl. Reimann/Klippert 2018, S. 123). Da sie andererseits eine Zunahme von operativen und verwaltenden Tätigkeiten für höher qualifizierte Fachkräfte und Akademiker_innen feststellen, sprechen die Gewerkschafter von einer „‚Spreizung' der Anforderung" (ebd.), was auf eine Polarisierung der Logistikbranche unter Beibehaltung der Einfacharbeit hinweist.

In der oben beschriebenen Studie der TU Dortmund wird ein Fallbetrieb aus der Möbelherstellung dargelegt, in dem mehrfach erfolglos versucht wurde, die manuelle Einfacharbeit von Näher_innen durch Robotik zu ersetzen (vgl. Hirsch-Kreinsen 2018a, S. 18). Die Maschinen waren nicht in der Lage, die notwendigen menschlichen Fähigkeiten nachzuahmen und Produkte der gleichen Qualität zu fertigen. „Ganz offensichtlich handelt es sich dabei um Arbeitsprozesse, deren Anforderungen an Optimierung, Qualität und Flexibilität bis heute nur manuell erbracht werden können" (ebd.).

In einer Studie zur Digitalisierung der Nahrungsmittelindustrie, wo Einfacharbeit in der Vergangenheit bereits zu großen Teilen substituiert worden ist und diese Tendenz durchaus fortschreitet (vgl. Göcking et al. 2017, S.14-15, 17, 18, 21), wird ebenfalls auf die Grenzen weiterer Automatisierung hingewiesen. Menschliche Einfacharbeit bleibt überall dort bestehen, wo die Maschinen nicht in der Lage sind, qualitativ gleichwertige Ergebnisse zu liefern (vgl. ebd., S. 17, 18).

Eine Studie in der Metall- und Elektroindustrie stellt heraus, „dass fehlende formale, fachspezifische Ausbildung oft nicht bedeutet, unqualifiziert zu sein" (Korge et al. 2016, S. 42). In den 14 untersuchten innovativen Metall- und Elektrounternehmen gebe es gar keine monotonen Einfacharbeitsplätze (vgl. ebd., S. 42, 44). Stattdessen übernehmen „auch Angelernte verantwortungsvolle Aufgaben in der Produktion und bauen im Lauf der Zeit beträchtliche Erfahrungen auf" (ebd., S. 42). Die angelernten Arbeitnehmer_innen seien in der Lage, mit tiefgreifenden Veränderungen umzugehen, sofern „die Vorgehensweise und die Rahmenbedingungen stimmen und die Arbeitsplätze insgesamt lernförderlich und ganzheitlich gestaltet sind" (ebd., S. 43).

Mitarbeiter_innen der Intralogistik überdurchschnittlich oft mit Unwägbarkeiten und Komplexität konfrontiert. Ihre Arbeit sei also nicht als Routine zu fassen und folglich kaum vollständig automatisierbar (vgl. ebd., S. 109; vgl. auch Pfeiffer 2016a).

Diese Studienergebnisse stehen in direktem Widerspruch zu der Annahme, Arbeitsplätze für Geringqualifizierte würden gänzlich verschwinden.

Basierend auf einer Befragung wissenschaftlicher Expert_innen und industrieller Unternehmensvertreter_innen im Saarland weist Matthäi darauf hin, dass die Automatisierung einfacher Tätigkeiten nicht mit dem Abbau von Stellen für Geringqualifizierte einhergehen muss (vgl. Matthäi 2016):

> „Durch Qualifizierungsmaßnahmen oder durch Umsetzung auf Arbeitsplätze, die durch das Wachstum des Standorts neu aufgebaut wurden, ist es [bei Automatisierungsprozessen in der Vergangenheit] oftmals gelungen, die betroffenen Mitarbeiter weiter zu beschäftigen. Ein Wegfall von Tätigkeiten muss demzufolge nicht zwangsläufig zu Personalabbau führen, sofern der Betrieb bereit ist, in die Weiterbildung seiner Mitarbeiter oder in neue Arbeitsplätze zu investieren“ (Matthäi 2016, S. 28; vgl. auch Spöttl et al. 2016, S. 43).

Weiterhin wird die weitverbreitete These der Substitution geringqualifizierter Tätigkeiten mit Blick auf die **Heterogenität in der Industrie** eingeschränkt. Hirsch-Kreinsen zufolge ist der Anteil industrieller Einfacharbeit in Deutschland bisher überraschend stabil (vgl. Hirsch-Kreinsen 2017, S. 11). Es sei im Zuge der Digitalisierung zwar von einer Reduktion auszugehen, jedoch werde es auch in Zukunft Stellen für ungelernte Arbeitskräfte geben (vgl. ebd., S. 26). Hirsch-Kreinsen nimmt Bezug auf eine umfassende Studie zur *Einfacharbeit in der Industrie* (Abel et al. 2014), in der die Autoren empirisch nachweisen konnten, dass einfache Tätigkeiten in der deutschen Industrie nach wie vor verbreitet sind und es aller Voraussicht nach auch bleiben werden. Während die Kernbranchen der deutschen Industrie – Automobilindustrie, Maschinenbau und Chemie – von qualifizierter Facharbeit geprägt seien (vgl. ebd., S. 12), habe sich in Branchen wie der Ernährungsindustrie, der Metallbearbeitung oder der Gummi- und Kunststoffindustrie ein Produktionsmodell flexibler Standardfertigung durchgesetzt, das maßgeblich auf geringqualifizierten Routinetätigkeiten basiert (vgl. ebd., S. 33-36, 188). Da in diesen Branchen kaum Ressourcen für größere Technologieinvestitionen vorhanden seien und menschliche Arbeitskraft in der flexiblen Massenproduktion mittelfristig günstiger ist als eine entsprechende Automatisierungstechnologie, ist keine umfassende Substitution von Einfacharbeit zu erwarten (vgl. ebd., S. 191). In diesem Sinne merken auch Apt et al. an, dass es sich bei der Substitution von Arbeit stets um eine Kostenabwägung handele: „Niedrig qualifizierte Tätigkeiten lassen sich oft preisgünstiger mit menschlicher Arbeitskraft als durch Automatisierung realisieren“ (Apt et al. 2016a, S. 40).

Basierend auf der Studie von Abel et al. und einer Analyse der Literatur zur Digitalisierung industrieller Arbeit stellt Hirsch-Kreinsen dem Pfad der Automatisierung von Einfacharbeit drei weitere hypothetische Entwicklungspfade für diesen Arbeitstypus gegenüber (vgl. Tabelle 4). Er geht davon aus, dass sich die Zukunft geringqualifizierter Arbeit in verschiedenen Branchen, Betrieben und sogar innerhalb einzelner Betriebe unterschiedlich gestalten wird (vgl. Hirsch-Kreinsen 2017, S. 26).

Tabelle 4: Entwicklungspfade industrieller Einfacharbeit

Dimension	Entwicklungspfad I Automatisierung	Entwicklungspfad II Upgrading	Entwicklungspfad III Digitalisierung	Entwicklungspfad IV Stabilisierung
Betriebliche Strukturbedingungen	technologieintensiv, ressourcenstark, hoher Konkurrenzdruck, Individualisierung der Produkte	v. a. KMU, zunehmend technologieintensiv, gezielter Einsatz externer Technologiepartner, wachsender Konkurrenzdruck, Aufwertung der Produkte	hoher Anteil Einfacharbeit, Kosten- und Innovationsdruck	v. a. KMU, wenig technologieintensiv, begrenzte Ressourcen und Kompetenzen, stabile Marktbedingungen
Nutzungsformen digitaler Technologien	Automatisierung	Werkzeug	Optimierung (Effizienz)	Strukturkonservative Optimierung, selektive Nutzung
Arbeit	Weitreichende Substitution von Einfacharbeit	Substitution und Erweiterung / qualifikatorische Aufwertung von Tätigkeiten, neue Gestaltungsspielräume	Substitution, neue sowie nicht automatisierbare Formen von Einfacharbeit, Abwertung komplexer Fachtätigkeiten, erhöhte Kontrolle	Strukturkonservativismus, Erhalt klassisch taylorisierter Einfacharbeit

Quelle: Eigene Darstellung nach Hirsch-Kreinsen 2017, S. 27

Es ist zwar wahrscheinlich, dass der Anteil geringqualifizierter industrieller Arbeit im Zuge der Digitalisierung insgesamt zurückgeht. Die Erkenntnis, dass menschliches Wissen und Fähigkeiten auch in Zukunft kaum vollständig technologisch nachgeahmt werden kann, scheint die These der umfassenden Substitution von Einfacharbeit jedoch bereits zu widerlegen. Spätestens aber die Analysen von Abel et al. (2014) und Hirsch-Kreinsen (2018a) zur Heterogenität der technologischen Entwicklung in der deutschen Industrielandschaft zeigen, dass bei weitem nicht alle Unternehmen auf die Automatisierung einfacher Tätigkeiten zusteuern.

In diesem Sinne wird auch in den Fallbetrieben einer Studie in der Metall- und Elektroindustrie zwar beinahe ausnahmslos auf den Rückgang der Einfacharbeit und den Abbau von Stellen für Geringqualifizierte in den Bereichen Produktion und Montage spekuliert (vgl. Spöttl et al. 2016, S. 42). Allerdings weisen die Autoren darauf hin, dass eine solche Entwicklung nur bei Unternehmen zu erwarten ist, die in umfassendem Maße Industrie-4.0-Anwendungen einführen, was durchaus nicht auf alle Betriebe in der Studie zutreffe (vgl. ebd., S. 44).

Dregger et al. erklären, dass Einfacharbeit in der Intralogistik zunehmend durch autonome Transportsysteme ersetzt werden kann (vgl. Dregger et al. 2017, S. 29). Weil die Investitionskosten jedoch insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen zu hoch seien, halten es die Autoren für fraglich, ob KMU die Automatisierung des innerbetrieblichen Transports anstreben.

Dregger et al. schließen, dass „eine vollständige, flächendeckende Substitution menschlicher Fahrzeugführer_innen als nicht realistisch einzuschätzen“ (ebd.) ist.

Ob in einem einzelnen Betrieb Einfacharbeit größtenteils automatisiert wird (vgl. z. B. Göcking et al. 2017), unverändert erhalten bleibt (vgl. z. B. Hirsch-Kreinsen et al. 2018a; Abel et al. 2014) oder sich entsprechend der Polarisierungsthese durch Standardisierung und Abwertung von Facharbeit sogar vermehrt (vgl. z. B. Ehrlich et al. 2017; Butollo et al. 2017), hängt von den strukturellen Bedingungen der Branche, den Anforderungen des Marktes, der Strategie, den Ressourcen und dem spezifischen Personaleinsatz des Unternehmens und Aushandlungsprozessen im Betrieb ab. Ortmann und Walker weisen zudem darauf hin, dass die Dichotomie ‚automatisierbar/nicht automatisierbar‘ hinsichtlich der Zukunft der Einfacharbeit die realen Umstände simplifiziert (vgl. Ortmann/Walker 2018). Vielmehr müsste häufig von einer ‚Teilautomatisierung‘ ausgegangen werden, die nicht unbedingt mit Stellenabbau einhergeht. Auch die durchaus komplexe politische Ökonomie der Automatisierung (vgl. Moody 2018) spielt in den betrachteten Studien keine große Rolle.[29]

Aufwertung

Der Einsatz digitaler Technologien hat darüber hinaus das Potenzial, einfache Tätigkeiten qualifikatorisch aufzuwerten. So könnten etwa Assistenzsysteme dazu genutzt werden, an- und ungelernten Mitarbeiter_innen zusätzliche Informationen oder Lehrinhalte zu vermitteln, sodass sie komplexeren Aufgaben gewachsen sind (vgl. Ittermann/Eisenmann 2018, S. 65; Niehaus 2017). So verbreitet etwa das Fraunhofer IAO in Bezug auf die von Einfacharbeit geprägte Logistikbranche das positive Zukunftsbild der „Social Networked Industry“ (Tüllmann et al. 2017). Assistenzsysteme sollen die Menschen entlasten und „sorgen dafür, dass sie qualifizierte Arbeiten übernehmen bzw. dass Tätigkeitseinschränkungen berücksichtigt werden können“ (ebd., S. 4).

> „Tatsächlich bleibt der Mensch weiterhin zentrales Element in der Intralogistik. Doch er kann – ganz im Sinne der Social Networked Industry – sowohl durch cyperphysische Systeme als auch durch digitale Assistenten bei seiner Arbeit unterstützt werden. Durch das geschickte Verknüpfen von Erfahrungswissen des Mitarbeiters und Optimierung mit Hilfe technischer Systeme erzielen Unternehmen ein stark verbessertes und ökologisches Ergebnis“ (Tüllmann et al. 2017, S. 14).

Es finden sich einige Fallstudien, in denen sich die Betriebe nicht nur um den Erhalt, sondern im Sinne Hirsch-Kreinsens zweiten Entwicklungspfads um eine Aufwertung einfacher Tätigkeiten durch digitale Technologien bemühen.

[29] So wird bspw. der im Grunde triviale Umstand, dass auch Investitionsbereitschaft von Unternehmen vorhanden sein muss, damit neue Technologien in der Arbeitswelt diffundieren, meist ausgeklammert (vgl. Moody 2018). Man lernt dann nur etwas über Möglichkeiten, aber nichts über Wahrscheintlichkeiten.

Apt et al. haben voraussichtliche Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeit bei einem Hersteller von Fertigungs- und Automatisierungstechnik untersucht (vgl. Apt et al. 2016a). In diesem Betrieb wird erwartet, dass die Qualifikationsanforderungen aufgrund der wachsenden Komplexität für Mitarbeiter_innen aller Qualifikationsniveaus steigen (vgl. ebd., S. 78). Dabei soll

> „die Frage weniger sein, welche Qualifikation für eine bestimmte Tätigkeit erforderlich ist, sondern vielmehr, welche Anforderungen eine Tätigkeit stellt und wie diese Anforderungen von Menschen mit bestimmten Kompetenzen und jeweils spezifisch ausgeprägten, individualisierten Assistenzsystemen bewältigt werden können“ (Apt et al. 2016a, S. 78).

Hier werden digitale Assistenzsysteme demnach mit dem Ziel eingesetzt, sich zukünftig wandelnde Aufgaben mit der vorhandenen Belegschaft zu bewerkstelligen und den Bestand an Stellen für geringqualifizierte Arbeitnehmer_innen zu sichern. Die neuen Technologien ermöglichen eine Weiterbildung im Arbeitsprozess, wobei die Grenze zwischen Arbeit und Lernen zunehmend verschwimmen würde (vgl. ebd.).

Eine Fallstudie zum Einsatz eines Assistenzsystems in der **Montage** kommt ebenfalls zu dem Schluss, dass die Einfacharbeit im Betrieb durch die Technologie aufgewertet wurde (vgl. Bächler et al. 2018; GMA 2016, S. 19-20). Die geringqualifizierten Mitarbeiter_innen konnten dank der Unterstützung komplexere Aufgaben übernehmen und hatten mehr Raum für Selbstbestimmung (vgl. Bächler et al. 2018, S. 44). Die andere Seite der Medaille ist freilich, dass die Vereinfachung durch die Technologie den Bedarf nach höher qualifizierten Mitarbeiter_innen zur Erledigung der entsprechenden Aufgaben senkt:

> „Durch die Unterstützung des Assistenzsystems ist selbst für komplexere Tätigkeiten mit einer hohen Anzahl an Arbeitsschritten nicht mehr länger eine hohe Qualifikation und Fachkompetenz erforderlich. Selbst von unerfahrenen oder leistungsgeminderten Mitarbeitern können bereits beim ersten Montagedurchlauf Aufträge mit hoher Variantenvielfalt ohne vorherige Einweisung fehlerfrei und mit niedriger kognitiver Beanspruchung durchgeführt werden“ (Bächler et al. 2018, S. 47).

Allerdings weist die Studie nach, dass für die Gruppenleiter_innen und Meister_innen in der Montage dafür der Bedarf nach IT-Kenntnissen und Interdisziplinarität gestiegen ist (vgl. ebd., S. 45).

Im Rahmen der Studie *Social manufacturing and logistics* haben Ittermann et al. auf Basis einiger Fallstudien ein Leitbild für die humanorientierte Gestaltung soziotechnischer Systeme in der Industrie 4.0 erarbeitet. Als Beispiel einer gelungenen Schnittstellengestaltung zwischen Mensch und Technik beschreiben die Autoren den Einsatz autonom agierender Robotik in der **Intralogistik** eines Unternehmens der Befestigungs- und Montagetechnik (vgl. Ittermann et al. 2016, S. 30). Die neue Technologie sei mit dem Ziel eingeführt worden, die Mitarbeiter_innen zu unterstützen, nicht sie zu ersetzen (vgl. ebd., S. 31): Die „Roboter entlasten die Beschäftigten von körperlich anstrengenden und nicht-wertschöpfenden Transporttätigkeiten, damit diese über größere zeitliche Kapazitäten für die Prüfung der eingehenden Ware verfügen“ (ebd.). Außerdem sei die Belegschaft in der Implementierungsphase mit einbezogen worden, um ihr Erfahrungswissen einfließen zu lassen (vgl. ebd., S. 30). Die Mensch-Maschine-Interaktion ist derart

eingerichtet worden, dass die Mitarbeiter_innen die Entscheidungsgewalt behalten, die Roboter anhalten und „auftretende Störungen mittels dialoggestützter Bedienungshilfen [selbst] korrigieren“ (ebd.) können, wofür sie *on-the-job* und medial angelernt wurden (vgl. ebd.). Ittermann et al. zufolge hat die Technologie mit der so gestalteten Schnittstelle zu einer Erweiterung des Tätigkeitsspektrum der Beschäftigten geführt und neue Anforderungen sowie Autonomiespielräume geschaffen (vgl. ebd., S. 31).

Ebenso schildert Falkenberg einen Fall, in dem ein Assistenzsystem in der **Intralogistik** eingesetzt wurde, um „die Handlungssouveränität der Beschäftigten bei der Planung und Ausführung ihrer Arbeit auszuweiten“ (Falkenberg 2018, S. 49). Die angelernten Logistiker_innen können über die Reihenfolge ihrer Aufträge und ihre Routen selbst entscheiden (vgl. ebd., S. 48). Auch hier werden die Beschäftigten kontrolliert, allerdings von den jeweils betroffenen Kolleg_innen und nicht vom System selbst (vgl. ebd.). Falkenberg deutet diesen Fall als „autonomen Kontrolltyp“, weil er „auf die Anreicherung des Arbeitsprozesses um situationsspezifische und relevante Informationen sowie auf eine selbstbestimmte Entlastung in Entscheidungssituationen abzielt“ (ebd., S. 49). Der Fall dient als Beispiel dafür, dass Assistenzsysteme, die die Autonomie der Beschäftigten erhalten oder sogar erweitern, durchaus auch im Bereich geringqualifizierter Arbeit eingesetzt werden und dort einen positiven Effekt auf die Fachlichkeit der Beschäftigen zeitigen können (vgl. ebd.).

In der Studie der TU Dortmund wird die Einführung eines digitalen Steuerungssystems in einem kleinen Logistikbetrieb beschrieben (vgl. Hirsch-Kreinsen 2018a, S. 14). Die Technologie biete zwar die Möglichkeit, Handlungsspielräume der Gabelstaplerfahrer_innen und des Verpackungspersonals rigide zu beschränken, werde aber nicht in dieser Weise eingesetzt, „damit sie die Reihenfolge der Aufträge variieren und ihren Arbeitsplatz wechseln können“ (ebd., S. 16). „Als Grund hierfür wird auf die bisherige Praxis verwiesen, die aus der Sicht der Mitarbeiter wie aber auch der betrieblichen Vorgesetzten sich bewährt habe und die man, um Störungen und ungeplante Flexibilitätsanforderungen bewältigen zu können, erhalten wolle“ (ebd.).

Abwertung

Viele Veröffentlichungen betonen dagegen die Gefahr zunehmend rigider Steuerung und Kontrolle der Einfacharbeit durch digitale Technologien (vgl. Kinkel et al. 2007; Ahrens/Spöttl 2015; Ehrlich et al. 2017; Wienzek/Virgillito 2018; Butollo et al. 2017; Schulze 2016). So prognostizieren etwa Ahrens und Spöttl, dass der Handlungsspielraum für geringqualifizierte Beschäftigte weiter abnehmen wird, weil vermehrt Arbeitsschritte kleinteilig vorgegeben werden (vgl. Ahrens/Spöttl 2015, S. 200). Bei ihrer Untersuchung der Logistikbranche stellten Windelband et al. fest, dass primär die Autonomie an- und ungelernter Mitarbeiter_innen durch digitale Kontrolle und Standardisierung beschnitten wurde (vgl. Windelband et al. 2010, S. 104).

In einer Studie zu digitalen Assistenzsystemen identifiziert Niehaus einfache Tätigkeiten, „in denen die Definition der zu leistenden Arbeit weitgehend konstant ist und keine beschäftigtenbezogenen Abweichungen vorgesehen sind“ (Niehaus 2017, S. 26), als prädestiniert für den Einsatz

digitaler Assistenzsysteme, „die auf einer umfänglichen Automatisierung sämtlicher Unterstützungsleistungen (v. a. Entscheidungsfindung) basieren und dabei auf restriktive Anweisungen hinauslaufen“ (ebd.). Solche Tätigkeiten fänden sich etwa in den Bereichen der Kommissionierung und Montage (vgl. ebd.). Die Folge restriktiver digitaler Arbeitssteuerung sei eine weitere Abwertung einfacher Arbeit, da

> „Handlungsspielräume und Dispositionschancen der Beschäftigten im Arbeitsprozess systematisch eingeschränkt werden […]. Eine solche Limitierung schränkt vor allem Anlässe und Gelegenheiten für den Ausbau subjektivierenden Erfahrungswissens ein, indem Abweichungen unmittelbar sanktioniert werden. Damit zeichnet sich in weiterer Instanz ein Abzug individuellen Produktionswissens ab, der Dequalifizierungstendenzen begründen kann“ (Niehaus 2017, S. 28).

Jonathan Falkenberg führt hierzu aus, dass restriktive Assistenzsysteme eher in der Einfacharbeit zum Einsatz kommen werden, während in der qualifizierten Facharbeit tendenziell Assistenzsysteme verwendet würden, die die Autonomie der Beschäftigten erhalten oder erweitern, indem sie zusätzliche Informationen bereitstellen (vgl. Falkenberg 2018, S. 51). Er beschreibt den Fall eines Pick-by-voice-Assistenzsystems in der **Kommissionierung** eines Lebensmittelgroßhändlers, das die Arbeitsschritte vorgibt, während die Beschäftigten nur bestätigen oder den Arbeitsprozess unterbrechen können (vgl. ebd., S. 47). Falkenberg bezeichnet den Fall als ‚restriktiver Kontrolltyp‘, weil die Technologie die Entscheidungsfindung übernimmt und weder Handlungsalternativen noch Zusatzinformationen bereitstellt (vgl. ebd., S. 49). Der Einsatz des Assistenzsystems habe zudem zu einer Verdichtung der Arbeit und zur Vereinzelung der Beschäftigten geführt (vgl. ebd., S. 47). „Das Assistenzsystem dient in dieser Ausprägung der Realisierung tayloristischer Arbeits- und Organisationsprinzipien, die auf eine engmaschige Prozesskontrolle und direkte Intervention bei Fehlern sowie eine fremdbestimmte Arbeitsgeschwindigkeit abzielen“ (ebd., S. 49).

Die Erkenntnisse von Mättig et al. aus einem Pilotprojekt zum Einsatz eines Assistenzsystems in der Logistik unterstützen die Argumentation von Niehaus/Falkenberg (vgl. Mättig et al. 2018). Während die Selbstbestimmung höher qualifizierter Berufe durch die Technologie unbeeinträchtigt geblieben ist oder erweitert wurde, sind die Entscheidungs- und Handlungsspielräume für geringqualifizierte Beschäftigte in den Bereichen **Kommissionierung** und **Verpackung** gesunken (vgl. S. 69, 70).

> „Durch die Verwendung von Wearables und durch die SmARPro-Plattform kann der Prozess der Kommissionierung für den Mitarbeiter stark vereinfacht werden. Über sein Wearable erhält er Informationen zum aktuellen Kommissionierauftrag und wird schrittweise durch den Prozess geführt“ (Mättig et al. 2018, S. 67).[30]

> „[D]ie Verwendung von passenden Verpackungseinheiten und die optimale Anordnung der Verpackungseinheiten auf Paletten stellen den Verpacker vor besondere Herausforderungen. […] Durch SmARPro sollen diese Herausforderungen minimiert werden. Über sein Wearable

[30] „*Wearables* sind mit Sensoren ausgestattete digitale Geräte, die am Körper getragen werden“ (Raffetseder et al. 2017, S. 240).

> erhält der Mitarbeiter Bestellinformationen, welche neben den zu verpackenden Artikeln auch Informationen zur Auswahl des Packmittels sowie über das zugehörige Packschema beinhalten. Schritt für Schritt wird der Mitarbeiter durch den Verpackungsprozess geleitet und über Augmented Reality die Einhaltung des Packschemas gewährleistet" (Mättig et al. 2018, S. 68).

Raffetseder et al. haben auf Basis von Interviews mit Manager_innen und Ingenieur_innen aus der Industrie den Einsatz sensorbasierter Feedbacksysteme untersucht, die etwa in Form von *Wearables* wie dem smarten Handschuh verwendet werden (vgl. Raffetseder et al. 2017). Diese geben den Arbeiter_innen bei Fehlern unmittelbares Feedback und beeinflussen ihre weiteren Handlungsmöglichkeiten (vgl. ebd., S. 240). Durch das Feedback und direkten Vergleich mit den produktivsten Kolleg_innen soll eine Leistungsoptimierung erreicht werden (vgl. ebd., S. 242). „Die volle Verausgabung der Arbeitskraft ist […] eine organisationale Leistung, die vor allem mittels Repression und Belohnung sowie über die Herstellung von Konkurrenzsituationen unter den Arbeitskräften erzeugt wird" (ebd.). Die Autor_innen interpretieren den zunehmenden Einsatz sensorbasierter Feedbacksysteme als Symptom der digitalen Kybernetisierung und damit als Intensivierung betrieblicher Herrschaft (vgl. ebd., S. 242-243). Unter dem Deckmantel vermeintlicher „Freiheitszugewinne" (ebd., S. 242) werde Selbstregulierung eingefordert und die Kontrolle über die Arbeit verstärkt (vgl. ebd., S. 243).

Unsere Betrachtung der Literatur zum Bereich der Einfacharbeit in der Industrie setzt den Eindruck der im voranstehenden Abschnitt dargestellten Befunde fort: Die referierten, häufig an Modellprojekten gewonnen Einsichten weisen in unterschiedliche Richtungen. Sie belegen dementsprechend den innerhalb des Diskurses um Industrie 4.0 so häufig zu vernehmenden Appell, digitale Technologien als *gestaltbare* Phänomene zu betrachten. So deuten die von uns ausgewerteten Studien zur industriellen Einfacharbeit wiederum auf die Abwesenheit eines technologischen Imperativs hin, der letztlich die Sozialstruktur determinieren würde.

5.2.3 Industrielle Facharbeit

Automatisierungsszenario vs. Werkzeugszenario

Auf Basis ihrer Erkenntnisse aus einer Studie zur Entwicklung der Qualifikationserfordernisse für Fachkräfte durch das Internet der Dinge (vgl. Windelband et al. 2010) haben Lars Windelband und Georg Spöttl 2010 zwei Szenarien für die Zukunft der mittleren Qualifikationsebene in der Industrie entwickelt. Während die von Hirsch-Kreinsen skizzierten Szenarien die Belegschaftsstruktur insgesamt betrachten und einen Schwerpunkt auf die künftige Arbeitsorganisation legen, beziehen sich Windelband und Spöttl unter dem Gesichtspunkt der Rollenverteilung zwischen Mensch und Technik primär auf die Facharbeit.

Im **Automatisierungsszenario** übernimmt die Technik zunehmend menschliche Aufgaben und trifft datenbasiert autonome Entscheidungen, ohne den Menschen mit Informationen zu versorgen. Entsprechend werden die bisherigen Einfluss- und Gestaltungsmöglichkeiten der Facharbeiter_innen abgebaut und ihr Erfahrungswissen entwertet (vgl. Windelband/Spöttl 2011, S. 12).

Zahlreiche Autor_innen denken eine Entwicklung der Art, wie sie das Automatisierungsszenario nahe legt, mit den „Ironies of Automation“ (Bainbridge 1983) zusammen (vgl. z. B. Ahrens/Spöttl 2015, S. 196; Hartmann 2015, S. 18; Hirsch-Kreinsen 2014, S. 423, 2016, S. 15; Ittermann/Niehaus 2015, S. 44; Apt et al. 2016a, S. 57). Durch die steigende Komplexität und die erhöhte Distanz vom Produktionsprozess können Störungen der Produktionssysteme nicht mehr von mittelqualifizierten, sondern nur noch von hochqualifizierten Fachkräften ausgeführt werden. Dem entspricht eine betriebliche Polarisierung zwischen einfachen nicht automatisierbaren Tätigkeiten mit niedrigen Qualifikationsanforderungen und komplexen Tätigkeiten der Instandhaltung, die eine hohe Qualifizierung voraussetzen (vgl. Windelband/Spöttl 2011, S. 12; Ahrens/Spöttl 2015, S. 191; Dworschak/Zaiser 2016, S. 116; Windelband 2014). Ob dann zwingend die Neuanstellung hochqualifizierter Mitarbeiter_innen Folge dieses Szenarios wäre oder ob Teile der Belegschaft mittleren Qualifikationsniveaus den hohen Anforderungen durch Weiterqualifizierungsmaßnahmen gerecht werden könnten, ist nicht definiert (vgl. Ahrens/Spöttl 2015, S. 192; außerdem Dworschak/Zaiser 2016, S. 116).

Dem Automatisierungsszenario stellen Windelband und Spöttl das **Werkzeugszenario**[31] gegenüber, in dem der Einsatz digitaler Technologien auf die Optimierung menschlicher Arbeit statt auf ihre Substitution abzielt. In diesem Szenario trifft der Mensch weiterhin die Entscheidungen und kontrolliert die Technik, die ausschließlich „Unterstützungsinstrument“ (Windelband et al. 2010, S. 87) ist. Die Fachkräfte erhalten die notwendigen Informationen und verfügen über adäquates Wissen, um die Prozesse verstehen, in Störfällen eingreifen und Entscheidungen treffen zu können (vgl. Windelband/Spöttl 2011, S. 12). Dieses Szenario ist ein Upgradingszenario, in dem menschliche Arbeit der mittleren Qualifikationsebene bedeutsam bleibt und mit vielfältigen, möglicherweise höheren Anforderungen verbunden ist (vgl. Windelband/Dworschak 2015, S. 77). Für eine solche Entwicklung müssen die industriellen Facharbeiter_innen entsprechend qualifiziert werden (vgl. Ahrens/Spöttl 2015, S. 191).

Von anderen Autor_innen wird anschließend an Windelband und Spöttl als drittes Szenario ein **Hybridszenario** genannt (vgl. Buhr 2015; Ahrens/Spöttl 2015, S. 191; Abel 2018, S. 47), in dem von der Entstehung neuer Kooperationsformen zwischen menschlicher und technischer Intelligenz ausgegangen wird, die zu veränderten, aber nicht zwingend verringerten Anforderungen an die Facharbeiter_innen führen (vgl. Ahrens/Spöttl 2015, S. 192).

Diese viel rezitierten Szenarien der Qualifikationsentwicklung der Produktionsarbeit stellen freilich nur denkbare Extremfälle dar, die aufzeigen sollen, dass es auf dem Weg in die Industrie 4.0 Gestaltungspotenziale auszuschöpfen gilt (vgl. Pfeiffer 2015, S. 13). Sie verdeutlichen, dass die „künftige Rollen- und Kontrollverteilung zwischen Mensch und Maschine […] eine[…] Schlüsselfrage in der Industrie 4.0“ (Ittermann/Niehaus 2015, S. 44) darstellt, deren Beantwortung sich auf Tätigkeiten und Qualifikationen auswirkt und entscheidend die Entwicklung der Beleg-

[31] Auch: „Spezialisierungsszenario“ (Windelband/Dworschak 2015, S. 77)

schaftsstrukturen beeinflusst. Die prinzipielle Gestaltungsoffenheit der technologischen Entwicklung und der Einfluss zahlreicher Faktoren auf die letztendliche Umsetzung wird von zahlreichen Autor_innen in den Vordergrund gerückt (vgl. z. B. Pfeiffer 2015; Ahrens/Spöttl 2015; Kärcher 2015; Krzywdzinski 2018). Die industrielle Facharbeit wird nicht entweder die eine oder die andere Richtung einschlagen. Stattdessen wird die Entwicklung geprägt durch kleinteilige betriebliche und gesellschaftliche Aushandlungsprozesse in verschiedenen Unternehmen ungleichzeitig, unterschiedlich und widersprüchlich vonstattengehen (vgl. Pfeiffer 2015, S. 13).

Empirie und Prognosen zur Facharbeit

Es gibt zahlreiche Veröffentlichungen, die sich mit der Zukunft der mittleren Qualifikationsebene im industriellen Sektor auseinandersetzen. Einige nehmen Bezug auf bestimmte Tätigkeitsfelder oder Branchen, andere beleuchten die Arbeit von Fachkräften allgemein. Trotz der fortschreitenden Tertiarisierung werden deutlich häufiger Arbeiterberufe als Angestelltenberufe betrachtet. Manche Veröffentlichungen basieren auf eigens durchgeführten Betriebsfallstudien, in denen die konkreten Auswirkungen bereits implementierter digitaler Technologien untersucht wurden. Andere Autor_innen versuchen, die Wirkung zukünftig möglicherweise eingesetzter Technologien zu antizipieren, und stützen sich dabei auf Expertenbefragungen oder die eigene Expertise. In der Literatur letzteren Typs wird häufig keine konkrete Prognose abgegeben, sondern es werden eine in den Augen der Verfasser_innen wahrscheinliche Entwicklung dargelegt oder zwei denkbare gegenläufige Entwicklungsrichtungen gegenübergestellt.

Dworschak und Zaiser weisen darauf hin, dass die Zukunft der mittleren Qualifikationsebene noch offen ist, da bisher unklar sei, „inwieweit Aufgaben, die ein hohes Erfahrungs- und Prozesswissen erfordern, wie es für Fachkräfte der mittleren Ebene typisch ist, durch die neuen Technologien leichter automatisiert werden können und tatsächlich automatisiert werden“ (Dworschak/Zaiser 2016, S. 116). Auch Ahrens und Spöttl betonen, dass die Auswirkung von Industrie 4.0 auf die Qualifikationsanforderungen bisher unmöglich absehbar ist, weil es zahlreiche verschiedene Möglichkeiten zur Gestaltung soziotechnischer Systeme gibt und schließlich jedes einzelne Unternehmen entscheidet, welche Technologien mit welchen spezifischen Folgen eingeführt werden (vgl. Ahrens/Spöttl 2015, S. 190, 193). Es ist also sowohl möglich, dass erfahrungsgeleitetes Handeln in Zukunft relevant bleibt und gestalterische, planerische und eingreifende Tätigkeiten weiterhin Aufgabe der Facharbeiter_innen sind, als auch, dass sie aufgrund der Systemkomplexität in den Aufgabenbereich hochqualifizierter Ingenieur_innen verschoben werden (vgl. ebd., S. 197, 201). „Die Intensität der Veränderung der Arbeitswelt und die Wirkungen auf die Facharbeiter bei der Implementierung von Industrie 4.0 hängen von der Implementierungsgeschwindigkeit und dem Implementierungsniveau ab“ (Spöttl et al. 2016, S. 72). Die Implementierung wird etwa durch die im Betrieb bestehende organisatorische Gestaltung, die Qualifikationen der Belegschaft, die bereits verwendeten Produktionstechnologien, die Gewinnerwartungen und die Interessen der beteiligten Entscheider_innen beeinflusst (vgl. Ahrens/Spöttl 2015, S. 195).

> „Was nicht automatisiert werden kann, das sind Experten-, Erfahrungs- und Prozesswissen, über das typischerweise überwiegend die Beschäftigten der mittleren Qualifikationsebene verfügen sowie anspruchsvolle Wartungsaufgaben, die ebenfalls überwiegend von diesen Beschäftigten erfüllt werden. Dagegen können ebenfalls auf der mittleren Qualifikationsebene liegende Kontroll-, Steuerungs- und auch dispositive Aufgaben durch das IdD [Internet der Dinge] übernommen werden. Allerdings nutzen die Unternehmen das Automatisierungspotenzial des IdD nicht voll aus, sondern gehen eher in Richtung einer weiteren Teilautomatisierung. Damit determiniert auch das IdD kein bestimmtes Arbeitsorganisationsmodell. Vielmehr wählen die Unternehmen schon aufgrund unterschiedlicher Markt- und Produktionsanforderungen verschiedene Arbeitsorganisations- und -gestaltungsoptionen“ (Dworschak/Zaiser 2013, S. 179).

Hier stellen wir zunächst die Literatur dar, die aufgrund der Digitalisierung für industrielle Fachkräfte tendenziell eine Aufwertung erwartet oder festgestellt hat. Dabei gehen wir auch auf die prognostizierten Qualifizierungsanforderungen ein. Anschließend behandeln wir einige Studien, in denen kein Abbau von Stellen der mittleren Qualifikationsebene und ein relativ gleichbleibendes Qualifikationsniveau festgestellt werden konnten. Schließlich gehen wir auf Literatur ein, die eine Abwertung industrieller Facharbeit prognostiziert oder im Rahmen empirischer Untersuchungen beobachtete Abwertungsprozesse beschreibt. Zumeist wird diese Abwertung mit einer gleichzeitigen Aufwertung eines Teils der Facharbeit oder mit der Verschiebung vorheriger Fachtätigkeiten in den Bereich akademisch qualifizierter Arbeit zusammen gedacht. Das Resultat der Abwertung ist dann eine Polarisierungsentwicklung in der Belegschaft.

Aufwertung

Ein Großteil der aktuelleren Literatur schlägt sich eher auf die Seite eines *Upgradings*. Mehrere Autor_innen reproduzieren die Zukunftsvisionen aus dem Umfeld der *Plattform Industrie 4.0* und prognostizieren eine aufgewertete und zunehmend von Wissensarbeit geprägte Facharbeit in der digitalisierten Fabrik (vgl. Dornbrowski et al. 2014, S. 146; Matt/Rauch 2014, S. 157; Gebhardt et al. 2015, S. 49-50; Spath et al. 2013, S. 48, 129; Patscha et al. 2017, S. 40).

Im Sammelband *Industrie 4.0. Wie intelligente Vernetzung und kognitive Systeme unsere Arbeit verändern* sagen Dornbrowski et al. tendenziell zunehmende Anforderungen an die mittlere Qualifikationsebene voraus, was durch eine Änderung der Arbeitsinhalte hin zu mehr Problemlösungs- und Überwachungsaufgaben und die voraussichtliche vergrößerte Flexibilität der Produktion in der Industrie 4.0 begründet sei (vgl. Dornbrowski et al. 2014, S. 146). Die industriellen Beschäftigten würden in Zukunft „ein fundiertes Wissen zu Problemlösungsmethoden“ (ebd.) benötigen. Auch Gebhardt et al. erwarten steigende Anforderungen an die Facharbeit: Die Autor_innen beschreiben die smarte Fabrik mit digitalen Technologien, die von den Mitarbeiter_innen ein tiefgreifendes Prozessverständnis ebenso wie Überblickswissen erfordern und vermehrt Kollaborationen zwischen verschiedenen Arbeitsbereichen notwendig machen (vgl. Gebhardt et al. 2015, S. 48-49). Ahrens und Spöttl zufolge führt die zunehmende Vernetzung der Produktionssysteme in der Industrie 4.0 zu einer generellen Erhöhung der ‚Komplexitäts-, Abstraktions- und Problemlösungsanforderungen‘ an Mitarbeiter_innen der mittleren Qualifikationsebene (vgl. Ahrens/Spöttl 2015, S. 200). Neben theoretischem Fachwissen könne zudem eine neue Art

des Erfahrungswissens – ein „Gespür für die Vernetzungsstrukturen“ (ebd., S. 197) – an Bedeutung gewinnen. Malanowski und Brandt befassen sich auf Grundlage von Experteninterviews über die Zukunft von Industrie 4.0 in der chemischen Industrie unter anderem mit den zu erwartenden Folgen für Arbeit und Qualifikationen. Die befragten Expert_innen spekulieren parallel zu den Prognosen für andere Industriezweige auch für die Chemiebranche auf eine Aufwertung der Produktionsarbeit mit Beschäftigten als „Dirigenten der Wertschöpfung“ (Malanowski/Brandt 2014, S. 39). Die Qualifikationsanforderungen und Tätigkeitsprofile würden sich verändern: In Zukunft seien „gute Englischkenntnisse und zusätzlich eine solide Basis im technischen Englisch sowie profunde Informatikkenntnisse, Systemwissen und -verständnis von großer Bedeutung“ (ebd., S. 40).

Viele Veröffentlichungen der letzten Jahre tendieren zu einer Entwicklung im Sinne des **Werkzeugszenarios** und antizipieren die Notwendigkeit weiterer Qualifizierung und Kompetenzentwicklung für industrielle Fachkräfte (vgl. Abel 2018, S. 62). So erwarten etwa die im Rahmen einer Studie des iso-Instituts befragten Vertreter_innen saarländischer Industrieunternehmen, dass „qualifizierte Facharbeiter aus den Fertigungs- und fertigungstechnischen Berufen auch in der digitalisierten Fabrik weiterhin das Rückgrat eines modernen Produktionsbetriebs bilden“ (Matthäi 2016, S. 29) werden. Auch in den Fallbetrieben der Metall- und Elektrotechnik, die in der Studie von Spöttl et al. befragt wurden, wird die Bedeutung der Facharbeit für die digitale Industrie durchweg als hoch eingeschätzt und von wachsenden Qualifikationsanforderungen ausgegangen (vgl. Spöttl et al. 2016, S. 40-44; 66, 77-78, 106). Dworschak und Zaiser halten es für wahrscheinlich, dass sich Unternehmen industrieller Kernbranchen mit prozessorientierter Arbeitsorganisation bei der Implementierung digitaler Technologien eher am Werkzeugszenario orientieren und die mittlere Qualifikationsebene weiterhin wichtig bleibt (vgl. Dworschak/Zaiser 2016, S. 117).

Häufig werden **Autonomiegewinne** und vermehrte Entscheidungskompetenzen für die mittlere Qualifikationsebene vorausgesagt (vgl. Eichhorst et al. 2013, S. 20; BMBF 2013, S. 7; Spath et al. 2013; BMWi 2015; Ehrenberg-Silies et al. 2017, S. 63, 69; Patscha et al. 2017, S. 39). „Das Aufgabenfeld der Fabrikbelegschaft wandelt sich von ‚Bedienern‘ hin zu ‚Steuernden‘ und ‚Regulierenden‘“ (Gentner/Oßwald 2016, S. 72), so Gentner und Oßwald. Einer der befragten Expert_innen in der Studie von Spöttl et al. geht davon aus, „dass die Produktionssteuerungen in letzter Konsequenz immer ‚dümmer‘ werden und deshalb wichtige Entscheidungen auf der Shop-Floor-Ebene getroffen werden müssen“ (Spöttl et al. 2016, S. 78).

> „Wenngleich das Paradigma der band- und taktgebundenen Fertigung auch in Zukunft bestimmend für die Produktion sein wird, weicht der strenge Taylorismus weiter auf. Gründe dafür sind die Flexibilisierung und Individualisierung der Produkte bzw. der Produktion. Durch die Erhöhung der Freiheitsgrade gewinnen Assistenzsysteme an Bedeutung, mit denen verschiedene Aufgaben zuverlässig ausgeführt und wechselnde Anforderungen der Produktion erfüllt werden können“ (Apt et al. 2016a, S. 39).

Auch Hirsch-Kreinsen (2014) und Kurz (2015) halten eine Dezentralisierung der Produktionssteuerung und eine Hierarchieverflachung zumindest für eine mögliche Entwicklung. Digitale Assistenzsysteme, deren Gestaltung auf eine Steigerung der Autonomie ausgerichtet ist, könnten nützliche Instrumente bei der organisationalen Dezentralisierung sein (vgl. Niehaus 2017, S. 30). Ihre Verwendung gehe „mit einem Zuwachs an (digital unterstützten) Wahrnehmungsfertigkeiten sowie von Bewertungs- und Entscheidungskompetenzen“ (ebd.) der Beschäftigten einher. Niehaus hält den Einsatz solcher Assistenzsysteme vor allem bei Fachkrafttätigkeiten für wahrscheinlich, „in denen die Beschäftigten bereits über ein ausgeprägtes System- und Prozessverständnis sowie fachliche Schlüsselqualifikationen verfügen“ (ebd., S. 29). Beispielhaft nennt er Instandhaltung und anspruchsvolle Montagearbeit (vgl. ebd.).

Hinter prognostizierten Autonomiegewinnen steht der Gedanke, dass mit wachsender Komplexität die Planbarkeit abnimmt, was eine rein technologisch gesteuerte Produktion unmöglich macht. Stattdessen sind erfahrungsgeleitete, situativ angemessene Entscheidungen und flexibles menschliches Arbeitshandeln notwendig: „Nur die Beschäftigten sind in der Lage, Innovationen zu gestalten und ungeplante Zustände vor Ort schnell und situativ zu bewältigen. Der Schlüssel liegt bei mehr Freiheitsgraden für die Beschäftigten und weniger Vorgaben und enge Kontrollen durch Organisation und Führung“ (Korge et al. 2016, S. 22). Eine so gerichtete Entwicklung ist freilich kein Selbstläufer, sondern muss als unternehmerische Strategie gezielt verfolgt werden. Einer Studie von Korge et al. zufolge ist eine auf Subjektivierung ausgerichtete Strategie, die den Beschäftigten mehr Selbstständigkeit und Verantwortung zugesteht, insbesondere für solche Unternehmen sinnvoll, die von großer Komplexität, Volatilität, Flexibilitätsanforderungen und hoher Innovationsgeschwindigkeit geprägt sind (vgl. ebd., S. 23, 25). Dagegen führe die Anwendung eines technikzentrierten, tayloristischen Ansatzes auf komplexe, kaum berechenbare Aufgabenfelder zu Problemen:

> „Wird versucht, Komplexität mit technischen Systemen zu beherrschen, wird das Unternehmen anfällig […]. Die Systeme werden aufwändig und starr und der betriebliche Alltag durch unerklärliche Fehler empfindlich gestört. Innovationsprozesse ziehen sich endlos dahin und Verbesserungsprozesse stagnieren“ (Korge et al. 2016, S. 23).

Daher müsse jedes Unternehmen bei der Einführung digitaler Technologien prüfen, in welchen Bereichen eine digitalisierte tayloristische Arbeitssteuerung sinnvoll sei und wo die Mitarbeiter_innen ob der wachsenden Komplexität im Zuge der Digitalisierung mit mehr Entscheidungs- und Handlungsfreiheiten ausgestattet werden müssten (vgl. ebd., S. 23, 25, 45).

In den meisten der 14 im Rahmen der Studie betrachteten Unternehmen der Metall- und Elektroindustrie werde „bewusst die Selbstständigkeit und Eigenverantwortung der Beschäftigten“ (ebd., S. 16) gefördert, da die Ausrichtung der Produktion flexibles, erfahrungsgeleitetes Arbeitshandeln notwendig mache (vgl. ebd.). Mit der Digitalisierung erwarten die Autoren eine weitere Steigerung der Komplexität, weswegen die Mitarbeiter_innen in betroffenen Bereichen vermehrt mit Freiräumen ausgestattet werden müssten, um in ungeplanten Situationen schnell an-

gemessen reagieren zu können (vgl. ebd., S. 20, 24). Das erfordere eine entsprechende Weiterentwicklung noch nach tayloristischen Prinzipien gestalteter Organisation und Führung (vgl. ebd.): „Organisation wird zunehmend dezentrale Einheiten, Eigenverantwortung und individuelle Arbeit realisieren […]. Führung wird weniger durch enge Vorgaben und Kontrollen erfolgen, sondern über Vermittlung von Sinn sowie die Festlegung der Rahmenbedingungen und Ziele“ (ebd., S. 24; vgl. Pfeiffer et al. 2016b, S. 44). Eine Entwicklung bis hin zur vollständigen Schwarmorganisation (vgl. Hirsch-Kreisen 2015, S. 17) halten Korge et al. in absehbarer Zeit allerdings nicht für realistisch (vgl. Korge et al. 2016, S. 25).

In seiner umfassenden Expertise zu künftigen **Qualifikations- und Kompetenzanforderungen** in der Industrie 4.0 hat Abel die antizipierten Qualifikationsbedarfe und Kompetenzanforderungen für industrielle Fachkräfte aus zahlreichen Veröffentlichungen zusammengetragen (vgl. Abel 2018). Um einen Überblick über die Prognosen zu geben, zitieren wir an dieser Stelle die Zusammenstellung des Autors:

(1) IT-Kenntnisse (vgl. ebd., S. 60, 62).

(2) Kenntnisse zur Diagnose und Behebung von Störungen (vgl. ebd., S. 61).

(3) Prozessverständnis, systemisches Denken, Überblickswissen und Komplexitätsbewältigung (vgl. ebd., S. 61, 67).

(4) Methodenkompetenzen, etwa interdisziplinäres Verständnis sowie Interpretation von Datenmassen und Entscheidungsfindung auf dieser Basis, Problemlösekompetenz und Abstraktionsvermögen (vgl. ebd., S. 63-64).

(5) Sozialkompetenzen, wie das Beherrschen verschiedener Kommunikationsformen und Zusammenarbeit über Fachgrenzen hinweg (vgl. ebd., S. 64, 68).

(6) Branchen- und berufsspezifisches Fachwissen sowie bestehende Kompetenzen von Fachkräften bleiben aller Voraussicht nach weiterhin relevant (vgl. ebd., S. 61-62).

Insbesondere der letzte Punkt – die große Bedeutung des vorhandenen Fach- und Erfahrungswissens der mittleren Qualifikationsebene auch und gerade in der Industrie 4.0 – steht in direktem Gegensatz zur Befürchtung qualifikatorischer Entwertung der Facharbeit und wird in zahlreichen Veröffentlichungen betont (vgl. Pfeiffer 2015; Pfeiffer et al. 2016a; Senderek 2018; Ehrenberg-Silies et al. 2017; Korge et al. 2016; Hammermann/Stettes 2016; Spöttl et al. 2016; Hirsch-Kreinsen 2018a).

Pfeiffer und Suphan (2015a; 2015b) haben auf Basis einer Neuauswertung der *BIBB/BAuA-Befragung* aus dem Jahr 2012 festgestellt, dass die große Mehrheit der beruflich ausgebildeten Beschäftigten in der Industrie bereits ständig mit „Komplexität, Unwägbarkeiten und Wandel“ (Pfeiffer/Suphan 2015b, S. 10) umgehen muss (vgl. Pfeiffer/Suphan 2015a, S. 39, 41; vgl. auch

Pfeiffer/Lee 2018). Derartiges Arbeitshandeln basiert auf Erfahrungswissen, das „zur Bewältigung der Arbeitsanforderungen notwendig ist und auch praktiziert wird“ (Böhle 2017b). Da mit der Digitalisierung einerseits die Komplexität und andererseits die Störanfälligkeit industrieller Anlagen tendenziell noch zunimmt (vgl. ebd.), ist davon auszugehen, dass das Erfahrungswissen der Fachkräfte auch und gerade in der Industrie 4.0 von großer Bedeutung ist (vgl. ebd.; Hirsch-Kreinsen 2014, S. 423; Pfeiffer/Suphan 2015a). So äußert sich etwa Hirsch-Kreinsen über die Zukunft der Instandhaltung:

> „Einerseits werden kontinuierlich sehr exakte Vorgaben für Instandhaltungsarbeiten etwa auf der Basis kontinuierlich erfasster Anlagendaten erstellt. Andererseits aber sind in vielen Fällen nach wie vor zusätzliche erfahrungsbasierte Interpretationsleistungen qualifizierter Instandhalter unverzichtbar, um die tatsächliche Anlagensituation für ihre Arbeiten richtig einschätzen zu können“ (Hirsch-Kreinsen 2018a, S. 17-18).

Pfeiffer und Lee betonen die Rolle des Erfahrungswissens von Fachkräften der Intralogistik, die sie in einer Fallstudie bei einem Automobilherstellers untersucht haben:

> „Das über die Arbeitspraxis in konkreten betrieblichen Zusammenhängen angeeignete Erfahrungswissen spielt offenbar eine erfolgskritische Rolle, um die bestehenden ineinandergreifenden Logistik- und Produktionsabläufe möglichst fehler- und reibungsfrei aufrechtzuerhalten. Die vollständige Ersetzung antizipierender und korrigierender Interventionen von operativ Tätigen in der Produktionslogistik durch die digitale Technik schätzt darum keiner der Befragten als (mittelfristig) realistisch ein“ (Pfeiffer/Lee 2018, S. 111).

Die Automatisierung von Routineanteilen der betrieblichen Logistikarbeit sei zwar wahrscheinlich, jedoch zeichne „sich die Chance ab, eine Verschiebung hin zu neuen Tätigkeitsschwerpunkten in ihrem Logistikaufgabenbereich anzugehen, die an den bestehenden beruflichen Qualifikationen und dem dazugehörigen Erfahrungswissen ansetzen“ (ebd., S. 113; vgl. ebd., S. 114). Eine ähnlich positive Entwicklung habe es bereits bei einem Technisierungsschub in der Vergangenheit gegeben (vgl. ebd., S. 113).

Besonders häufig wird zudem die Position vertreten, dass für die Facharbeit künftig neu anzueignende IT-Kenntnisse vonnöten sein werden (vgl. Matthäi 2016, S. 29; Gebhardt et al. 2015, S. 49-50; Apt et al. 2016a, S. 79; Abel 2018, S. 60, 62; Vernim et al., S. 571; Spöttl et al. 2016, S. 87; Gloystein/Pletz 2017; Pfeiffer et al. 2016a; acatech 2016b; Gentner/Oßwald 2016, S. 74; Korge et al. 2016, S. 20; Bughin et al. 2018; GMA 2016, S. 11; Zinke et al. 2017, S. 24; Dregger et al. 2017, S. 31). Dagegen merken etwa Hammermann und Stettes an, dass „IT-Fachqualifikationen [...] selbst in Unternehmen 4.0 in der Regel nur von ausgewählten Mitarbeitern verlangt [werden]. Eine Schlüsselqualifikation für die gesamte Belegschaft stellen sie nach derzeitigem Stand noch nicht da“ (Hammermann/Stettes 2016, S. 10). Gentner und Oßwald währenddessen erwarten, dass alle direkten Produktionsmitarbeiter_innen „zumindest grundlegende informationstechnische Qualifikationen“ (Gentner/Oßwald 2016, S. 74) benötigen werden. Beschäftigte in indirekten Bereichen müssten „interdisziplinäre Fach- und Methodenkompetenzen“ und „verstärkt informationstechnische und ingenieurwissenschaftliche Kenntnisse sowie Fachwissen aus dem Bereich Automatisierungstechnik“ aufbauen (ebd.).

Bereits im Jahr 2010 haben Zeller et al. eine Studie zur Früherkennung künftiger Qualifikationsanforderungen für die Facharbeit der Bereiche **Bedienung**, **Steuerung** und **Instandhaltung** von Maschinen und Anlagen veröffentlicht. Die umfassend angelegte Studie basiert unter anderem auf Experteninterviews und fünf Fallstudien in ausgewählten Unternehmen der Automobilindustrie, die sich durch besondere „Innovationsfreudigkeit" (Zeller et al. 2010, S. 22) auszeichnen und teilweise zum Untersuchungszeitpunkt bereits Technologien im Sinne des Internets der Dinge verwendeten. Die Autor_innen weisen auf die Gefahr eines potenziellen Abbaus von Qualifikationen und Prozessverständnis hin, die aufgrund der Delegation von Kontrollfunktionen an die Technik bestehe (vgl. ebd., S. 50, 51), prognostizieren insgesamt aber wachsende Qualifikationsanforderungen an die Fachkräfte (vgl. ebd., S. 85-86). Die zunehmende Automatisierung in der Produktion führe zu Komplexitätssteigerungen, zunehmender Intransparenz und größerer Störanfälligkeit der Anlagen (vgl. ebd., S. 50). Zeller et al. gehen davon aus, dass sich die Tätigkeitsspektren auf der mittleren Qualifikationsebene durch das Internet der Dinge deutlich verändern werden, wobei sich tendenziell eine Tertiarisierung der Produktionsarbeit abzeichnet (vgl. ebd., S. 88-89). In allen drei betrachteten Tätigkeitsfeldern erwarten sie, dass sowohl fachlich als auch überfachlich neue Kompetenzen erworben werden müssen (vgl. ebd., S. 80-90). Dabei sei in der Maschinenbedienung künftig zwar eine geringere Aufgabenvielfalt zu erwarten (vgl. ebd., S. 88), jedoch werde auch für dieses Tätigkeitsfeld weiterhin eine Fachausbildung notwendig sein (vgl. ebd., S. 80). Im Bereich der Instandhaltung halten die Autor_innen sogar eine Verschiebung von Aufgaben in die Facharbeit für möglich, die bisher in den Zuständigkeitsbereich von Ingenieur_innen gefallen sind (vgl. ebd., S. 81). Unter den prognostizierten Qualifikationsanforderungen finden sich etwa „Software-/Programmierungskenntnisse" (ebd., S. 80), Kenntnisse aus angrenzenden Fachgebieten, also Interdisziplinarität (vgl. ebd.), Kenntnisse „zu Netzwerk- und Funktechnologien" (ebd., S. 80-81), Überblickswissen aus den Bereichen „Verfahrenstechnik, Produktionsabläufe und Wertschöpfungsprozesse" (ebd., S. 81) sowie die „Fähigkeit zur selbstständigen Beschaffung, Analyse und Interpretation von Informationen" (ebd., S. 82). Zudem betonen Zeller et al. die zunehmende Wichtigkeit von Erfahrungswissen im Umgang mit komplexen, schwer zu durchschauenden Produktionsanlagen (vgl. ebd., S. 78-79, 80).

> „Um Situationen in einer auf Basis hochautomatisierter, komplexer Maschinen funktionierenden industriellen Produktion erfassen und bewerten zu können, bedarf es analytischen Denkvermögens sowie Systemkenntnissen und Modellvorstellungen […]. Für den Normalbetrieb sind dabei insbesondere Schnittstellen- und Übersichtswissen von Bedeutung, während im Störfall Verknüpfungswissen, Funktions- und Prozesswissen angesprochen werden. Neben planmäßigem, systematischem Handeln auf Basis ‚objektiver' Fachkenntnisse gewinnt die Aufgabenbewältigung auf Basis ‚subjektivierter' Erfahrungen insgesamt vermehrt an Bedeutung […]. Insgesamt ist zu konstatieren, dass für Facharbeiter mit der Zunahme des Einsatzes von Technologien im Sinne des ‚Internets der Dinge', die den Ablauf vieler Vorgänge nicht mehr erkennbar machen, grundsätzlich mittelfristig steigende Qualifikationsanforderungen zu erwarten sind: Die Fachkräfte müssen zukünftig der Technik innewohnende ‚Lücken' und Unzulänglichkeiten, die je nach Freiheitsgrad der Technik und ihrem Entwicklungsstand mehr oder weniger stark zu Tage treten werden, auf Basis von Erfahrungen und kooperative Meta-Kommunikation mit den Maschinen schließen und dabei mit zunehmender Komplexität und Unsicherheit umgehen können" (Zeller et al. 2010, S. 78-80).

Sabine Pfeiffer identifiziert in einer Studie für das ITA vier qualifikationsrelevante Dimensionen der technischen Entwicklung und diskutiert mögliche Qualifikationsbedarfe, sollten die entsprechenden Technologien in Unternehmen eingesetzt werden. Die datengestützte Verknüpfung der Produktion über das Internet der Dinge hält die Autorin für den Kern der Industrie 4.0. Sie führe zu erhöhten formalen Qualifikationsanforderungen für Facharbeiter_innen, die grundlegende Prinzipien der Datenverarbeitung und Funktionsweise der Algorithmen kennen müssten (vgl. Pfeiffer 2015, S. 34). Andererseits könnte bereits vorhandenes Fach- und Erfahrungswissen relevant bleiben und in Zukunft sogar an Bedeutung gewinnen, wenn die datenbasierten Technologien zum internationalen Standard geworden sind und das spezifische Wissen der Fachkräfte einen Wettbewerbsvorteil darstelle (vgl. ebd., S. 33).

> „Das Wissen also um produktionstechnologische Spezifika, die Fähigkeit komplexe Anlagen am Laufen zu halten und einzufahren, das Können verschiedene Produktions- und Prozessschritte ökonomisch effektiv und unter Qualitätsgesichtspunkten robust aufeinander einzuspielen. Fähigkeiten also, die charakteristisch sind für die Facharbeitsebene." (Pfeiffer 2015, S. 33).

Von entscheidender Bedeutung bei der Einführung der Vernetzungstechnologien sei – für Produktionsmitarbeiter_innen ebenso wie für Positionen in Anlagenplanung und IT – die Fähigkeit, die ‚Datenwelt' und die ‚stofflichen Prozesse' aufeinander beziehen zu können (vgl. ebd., S. 34). Pfeiffer ist der Auffassung, neben technologisch bedingtem neuem Fachwissen würden in der Industrie 4.0 vor allem die Fähigkeiten zum systematischen Denken und eigenständigen Handeln sowie zur inter- und transdisziplinären Kollaboration über Fachrichtungen und Abteilungen hinweg einen hohen Stellenwert einnehmen (vgl. ebd., S. 38). Sie erwartet keine technologisch bedingte Polarisierung der industriellen Qualifikationsanforderungen, sondern traut den gegenwärtigen und zukünftigen Facharbeiter_innen den Umgang mit digitalen Technologien und die Entwicklung ihrer Softskills zu. Als Bedingungen betrachtet Pfeiffer eine partizipative Technikgestaltung und -implementierung, in der die Mitarbeiter_innen die Möglichkeit haben, ihre Erfahrungen einzubringen und neue Erfahrungen zu sammeln, sowie ein Ausbildungssystem, das die Selbstständigkeit und Kollaborationsfähigkeit der Auszubildenden stärkt (vgl. ebd., S. 38-39).

Dworschak und Zaiser zufolge wird es für Fachkräfte „zu einer ‚horizontalen' Erweiterung des Tätigkeitsprofils […] mit Bereichen wie zum Beispiel der Terminplanung, Arbeitsvorbereitung und Qualitätsprüfung" (Dworschak/Zaiser 2016, S. 117). Zudem würden Fähigkeiten im Umgang mit großen Datenmengen (vgl. ebd., S. 116) und ‚Prozesskompetenz' im Sinne eines „die Phasen der Produktentwicklung und Produktherstellung übergreifende[n] Prozessverständnis[ses]" (ebd., S. 118) an Bedeutung gewinnen. Notwendige fachliche Qualifikationen beträfen „Mechanik und Elektronik, Mikrosystemtechnik, Automatisierung sowie Produktions-IT und vor allem deren Integration" (ebd.).

Dregger et al. erwarten für Facharbeiter_innen in der Logistikbranche ebenfalls „eine Erweiterung des Aufgabenspektrums" (Dregger et al. 2017, S. 31). „Auch zukünftige Logistiksysteme werden nicht ohne eine Vielzahl an qualifizierten Arbeitskräften mit technischen Ausbildungsberufen auskommen. […] Durch die Digitalisierung werden die Anforderungen weiter steigen"

(ebd.). Die Fachkräfte seien „als Problemlöser_innen und Innovator_innen gefordert“ (ebd.) und benötigten künftig mehr Übersichts- und Systemwissen, IT-Kenntnisse und Problemlösefähigkeiten (vgl. ebd.).

Pfeiffer und Lee haben die Digitalisierung in der Lebensmittelindustrie auf Basis von Experteninterviews und einem Dialogworkshop betrachtet (vgl. Pfeiffer/Lee 2018). Der Automatisierungsgrad in der Branche sei bereits sehr hoch und die Automatisierung schreite weiter voran (vgl. ebd., S. 4, 6). Diesen Umstand werten die Autor_innen als möglichen „Vorteil für die sukzessive Weiterentwicklung der technischen Anlagen in Richtung Industrie 4.0“ (ebd., S. 6). Die übergreifende digitale Vernetzung der Lebensmittelproduktion sei für die Zukunft geplant, stehe aber aufgrund mangelnder Standardisierung teilweise noch vor Umsetzungsproblemen (vgl. ebd., S. 4, 6-7). Da die Automatisierung bereits weit vorangeschritten ist, wird kein oder nur wenig weiterer Stellenabbau erwartet. Einige Unternehmensvertreter_innen prognostizieren eine qualifikatorische Aufwertung und Autonomiegewinne für die Facharbeit aufgrund der zunehmenden Vernetzung:

> „Insbesondere in der hochtechnisierten Ernährungsindustrie scheint die zunehmende Komplexität des digital vernetzten Produktionsumfelds zu höheren operativen Arbeits- und Qualifikationsanforderungen zu führen, und damit im gleichen Zuge mehr Verantwortung und Entscheidungsautonomie auf dem Shopfloor, also in den direkten Bereichen der Produktion, zu erfordern“ (Pfeiffer/Lee 2018, S. 12).

Hackel et al. haben sich im Rahmen der qualitativen Studie *DifTech* des BIBB mit Qualifizierungsbedarfen für Fachkräfte befasst, die in der Industrie 4.0 im Zuge fortschreitender Automatisierung entstehen. Um Fehler finden und Störungen beheben zu können, gebe es in der hochautomatisierten Produktion einen „Bedarf nach steuerungstechnischem Know-how“ (Hackel et al. 2015, S. 22), das künftig zu den Mindestanforderungen zahlreicher Fachberufe gehören müsse (vgl. ebd.). „Materialkenntnisse, Prozess- und Systemzusammenhänge sowie die Auswirkungen der eigenen Tätigkeit im Hinblick auf den Fertigungsprozess“ (ebd.) seien weiterhin ein wichtiger Bestandteil der Facharbeit. Mit Blick auf umfangreiche digitale Dokumentationstätigkeiten im Umgang mit Messdaten sowie deren Verständnis und Auswertung müsse eine „Lese- und Schreibfähigkeit im Sinne einer berufsspezifischen Form von (scientific)literacy“ (ebd., S. 23) vermittelt werden. Qualifizierte Facharbeiter_innen seien gefordert, neues technologisches Wissen mit ihrem arbeitsbezogenen Handlungswissen zu verknüpfen (vgl. ebd.). Hinsichtlich der dafür notwendigen Informationsbeschaffung und -erschließung deuten Hackel et al. eine Schwierigkeit für Fachkräfte an, weil in ihrer Ausbildung im Gegensatz zur akademischen Bildung „Recherche und Erschließung aktueller wissenschaftlicher Literatur“ (ebd.) kaum vermittelt würden.

Basis einer Studie von Spöttl et al. (2016) sind neben Literaturrecherche und Experteninterviews auch sechs Fallstudien in Unternehmen der **Metall- und Elektroindustrie** aus den Bereichen Maschinen- und Aggregatebau, Anlagenbau, Elektro- und Antriebstechnik, aus der Elektroindustrie sowie bei einem Automobilzulieferer (vgl. ebd., S. 24). Die befragten Unternehmensvertreter_innen erwarten, dass es mit der fortschreitenden Digitalisierung und Automatisierung zu

einer Komplexitätssteigerung kommt und eine qualifikatorische Aufwertung der Produktionsarbeit erfolgt (vgl. ebd., S. 66-67, 77-78, 86-87). In einem Fallbetrieb wurden an Stelle von Linienmitarbeiter_innen vermehrt „Ingenieure eingesetzt, die auch den Umgang mit den Daten und der Software beherrschen“ (ebd., S. 76). Die Mehrheit der Betriebe baut jedoch auf gut ausgebildete beruflich qualifizierte Fachkräfte, während Akademiker_innen eher für die Programmierung und Planung der Anlagen gebraucht werden (vgl. ebd., S. 40-44, 77-79, 85-86). Neben den obligatorischen IT-Kenntnissen (vgl. ebd., S. 87) werden prominent Kompetenzen aus dem Cluster Überblickswissen, Problemlösung und Prozessverständnis und -beherrschung genannt (vgl. ebd., S. 78-79, 80-81). Außerdem wird auf die Wichtigkeit des Erfahrungswissens und der Intuition von Fachkräften verwiesen (vgl. ebd., S. 77-78).

Pfeiffer et al. untersuchen gegenwärtige und zukünftige Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Qualifikationsanforderungen im Industriezweig **Maschinen- und Anlagenbau** (vgl. Pfeiffer et al. 2016a). Methodisch basiert die Studie auf einer Sekundärauswertung der *BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung* von 2012, vier qualitativen Betriebsfallstudien und einer quantitativen Onlinebefragung von brancheninternen Qualifizierungsverantwortlichen (vgl. Pfeiffer et al. 2016a, S. 20). Pfeiffer et al. stellen die Erwartungen künftiger fachlicher Kompetenzen im Zusammenhang mit verschiedenen digitalen Technologien sowie notwendigen Querschnittskompetenzen der Digitalisierung dar. Sie betonen, dass die diesbezüglichen Aussagen der Befragten meist wenig konkret und von individuellen Zukunftsvorstellungen ebenso wie vom jeweiligen betrieblichen Umsetzungsstand beeinflusst sind (vgl. ebd., S. 93). Hinsichtlich additiver Verfahren wird allgemein davon ausgegangen, dass die notwendigen qualifikatorischen Grundlagen in den Betrieben bereits vorhanden sind, sodass den Fachkräften Entsprechendes über Weiterbildungen vermittelt werden kann (vgl. ebd., S. 101-102). Die Identifikation erforderlicher Qualifizierungsbedarfe für den Einsatz cyberphysischer Systeme und des Internets der Dinge gestaltet sich noch schwierig (vgl. ebd., S. 96, 98). Bei der Implementierung werden hohe Anforderungen an IT-Kompetenzen erwartet, wobei in vielen Unternehmen offen ist, ob die benötigten Kompetenzen eingekauft oder betriebsintern aufgebaut werden sollen (vgl. ebd., S. 97-98). Das Spektrum antizipierter IT-Anforderungen für die Beschäftigten in der Produktion reicht „vom einfachen Bedienungswissen bis hin zur Modellierung und Administration komplexer IT-Architekturen, je nachdem in welcher Domäne die beruflichen Funktionsrollen angesiedelt sind“ (ebd., S. 98). Sowohl für den Aufbau von als auch für die Arbeit mit den CPS wird Interdisziplinarität eine große Rolle zugeschrieben (vgl. ebd., S. 97, 99): „Als besondere qualifikatorische Schwierigkeit wird immer wieder die Übersetzung von der mechanisch-stofflichen Sphäre in die IT-Sprache und umgekehrt betont“ (ebd., S. 97). Das vorhandene Fach- und Erfahrungswissen der Produktion wird voraussichtlich weiterhin relevant bleiben und sollte mit „Übersetzungs- und Vermittlungsfähigkeiten“ (vgl. ebd., S. 99) ergänzt werden. Zudem werden die Mitarbeiter_innen lernen müssen, mit der wachsenden Komplexität umzugehen und in diesem Umfeld Entscheidungen zu fällen (vgl. ebd., S. 100). Robotik ist in der Branche bereits hinlänglich verbreitet. In Zukunft wird kein umfassender Stellenabbau erwartet (vgl. ebd., S. 103). Die Qualifikationsanforderungen könnten in manchen Bereichen zwar steigen – etwa werde IT-Wissen auch für die Arbeit mit

Robotern wichtiger – jedoch seien die Fachkräfte und insbesondere die Techniker_innen für entsprechende Weiterqualifizierungen gewappnet (vgl. ebd., S. 104-105). *Wearables* und Augmented-Reality-Anwendungen werden den Autor_innen zufolge kaum mit Qualifikationsanforderungen in Verbindung gebracht. Vor dem Hintergrund der großen Bedeutung von Erfahrungswissen und Problemlösungskompetenzen wird die Vorstellung, solche Technologien führten zu kleinschrittigen Vorgaben und Entwertung der Fähigkeiten, von einigen Befragten abgelehnt (vgl. ebd., S. 105-106). In die Kategorie digitaler ‚Querkompetenzen' ordnen die Autor_innen Datenschutz und Datensicherheit, Umgang mit *Big Data*, interdisziplinäre Zusammenarbeit sowie Gestaltung von Innovation ein. Hinsichtlich *Big Data* ist die Fähigkeit, „Informationen korrekt deuten und auf reale Bedingungen beziehen zu können" (ebd., S. 108), zentral. Dabei gehen die Meinungen auseinander, ob für die Interpretation großer Datenmengen primär IT-Spezialist_innen verantwortlich sein werden oder ob diese Aufgabe nur von Produktionsmitarbeiter_innen mit viel Erfahrungswissen und Praxisnähe übernommen werden kann (vgl. ebd., S. 108, 109, 110). Die Bedeutung der Interdisziplinarität in der Industrie 4.0 geht den Befragten zufolge mit der Notwendigkeit wechselseitigen Verständnisses und der Kooperationsfähigkeit „über horizontale, fachlich abgesteckte Bereichsgrenzen hinweg und zwischen verschiedenen Qualifikations- und Hierarchieebenen" (ebd., S. 112) einher (vgl. ebd., S. 113-114).

Für die Frage nach der Entwicklung betrieblicher Qualifikationsstrukturen im Anlagen- und Maschinenbau wird in der Studie zweierlei deutlich: Erstens können die künftigen Anforderungen bisher nicht genau vorausgesagt werden, da sie jeweils vom Einsatz bestimmter digitaler Technologien sowie der spezifischen Gestaltung der „sie rahmenden Arbeitsabläufe und -systeme" (ebd., S. 80) abhängig sind und der Umsetzungsstand noch keine genaue Aussagen erlaubt. Zweitens scheint in dieser Branche, die bereits über eine überdurchschnittlich qualifizierte Belegschaft verfügt (vgl. ebd., S. 8), die Gefahr betrieblicher Polarisierungsentwicklungen nicht allzu hoch zu sein. Zwar existiert durchaus die Befürchtung eines Polarisierungsszenarios, jedoch klingt die große Bedeutung des existierenden Wissens und der Fähigkeiten der Fachkräfte in den Interviews ebenso durch wie das Vertrauen, dass sie den zukünftig notwendigen Qualifikationsanforderungen gewachsen sein werden.

Für das TAB haben Ehrenberg-Silies et al. vier industrielle Berufsbilder – Mechatronik, Fachinformatik Systemintegration, Technisches Produktdesign und Industriemechanik – auf Basis von Experteninterviews und der Sichtung der Ausbildungslehrpläne hinsichtlich Veränderung der Kompetenzanforderungen durch die Digitalisierung untersucht. Für alle betrachteten Berufe identifizieren die Autor_innen die Bedeutungszunahme einer Reihe überfachlicher Kompetenzen: Kenntnisse über Produktentwicklung, Produktionsprozesse, Betrieb, Markt und Kund_innen; Übersichtskompetenz; Interdisziplinarität; Kommunikations- und Teamfähigkeit sowie „die Fähigkeit, aus Daten Schlüsse ziehen zu können" (Ehrenberg-Silies et al. 2017, S. 8-9). Die spezifischen fachlichen Anforderungen, oftmals handwerkliche Fähigkeiten, blieben jedoch unabhängig von der Digitalisierung relevant (vgl. ebd., S. 9). Daher schließen Ehrenberg-Silies et al., dass

die Anforderungen durch Digitalisierung insgesamt steigen (vgl. ebd.). Betont wird, dass die Studie lediglich eine allgemeine Entwicklungsprognose abgeben kann, da die tatsächlichen Veränderungen für Individuen je nach Arbeitskontext variieren könnten (vgl. ebd., S. 18).

Die Ausbildung von **Mechatroniker_innen** in der Automobilindustrie sei bereits anspruchsvoll und beinhalte seit den 2000er-Jahren einen Informatikanteil, in dem etwa „das Programmieren von Anlagen und deren Steuerung" (ebd., S. 26) sowie „Wissen über Mensch-Maschine-Kommunikation" (ebd.) vermittelt wird. Die künftige Kompetenzentwicklung hänge von den technologischen Trends der Branche ab. Als solche identifizieren die Autor_innen „Industrie 4.0, additive Fertigungsverfahren/3-D-Druck, Elektromobilität und autonomes Fahren" (ebd., S. 28). Ob technische Assistenzsysteme künftig zu Komplexitätssteigerung oder -abnahme führten und sich damit positiv oder negativ auf die Anforderungen ausübten, sei zwar noch nicht absehbar (vgl. ebd., S. 31), jedoch erwarten die befragten Expert_innen insgesamt eine Erweiterung des Kompetenzprofils und damit eine Aufwertung der Facharbeit von Mechatroniker_innen. Das Erfahrungswissen und Wissen in den „Kernkompetenzfeldern Mechanik, Elektronik und Regelungstechnik" (ebd., S. 38) bleibe relevant. Hinzu kämen vermehrt IT-Kompetenzen, wie Programmieren und die Verwendung von Software, Datenauswertung und -interpretation, Designkompetenzen, Selbstmanagement, interdisziplinäre Teamarbeit und Kommunikation (vgl. ebd., S. 32, 33, 35, 37, 38).

Da die IKT-Dienstleistungsbranche die eigene digitale Transformation bereits weitestgehend abgeschlossen hat, sind durch die Digitalisierung der Wirtschaft keine disruptiven Veränderungen zu erwarten (ebd., S. 40). Im Zuge der Vernetzung der Industrie werden die **Fachinformatiker_innen Systemintegration**, die für Planung, Installation und Betreuung von IT-Systemen in Unternehmen verantwortlich sind (vgl. ebd., S. 39), vermehrt Überblickswissen, interdisziplinäre Kenntnisse und „Know-how zu branchenübergreifenden Wertschöpfungs- und Geschäftsprozessen sowie Basiswissen über ihre Kundenbranchen" (ebd., S. 49) benötigen (vgl. ebd., S. 43, 47). Hinsichtlich neuer Arbeitsweisen wie agiler Projektarbeit und *Crowdwork* würden Softskills „z. B. in den Bereichen Selbstorganisation, Teamarbeit, interkulturelle Kommunikation" (ebd., S. 48, 44) benötigt. Auch die wachsende Bedeutung von Fähigkeiten im Umgang mit Daten wird betont: „Um die Chancen und Risiken von Big Data besser einschätzen zu können und die Auswertung großer Datenmengen für den Kunden nutzbar zu machen, werden ebenfalls Kompetenzen im Bereich Datenschutz, Datensicherheit und Datenauswertung für die IT-Berufe immer wichtiger" (ebd., S. 49; vgl. ebd., S. 42). Insgesamt scheint es den Expert_innen zufolge für industrienahe IKT-Dienstleister_innen zu einer leichten Aufwertung ihrer Arbeit zu kommen. Die Ausbildungsberufe gelten als gut aufgestellt. Im akademischen IT-Bereich könne es zu einer stärkeren Spezialisierung und vermehrten Stellen für **Data Scientists** und hybride Hochschulabschlüsse wie Maschinenbauinformatik geben (vgl. ebd., S. 46).

Der Berufszweig **Technischen Produktdesigns** wird von Technisierung und Digitalisierung umfassend geprägt (vgl. ebd., S. 53). Noch ist offen, ob digitale Technologien künftig die Kreativität und das Wissen um Ästhetik und Gestaltung technisch unterstützen können und menschliche

Kompetenzen dadurch abgewertet werden (vgl. ebd., S. 54). Da bisher keine derartigen Technologien verfügbar sind, „wird Kreativität aktuell und auch zukünftig als wesentliches Merkmal der menschlichen Kompetenzen im Designkontext gesehen“ (ebd.). „Die Kernkompetenz des Designs widersetzt sich somit bis auf Weiteres der Digitalisierung“ (ebd.). Bis auf die „Erstellung von technischen Dokumenten aus Datensätzen“ (ebd., S. 57-58), die künftig automatisiert werden könnte, bleiben den Expert_innen zufolge alle aktuellen Qualifikationsanforderungen im industriellen Produktdesign weiterhin relevant oder werden wichtiger (vgl. ebd., S. 55). Die Beherrschung digitaler Werkzeuge und insbesondere der Umgang mit Virtualisierungen wird an Bedeutung zunehmen, was aber in die bestehende Ausbildungsordnung integriert werden könne (vgl. ebd., S. 56-57). Hinzu komme notwendigerweise eine Erweiterung der Ausbildung um rechtliche Fragen, etwa hinsichtlich der Aspekte „Datenhoheit, Nutzungsrechte und Rechtemanagement sowie der verantwortungsvolle Umgang mit Rechten am geistigem [sic] Eigentum“ (ebd., S. 55). Insgesamt sei eine Bedeutungszunahme von „Problem- und Prozessorientierung, Interdisziplinarität und Flexibilität“ (ebd.) im Designberuf zu erwarten. Die Expert_innen prognostizieren eine Aufwertung des dual ausgebildeten Designberufs. Es könne im Zuge der Digitalisierung sogar zu einer Stärkung der kreativen Komponente und „damit zu einer Annäherung an das akademisch vermittelte Design kommen“ (ebd., S. 58).

Auch **Industriemechaniker_innen** in der technologisch führenden Branche des Anlagen- und Maschinenbaus sind von der Digitalisierung stark betroffen (vgl. ebd., S. 60). Der Einsatz digitaler Technologien führe zur Auflösung der traditionellen Trennung zwischen Wissens- und Produktionsarbeit, weshalb „zusätzlich zu den handwerklichen und technologischen Fähigkeiten, die die Produktionsarbeit charakterisieren, Kompetenzen im Bereich Prozesswissen, Netzwerkarchitekturen und Systemlösungen immer wichtiger [werden], die bisher eher dem Bereich der Wissensarbeit zugeordnet [sind]“ (ebd., S. 64).

> „In Zukunft bleiben aus Expertensicht Handlungskompetenzen, wie der Überblick über Prozesse, das Verständnis von Fertigungsabläufen, das Erkennen von Funktionszusammenhängen und ein hohes Maß an Problemlösungskompetenz, weiterhin relevant. Neben der Montage, Instandhaltung, Überwachung technischer, vor allem auch IT-gestützter Systeme, werden konzipierende und interpretierende Aufgaben im Kontext einer stärker automatisierten Fertigung wichtiger. Dafür notwendig sind informatikbezogene Fachkompetenzen für datengestützte Auswertungen im Bereich des Qualitätsmanagements und der Fehler- bzw. Verschleißbeschreibung“ (ebd., S. 67; vgl. ebd., S. 69).

Obwohl die Entscheidungsvorbereitung auf Basis von Big Data vermehrt von technischen Systemen übernommen werde, erwarten die Expert_innen von cyberphysischen Systemen eine Dezentralisierung von Entscheidungen und damit Autonomiegewinne für die Beschäftigten (vgl. ebd., S. 63, 69). Fachkräfte müssten die „Fähigkeit mitbringen, Informationen zu filtern und zu bewerten“, um die „Verantwortung für die Fehleranalyse und die Entscheidungshoheit“ übernehmen zu können (ebd., S. 64). Die Autor_innen weisen darauf hin, dass die zunehmende Automatisierung, die den Expert_innen zufolge zwar die größten Effizienzgewinne ermögliche, jedoch nicht zu Stellenabbau führen werde (vgl. ebd., S. 61-62), im Sinne der vielzitierten ‚Ironien der Automatisierung‘ langfristig zu Kompetenzverlusten führen könne (vgl. ebd., S. 63). Auch

soziale Kompetenzen, Interdisziplinarität und Kommunikationsfähigkeit seien künftig von großer Bedeutung (vgl. ebd., S. 67). Insgesamt prognostizieren Ehrenberg-Silies et al. mit höheren Anforderungen, Qualifikationsbedarfen und mehr Verantwortung explizit eine Aufwertung der Arbeit von Industriemechaniker_innen durch die Digitalisierung (vgl. ebd., S. 69).

Windelband und Dworschak beschreiben mögliche Auswirkungen von Industrie-4.0-Technologien auf die Kompetenzanforderungen und Aufgaben der Facharbeiter_innen in der **Instandhaltung**, die mit der „Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Optimierung" (Windelband/Dworschak 2015, S. 76) von Produktionsanlagen betraut sind. Der Einsatz cyberphysischer Assistenzsysteme, die große Datenmengen zur Verfügung stellen, könne zu einer „Weiterentwicklung von der vorbeugenden Instandhaltung zu einer wissensbasierten Instandhaltung" (ebd., S. 79) führen, in der Entscheidungen datenbasiert statt intuitiv getroffen werden (vgl. ebd., S.79-80). Das Aufgabenspektrum werde sich verändern und den Fachkräften mehr fächerübergreifende Kenntnisse, tiefergreifendes Wissen über die verwendeten Systeme und den Produktionsprozess, Methodenkompetenzen, Abstraktions- und Analysefähigkeiten abverlangen (vgl. ebd., S. 81). Demnach erwarten Windelband und Dworschak eine Steigerung der Qualifikationsanforderungen für Facharbeiter_innen in der industriellen Instandhaltung. Andererseits weisen die Autoren auf die Gefahr der Abwertung von Erfahrungswissen, der Standardisierung und technologisch bedingter Autonomieverluste hin. Der Aufbau neuen Expertenwissens in einer hochautomatisierten Umgebung sei nur dann möglich, wenn er gewollt sei und gezielt gefördert werde (vgl. ebd., S. 80).

Ein acatech-Positionspapier zur Zukunft der industriellen **Instandhaltung** fordert einen Neuzuschnitt dieses Tätigkeitsbereichs hin zur *Smart Maintenance*, um den künftigen Anforderungen der Industrie 4.0 gerecht zu werden. Die Veröffentlichung bezieht sich auf die Einschätzungen von Instandhaltungsexpert_innen aus Privatwirtschaft und Forschung sowie eine Onlinebefragung von 60 Unternehmen (vgl. acatech 2015, S. 15). Da Instandhaltung sich auf „nicht beherrschte, undefinierte und nicht standardisierte Prozesse" (ebd., S. 22) beziehe, halten die Autor_innen eine Automatisierung für ausgeschlossen (vgl. ebd., S. 22-23). In der Industrie 4.0 seien insbesondere die „kreativen, experimentellen, improvisatorischen, intuitiven und sensomotorischen Fähigkeiten" (ebd., S. 23) der Instandhalter_innen gefragt, die nicht durch Technologien substituiert werden könnten. Acatech erwartet höhere Anforderungen hinsichtlich methodischer, organisatorischer und technologischer Kompetenzen (vgl. ebd., S. 19). Die Instandhaltung der Zukunft müsse Kenntnisse in Mechanik mit Kenntnissen der Informations- und Kommunikationstechnologien verknüpfen (vgl. ebd., S. 24). Damit Instandhalter_innen die zunehmende Komplexität und Intransparenz digitaler Systeme beherrschen könnten, müssten sie durch digitale Assistenzsysteme zur Datenaufbereitung unterstützt werden (vgl. ebd., S. 23). Schließlich werde es in der Industrie 4.0 zu einer Neuorganisation der Instandhaltungsarbeit kommen: In einer Zentrale bündeln Spezialist_innen und Datenanalyst_innen ihr Wissen und begleiten von dort aus operativ tätige Mitarbeiter_innen, die lediglich eine „grundlegende Qualifikation zur Generalistin beziehungsweise zum Generalisten in der Instandhaltung" (ebd., S. 24)

haben, bei ihren Arbeitseinsätzen (vgl. ebd.). „In Verbindung mit der Nutzung geeigneter Assistenzsysteme kompensiert dieses Vorgehen mangelndes Erfahrungswissen oder fehlende Qualifikationen von Mitarbeitenden und befähigt diese zu einem flächendeckenden Einsatz im Feld“ (ebd.).

Einerseits geht acatech also von einer Aufwertung der Instandhaltungsfacharbeit aus, die mit großer Bedeutung der spezifisch menschlichen Fähigkeiten und erweiterten Qualifikationsanforderungen verbunden sein soll. Andererseits prognostiziert die Akademie ein polarisiertes Organisationsmodell, in dem hochqualifizierte Spezialist_innen auf operative Arbeitskräfte zugreifen können, deren Qualifikationsniveau dank digitaler Assistenzsysteme und dem geballten Wissen in der Zentrale nicht mehr allzu hoch sein muss.

Ittermann et al. schildern das Fallbeispiel einer vorbildlichen digitalen Schnittstelle zwischen betrieblicher Organisation und Mensch: Sie erläutern organisatorische Gestaltung der Arbeit bei einem von digitalen Technologien geprägten Elektronikhersteller (vgl. Ittermann et al. 2016, S. 32). Das Unternehmen verwendet eine „konzernweite Internetplattform“, die „als datendurchgängige und echtzeitnahe Synchronisierung zwischen Marktanforderungen, Materialbeschaffung und Produktionskapazitäten sowie Personalbedarfen“ (ebd.) genutzt wird. Im Fallbetrieb wird diese Plattform so eingesetzt, dass Mitarbeiter_innen ihre Arbeitsstation in der Fertigung ständig wechseln können, wodurch die Arbeit abwechslungsreicher wird (vgl. ebd., S. 33). Die computergestützt gesteuerte Produktion erfordert den Autoren zufolge „ein ausgeprägtes Prozessverständnis“ (ebd.) bei den Beschäftigten. Außerdem seien menschliche Problemlösungskompetenzen zur Störungsbehebung und neue kommunikative Fähigkeiten bei der digitalen Schichtplanung und dem Austausch mit Kolleg_innen über die betriebsinterne Social-Media-Anwendung gefragt (vgl. ebd.). Ittermann et al. loben die größeren Handlungsspielräume für die Mitarbeiter_innen und die Förderung ihrer Selbstverantwortlichkeit (vgl. ebd.). Insbesondere die digitale Arbeitsorganisation ermögliche einerseits die Beschäftigung qualifikatorisch und demografisch heterogener Belegschaften und andererseits „Rotation und Aufgabenwechsel […], durch die breite Qualifizierungsprozesse gefördert werden“ (ebd., S. 34).

Hirsch-Kreinsen beschreibt den Fall eines Zuliefererunternehmens aus der Metallbranche, das er als digitales Vorreiterunternehmen identifiziert (vgl. Hirsch-Kreinsen 2018a). Die Produktionssteuerung wurde auf den *Shop Floor* verlagert, wodurch „sowohl Zerspanungsmechaniker, teilweise mit Technikerabschluss, als auch einige wenige langjährig angelernte Beschäftigte mit einem großen Erfahrungshintergrund“ (Hirsch-Kreinsen 2018a, S. 15) eine Erweiterung ihres Tätigkeitsspektrums und Autonomiegewinne erfahren haben. Ziel der digitalen Umstellung war explizit, das Erfahrungswissen der Mitarbeiter_innen für die Fertigung nutzbar zu machen und möglichst alle Beschäftigten flexibel in verschiedenen Aufgabenfeldern einsetzen zu können (vgl. ebd.). So übernehmen mit einigen Einschränkungen alle Facharbeiter_innen im Pilotbereich „sowohl Einrichten und Programmieren als auch Bedienen“ (ebd.) der Maschinen sowie planerische Tätigkeiten.

Auch der Sammelband *Zukunft der Arbeit – Eine praxisnahe Betrachtung* enthält einige Fallstudien, in denen es im Zuge der Implementierung digitaler Technologien zu einer Aufwertung der Facharbeit gekommen ist (vgl. Wischmann/Hartmann 2018). Löhrer et al. haben den Einsatz eines digitalen Assistenzsystems zur Unterstützung der Belegschaft in einer mittelständischen Weberei untersucht. Für die betroffenen Fachkräfte der Mechanik und Maschinenführung ist der Anteil monotoner Aufgaben gesunken. Dafür haben sie mehr Gestaltungsspielräume und führen tendenziell komplexere Aufgaben aus (vgl. Löhrer et al. 2018, S. 81; auch GMA 2016, S. 23). Trotz des Assistenzsystems sei für die Arbeit weiterhin eine berufliche Ausbildung notwendig (vgl. Löhrer et al. 2018, S. 82). Es ist also nicht zu einer qualifikatorischen Entwertung gekommen. Stattdessen sei der Bedarf an IT-Kenntnissen gestiegen (vgl. ebd., S. 81). Senderek hat sich mit dem Einsatz lernförderlicher Assistenzsysteme bei einem großen Automobilzulieferer befasst (vgl. Senderek 2018). Die Technologie wurde eingeführt, um die steigende Komplexität beherrschbar zu machen und die Belegschaft den höheren Anforderungen entsprechend zu qualifizieren (vgl. ebd., S. 92, 95). Senderek zufolge können die betroffenen Fachkräfte aus dem technischen Bereich durch die Assistenzsysteme mehr komplexe und planende Aufgaben übernehmen (vgl. ebd., S. 97). Es seien eine Erweiterung ihres Aufgabenspektrums sowie erhöhte Qualifikationsanforderungen zu erwarten (vgl. ebd., S. 99-102).

Stabilisierung

Im Rahmen einer von der Hans-Böckler-Stiftung geförderten explorativen Studie wurde 2016 die Ausprägung von Industrie 4.0 in sechs Betrieben der **Nahrungsmittelindustrie** untersucht, in der vor dem Hintergrund der Vision *Smart Food Factory* zunehmend internetbasierte Technologien Einzug erhalten (vgl. Frerichs/Steinberger 2018, S. 241; Göcking et al. 2017, S. 9). Insgesamt hat die Digitalisierung in den Fallbetrieben keinen disruptiven Charakter, sondern wurde mit großen Unterschieden zwischen den einzelnen Unternehmen in mehr oder minder zahlreichen Ansätzen umgesetzt (vgl. Göcking et al. 2017, S. 9, 32, 40). Dank der Besonderheiten der Lebensmittelbranche – „Geschmack spielt eine große Rolle“ (Frerichs/Steinberger 2018, S. 244) – wird menschliches Fach- und Erfahrungswissen hinsichtlich Sinneswahrnehmungen wohl nicht vollständig automatisiert werden können (vgl. ebd., Göcking et al. 2017, S. 12, 21). Dennoch „sind Prozesse und Verfahren mehr und mehr soweit standardisiert worden, dass diese Form menschlichen Erfahrungswissens in den Hintergrund rückt“ (Frerichs/Steinberger 2018, S. 244; vgl. Göcking et al. 2017, S. 13, 25, 28, 35-36). In vielen Betrieben hat die Bedeutung der Handarbeit, etwa von Bäcker_innen, abgenommen (vgl. Göcking et al. 2017, S. 13, 16). Stattdessen sind technikgeprägte Tätigkeiten und Kompetenzen wie Prozessüberblick (vgl. ebd., S. 13) und EDV-Kenntnisse (vgl. ebd., S. 26) sowie „Entwicklung, Programmierung und Steuerung, Wartung und Instandsetzung, Aufbau, Inbetriebnahme und Fehlerbehebungen“ (Frerichs/Steinberger 2018, S. 245) der verwendeten Anlagen wichtiger geworden. „Die Zukunft von Handwerksberufen wie Brauer, Bäcker oder Konditor ist somit bedroht“ (ebd., S. 244). Vermehrt werden Stellen mit Lebensmitteltechniker_innen (vgl. Göcking et al. 2017, S. 16, 18), Instandhaltungselektroniker_innen (vgl. ebd., S. 16), Maschinen- und Anlagenbediener_innen (vgl. ebd., S. 18, 23) oder – im Falle fortgeschrittener Digitalisierung – Datenspezialist_innen (vgl. ebd., S. 21) besetzt. Somit

sind menschliches Erfahrungswissen und Fähigkeiten im Bereich der Nahrungsmittel im Zuge der zunehmenden Automatisierung zwar entwertet worden, dafür haben jedoch zum Teil neue Fachkrafttätigkeiten Einzug erhalten. Da auch für die technischen Berufe eine fachliche Ausbildung erforderlich ist, kann auf dieser Grundlage nicht argumentiert werden, das mittlere Qualifikationsniveau sei aufgrund der Digitalisierung insgesamt einem Abwertungsprozess unterworfen. In den Experteninterviews, die Teil der Studie sind, ist sogar von steigenden Qualifikationsanforderungen (vgl. ebd., S. 36) und möglichen Beschäftigungszuwächsen (vgl. ebd., S. 33) aufgrund der technologischen Automatisierung die Rede. Zwar gibt es in einigen Fallbetrieben bereits Weiterbildungsmaßnahmen für die Belegschaft (vgl. ebd., S. 23, 26), doch fehlen den Autor_innen zufolge zumeist systematische Qualifizierungspläne (vgl. ebd., S. 46).

Für das Forschungsprojekt *Zukunftsorientierte Strategien von Qualifikationsentwicklung und Arbeitsgestaltung bei digitaler Arbeit in nordrhein-westfälischen Produktionsbetrieben* wurden zwischen 2016 und 2018 drei **metallverarbeitende Kleinunternehmen** hinsichtlich der Wirkung der Digitalisierung auf Arbeit und Qualifikationen untersucht (vgl. Nett et al. 2018, S. 1). In den Fallbetrieben wurden digitale Technologien bisher hauptsächlich in der Verwaltung und weder zur umfassenden Vernetzung der Produktion noch zur Automatisierung menschlicher Arbeit verwendet (vgl. ebd., S. 36-37). Die Implementierung hatte in keinem der Betriebe eine Retaylorisierung, stärkere Spezialisierung oder Vollautomatisierung zum Ziel (vgl. ebd., S. 39). Die befragten Mitarbeiter_innen erfahren die Arbeit im Zuge der Digitalisierung tendenziell als etwas anspruchsvoller und interessanter (vgl. ebd., S. 31). Sie befürchten keine Dequalifizierung, sondern scheinen eher eine „zu bewältigende, aber anspruchsvolle Zusatzherausforderung“ (ebd., S. 32) zu erwarten. Die Beschäftigten haben Interesse an breiter Qualifizierung, die in den Betrieben aber bisher nicht in größerem Ausmaß angeboten wurde (vgl. ebd., S. 35, 37-38). Viele Mitarbeiter_innen haben ihre digitalen Kompetenzen auf informellen Wegen, etwa durch Ausprobieren, Zuschauen und gegenseitige Hilfe, aufgebaut, wodurch aber „weder Kompetenzen zur Bewältigung von Nutzungskrisen noch umfassendes Wissen über soziale und technologische Implikationen der Technologie“ (ebd., S. 38) abgedeckt wurden. Die Autor_innen der Studie weisen auf die Problematik einer suboptimalen Koordination zwischen Digitalisierung und entsprechenden Qualifikationen hin (vgl. ebd.). Als schwierig

> „erwiesen sich mangelhafte Kompetenzen zur Abstimmung der Konfiguration von Digitaltechnik auf organisationale Besonderheiten, ganz zu schweigen von gleichzeitigen strategischen Veränderungen beider: Ein Defizit an Kompetenzen soziotechnischer Selbstorganisation, das jenseits der Grenzen individueller Qualifizierung liegt“ (Nett et al. 2018, S. 39).

Insgesamt fänden sich in den Betrieben sowohl Indizien für eine Polarisierung als auch für eine Aufwertung (vgl. ebd., S. 40). „Angesichts der Komplexität der Wirkzusammenhänge“ (ebd.) erscheinen den Autor_innen „seriöse Voraussagen, wie sich der Wandel langfristig artikulieren wird, weitgehend unmöglich“ (ebd.).

Frenz, Heinen und Schlick erläutern auf Basis eigener Studien in sieben kleinen und mittleren industriellen Unternehmen die Auswirkung von Industrie-4.0-Technologien auf die Arbeit von

Fachkräften der **Produktionsorganisation** (vgl. Frenz et al. 2015, S. 14). Während in den betrachteten Maschinen-, Stahl- und Metallbaufirmen nur einzelne digitale Technologien ohne umfassende Vernetzung eingesetzt wurden, hatten die untersuchten Zuliefererunternehmen der Automobilindustrie in größerem Maße Industrie-4.0-Anwendungen implementiert (vgl. ebd., S. 16). Frenz et al. zufolge wurden die digitalen Feinplanungssysteme dort derart gestaltet, „dass ein umfassendes Grundverständnis der Prozesse und ein unternehmensspezifisches Erfahrungswissen zur Prozessoptimierung von den Fachkräften eingebracht werden konnte“ (ebd., S. 16), während die Technologie eher als datenbasiertes Assistenzsystem denn im Sinne einer Automatisierung wirkte (vgl. ebd.). Die Kompetenzanforderungen an die Facharbeiter_innen der Produktionsorganisation hätten sich aufgrund dieser Technikgestaltung nicht grundlegend verändert (vgl. ebd.). Die Autoren schließen daraus, „dass Expertise von Fachkräften in gestaltungsoffenen, mit Zielkonflikten behafteten Aufgabenkomplexen, in welchen aktive Entscheidungen des Menschen erforderlich sind, gefragt“ (ebd.) sei, wobei die Einführung digitaler Unterstützungssysteme nur eine nachgeordnete Rolle spiele (vgl. ebd.).

In einer explorativen Fallstudie untersuchen Kuhlmann et al. den Einfluss eines digitalen Assistenzsystems auf die **Montage**. In diesem Fall geht es um digitale Werkerführung in der Serienmontage der Automobilindustrie, wo die Technologie bereits vor mehreren Jahren zur Gewährleistung von Prozesssicherheit und -dokumentation sowie des Arbeitsschutzes eingeführt wurde (vgl. Kuhlmann et al. 2018, S. 183). Das Assistenzsystem bietet mit der Vorgabe von Arbeitsschritten, der Dokumentationspflicht und der ständigen Überprüfung der fehlerfreien Ausführung zwar durchaus die Möglichkeit von rigider Kontrolle und Autonomiebeschränkungen; es wird allerdings nicht strikt in dieser Weise verwendet, da Störungen und Nachfrageschwankungen oftmals eigenständiges, flexibles Arbeitshandeln und schnelle Reaktionen erforderlich machen (vgl. ebd., S. 184, 186). Die Monteur_innen haben daher durchaus Handlungsspielräume, die sie – auch im Interesse der betrieblichen Führung – für sich und die Produktion zu nutzen wissen (vgl. ebd.). Das Assistenzsystem wurde explizit nicht eingesetzt, um das Arbeitstempo zu erhöhen, und wirkt faktisch eher verlangsamend (vgl. ebd., S. 187). Die Verbesserung der Arbeitssicherheit wird von den Beschäftigten positiv gesehen (vgl. ebd., S. 186). Zudem begünstigt das digitale Assistenzsystem den Wechsel zwischen verschiedenen Arbeitsplätzen, was „Vielfalt, Abwechslung und Belastungswechsel unterstützt sowie fachliche Bezüge auf die Tätigkeit ermöglicht“ (ebd.) und der insgesamt erlebten Monotonie der Serienmontage entgegenwirkt. Den Autor_innen zufolge bewirkt die Technologie im Fallbetrieb keine Entleerung der Facharbeit, denn „den Beschäftigten bleiben Freiräume in der Tätigkeitsausführung, und sie müssen weiterhin selbstständig Probleme lösen“ (ebd.). Auch sei das Fach- und Erfahrungswissen der Monteur_innen wie bisher von großer Relevanz, sodass der Einsatz von Personal ohne entsprechendes Wissen eher abwegig erscheint und von den Vorgesetzten abgelehnt wird (vgl. ebd.). Weil sich durch das Assistenzsystem keine qualifikatorische Abwertung der Tätigkeiten ergeben hat, konnte für die Fachkräfte ein gleichbleibendes Lohnniveau durchgesetzt werden. Kuhlmann et al. weisen darauf hin, dass gestärkte Rotationsmöglichkeiten und die erhöhte Arbeitsflexibilität

in Zukunft sogar Lohnerhöhungen rechtfertigen könnten (vgl. ebd., S. 187). Die Autor_innen betonen die Rolle „kollektive[r] Aneignungsprozesse durch die Beschäftigten und betriebliche[r] Aushandlungsprozesse“ (ebd., S. 188) für die Arbeitswirkung digitaler Technologien. Da im Fallbetrieb die Förderung der Sicherheit für alle Beteiligten im Vordergrund stand und die Unternehmensstrategie auf Fachlichkeit, verantwortungsvollen Arbeitsstil und selbstständiges Arbeitshandeln setzt (vgl. ebd., S. 186), hat das Assistenzsystem keine Abwertung der Facharbeit bewirkt.

Auch Klippert et al. haben die Auswirkung einer digitalen Technologie auf **Montagearbeit** anhand zweier Fallbeispiele untersucht. In beiden Fallbetrieben wurde ein Assistenzsystem als öffentlich gefördertes, vom Betriebsrat begleitetes Industrie-4.0-Experiment an einer Montagelinie eingesetzt (vgl. Klippert et al. 2018, S. 236, 238). Ziel der Implementierung war die Reduktion von Montagefehlern und explizit nicht Rationalisierung im Sinne von Stellenabbau oder erhöhtem Arbeitstempo (vgl. ebd., S. 237, 238). An den Abläufen und der Methodik der eigentlichen Arbeit wurde nichts verändert, sodass Tätigkeiten und Qualifikationsanforderungen gleich geblieben sind (vgl. ebd.). Im ersten Betrieb, einem Hersteller von Haushaltsgeräten, wurde die Montageassistenz unter Einfluss des Betriebsrats so konzipiert, dass die Arbeitnehmer_innen selbst über die Geschwindigkeit der Montageschritte und die Detailliertheit der Anleitung entscheiden können. Es ist möglich, die Technologie vollständig zu ignorieren. Findet die Qualitätskontrolle einen Montagefehler, wird dieser an die zuständige Fachkraft zurückgemeldet, um sie in Zukunft für die Vermeidung desselben zu sensibilisieren. Niemand sonst hat Einblick in die Fehlermeldung (vgl. ebd., S. 237). Im zweiten Fallbetrieb, einem Unternehmen, das Automaten für Einzelhandels- und Bankdienstleistungen produziert, wurde ein Assistenzsystem zur automatischen Weiterleitung von Fehlermeldungen an die Monteur_innen eingesetzt. So konnte die Qualitätssicherung von Laufwegen entlastet werden und sich stärker auf ihre eigentliche Tätigkeit konzentrieren. Dabei wurde vom Betriebsrat auf eine Technikgestaltung gedrängt, die bei Fehlern keinen Rückschluss auf individuelle Verursacher_innen zulässt (vgl. ebd., S. 238). Beide Fallbeispiele machen einerseits deutlich, dass digitale Technologien nicht zwangsläufig mit bahnbrechenden Veränderungen für die menschliche Arbeit einhergehen – weder im positiven noch im negativen Sinne (vgl. ebd., S. 238-239). Andererseits zeigen sie, wie starke, etablierte betriebliche Interessenvertretungen die Gestaltung und Implementierung von Technologien im Sinne der Beschäftigten beeinflussen können (vgl. ebd., S. 239). Klippert et al. betonen außerdem die positive Wirkung von „Partizipation im Rahmen eines demokratischen Beteiligungsprozesses“ (ebd.). Digitale Technologien könnten dann die größte Akzeptanz in der Belegschaft erfahren und am sinnvollsten die menschliche Arbeit unterstützen, wenn in Verbindung mit der Betriebsratsarbeit die betroffenen Mitarbeiter_innen zu ihren Bedürfnissen und Vorschlägen befragt würden (vgl. ebd., S. 239-240).

Baethge-Kinski et al. untersuchen in einer Fallstudie, die im Rahmen des SOFI-Projekts *DIGIND* durchgeführt wurde, die Wirkung eines digitalen Assistenzsystems auf die Arbeit und Qualifikationen der Instandhaltung in einem Automotivkonzern (vgl. Baethge-Kinski et al. 2018). Ziel des

Einsatzes der Software ist eine Effizienzsteigerung in der Instandhaltungsarbeit, die vom betrieblichen Management als langsam, zu wenig effektiv und zu kostspielig wahrgenommen wird (vgl. Baethge-Kinski et al. 2018, S. 177). Den Autoren zufolge hat das Assistenzsystem bisher kaum Auswirkungen hinsichtlich Arbeit und Qualifikationen gezeitigt, da durch die zum Untersuchungszeitpunkt in einer Pilotphase befindliche Technologie noch keine vollkommen neuen Funktionen verwirklicht wurden (vgl. ebd., S. 178). Die Nutzeroberfläche des Systems ist so intuitiv gestaltet, dass außer einer Schulung keine zusätzlichen Qualifikationen notwendig waren (vgl. ebd.). Die Mitarbeiter_innen der Instandhaltung haben im Betrieb aufgrund der Bedeutung ihrer Arbeit, ihrer Fähigkeiten und ihrer individuellen Wissens- und Erfahrungsschätze einen hohen Grad an Handlungsfreiheit (vgl. ebd., S. 179). Für die bisher unvollständige Verwendung der Technologie ist insbesondere der Widerstand der Instandhalter_innen selbst von Bedeutung, die sich gegen die Verwendung der Funktionen wehren, von denen sie eine Dequalifizierung oder Autonomieverluste befürchten (vgl. ebd., S. 178, 180). Dem Management ist bewusst, dass die „anvisierten Optimierungs- und Kostensenkungsziele nur zu erreichen sein dürften, wenn es gelingt, die Instandhalter zur Mitwirkung zu gewinnen“ (ebd., S. 180). Aus diesem Grund werden verschiedene Maßnahmen diskutiert, darunter die Miteinbeziehung der Fachkräfte im Verlauf der weiteren Realisierung der Industrie-4.0-Anwendung (vgl. ebd.). Den Autoren zufolge sind die künftigen Auswirkungen des Assistenzsystems noch nicht absehbar. Sowohl ein Positivszenario mit verändertem Aufgabenprofil als auch eine Degradierung der Instandhalter_innen zu „Teiletauschern“ (ebd.) sei möglich (vgl. ebd.).

Zinke et al. prognostizieren auf Basis von Interviews mit Fach- und Führungskräften aus fünf Automobilkonzernen, die bereits Industrie-4.0-Anwendungen implementiert haben, dass auch in der ‚Instandhaltung 4.0‘ umfassende fachliche Kompetenzen notwendig sind (vgl. Zinke et al. 2017, S. 24). Mit der steigenden Komplexität nehmen die Anforderungen sogar eher zu, eine Entwertung der **Instandhaltungsarbeit** ist demnach unwahrscheinlich. Das bisherige Fach- und Erfahrungswissens bleibt den Autor_innen zufolge zwar nur teilweise relevant (vgl. ebd., S. 25, 28), dafür kämen neue Inhalte hinzu: Insbesondere die Wichtigkeit umfänglicher IT-Kompetenzen wird betont (vgl. ebd., S. 24-25). Außerdem gewännen System- und Prozessverständnis (vgl. ebd., S. 26, 25), „Problemlösekompetenz“ (ebd., S. 25) und „hohes Abstraktionsvermögen“ (ebd.) zunehmend an Bedeutung. Von der Instandhaltung werde „ein hohes Maß an Eigenverantwortung und Selbstständigkeit“ (ebd.) erwartet. In ihrem Arbeitsbereich müssten Instandhalter_innen autonom Entscheidungen fällen und Teams koordinieren (vgl. ebd., S. 9, 24). „Abhängig von der individuellen Expertise der Fachkräfte“ (ebd., S. 29) werden sie zudem „in mehr oder weniger komplexe und herausfordernde Planungs- und Entscheidungsprozesse“ mit höheren Hierarchieebenen eingebunden (vgl. ebd.).

Im Rahmen der qualitativen Studie *DifTech* des BIBB, die zwischen 2011 und 2014 durchgeführt wurde, haben Hackel et al. versucht, auf Basis von Interviews mit Expert_innen und betrieblichen Arbeitsgruppen auf Hersteller- und Anwenderseite die Auswirkungen von Augmented- und Virtual-Reality-Anwendungen abzuschätzen (vgl. Hackel et al. 2015, S. 124, 13). Die Autor_innen sehen die Technologie als Werkzeug für konstruktionstechnische Berufe etwa im Produktdesign

oder der Systemplanung (vgl. ebd., S. 126). Da die grundlegenden Anwenderkenntnisse des 3D-CAD bereits 2011 in die Ausbildungen integriert wurden und spezifische Kenntnisse durch Herstellerschulungen und *Training-on-the-job* einfach vermittelt werden können (vgl. ebd., S. 128-129), scheint die Technologie kein qualifikatorisches Hindernis für die Facharbeit darzustellen. Die Autor_innen befürchten allerdings, AR und VR könnten zu Verdrängungsprozessen führen. Insbesondere für die Berufsbilder Technischer Modellbau und Fotografie könnten AR und VR eine Gefahr darstellen, wobei der tatsächliche Einfluss der Technologie in weiteren Studien untersucht werden müsse (vgl. ebd., S. 127-128).

Abwertung und Polarisierung

„Als Ursache einer fortschreitenden Polarisierung und insbesondere der Erosion der mittleren Qualifikationsgruppen kann ein Zusammenspiel von Automatisierung und Informatisierung angesehen werden“ (Hirsch-Kreinsen 2016, S. 12): Einerseits könnte es zur **Substitution** von Routinetätigkeiten der mittleren Qualifikationsebene und schließlich zum Abbau von Fachkraftstellen kommen. Andererseits können vormals komplexe Tätigkeitsabläufe in einfache, formalisierte Teilschritte zerlegt werden, deren Ausführung rigide technisch determiniert und gleichzeitig überwacht und kontrolliert wird. Die Verwendung digitaler Technologien führt dann im Sinne des **digitalen Taylorismus** durch Abbau von Entscheidungs- und Handlungsspielräumen und die Standardisierung und Vereinfachung der Arbeitsaufgaben zur Dequalifizierung vormaliger Facharbeit (vgl. ebd.). Außerdem kann die Komplexitätssteigerung durch den Einsatz digitaler Anlagen eine **Überforderung** der Fachkräfte bewirken. Wenn vormalige Fachtätigkeiten nicht mehr mit mittlerem Qualifikationsniveau zu bewältigen sind, könnten diese Aufgaben an höher qualifizierte Mitarbeiter_innen übertragen werden. Alle drei Entwicklungsrichtungen lassen sich im **Automatisierungsszenario** verorten, in dem die technologischen Systeme einen Großteil der Aufgaben übernehmen und die Steuerungsfunktion innehaben, während die Mehrheit der Beschäftigten lediglich ausführend tätig ist und die Instandhaltung von wenigen hochqualifizierten Expert_innen übernommen wird.

Dass es zur Automatisierung einzelner Fachtätigkeiten kommen wird, ist in der Literatur weitestgehend unumstritten, sofern sie genügend regelhaften Charakter aufweisen, um algorithmisch dargestellt zu werden, und die wirtschaftlichen Bedingungen in den betreffenden Unternehmen dafür sprechen. In den Veröffentlichungen wird dabei häufig nicht im eigentlichen Sinne eine Abwertungsthese vertreten, sondern sogar eher von einer Aufwertung und Tertiarisierung der Facharbeit durch eine Verschiebung hin zu überwachenden und steuernden Tätigkeiten ausgegangen (vgl. z. B. Zeller et al. 2010; Dornbrowski et al. 2014). Allerdings kann die Substitution von Teilen der Facharbeit und die Verschiebung hin zu eher tertiären Tätigkeiten mit einem Arbeitsplatzabbau einhergehen, wenn für die neuen Tätigkeiten weniger Mitarbeiter_innen benötigt werden als zuvor und die Fachkräfte nicht in anderen Unternehmensbereichen eingesetzt werden können. Bezogen auf die industrielle Intralogistik halten Pfeiffer und Lee eine derartige Entwicklung für wahrscheinlich (vgl. Pfeiffer/Lee 2018). Es müsse davon ausgegangen werden,

> „dass die durch Industrie 4.0 entstehenden oder neukomponierten Tätigkeitsfelder der Überwachung, Administration und Steuerung produktionsnaher Logistikprozesse deutlich weniger Beschäftigte erfordern, als heute im Rahmen der gesamten operativen Intralogistik beschäftigt werden. [… Es] kommt jedoch erschwerend hinzu, dass der Handlungsspielraum der Unternehmen zur intern organisierten Beschäftigungssicherung relativ gering ist. Denn in vielen Produktionsbetrieben fungieren gerade die scheinbar leichten Fahr-, Lager- und Kommissioniertätigkeiten bereits als interne Auffangbecken für Beschäftigte, deren Arbeitsplatz aufgrund von Rationalisierungsmaßnahmen in anderen Bereichen weggefallen ist“ (Pfeiffer/Lee 2018, S. 118).

Schnalzer und Ganz antizipieren die Auswirkung zunehmender Vernetzung auf industrienahe Dienstleistungen (vgl. Schnalzer/Ganz 2015). Die Arbeit von **IT-Servicetechniker_innen**, die hauptsächlich Installations-, Wartungs- und Reparaturarbeiten „mit Hilfe des Einsatzes von Informationssystemen“ (ebd., S. 94) durchführen, sei schon weitestgehend digitalisiert (vgl. ebd., S. 95). Für die Zukunft spekulieren die Autor_innen auf den Einsatz von Augmented-Reality-Technologien oder Datenbrillen zum Austausch von Informationen in Echtzeit, was die Gefahr zunehmender Kontrolle durch die Vorgesetzten berge (vgl. ebd.). Außerdem seien Assistenzsysteme denkbar, die „den Wissensstand der Servicetechniker analysieren und ihnen je nach Situation individuelle Lernaufgaben und Unterstützungsfunktionen anbieten“ (ebd., S. 97). Diese Möglichkeit beschreiben Schnalzer und Ganz positiv und nicht im Sinne einer potenziellen Abwertung, weil sie eine „reine Fremdsteuerung der Beschäftigten durch Einblenden von einzelnen Arbeitsschritten“ (ebd., S. 103) normativ ablehnen. Allerdings befürchten sie eine mögliche Automatisierung vieler Aufgaben dieses Bereichs (vgl. ebd., S. 101).

Applikationsspezialist_innen medizinischer Großgeräte übernähmen etwa die Einrichtung von Computertomographen und die entsprechende Kundenschulung (vgl. ebd., S. 97). Das Tätigkeitsfeld sei bisher nicht von digitalen Technologien geprägt (vgl. ebd., S. 99). Künftig könnte die Handlungsfreiheit im Zuge zunehmender digitaler Dokumentation und Datenspeicherung abnehmen (vgl. ebd., S. 101). Zudem erwarten die Autor_innen eine „Verlagerung der Präsenzschulungen zu virtuellen Schulungen“ (ebd., S. 99) und Onlinekommunikation. Zwar halten sie neben vorgefertigten Tutorials auch Unterstützung in Echtzeit für notwendig (vgl. ebd.), dennoch werde diese Entwicklung wahrscheinlich zu einer weitgehenden Automatisierung der Aufgaben führen (vgl. ebd., S. 101).

Ziehen aktuelle Veröffentlichungen zur Entwicklung der Industriearbeit beispielhaft Vertreter_innen der betrieblichen Polarisierungsthese heran, werden zumeist Kinkel et al. (2007) genannt (vgl. z. B. Hirsch-Kreinsen 2014; Ittermann/Niehaus 2015). Daher gehen wir auf diesen Zukunftsreport des TAB ein, obwohl er schon über zehn Jahre alt ist und vor der Bildung des Begriffs ‚Industrie 4.0‘ verfasst wurde. Die Betrachtung basiert auf einer Analyse der damals gegenwärtigen Literatur und verschiedenen Zukunfts- und Foresightstudien sowie umfassenden Expertenbefragungen (vgl. Kinkel et al. 2007, S. 41-42). Hinsichtlich der mittleren Qualifikationsebene gehen Kinkel et al. von einer „verstärkten Scherenentwicklung und Disparität der Tätigkeitsprofile“ ebd., S. 240) aus: Einige Facharbeiter_innen würden vermehrt mit ‚Entscheidungs-, Koordinations- und Kontrollfunktionen‘ ausgestattet werden. Diese Fachkräfte bräuchten ob der zunehmenden Komplexität Überblickswissen und soziale Kompetenzen für die interne und

externe Kommunikation (vgl. ebd., S. 239). Zusätzlich erwarten die Autor_innen wachsende fachliche Anforderungen für den Umgang mit komplexen, informationstechnischen Anlagen, was sie mit dem Begriff der Facharbeiteringenieur_innen zu fassen versuchen (vgl. ebd., S. 240). Andere Fachkräfte würden voraussichtliche von einer „Dequalifizierung und Teilsubstituierung" (ebd.) ihrer Tätigkeiten betroffen sein. Die Rede ist von der Automatisierung einfacherer Maschinenbedienung, material- und werkstoffbedingter Einstellungen sowie von Kontroll- und Überwachungsfunktionen. Zudem könnte eine zunehmende Arbeitsverdichtung in beschleunigten Produktionsprozessen zu einer „Retaylorisierung […] im Sinne des Verlusts von Zeit- und Entscheidungssouveränität" (ebd., S. 238) führen.

Die Relevanz dieser Prognose von Kinkel et al. wird durch einige empirische Beobachtungen bestätigt (vgl. z. B. Windelband et al. 2011; Ehrlich et al. 2017; Gaus et al. 2017; Butollo et al. 2017; Bächler et al. 2018). Im Statusreport *VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik* werden beispielhaft mögliche Auswirkungen modularer digitaler Prozessanlagen erläutert, deren Module über „dezentrale Intelligenz und Selbstorganisationsfähigkeit" (GMA 2016, S. 18) verfügen. Ihr Einsatz könne zu Autonomieverlusten bei Fachkräften und stärkerer Formalisierung und Kontrolle führen, während operative Führungskräfte aufgrund vermehrter Planungsarbeit und Verantwortung höhere Qualifikationsanforderungen erfüllen müssten (vgl. ebd.). Die befragten Expert_innen aus der Getränkeindustrie in einer Studie von Lee und Pfeiffer erwarten deutlichen Stellenabbau und die Entwertung vormaliger Facharbeit (vgl. Lee/Pfeiffer 2018). Im Zuge der Digitalisierung könnten die Einarbeitungszeiten drastisch reduziert und vermehrt ungelernte Arbeitskräfte eingestellt werden (vgl. ebd., S. 13). In ähnlicher Stoßrichtung beschreiben Reiser et al., wie der Einsatz eines Roboters in der Produktion die Qualifikationsanforderungen herabsetzt:

> „Die erforderliche Qualifikation des für den Fertigungsprozess einzusetzenden Personals kann durch die automatisierten Lötplätze reduziert werden. Wo vorher Handlöt-Facharbeiter eingesetzt werden mussten, können nun niedriger qualifizierte Mitarbeiter als Bediener eingesetzt werden" (Reiser et al. 2018, S. 141).

Die bekannteste und meist rezipierte Studie zur Polarisierung der Facharbeit durch digitale Technologien wurde 2010 von Windelband et al. veröffentlicht und war die empirische Grundlage zur Entwicklung der eingangs beschriebenen Werkzeug- und Automatisierungsszenarien. Ziel der Studie war, herauszufinden, welche Qualifikationsanforderungen durch die Nutzung des Internets der Dinge auf die mittlere Qualifikationsebene im Bereich der **Distributionslogistik** zukommen (vgl. Windelband et al. 2010, S. 3). Dazu wurden neben Expertenbefragungen und -workshops acht Einzelfallstudien durchgeführt, davon sechs in innovativen Logistikunternehmen der Lebensmittel- und Automobilindustrie (vgl. ebd., S. 5, 9). Der Umsetzungsstand in den Fallunternehmen war zum Untersuchungszeitpunkt noch relativ gering (vgl. ebd., S. 99). Entsprechend waren die Veränderungen der Aufgaben und Qualifikationsanforderungen für die Beschäftigten noch nicht stark ausgeprägt (vgl. ebd., S. 66). Windelband et al. haben dennoch zwei gegenläufige Entwicklungstrends herausgearbeitet, die den diametralen Einschätzungen der befragten Expert_innen entsprechen (vgl. ebd., S. 97-98; vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5: Einschätzung der Veränderungsrichtung von Qualifikationserfordernissen durch Expert_innen in der Studie von Windelband et al. 2010

Negative Veränderung der Qualifikationserfordernisse	**Positive Veränderung der Qualifikationserfordernisse**
Reduzierung der Qualifikation der Massen	Kompetenz (Handlungsfähigkeit und -bereitschaft unter Einsatz von Wissen und Fertigkeiten) kann wachsen, wenn eine solche Entwicklung gewollt ist
Technischer Fortschritt bedeutet Rückschritt im Sinne eigener Kompetenzen	*Job Enrichment*
Entlastung und Vereinfachung	Nutzen der Technologie als Werkzeug zum Optimieren der Prozesse, während Menschen die Steuerung übernehmen

Quelle: Eigene Darstellung nach Windelband et al. 2010, S. 90

Wurden in den Unternehmen digitale Technologien mit dem Ziel der Optimierung von Arbeitsabläufen unter „Berücksichtigung der Stärken der Mitarbeiter" (ebd., S. 66) verwendet, „setzten die Unternehmer auch weiter auf gut ausgebildetes und qualifiziertes Personal" (ebd.). Bei einer derartigen Entwicklung müssen die Fachkräfte selbst über das entsprechende Prozesswissen und die technologischen Kompetenzen verfügen, um im Störungsfall korrigierend einzugreifen (vgl. ebd., S. 90-91, 98). Qualifikationsbedarfe im Zuge der Digitalisierung verorten die Autor_innen vor allem im Umgang mit informationsverarbeitenden Technologien. Entsprechende Anforderungen konnten in unterschiedlichem Ausmaß in allen Fallstudien festgestellt werden (vgl. ebd., S. 102-103).

Dagegen führte in den Fallbetrieben ein Technikeinsatz, der auf Kostensenkung durch Automatisierung und Fehlerreduktion ausgerichtet war, zur Vereinfachung der Anforderungsprofile. „Das hat zur Folge, dass niedrig qualifiziertes Personal kostengünstig und ohne lange Anlernzeiten schnell eingesetzt werden kann" (ebd., S. 66). Die Mitarbeiter_innen auf der operativen Ebene verfügen nicht (mehr) über das notwendige Wissen, um bei Problemen selbstständig handeln zu können (vgl. ebd., S. 96-97). „Eine solche Entwicklung verlangt daher ein stärkeres Prozesswissen sowie ein höheres Planungswissen auf übergeordneten Ebenen" (ebd., S. 97). Im Zusammenhang mit der zweiten Richtung sehen die Autor_innen für die mittlere Qualifikationsebene die Gefahr von Autonomieverlusten aufgrund erhöhter Kontrolle und Standardisierung (vgl. ebd., S. 104).

> „Die Technik übernimmt oder erleichtert Aufgaben, was aber auch zu einer Einschränkung von Handlungs- und Planungsspielräumen führen kann, denn die programmgesteuerten Abläufe lassen nur solche Problemlösungen zu, die von den Systemkonstrukteuren antizipiert werden. Entscheidungen und Abläufe werden vom System vorgegeben. […] Die Mitarbeiter haben dadurch einen viel geringen Gestaltungsspielraum in ihrer Arbeit. Sie müssen die vorgegebenen Arbeitsschritte nur noch abarbeiten, ohne gestalterisch oder planerisch in ihre Arbeit eingreifen zu können" (Windelband et al. 2010, S. 104).

Derartige Autonomiebeschränkungen können allerdings zu Akzeptanzproblemen und zum Widerstand der Beschäftigten führen (vgl. ebd., S. 107). Windelband et al. betonen, dass technisch beide Entwicklungsrichtungen möglich sind und voraussichtlich unternehmensspezifisch unterschiedliche Pfade verfolgt werden (vgl. ebd., S. 98, S. 106-107). Die Mehrheit der untersuchten Unternehmen tendiere jedoch zum Automatisierungsszenario und damit in Richtung einer Polarisierung ihrer Belegschaften (vgl. ebd., S. 107). Im Fazit bemerken die Autor_innen ernüchtert:

> „Das Ziel der Umsetzung des ‚Internet der Dinge' geht immer in Richtung einer Automatisierung und einer Vereinfachung der Arbeits- und Geschäftsprozesse. Die Bedürfnisse des Menschen werden dabei in der Regel kaum berücksichtigt, da es Ziel ist, perfekte und fehlerfreie technische Systeme zu entwickeln und zu implementieren und den Menschen dabei als mögliche Störquelle auszuschalten" (Windelband et al. 2010, S. 106).

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsprojekts *Berufliche Professionalität im produzierenden Gewerbe* wurde in einer explorativen Fallstudie die **Fertigung** von Scheinwerferreinigungsanlagen bei einem Fahrzeugkomponentenhersteller hinsichtlich sich wandelnder Aufgaben und Kompetenzanforderungen für die beteiligten Fachkräfte untersucht (vgl. Brofessio 2017, S. 14; Ahrens 2016, S. 46). Die Ergebnisse der Fallstudie bestätigen die Vermutung steigender fachlicher Kompetenzanforderungen (vgl. Brofessio 2017, S. 14-15; Ahrens 2016, S. 52) und einer Verschiebung von direkten zu indirekten Tätigkeiten der Produktion (vgl. Ahrens 2016, S. 50). Daniela Ahrens verdeutlicht, dass die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeit maßgeblich von den Zielen und Erwartungen abhängen, mit denen die Technologien implementiert werden (vgl. ebd., S. 47, 49). Im untersuchten Unternehmen, in dem eine technikzentrierte Perspektive vorherrscht und „eine höhere Effektivität sowie eine Reduzierung der Fehleranfälligkeit" (ebd., S. 47) erreicht werden sollte, weist die Facharbeit durch die Einführung von Industrie-4.0-Anwendungen eine Tendenz zum Automatisierungsszenario (vgl. Windelband/Spöttl 2011) auf: Die Einführung von Industrie-4.0-Anlagen ging mit einer enormen Komplexitätssteigerung einher, wodurch die Suche nach den schwer zu verortenden Fehlerquellen im Störungsfall deutlich aufwendiger wurde (vgl. Ahrens 2016, S. 47-48). Ahrens zufolge sind die „Probleme und Störungen zunehmend informationstechnischer Natur […] und können immer weniger durch das körpergebundene, auf die sinnliche Wahrnehmung rekurrierende Erfahrungswissen [der Fachkräfte] bewältigt werden" (ebd., S. 48). Zur Fehlerbehebung ist meist fachliches Expertenwissen und ein umfassendes Verständnis der Anlagen notwendig, sodass sich diese Aufgabe in den Bereich der ingenieurswissenschaftlichen Tätigkeiten verschoben hat (vgl. ebd., S. 47-48). Es bleibt Aufgabe der Facharbeiter_innen, den laufenden Betrieb der komplexen Anlagen sicherzustellen, indem sie sie in Betrieb nehmen, bedienen und die Auftragsreihenfolge strukturieren (vgl. ebd., S. 48). Dabei müssen sie statt direkt produzierenden, handwerklichen Tätigkeiten vermehrt Tätigkeiten der Überwachung, Datenanalyse, Dokumentation, Steuerung und Problemlösung übernehmen (vgl. ebd., S. 50). Ahrens merkt allerdings an, dass im Zeichen der technikzentrierten Herangehensweise des Unternehmens „die Prozessverantwortung eher auf der Ingenieurs- als auf der Facharbeiterebene liegt" (ebd., S. 49). Dass Facharbeiter_innen „die Anla-

gen nur bei störungsfreiem Verlauf bedienen, nicht aber komplexe Störungen bewältigen können“ (ebd., S. 52), versteht Ahrens als *Downgrading* der mittleren Qualifikationsebene. Die Fallstudie weist auf „die Gefahr einer Dequalifizierung bei beruflich qualifizierten Fachkräften“ (ebd., S. 53) hin. Andererseits könnten die erhöhten Komplexitätsanforderungen unter Umständen durchaus von Facharbeiter_innen bewältigt werden, wenn sie entsprechend weitergebildet würden (vgl. Brofessio 2017).

Die Fallstudie von Butollo et al. befasst sich mit den Auswirkungen von Industrie 4.0 in einem Montagewerk der Automobilindustrie, das als Vorreiter der *Lean Production* beschrieben wird (vgl. Butollo et al. 2017, S. 40-41). Die Autoren interpretieren Industrie 4.0 im Sinne einer digitalen „Radikalisierung des Lean-Production-Paradigmas, dessen Gegenstand seit jeher die Prozessoptimierung zugunsten einer höheren Flexibilität im Dienste von sich ausdifferenzierenden bzw. pluralisierenden Kundenanforderungen war“ (ebd., S. 35). Im betrachteten Unternehmen sei unter „Einsatz moderner Automatisierungsanlagen sowie einer umfassenden datentechnischen Vernetzung von Produkten, Produktionsanlagen und Beschäftigten“ (ebd., S. 44) eine kundenindividuelle Fertigung von Fahrzeugen angestrebt worden. Um die individuelle, flexible und schnelle Fertigung zu ermöglichen, wurden die Intralogistik und speziell die Kommissionierung des Werks enorm vergrößert (vgl. ebd., S. 43, 46). Der eigentlichen **Montagearbeit** am Band wurde die **Kommissionierung** vorgeschaltet, bei der Teile sortiert und vormontiert werden (vgl. ebd., S. 49). Durch die Aufspaltung in Montage und Kommissionierung ist in beiden Bereichen monotone, einfache und stark verdichtete Arbeit entstanden (vgl. ebd., S. 49-51). Die Komplexitätssteigerung durch die Einführung digitaler Technologien habe keine qualifikatorische Aufwertung der Facharbeit in der Fertigung bewirkt (vgl. ebd., S. 47). Stattdessen führe der Einsatz digitaler Assistenzsysteme zur Arbeitserleichterung durch die Vorgabe von Arbeitsschritten in der Montage zu einer zusätzlichen Entwertung der Fachqualifikationen (vgl. ebd., S. 47). Für die Zukunft seien weitere Technologien zur Vereinfachung der Arbeit geplant (vgl. ebd., S. 48, 50). Andererseits seien im betrachteten Unternehmen im Zuge der Digitalisierung vermehrt planende, überwachende, kontrollierende und wartende Tätigkeiten entstanden (vgl. ebd., S. 46). Dadurch sei der Bedarf an Ingenieur_innen, Systemtechniker_innen und qualifizierten Fachkräften für Instandhaltung und Produktionssteuerung gestiegen (vgl. ebd.). Neue komplexere Aufgaben, die durch Vernetzung, Datenverarbeitung und Robotik entstanden seien, würden von jenen Mitarbeiter_innen der Instandhaltung und Produktionssteuerung übernommen (vgl. ebd.). Butollo et al. stellen folglich fest, dass die „Einführung eines avancierten Produktionssystems, das die Fahrzeugproduktion nach Losgröße 1 ermöglicht, […] zu einer Polarisierung der Tätigkeitsprofile“ (ebd., S. 51) geführt hat.

Unter dem Titel *Digitale Prekarisierung* zeigen Ehrlich et al. anhand dreier Fallstudien, dass mittelqualifizierte Berufsgruppen in der klassischen Industriearbeit im Zuge der Einführung digitaler Technologien unter Abwertungsdruck geraten (vgl. Ehrlich et al. 2017). In allen drei Unternehmen wurde eine Abwertung des Erfahrungswissens und der Qualifikationen von Facharbeiter_innen festgestellt (vgl. ebd., S. 202). Es sei zu einer grundlegenden Veränderung der Tätig-

keitsprofile gekommen, wobei vormals anspruchsvollere Fachtätigkeiten von digitalen Technologien übernommen wurden (vgl. ebd., S. 203). Stattdessen sind stark vereinfachte Tätigkeiten in der betrieblichen **Logistik** und **Kommissionierung** entstanden, die von neuen Mitarbeiter_innen bereits nach kurzer Einweisung ausgeführt werden können (vgl. ebd., S. 203-204). Die digitalen Assistenzsysteme seien ohne Verständnis der ablaufenden Prozesse einfach zu bedienen, die Aufgaben würden kleinschrittig vorgegeben und ihre Ausführung überprüft (vgl. ebd., S. 204). Außerdem dienen digitale Technologien in den Fallbetrieben der minutiösen Überwachung und Disziplinierung der Mitarbeiter_innen. Die gesammelten Daten werden für Leistungskontrollen und zur Förderung der innerbetrieblichen Konkurrenz verwendet (vgl. ebd., S. 206). In einem der untersuchten Unternehmen – einem großen Automobilhersteller – werden die Überwachung und Wartung der Maschinen und komplexere Aufgaben im Zusammenhang mit der Vernetzung und Datenauswertung von einer kleinen Gruppe hochspezialisierter Facharbeiter_innen durchgeführt. Diese Gruppe muss die Abläufe beherrschen und erfährt eine Aufwertung ihres Erfahrungswissens (vgl. ebd., S. 203). Die Beobachtungen von Ehrlich et al. entsprechen einem betrieblichen Polarisierungsszenario, in dem mittelqualifizierte Tätigkeiten abgebaut werden und vermehrt Einfacharbeit und hochqualifizierte Tätigkeiten entstehen. Insgesamt ist es in den Betrieben nicht zu Personalabbau gekommen. Zwar wurden in der direkten Produktion Stellen abgebaut, etwa in der Maschinenbedienung und der Montage, dafür kam es zum Wachstum produktionsunterstützender Bereiche, vor allem der Intralogistik und Lagerarbeit (vgl. ebd., S. 201). Die Autor_innen weisen auf die Gefahr weiterer Abwertungsprozesse hin, einerseits, weil neue Digitalisierungsprojekte in der Logistik geplant sind, die zusätzliche Automatisierung und minutiöse Steuerung zur Folge haben könnten, andererseits, weil die neuen Arbeitsplätze nicht mehr nach Metalltarif bezahlt werden müssen (vgl. ebd., S. 201-202).

Wie Butollo et al. (2017) haben auch Ehrlich et al. (2017) beobachtet, dass die Verschiebung von Stellen aus der Produktion in die betriebliche Logistik mit einer Vereinfachung der Tätigkeiten und qualifikatorischer Abwertung einherging. Die Autoren deuten die vermehrte Entstehung von Einfacharbeit in Intralogistik und Kommissionierung aufgrund der Individualisierung von Produkten und „einer starken Marktkopplung und Taktung der Prozesse gemäß den Kundenbestellungen über Online-Plattformen“ (Butollo et al. 2017, S. 56) als „Amazonisierung der Industriearbeit“ (ebd.; vgl. ebd., S. 52). Im Tagungsband *Logistikarbeit in der digitalen Wertschöpfung* stellen Butollo und Ehrlich (2018) heraus, dass weitere Untersuchungen klären müssen, ob die vermehrte Entstehung von „Einfacharbeit in der Logistik tatsächlich als herausragendes Merkmal der Industrie 4.0 bezeichnet werden kann“ (ebd., S. 99).

Wienzek und Virgillito untersuchen die Auswirkungen einer Industrie-4.0-Anwendung auf die **Montage** bei einem mittelständischen Möbelhersteller. Mit dem Vorhaben der Kostenersparnis wurde eine der Montagelinien im Zuge der Implementierung eines fahrerlosen Transportsystems vollständig neu organisiert (vgl. Wienzek/Virgillito 2018, S. 205). Die neue Technologie ist einfach und intuitiv zu bedienen (vgl. ebd., S. 207) und die Mitarbeiter_innen konnten von schwerer körperlicher Arbeit entlastet werden (vgl. ebd., S. 206-207). Reorganisation und Automatisierung gingen mit der Zergliederung und Vereinfachung von Arbeitsschritten einher,

wodurch einerseits die Handlungsspielräume der Mitarbeiter_innen eingeschränkt wurden und andererseits das Arbeitstempo erhöht werden konnte (vgl. ebd., S. 206, 208). Diese Entwertung menschlicher Arbeit an der Linie war eine gewünschte Entwicklung, die zum Ziel hatte, nicht mehr auf qualifizierte Monteur_innen angewiesen zu sein, deren Gewinnung für das Unternehmen eine Schwierigkeit darstellt (vgl. ebd., S. 206-207, 208). Da kein Stellenabbau erfolgen soll und die Neuerungen unter Einbeziehung der Belegschaft partizipativ geplant wurden, werden sie weitestgehend akzeptiert (vgl. ebd., S. 208, 206). Zudem stehen viele Mitarbeiter_innen der Vereinfachung ihrer Arbeit durchaus positiv gegenüber (vgl. ebd., S. 208). Auf der Ebene der Bereichsleiter_innen sehen die Autoren eine Aufwertungstendenz, da diese verstärkt in Entscheidungen und Meetings miteinbezogen werden (vgl. ebd.). Der Fallbetrieb steht beispielhaft dafür, dass die Auswirkungen digitaler Technologien hochgradig abhängig von der Zielsetzung und dem Implementierungsverfahren sowie den flankierenden Organisationsstrukturen sind. Beim untersuchten Möbelhersteller ist eine Abwertung vormaliger Facharbeit in der Montage und eine deutliche „Re-Taylorisierung" (ebd., S. 209) zu beobachten, weil Kostenersparnis und der vermehrte Einsatz ungelernter Arbeitskräfte gezielt verfolgt wurden.

Gaus et al. haben Fallstudien in drei Vorreiterunternehmen der Industrie 4.0 durchgeführt: am Standort eines multinationalen Automobilkonzerns, in der *lead factory* eines Elektronikproduzenten und bei einem mittelständischen Prototypenhersteller (vgl. Gaus et al. 2017, S. 218). In allen drei Fällen sei es mit der Digitalisierung zu einer Polarisierung der Tätigkeiten und Qualifikationsstrukturen „zwischen bestückend-exekutiver und planend-überwachender Aufgaben innerhalb des Betriebes" (ebd., S. 219) gekommen. Auf der einen Seite „üben die Beschäftigten in der Montage primär exekutive Funktionen" (ebd.), wie das Bestücken und Warten der Anlagen, aus. Ihre Arbeit sei durch den Einsatz von Assistenzsystemen zusätzlich vereinfacht und abgewertet worden (vgl. ebd.). Auf der anderen Seite hätten überwachende, systemadministrative und konzipierende Tätigkeiten an Bedeutung gewonnen, die von „tendenziell hochqualifizierten Mitarbeitenden der Planungs- und Überwachungsbüros" (ebd.) ausgeführt werden.

Auf Basis der Fallstudien üben Gaus et al. Kritik an der verbreiteten Vorstellung, Industrie 4.0 sei ein „neues Vehikel für eine dezentrale Arbeitsorganisation mit erweiterten Dispositionsspielräumen für die Beschäftigten" (ebd., S. 223). Es gebe in allen drei Unternehmen durchaus Mitbestimmungsmöglichkeiten, etwa im Rahmen der Betriebsratsarbeit oder indem Mitarbeiter_innen Vorschläge zur Produktionsoptimierung machen, aber die Einführung digitaler Technologien habe hierauf keinen positiven Einfluss gehabt (vgl. ebd., S. 221). In keinem Fall konnten die Autoren aufgrund von Industrie 4.0 eine relevante Erweiterung der Entscheidungskompetenzen und Partizipationsmöglichkeiten der Beschäftigten oder einen Hierarchieabbau feststellen (vgl. ebd., S. 219-220). Die „entscheidenden Beschlüsse über den operativen Ablauf der Produktion" (ebd., S. 222) würden nach wie vor nicht in der Produktion, sondern im Vorhinein getroffen (vgl. ebd.).

Stattdessen identifizieren Gaus et al. die kundenindividuelle Fertigung in den Betrieben als Grundlage starrer Abläufe mit einer tendenziellen Einschränkung der Handlungsspielräume (vgl.

ebd., S. 223-224). Standardentscheidungen würden zentral vom System getroffen (vgl. ebd., S. 223). „Die Zentralisierung [von Entscheidungskompetenzen] ist der Umsetzung des individuellen Kundenwunsches immanent und ebendieses Produktionsschema bezeichnen wir als *Ablaufdeterminismus*“ (ebd.). Innerhalb dieses Rahmens dienten die Entscheidungskompetenzen der Mitarbeiter_innen ausschließlich der „Abschöpfung der Produktionsintelligenz der Belegschaft“ (ebd., S. 225) zur Fehlerreduktion und Produktivitätssteigerung (vgl. ebd., S. 224). Sie seien nicht als Ermächtigung zu begreifen, sondern als „verstärkte Einbindung des individuellen Beschäftigten in die Marktzwänge“ (ebd.).

Der Ablaufdeterminismus bestimme jedoch nicht alle Mitarbeiter_innen im gleichen Ausmaß (vgl. ebd., S. 223). Im Zuge der Polarisierung der Belegschaft habe auch eine divergierende Entwicklung hinsichtlich der Entscheidungsbefugnisse stattgefunden (vgl. ebd., S. 222). Die dequalifizierte Arbeit der Beschäftigten an den Produktionsstraßen sei stärker determiniert: Sie können so gut wie keine autonomen Entscheidungen treffen (vgl. ebd.). Dagegen werde etwa in den Überwachungs- und Planungsbüros des Prototypenherstellers die „komplette Konzeption des Produktes“ (ebd.) vorgenommen. Es sei zudem möglich, dass „im Kontext planend-überwachender Arbeit, insbesondere im Falle von Eskalationssituationen, mehr an Entscheidungsbefugnissen vonnöten sein könnte“ (ebd., S. 219). Gleichzeitig nehme die Häufigkeit solcher Eskalationssituationen allerdings ab (vgl. ebd., S. 220).

In der Summe lässt sich die von uns betrachtete Literatur zur Entwicklung industrieller Facharbeit folgendermaßen ordnen: Zwar gibt es auch zu diesem Arbeitstypus divergierende Befunde. Dennoch scheint uns eine Tendenz zur Polarisierungsdiagnose innerhalb der Facharbeit nahezuliegen. Studien, die dominant auf eine Aufwertung der Facharbeit abstellen, beruhen, von wenigen Ausnahmen abgesehen, auf Expertenbefragungen. Dagegen tendieren empirische Studien industrieller Arbeitsprozesse eher zur Diagnose von Abwertungs- und Polarisierungsbewegungen. Stellt man in Rechnung, dass die Facharbeit als Kern der arbeiterlichen Mitte innerhalb der Industrie betrachtet werden kann, so deuten die empirischen Studien zwar nicht auf eine zu erwartende Erosion, aber doch auf sozialstrukturelle Abstandsnahmen zwischen unterschiedlichen Teilen der industriellen Facharbeit hin.

5.2.4 Akademische Arbeit in der Industrie

Die Bereiche akademisch qualifizierter Wissensarbeit in der Industrie sind in weiten Teilen bereits hochgradig durch die Digitalisierung geformt. Entsprechend stellen etwa Boes et al. fest:

> „Betroffen […] [von Herausforderungen der fortschreitenden Digitalisierung] sind nicht allein – oder besser: nicht vorrangig – die Fertigungsbereiche einer Industrie 4.0, sondern auch die indirekten Bereiche in den Unternehmen und das, was man ‚Wissensarbeit‘ nennt. In diesen beschäftigungsstarken Feldern – von der Verwaltung im Büro bis hin zu Forschung und Entwicklung – ist die Digitalisierung bereits heute weit fortgeschritten. Arbeitsgegenstand und Arbeitsmittel sind hier sehr häufig konsequent digitalisiert, Arbeit ohne digitale Geräte und Systeme kaum mehr vorstellbar. Wer die Digitalisierung der Arbeitswelt verstehen will, muss deshalb auch die Veränderungen in der Wissensarbeit betrachten“ (Boes et al. 2016a, S. 32).

Ein Großteil der Literatur zum Einfluss der Digitalisierung auf akademisch qualifizierte Arbeit in der Industrie beschränkt sich darauf, zu prognostizieren, dass der technologische Wandel sie voraussichtlich **nicht negativ beeinflusst** (vgl. z. B. Kinkel et al. 2007, S. 238-239; Wischmann/Hartmann 2018, S. 243; Schnalzer/Ganz 2015; Dregger et al. 2017). So heißt es etwa bei Dworschak und Zaiser (2013), dass „die in den Planungsbereichen und auf den oberen Managementebenen Beschäftigten am wenigsten von technologie- und damit auch automatisierungsbezogenen Änderungen betroffen" (Dworschak/Zaiser 2013, S. 179) seien. Da „mit steigendem Qualifikationsniveau von der Tendenz auch höhere Anforderungen durch Komplexität und Unwägbarkeiten einhergehen und in diesem Zusammenhang die Notwendigkeit für subjektivierendes Arbeitshandeln zunimmt" (Pfeiffer/Suphan 2015a, S. 24), ist akademisch qualifizierte Arbeit auch aus der Perspektive subjektivierenden Arbeitshandelns mutmaßlich weitestgehend vor Automatisierung sicher.

Zumeist wird von einer **wachsenden Nachfrage** nach Akademiker_innen – speziell aus den MINT-Berufen – ausgegangen (vgl. z. B. Matthäi 2016, S. 29; Spath et al. 2013, S. 125; Hall et al. 2015). Einige Fallstudien, bzw. die Aussagen einzelner Unternehmensvertreter_innen in Studien, stützen diese Prognose. So heißt es etwa bei Butollo et al., dass für Planungstätigkeiten bei dem untersuchten Automobilhersteller vermehrt Ingenieur_innen eingestellt werden (vgl. Butollo et al. 2017, S. 46). Neben Ingenieursberufen wird im Rahmen der Digitalisierung des Öfteren der Bedarf nach Datenspezialist_innen prognostiziert (vgl. Spöttl et al. 2016, S. 78; GMA 2016, S. 11; Göcking et al. 2017, S. 21; Patscha et al. 2017, S. 39-40; acatech 2015).

Zudem birgt Industrie 4.0 die Gefahr, dass Tätigkeiten, die vormals in die Zuständigkeit von Fachkräften gefallen sind, aufgrund der Komplexitätssteigerungen anspruchsvoller werden und vermehrt von Hochschulabsolvent_innen übernommen werden müssen (vgl. Windelband/Spöttl 2011, S. 12; Ahrens/Spöttl 2015, S. 191-192; Dworschak/Zaiser 2016, S. 116). Im von Daniela Ahrens untersuchten Unternehmen wurde die Störungssuche und -behebung durch die Einführung von digitalen Anlagen deutlich komplexer und „zunehmend informationstechnischer Natur" (vgl. Ahrens 2016, S. 48). Da diese Aufgaben mit dem Erfahrungswissen der Facharbeiter_innen nicht mehr zu bewältigen waren, wurden für diese Tätigkeiten Ingenieur_innen eingesetzt (vgl. ebd., S. 47-48). In der Studie zur Metall- und Elektrobranche von Spöttl et al. wird von einem der Befragten angegeben, dass für die Lösung der vermehrt softwaretechnischen Probleme in der intelligenten Fertigung Ingenieur_innen zuständig seien, da Linienmitarbeiter_innen nicht über die entsprechenden Kompetenzen im Umgang mit Daten und Software verfügten (vgl. Spöttl et al. 2016, S. 76).

Andererseits wird in der Studie von Spöttl et al. deutlich gemacht, dass die künftige Rolle von Akademiker_innen in der Industrie noch offen ist und die Verdrängung von Fachkräften durch Hochschulabsolvent_innen keineswegs eine sichere Entwicklung darstellt (vgl. ebd., S. 42). Einem Befragten zufolge wird der „Trend zur Akademisierung durch Industrie 4.0 [...] im Unternehmen nicht gesehen" (ebd., S. 41). Zwar werden in den Unternehmen der Metall- und Elektroindustrie akademisch ausgebildete Mitarbeiter_innen benötigt, etwa für die Planung (vgl.

ebd., S. 41, 78), den Umgang mit Software (vgl. ebd., S. 41, 76) und die Prozesssicherung (vgl. ebd., S. 41), jedoch baut die Mehrheit der betrachteten Betriebe in der Zukunft auf gut ausgebildete beruflich qualifizierte Fachkräfte und geht nicht von einem wachsenden Anteil von Akademiker_innen in den Belegschaften aus (vgl. ebd., S. 40-41, 77-78).

Teilweise werden aufgrund der Digitalisierung in Bezug auf akademische Tätigkeiten veränderte und tendenziell **steigende Qualifikationsanforderungen** erwartet:

Bauer und Schlund prognostizieren den indirekten Bereichen der industriellen Produktion eine Verschiebung in Richtung höherer Qualifizierung und weiterer Akademisierung (vgl. ebd., S. 66). Die Autoren weisen darauf hin, dass **Produktentwicklung** und **Engineering** heute bereits stark von digitalen Technologien geprägt sind (vgl. Bauer/Schlund 2015, S. 61). Dennoch biete Industrie 4.0 für die Bereiche große Chancen, insbesondere im Zusammenhang mit der zunehmenden Vernetzung (vgl. ebd., S. 62). Ein Risiko dieser Entwicklung sei eine denkbare „Verschiebung der Kompetenzprofile und Qualifikationsanforderungen“ (ebd., S. 63), die allerdings abseits eines Hinweises auf IT-Kenntnisse nicht weiter spezifiziert wird. Im Bereich der **Produktionsplanung und -steuerung** könne die digital vernetzte Zusammenarbeit zu einem Produktivitätsschub führen, der „mit dem Risiko einer Entwertung bzw. einem Wegfallen dispositiver Tätigkeiten, die durch echtzeitnahe IT-Systeme übernommen werden“ (ebd., S. 65), einhergehe. Die vermehrte Nutzung großer Datenmengen zur Entscheidungsfindung könne zu einer Entwertung von Qualifikationen in der Produktionssteuerung führen, wenn die Entscheidungen zunehmend dem System überlassen werden (vgl. ebd.). Andererseits könnten in diesem Zusammenhang neue Kompetenzanforderungen entstehen, etwa die „Kenntnis der Prinzipien der zugrundeliegenden Logiken“ (ebd.) und die Fähigkeit, mit ungeplanten Ereignissen umzugehen.

Schnalzer und Ganz zufolge wird sich die zunehmende Vernetzung im Zuge der Digitalisierung auf industrienahe Dienstleistungen auswirken (vgl. Schnalzer/Ganz 2015, S. 102). Mindestens die Verwendung neuer Technologien mache zusätzliche Qualifizierung notwendig (vgl. ebd.). Außerdem seien für industrielle Dienstleistungen im Gegensatz zur Produktionsarbeit „ausgeprägte Kompetenzen in Eigenverantwortlichkeit und Selbstorganisation“ (ebd., S. 103) von großer Bedeutung. Die Autor_innen halten eine Standardisierung und Autonomiebeschränkung im Bereich **Planungs- und Prozesssteuerung** für wenig sinnvoll und daher unwahrscheinlich (vgl. ebd., S. 92). Das Qualifikationsniveau in diesem Bereich sei hoch und bereits seit den 1990er-Jahren durch digitale Technologien strukturiert (vgl. ebd., S. 92-93). Schnalzer und Ganz weisen auf die „Notwendigkeit einer gesteigerten IT-Kompetenz im Umgang mit unterschiedlichen Systemen“ (ebd., S. 93) hin und scheinen mit Blick auf denkbare digitale Anwendungen für diesen Dienstleistungstyp ansonsten gleichbleibende Qualifikationsanforderungen zu erwarten (vgl. ebd., S. 93-94).

Bezogen auf digitalisierte Logistikunternehmen erwarten auch Dregger et al. neue Kompetenzanforderungen für die akademische Arbeit:

> „Hinsichtlich der Anforderungsprofile für akademisch ausgebildete Fachkräfte in der Logistik erfordert die Digitalisierung in hohem Maße analytisches Vermögen und Innovationsbereitschaft […]. Dazu verändern sich die geforderten Fähigkeiten. Zur Realisierung zeitgemäßer Planungsverfahren werden beispielsweise verstärkt Kenntnisse im Bereich der IT erforderlich. Herausforderungen für Akademiker_innen liegen deshalb verstärkt im Bereich Soft Skills und notwendiger Zusatzqualifikationen, da diese durch universitäre Ausbildung nicht notwendigerweise gewährleistet werden“ (Dregger et al. 2017, S. 32).

Im Gegensatz zu den Prognosen gleichbleibender oder steigender Anforderungen an Akademiker_innen in der Industrie verweisen Boes et al. (2016a, 2016b, 2017a) auf die zunehmend **tayloristische Arbeitssteuerung**, der Wissensarbeit im Zuge der Digitalisierung ausgesetzt ist: Sofern ihr Arbeitsgegenstand digital darstellbar ist, können Arbeitnehmer_innen ihre Tätigkeiten im ‚Informationsraum' verrichten, wo ihr Vorgehen überwacht und ihre Leistungen kontrolliert werden (vgl. Boes et al. 2016a, S. 35). Wissensarbeit werde vermehrt standardisiert und durch kleinschrittige Vorgaben gesteuert, was zu einer massiven Einschränkung der Entscheidungs- und Handlungsfreiheit der Angestellten führe (vgl. ebd., S. 36). Das betreffe neben mittelqualifizierten Bürotätigkeiten „von der Personalabteilung über die Finanzbereiche bis hin zu den unterstützenden Vertriebs-, Service- und Logistikabteilungen“ (ebd.) vor allem auch hochqualifizierte Arbeitsbereiche, von denen fälschlicherweise angenommen werde, dass sie vor disruptiven Veränderungen durch die Digitalisierung geschützt seien (vgl. ebd., S. 37). In „Kopfarbeitsbereichen mit einem vergleichsweise hohen kreativen Anteil“ sei das „Prinzip der ‚**Kollektivierung von Wissen**'“ von zentraler Bedeutung, „das auf eine Entäußerung individuellen Expertenwissens und dessen kollektive Nutzung zielt“ (Boes et al. 2016b, S. 143). Das vorhandene Wissen soll nicht nur dokumentiert, sondern etwa in Wikis und über Social Media transparent und für Kolleg_innen anwendbar gemacht werden (vgl. ebd.).

> „Prozessorientierung zur Steuerung und systematischen Integration der Kopfarbeit in die Wertschöpfung einerseits und Kollektivierung von Wissen auf der Basis von Öffentlichkeit andererseits überschneiden sich in der konkreten Praxis und greifen oft ineinander. […] Die Unternehmen nutzen […] [den Informationsraum] auf der einen Seite dazu, Wissen zu kollektivieren, und auf der anderen Seite dafür, Kopfarbeit als einen objektiven Prozess zu organisieren, der nicht mehr vom individuellen Geschick des Einzelnen abhängig sein soll. Die wissenschaftlich-technischen Experten werden dadurch in ihren bisherigen Freiheitsgraden und Autonomiespielräumen eingeschränkt“ (Boes et al. 2016b, S. 143-144).

Beide von Boes et al. identifizierten Entwicklungstendenzen (vgl. Boes et al. 2016a, 2016b) bewirken eine Entwertung der Qualifikationen, Fähigkeiten und individuellen Leistungen der angestellten Akademiker_innen. Das Ziel der Unternehmen sei, „die Arbeit der wissenschaftlich-technischen Experten austauschbar“ und ihre individuellen Arbeitsleistungen „systematisch plan- und wiederholbar“ zu machen (Boes et al. 2016b, S. 144).

Die Beobachtungen von Mascha Will-Zoloch scheinen die Analysen von Boes et al. zu bestätigen (vgl. Will-Zoloch 2016, 2017). Will-Zoloch hat die Auswirkung der Verwendung von virtuellen Prototypen in der typischerweise von Ingenieur_innen übernommenen **Produktentwicklung** der Automobilindustrie untersucht. Die Studie bezieht sich auf vier Unternehmen der Branche, zwei Hersteller und zwei Zulieferer (vgl. Will-Zoloch 2016, S. 29). Durch die Virtualisierung und

globale Vernetzung wird eine Aufteilung des Entwicklungsprozesses auf Personen an verschiedenen Standorten weltweilt ermöglicht (vgl. ebd., S. 31-32). „Die Verfügbarkeit digitaler Daten und virtueller Prototypen erlaubt es, Entwicklungsarbeit in kleinere, beliebigere Teile zu untergliedern als zuvor, Routinearbeiten wie Simulationen und Berechnungen zu separieren und dann auf mehrere Individuen zu verteilen“ (ebd., S. 33). Die Virtualisierung und Globalisierung geht Will-Zoloch zufolge mit einer gezielt verfolgten Standardisierung der Arbeit von Produktentwicker_innen einher (vgl. ebd., S. 36). „Treibende Kraft ist dabei das Management, das verteilte Prozesse auf einheitliche Weise, am besten im globalen Maßstab, kontrollieren und steuern möchte. Um das zu gewährleisten, wird versucht, Abläufe weltweit anzugleichen“ (ebd.). Um die Einheitlichkeit der Arbeit über verschiedene Standorte hinweg zu ermöglichen, wurden einerseits enorme Dokumentationspflichten und andererseits restriktive Vorgaben zu den Vorgehensweisen eingeführt (vgl. ebd., S. 36-37). Um „die Arbeitsteilung zu erhöhen, wird versucht, eine Kodifizierung von Wissen voranzutreiben […]. Eine vom Erfahrungswissen […] der einzelnen Beschäftigten unabhängige Form des Wissens ist das Ziel“ (ebd., S. 37). In den betrachteten Fällen sollte die Verwendung einer digitalen Technologie durch Standardisierung zur Entwertung des spezifischen Wissens und der Kompetenzen von Ingenieur_innen eingesetzt werden, wobei die Idee dahinter nicht die war, künftig geringer qualifizierte Arbeitnehmer_innen einsetzen zu können, sondern die, die Arbeit auf Ingenieur_innen in Ländern mit niedrigerem Lohnniveau zu übertragen. Will-Zoloch zufolge basiert das Bestreben, das zur erfolgreichen Produktentwicklung benötigte Wissen zu standardisieren, auf der fehlgeleiteten Annahme, menschliches Wissen könne „vom menschlichen Körper extrahiert und für die globale Verteilung wissensintensiver Arbeit genutzt werden“ (ebd.). Die Autorin merkt an, dass das entsprechende Vorgehen bisher nicht die gewünschte problemlose globale Arbeitsteilung ermöglicht, sondern zu starken Autonomieverlusten für die Beschäftigten geführt hat (vgl. ebd.).

Unter dem Strich passen die hier referierten Befunde zur Entwicklung akademischer Tätigkeiten in der Industrie recht gut zu den Ergebnissen der Sozialstrukturanalyse (vgl. Kapitel 4.3.2). Aufwertung und allgemein Anteilsgewinne an der Gesamtbeschäftigung in der Industrie scheinen ungebrochene Trends zu bilden. Gleichwohl verweisen verschiedene Studien auf neue, mit 4.0-Technologien verbundene Risiken in Form von betrieblicher Herrschaft und teilweise auch der Standardisierung von Arbeit. Die Reichweite sowie zu erwartende Effekte auf sozialstruktureller Ebene sind einstweilen unklar.

5.2.5 Baugewerbe

Angesichts der Vormachtstellung der Industrie wird häufig nicht beachtet, dass auch noch andere Branchen zum Sekundärsektor zählen. Dabei mögen Bergbau, Energie- und Wasserversorgung mit Blick auf die Beschäftigtenzahlen zu vernachlässigen sein, aber dem Baugewerbe werden immerhin beinahe 2,5 Millionen Erwerbstätige zugerechnet (vgl. Destatis 2018, S. 359). Andererseits sind die Unternehmen der Branche neben den landwirtschaftlichen Betrieben die am wenigsten digitalisierten in der deutschen Wirtschaft (vgl. Arntz et al. 2018, S. 23). Auch geht die Diffusion digitaler Technologien im Baugewerbe vergleichsweise langsam voran (vgl. ebd., S. 24).

In der Studie von Arnold et al. geben lediglich 31 Prozent der Arbeitnehmer_innen in Bauberufen an, vom digitalen Wandel betroffen zu sein, was dem niedrigsten Wert von allen Branchen entspricht (vgl. Arnold et al. 2016b, S. 10).

In der Bauwirtschaft kommen aber durchaus digitale Technologien zum Einsatz. Gerhard Syben nennt beispielhaft GPS und Sensorik zur Maschinensteuerung, RFID „zur Personaldatenerfassung und Baustellensicherung" (Syben 2018, S. 196), digitale Kommunikationsmittel und Bauplanung mittels CAD (vgl. ebd.). Immerhin 59 Prozent der Beschäftigten nutzen während der Arbeit Informations- und Kommunikationstechnologien (vgl. Arnold et al. 2016b, S. 27). Bei technischen und kaufmännischen Angestelltentätigkeiten in der Planung, Vorbereitung, Abwicklung und Abrechnung von Bauprojekten ist die Verwendung von Computern heute wie in allen Branchen der Normalzustand (vgl. Syben 2014, S. 61-63). Dagegen ist die Arbeit auf den Baustellen selbst kaum digitalisiert. Im Gegensatz zur Industrie ist im Bauwesen mittelfristig auch keine Automatisierung der Produktion zu erwarten, weil es bisher keine ausgereifte „den Dimensionen von Bauwerken entsprechend ausgelegte und an die Einsatzbedingungen auf Baustellen angepasste Fertigungstechnologie" (Syben 2018, S. 198) gibt. Entsprechend ist der Analyse von Dengler und Matthes zufolge unter den Bauberufen der Anteil automatisierbarer Tätigkeiten am niedrigsten bei Angelernten, die ausschließlich auf den Baustellen arbeiten, während er bei Fachkräften und Spezialist_innen etwas höher liegt, weil deren Aufgabenbereich Planung und Berechnungen umfasst, die von Computern übernommen werden können (vgl. Dengler/Matthes 2015a, S. 16). Lediglich in der Vorfertigung einzelner Komponenten kommt automatisierte Produktionstechnik zum Einsatz (vgl. ebd.; Hardin/McCool 2015, S. 29; Schreyer 2016, S. 53-55). In Zukunft könnte der 3D-Druck eine mögliche Automatisierungstechnologie im Bau darstellen (vgl. Patscha et al. 2017, S. 41; Hardin/McCool 2015, S. 30).

In der aktuellen Diskussion um die Digitalisierung ist mit dem Begriff ‚Bauen 4.0' primär *Building Information Modeling* (BIM) gemeint, das Syben zufolge die zentrale digitale Zukunftstechnologie der Branche darstellt und mit großen Erwartungen für die Qualität der Planung und Erstellung von Bauwerken verbunden ist (vgl. Syben 2018, S. 196).

> „Building Information Modeling (BIM) ist eine Planungsmethode im Bauwesen, die die Erzeugung und die Verwaltung von digitalen virtuellen Darstellungen der physikalischen und funktionalen Eigenschaften eines Bauwerks beinhaltet. Die Bauwerksmodelle stellen dabei eine Informationsdatenbank rund um das Bauwerk dar, um eine verlässliche Quelle für Entscheidungen während des gesamten Lebenszyklus zu bieten; von der ersten Vorplanung bis zum Rückbau" (NBIMS, zit. n. Egger et al. 2013, S. 18).

In der Literatur wird von BIM erwartet, dass einzelne Tätigkeiten in der Planung und Organisation vereinfacht oder automatisiert werden können: „Grundrisse, Ansichten und Schnitte sowie Stücklisten oder Mengenauszüge können direkt aus dem Modell generiert werden […]. Das Gleiche gilt für das Leistungsverzeichnis […]. Materialbestellungen können automatisch ausgelöst werden" (Syben 2018, S. 198; vgl. Pilling 2016, S. 66-67; Hausknecht/Liebich 2016, S. 33). Andererseits führt die Technologie wahrscheinlich zur Entstehung neuer Aufgaben sowohl technischen als auch organisatorischen Zuschnitts (vgl. Egger et al. 2013, S. 30-31; Hausknecht/Liebich

2016, S. 174; Pilling 2016, S. 173-175; Eichler 2016, S. 17). Im BIM-Leitfaden des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung wird zum Beispiel auf die herausragende Bedeutung der neuen Rolle des ‚BIM-Managements' spekuliert, das „die Einhaltung und ständige Weiterentwicklung der BIM-Projektstandards" (Egger et al. 2013, S. 31) garantieren soll. Die Einführung von BIM in Bauunternehmen wird mit tendenziell höheren Qualifikationsanforderungen in Verbindung gebracht (vgl. Pilling 2016; Egger et al. 2013; Syben 2018).

> „Zu den Anforderungen technischer Rollen zählen Qualifikationen und Spezialisierungen im Software-technischen Bereich (Datenbankmanagement, Programmierung, vertiefte fachspezifische Softwareanwendungen). Bei deorganisatorischen Rollen (Koordination, Management, Projektsteuerung) spielen BIM-Wissen, Projekterfahrung und Kommunikationsfähigkeit eine große Rolle" (Egger et al. 2013, S. 31).

Es gibt zwar zahlreiche Veröffentlichungen, die sich mit BIM befassen, jedoch ist Syben (2016, 2018) eigenen Angaben zufolge der Erste, der die Auswirkungen der Technologie auf die Arbeit im Baugewerbe empirisch untersucht hat. Syben hat im Rahmen einer explorativen Studie fünf Expert_innen befragt (vgl. Syben 2016), weist aber auf die Übereinstimmungen zwischen Literatur und Expertenmeinungen hin und warnt vor einem möglichen Zirkelschluss. Die Ergebnisse seien eher als Hypothesen denn als belastbare Befunde zu werten (vgl. Syben 2018, S. 199-200). Die befragten Expert_innen bestätigen, dass BIM das Potenzial hat, in der Planung von Bauvorhaben Routinetätigkeiten zu substituieren. Durch die Entlastung könnten sich die Ingenieur_innen auf übergeordnete, ingenieursspezifische Aufgaben konzentrieren (vgl. ebd., S. 200). Ein Abbau von Arbeitsplätzen sei nicht zu erwarten. Vielmehr scheint BIM die Aufwertung der hochqualifizierten Planungsarbeit zu ermöglichen. Das digitale Gebäudemodell erfordere frühzeitig eine intensive Auseinandersetzung mit dem Projekt. Die verbesserte Datengrundlage ermögliche eine qualitativ hochwertige Risikoabschätzung. Die Notwendigkeit fachkompetenten Beurteilungsvermögens bleibe dadurch unberührt (vgl. ebd.; auch Hardin/McCool 2015).

> „Den Experten zufolge wird BIM also keinesfalls qualifizierte Ingenieurarbeit ersetzen. Es wird im Gegenteil erwartet, dass auch und gerade bei Anwendung der BIM-Methode eine gründliche bauspezifische Fachkompetenz die Grundlage der Arbeit bleibt. BIM gilt als ein Instrument, das qualifizierten Ingenieuren und Ingenieurinnen Freiräume für die eigentlichen Ingenieurtätigkeiten eröffnen soll, statt sie mit dem Erledigen routinehafter Rechenaufgaben zu beschäftigen" (Syben 2018, S. 200).

Die befragten Expert_innen halten eine Umstrukturierung der Aufgabenverteilung in den Bauunternehmen ebenso für möglich wie die Entstehung neuer Koordinations- und Steuerungstätigkeiten in der Planung. Voraussichtlich komme es dadurch aber nicht zur Schaffung neuer Stellen, sondern lediglich zur Erweiterung und Verschiebung von Aufgabenbereichen (vgl. Syben 2018, S. 201). Neben den Planungsabteilungen könnte BIM auch die Bauleitung unterstützen. Dank der verbesserten Planungsqualität müsse sie keine Planungsfehler mehr ausgleichen und könne sich auf ihre Koordinations- und Steuerungsfunktion besinnen (vgl. ebd.). „Insgesamt erwarten die befragten Experten, dass die Bauleitung durch BIM erheblich entlastet wird und Zeit

gewinnt, sich um ihre Baustellen zu kümmern“ (ebd.). Außerdem würden Bauleitung und Fachkräfte auf der Baustelle von Administrationsarbeit wie Bestellungen oder Rechnungen befreit, da diese direkt im BIM-Modell erzeugt werden könnten (vgl. ebd.).

Die Verbreitung von BIM verlaufe in der deutschen Bauwirtschaft eher schleppend, was mit der kleinteiligen Betriebsstruktur der Architekturbüros zusammenhänge, „die als Schlüsselakteure der Bauplanung eigentlich Treiber der BIM-Anwendung sein müssten“ (ebd., S. 201; vgl. Borowietz 2015, S. 67). In den Bauunternehmen gelte die Technologie jedoch „über kurz oder lang als alternativlos“ (Syben 2018, S. 201), was in Zukunft Qualifizierungsmaßnahmen für die Beschäftigten erforderlich machen werde (vgl. ebd., S. 201-202).

Alles in allem gibt es zum Baugewerbe kaum empirische Studien zur Digitalisierung, die gleichzeitig zu wenig belastbaren Aussagen über deren Effekte für soziale Ungleichheit anregen.

5.2.6 Zwischenfazit Industrie

Heterogene und strukturkonservative Digitalisierung

Der Vorstellung, die Digitalisierung führe im Sinne einer ‚Vierten industriellen Revolution‘ (vgl. Schwab 2016) zu disruptiven Veränderungen, wurde oft widersprochen (vgl. Hirsch-Kreinsen 2018a; Butollo et al. 2017; Göcking et al. 2017). Digitale Technologien werden zumeist kleinschrittig eingeführt und in bestehende betriebliche Organisationsstrukturen integriert (vgl. Hirsch-Kreinsen 2018a). Im Ergebnis zeigt unsere Literaturstudie zudem, dass sowohl der gegenwärtige Umsetzungsstand der Industrie 4.0 als auch die künftigen Implementierungsvorhaben in der deutschen Industrielandschaft enorm heterogen sind (vgl. Hirsch-Kreinsen 2018a; Spöttl et al. 2016). Selbst, wenn sich die Auswirkungen digitaler Technologien eindeutig diagnostizieren ließen – was freilich nicht der Fall ist –, beträfen diese Diagnosen nur einen Bruchteil industrieller Arbeit in Deutschland. Zudem ist bisher noch unklar, welche Technologien in Zukunft entwickelt und eingesetzt werden und unter welchen Bedingungen die Implementierung erfolgt (vgl. Dworschak/Zaiser 2016; vgl. auch Hammermann/Stettes 2016, S. 14, 16).

Unzureichende Empirie

In vielen Fällen beschränkt sich die Empirie auf die Befragung wissenschaftlicher und betrieblicher Expert_innen, wodurch die Prognosen zwangsläufig von deren persönlicher Technikvision und von eigenen Umsetzungserfahrungen geprägt sind (vgl. Pfeiffer et al. 2016). Bisher gibt es zu wenig empirische Forschung zu den Auswirkungen implementierter digitaler Technologien (vgl. Pfeiffer et al. 2015). Es sind zwar durchaus zahlreiche Fallstudien durchgeführt worden, jedoch keine systematische Erforschung über Betriebs- und Branchengrenzen hinweg (mit Ausnahme vielleicht von Hirsch-Kreinsen 2018a). Eine Bündelung der vorliegenden Einzelstudien kann den koordinierten Zugang offenbar nicht ersetzen.

Allgemeine Prognosen zur Entwicklung von Qualifikationen und Tätigkeiten im Zuge der Digitalisierung der Industrie können also nicht empirisch gedeckt werden. Für eine umfassende empirische Forschung mag der Umsetzungsstand in Deutschland auch nicht weit genug fortgeschritten sein (vgl. Abel 2018; Ahrens/Spöttl 2015).

Vielfältige Prognosen

Sowohl die prognostizierten Auswirkungen der Industrie 4.0 auf Arbeit in der Industrie als auch die empirisch festgestellten Konsequenzen bereits implementierter digitaler Technologien decken das Spektrum zwischen rigider Steuerung, Dequalifizierung und Polarisierung auf der einen und Autonomiegewinnen, höheren Qualifikationsanforderungen und Aufwertung auf der anderen Seite ab. Einige Fallstudien haben deutlich gezeigt, dass die großen Upgradingversprechen aus dem Umfeld der *Plattform Industrie 4.0* nicht ohne weiteres zutreffen werden (vgl. Windelband et al. 2010; Ehrlich et al. 2017; Butollo et al. 2017; Gaus et al. 2017; Wienzek/Virgillito 2018). Andererseits gibt es durchaus Fälle, in denen digitale Technologien eine qualifikatorische Aufwertung bewirkt haben (vgl. Hirsch-Kreinsen 2018a, S. 15; Ittermann et al. 2016, S. 33-34; Löhrer et al. 2018, S. 81; Senderek 2018, S. 97-99).

Gestaltungsoffenheit

Was die Literaturstudie also zeigt, ist, – um das Lamento des Feldes zu wiederholen, – dass die Auswirkungen digitaler Technologien auf die industrielle Arbeit in alle Richtungen gehen können. Technik kann zur Substitution, Kontrolle und Standardisierung menschlicher Arbeit genutzt werden. Sie kann aber auch dezentrale Entscheidungsspielräume eröffnen, umfassende Kenntnisse und höhere Qualifikationen für die erfolgreiche Arbeit notwendig machen.

Moderate Polarisierungshinweise

Eingedenk dieser systematischen Probleme bieten die untersuchten Studien dennoch einige Hinweise auf den Zusammenhang des digitalen Strukturwandels in der Industrie mit der Entwicklung sozialer Ungleichheit nach dem Polarisierungsschema. Zum einen finden einige Studien deutliche Hinweise auf betriebliche Polarisierungsprozesse. Zum anderen lassen sich in der Gesamtschau auch selektive Befunde zu Auf- und Abwertungsdynamiken auf aggregierter Ebene als Indikatoren möglicher Polarisierungsprozesse lesen: Gibt es an einigen Stellen Auf-, an anderen Abwertung, so fügen sich diese beiden Entwicklungen zusammengenommen in das Bild der Polarisierung. Empirische Zusammenhänge, Reichweite und Bedeutung dieser Vektorlogiken für gesamtgesellschaftliche Ungleichheit sind einstweilen freilich vollkommen unklar.

5.3 Tertiärer Sektor

Im Jahr 2017 waren beinahe 33 Millionen Erwerbstätige in Deutschland im tertiären Sektor beschäftigt (vgl. Destatis 2018, S. 359). Das entspricht einem Anteil von etwa 75 Prozent aller Erwerbstätigen. Trotz der zentralen Bedeutung des Dienstleistungsbereichs für die Betrachtung

der Arbeit in Deutschland gibt es nicht annähernd so viele Veröffentlichungen, die sich mit der Digitalisierung von Dienstleistungen auseinandersetzen, wie solche, die sich auf Arbeit in der Industrie 4.0 beziehen (vgl. Krings 2018, S. 170; Boerner et al. 2016, S. 21).

Entgegen der vermeintlichen Rationalisierungsresistenz ist im Rahmen der Digitalisierung erstmals von einer systematischen Transformation tertiärer Arbeit durch Technologie die Rede (vgl. Staab 2017, S. 208; Staab/Nachtwey 2016; Krings 2018; Nierling 2018; Boes et al. 2013, 2016a, 2017). Die Digitalisierung des Dienstleistungssektors wird allerdings häufig ebenso technikzentriert und euphorisch besprochen wie auch die der Industrie. So ist in Veröffentlichungen zum Förderprogramm *Smart Service Welt* des BMWi etwa von der Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung und des Gesundheitssektors die Rede, ohne dass jemals auf mögliche Konsequenzen für Arbeitnehmer_innen eingegangen wird (vgl. BMWi 2017; iit 2018; acatech 2018). Der Literaturstand zur Entwicklung tertiärer Arbeit ermöglichte zum Zeitpunkt unserer Untersuchung keine umfassende Betrachtung. Es gibt zwar zahllose Veröffentlichungen zur Digitalisierung, allerdings häufig mit wenig empirischer Unterfütterung oder von unserer Fragestellung abweichender Schwerpunktsetzung. Wir haben uns schließlich entschieden, unsere Darstellung der Befunde zum tertiären Sektor an der vorhandenen Literatur auszurichten, was eine Gruppierung nach Branchen anzeigte. Zunächst gehen wir allerdings noch auf einige branchenübergreifende Umfragen zur Digitalisierung von Dienstleistungsbetrieben ein.

5.3.1 Branchenübergreifende Studien zum Dienstleistungssektor

Im Jahr 2015 hat die ver.di im Rahmen ihres jährlichen Innovationsbarometers 772 in der Gewerkschaft organisierte Mitbestimmungsakteur_innen zu digitalen Innovationen befragt. Dabei haben 82 Prozent der Befragten angegeben, dass die Qualifikationsanforderungen in ihrem Betrieb im Zuge der Digitalisierung gestiegen sind (vgl. Roth 2015, S. 12). Die Autorin der Studie deutet dieses Ergebnis als Hinweis auf „einen Anstieg der Nachfrage nach hochqualifizierten Beschäftigten“, „wobei gleichzeitig mit einem Rückgang einfacher Tätigkeiten zu rechnen“ sei (ebd.). Sie kritisiert die unzureichenden Freiräume in vielen Dienstleistungsbetrieben. Lediglich ein knappes Fünftel der Befragten war der Ansicht, „die Beschäftigten verfügten in ihren Aufgabenbereichen über ausreichende Handlungs- und Entscheidungsspielräume, um neue Ideen entwickeln und ausprobieren zu können“ (ebd., S. 31-32). Hinsichtlich der Beschäftigungsverhältnisse gaben 37 Prozent an, dass die Beschäftigungsunsicherheit zugenommen hat. 34 Prozent erklärten, es habe ein Beschäftigungsabbau aufgrund von digitalen Innovationen stattgefunden. Dagegen hat in den Betrieben von 25 Prozent der Befragten ein Beschäftigungszuwachs stattgefunden und bei 38 Prozent gab es keine Veränderung (vgl. ebd., S. 15).

Eine ganz ähnliche Umfrage hat im Jahr 2016 die Arbeitnehmerkammer Bremen durchgeführt: Es wurden 183 Betriebs- und Personalrät_innen aus größtenteils kleinen und mittleren Unternehmen hinsichtlich der Auswirkungen der Digitalisierung befragt, wobei etwa 70 Prozent der Unternehmen dem Dienstleistungssektor zuzuordnen waren (vgl. Weise 2017, S. 50). Drei Viertel der Befragten gaben an, dass sich das Qualifikationsniveau bisher nicht verändert habe, allerdings erwarten zwei Drittel in Zukunft steigende Anforderungen (vgl. ebd., S. 52). Hinsichtlich

der Frage, Tätigkeiten welchen Qualifikationsniveaus vornehmlich von der Digitalisierung betroffen sind, erlaubt die Studie keine klare Aussage. Einfache und komplexe Tätigkeiten halten sich bei den Antworten etwa die Waage (vgl. ebd.). Beinahe die Hälfte der befragten Betriebs- und Personalrät_innen sagte aus, dass in ihren Unternehmen „IT-Systeme zum Einsatz kommen, die den Arbeitstakt beziehungsweise die Arbeitsschritte vorgeben" (ebd., S. 51). Allerdings verneinen 90 Prozent die zentrale Steuerung betrieblicher Prozesse durch die Software (vgl. ebd.) und 85 Prozent bestreiten, dass die Steuerungssysteme autonom handeln (vgl. ebd., S. 52). „Es wird zwar zum überwiegenden Teil davon ausgegangen, dass der Grad der Digitalisierung der Arbeit auch in der Dienstleistung stetig zunimmt, dass die eingesetzten Systeme aber noch keine Autonomie über die Beschäftigten erlangt haben" (ebd., S. 53). Etwa einem Viertel der Befragten zufolge werden die im Betrieb aufgezeichneten Daten zur Leistungs- und Verhaltenskontrolle der Beschäftigten verwendet (vgl. ebd., S. 52). Die eher moderaten Studienergebnisse kommen dem Autor zufolge auch dadurch zustande, dass ein großer Anteil der Befragten „den Bereichen öffentlicher Dienst, Gesundheit / Soziales, Kultur und Bildung et cetera zuzuordnen ist" (ebd., S. 53), in denen die Digitalisierung im Vergleich zu Einzelhandel und Finanzwesen eher langsam vonstattengeht (vgl. ebd.).

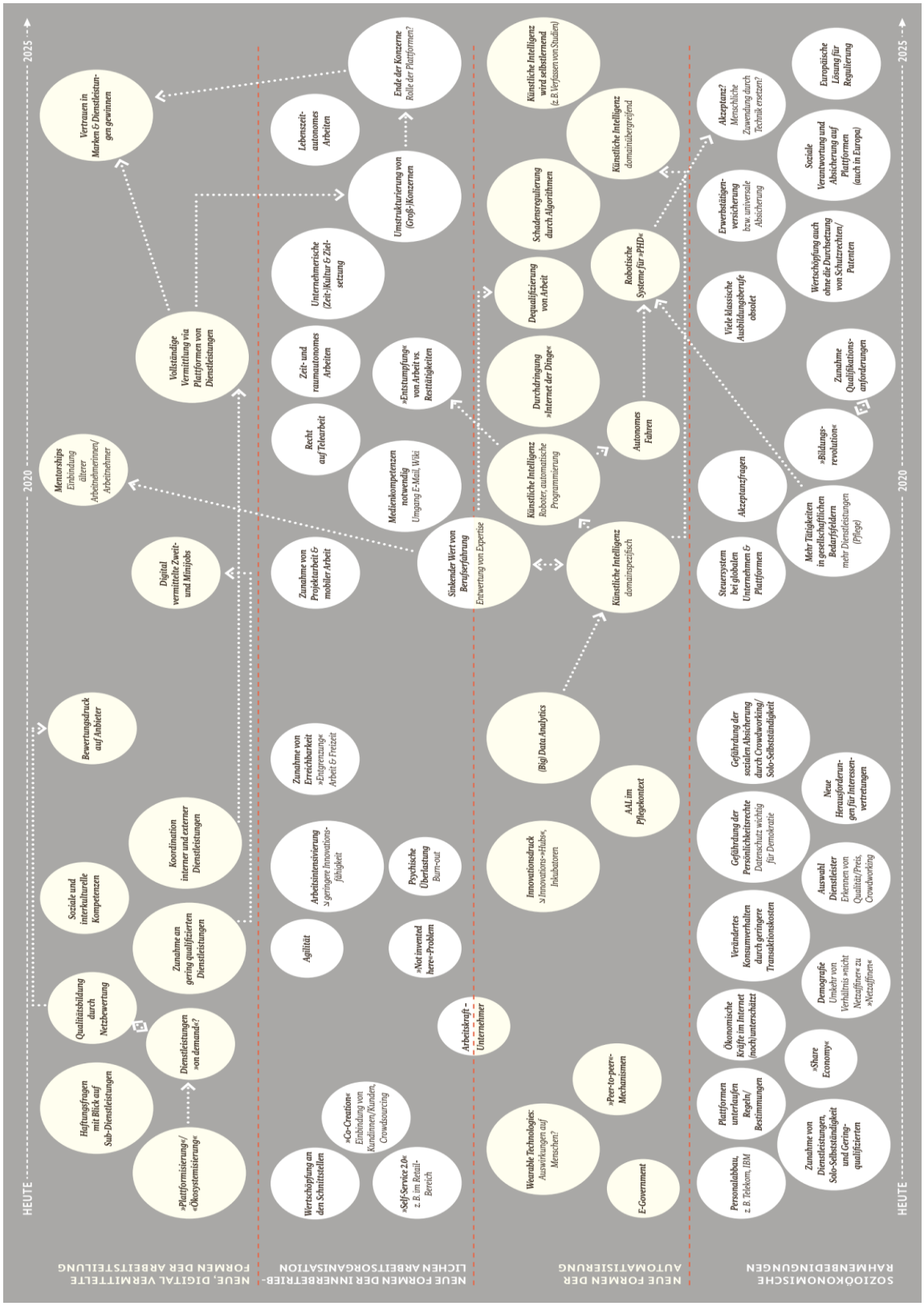
In der Foresightstudie *Digitale Arbeitswelt* für das BMAS haben Apt et al. (2016a) basierend auf einer Literaturanalyse und Experteninterviews eine Roadmap für die mögliche Entwicklung des Dienstleistungssektors innerhalb der kommenden Jahre aufgestellt (vgl. Abbildung 12). Den Autor_innen zufolge werden „um das Jahr 2020 vermutlich der Großteil aller Dienstleistungen auf die eine oder andere Weise ‚digitalisiert' sein" (ebd., S. 65; vgl. ebd., S. 66). Im Verlauf der Digitalisierung werde es zur „Automatisierung von Verwaltungs- und Bearbeitungsprozessen" (ebd., S. 65) in allen Branchen kommen. Intelligente Algorithmen würden „bis zum Jahr 2020 auf breiter Front" (ebd.) tertiäre Routinetätigkeiten substituieren. Betroffen seien davon etwa Prüfleistungen bei Versicherungen (vgl. ebd., S. 66).

> „Bei den bisher von Menschen erbrachten Tätigkeiten – in erster Linie wird dies nach der hier vorgenommenen Einschätzung auf mittlere Qualifikationsprofile zutreffen – führt dies zwar zu einer Entlastung von Routinetätigkeiten, aber andererseits auch zu einem verstärkten Auftreten von Restarbeiten (zum Beispiel das Einscannen von Akten), die aus Kosten- oder technischen Gründen nicht automatisiert werden können." (Apt et al. 2016a, S. 66).

Bis zum Jahr 2025 erwarten Apt et al., dass „auch anspruchsvolle und domänenübergreifende Aufgabenstellungen (teil-)automatisiert ausgeführt werden können" (ebd.). So könnten etwa Abschnitte wissenschaftlicher Studien künftig durch künstliche Intelligenzen erstellt werden (vgl. ebd.). Aufgrund der fortschreitenden Automatisierung werde es zu einem Nettoarbeitsplatzabbau in einigen traditionellen Dienstleistungsbranchen kommen, der aber voraussichtlich durch Wachstum anderer Bereiche ausgeglichen werde: „[W]achsen werden mittelfristig voraussichtlich insbesondere die digital gestützten, wissensintensiven ‚Smart Services'" (ebd., S. 68). Die Automatisierung von Dienstleistungen bedinge eine „Entwertung von bestimmten Berufserfahrungen" (ebd., S. 65): „Ein Teil des Wissens muss nicht mehr vorgehalten und aktualisiert werden, sondern wird fallweise aus spezifischen Quellen und/oder Big Data ‚erzeugt'"

(ebd., S. 66). Insgesamt rechnen die Autor_innen allerdings mit neuen und tendenziell höheren Qualifikationsanforderungen (vgl. ebd.), denen mit einer ‚Bildungsoffensive' begegnet werden müsse (vgl. ebd., S. 68).

Abbildung 12: Roadmap zur zukünftigen Entwicklung der Dienstleistungsbranche im Kontext digitaler Arbeit bis 2030



Quelle: Apt et al. 2016b, S. 38-39

5.3.2 Handel

Der Handel ist gemessen an der Anzahl der Erwerbstätigen die größte Dienstleistungsbranche der deutschen Wirtschaft. Im Jahr 2017 waren im Handel beinahe 6 Millionen Beschäftigte tätig (vgl. Destatis 2018, S. 359). Es kann zwischen Groß- und Einzelhandel differenziert werden. Während der Großhandel an Wiederverkäufer_innen verkauft, also etwa an Einzelhändler_innen, Betriebe des verarbeitenden Gewerbes sowie Unternehmen und Institutionen, sind die Kund_innen des Einzelhandels vornehmlich private Haushalte. Die Handelsbranche gilt als besonders stark von der Digitalisierung betroffen (vgl. Bughin et al. 2018; Roth 2015; Roth et al. 2015; Weise 2017).

Im Rahmen des Projekts *ProMit – Betriebliche Mitbestimmung als Promotor der beruflichen Weiterbildung* hat die ver.di Baden-Württemberg eine Studie in Auftrag gegeben, in der auf Basis von Literaturrecherchen und Experteninterviews mit Betriebsrät_innen diverse Digitalisierungstrends herausgearbeitet wurden (vgl. Roth et al. 2015). Die Digitalisierung präge den Handel vor allem durch den Einsatz neuer Arbeitstechnologien sowie die Entstehung neuer Geschäftsmodelle, was

> „weitreichende Implikationen für die Arbeitssituation und Beschäftigung in den Unternehmen [hat], denn neue Technologien bei den Arbeitsmitteln und sich verändernde Geschäftsmodelle gehen mit veränderten Qualifikationsanforderungen, Aufgabenzuschnitten, Personalbedarfen und Beanspruchungskonstellationen der Beschäftigten einher“ (Roth et al. 2015, S. 79).

Als zentrale digitale Arbeitstechnologie im Handel identifizieren die Autor_innen zunächst umfassende **digitale Warenwirtschaftssysteme** (vgl. ebd., S. 72). Außerdem werde die **RFID-Technologie** in Zukunft vermehrt eingesetzt werden, nachdem die Verbreitung im Einzelhandel in den vergangenen Jahren eher langsam angelaufen ist (vgl. ebd.). In den Filialen stehe die **Technisierung der Kassensysteme** bis hin zur vollständigen Automatisierung des Bezahlvorgangs durch Selbstbedienungskassen oder RFID im Fokus der Unternehmen (vgl. ebd., S. 74). In Zukunft können Kund_innen die Waren möglicherweise selbst einscannen und per *Mobile Payment* zahlen, wobei entsprechende Projekte in Deutschland bisher kaum umgesetzt würden (vgl. ebd., S. 75).

Für die Geschäftsmodelle der Handelsbranche sei vor allem der stetig wachsende **E-Commerce** von Bedeutung (vgl. ebd., S. 75). Die Verbreitung von AR-Technologien könnte insbesondere im Modesegment und in der Möbelbranche ein digitales ‚Ausprobieren‘ der Produkte ermöglichen und damit den Onlinehandel noch weiter vorantreiben (vgl. ebd., S. 77). Staab und Nachtwey weisen darauf hin, dass sich im Zuge der Expansion „des Warenhandels im Internet[…] Prozesse der Arbeitsorganisation etabliert [haben], die sich vom stationären Einzelhandel stark unterscheiden“ (Staab/Nachtwey 2016, S. 25). Die Autoren interpretieren diesen Umstand als Hinweis auf den fundamentalen Wandel einer etablierten Branche durch neue Organisationsmodelle und Arbeitsprozesse (vgl. ebd.). Zumeist wird die Auffassung vertreten, der Anteil des *E-Commerce* am Handel werde in den kommenden Jahren weiter steigen (vgl. Seidenschwarz et al.

2015; Weinfurtner et al. 2016). Dagegen zeichnen sich Dalichau und Kärgel zufolge Sättigungstendenzen ab und die Autor_innen betonen den nach wie vor großen Anteil des stationären Handels (vgl. Dalichau/Kärgel 2017, S. 58; vgl. auch Seul 2015).

Roth et al. zufolge müssen Handelsunternehmen vermehrt auf eine **Multi-Channel-Strategie** setzen, um Kund_innen sowohl online als auch offline einzubinden (vgl. Roth et al. 2015, S. 77). Die Autor_innen identifizieren einen deutlichen Trend zur Verknüpfung von CRM-Daten aus dem mobilen und dem Onlinebereich mit Offlinevorgängen, um die Vermarktungsleistung und Kundenbindung zu intensivieren: „Dies ermöglicht eine personalisierte Kundenansprache, die im Handel vielfältige Möglichkeiten bietet, um die Ergebniswirksamkeit und Kosteneffizienz von Impuls-/Aktionsvermarktung, Kundenbindungsprogrammen und Standortmarketing zu steigern“ (ebd., S. 73; vgl. auch S. 76). Ein weiterer Technologietrend sei der Einsatz von mobilen Assistenzleistungen zur Beeinflussung des Einkaufserlebnisses der Kundschaft in der Offlinewelt: „Beispiele hierfür sind Serviceapplikationen zur Planung des Einkaufs nach Kundeninteressen, interaktive Beratung und personalisierte Einkaufstipps, Instore Navigation, digitale Steuerung von Abhol- und Lieferoptionen sowie neue, mobile Zahlungsoptionen“ (ebd.). Laut einer Umfrage des EHI Retail Institute im Jahr 2015 hielten 63 Prozent der Händler die Verbindung von Online- und Offlinehandel zu einer Multi-Channel-Strategie für die wichtigste digitale Entwicklung im Handel (vgl. Roth 2015, S. 22).

Die Beratungsfirma McKinsey prognostiziert dem Handel eine dramatische Transformation durch die Digitalisierung. In den USA würden sich automatische Kassen verbreiten, Algorithmen die Nachfrage vorhersagen, Sensoren das Inventarmanagement unterstützen und Roboter die Regale befüllen (vgl. Bughin et al. 2018, S. 24). In der Veröffentlichung wird nicht ersichtlich, ob die Berater_innen für Deutschland eine entsprechende Entwicklung erwarten. Laut McKinsey werden bis 2030 vor allem Arbeitsplätze abgebaut, bei denen körperliche und manuelle Fähigkeiten gefragt sind, etwa in der Logistik und bei Räumarbeiten in den Geschäften und Lagern (vgl. ebd., S. 34). Außerdem seien insbesondere Kassierer_innen und Bürobeschäftigte vom Stellenabbau betroffen (vgl. ebd., S. 34-35). Dagegen sei ein Anstieg an Arbeitsplätzen in den Bereichen Kundenservice, Management und IT zu erwarten. Im Zuge der Digitalisierung würden vor allem kreative und soziale sowie technische Qualifikationen nachgefragt (vgl. ebd.).

Einer Betriebsrätebefragung der ver.di zufolge haben digitale Innovationen im Handel bei 75 Prozent der Befragten zu einer Erhöhung der Qualifikationsanforderungen geführt (vgl. Roth 2015, S. 24). Gleichzeitig wurden in den Unternehmen von 53 Prozent Stellen abgebaut und 56 Prozent gaben an, die Arbeitsverhältnisse seien unsicherer geworden. Dagegen hat die Beschäftigung in den Betrieben eines Viertels der Befragten zugenommen (vgl. ebd.).

Marion Salot weist darauf hin, dass bereits die Verbreitung von Scannerkassen seit den 1980er-Jahren zur qualifikatorischen Entwertung des Berufs der Kassierer_in geführt hat: „Hierdurch können auch angelernte Beschäftigte und Hilfskräfte Kassierarbeiten übernehmen. Vielfach wird auch gerade an der Kasse zunehmend auf Leiharbeitsbeschäftigte zurückgegriffen“ (Salot 2017,

S. 49). Heute kämen zunehmend Selbstbedienungskassen zum Einsatz. Neben Ikea plane auch das Modeunternehmen Zara deren Einführung (vgl. ebd.). Sobald die Kosten für RFID-Chips weit genug gesenkt würden, um die Technologie flächendeckend einzusetzen, seien 75 Prozent der Arbeitsplätze im Kassenbereich gefährdet (vgl. ebd., S. 49-50). In naher Zukunft ist Salot zufolge die weite Verbreitung digitaler Preisschilder zu erwarten, sodass keine menschliche Leistung für Druck und Verteilung von Preisschildern mehr notwendig ist (vgl. ebd., S. 49). Außer dem Kassieren und der Warenauszeichnung könnten auch die Tätigkeiten des Verpackens automatisiert werden und selbst die Beratung sei durch Onlineangebote auf dem Smartphone substituierbar (vgl. ebd.). Der Onlinehandel und die ständige Verfügbarkeit von Produktinformationen im Internet mache die Kundenberatung ohnehin teilweise überflüssig (vgl. ebd., S. 50). „Der Digitalisierungsprozess hat also in dieser Branche insbesondere hinsichtlich der Kassiertätigkeiten Dequalifizierungstendenzen forciert“ (ebd.). Salot zufolge streben die Einzelhandelsunternehmen in Reaktion auf den Kostendruck durch E-Commerce „eine schlanke, flexible und kostengünstige Personalstruktur an“ (ebd.). Vollzeitstellen würden gestrichen und stattdessen Leiharbeitskräfte, Teilzeitbeschäftigte und Minijobber_innen eingesetzt (vgl. ebd.).

In der *ProMit*-Studie übertragen Roth et al. (2015) die Szenarien von Automatisierung und Spezialisierung, die Windelband und Spöttl (2011) als Entwicklungstendenzen in der Industrie identifiziert haben, auf den Handel. Sie diagnostizieren ein Auseinanderdriften der Branche in Discounthandel einerseits, der zum Automatisierungsszenario tendiere, und Premiumhandel andererseits, bei dem das Spezialisierungsszenario näher liege (vgl. Roth et al. 2015, S. 81).

Im Discounthandel – betroffen seien etwa Textileinzelhandel und Lebensmittelhandel – zeige sich die Tendenz zur Standardisierung und Zentralisierung von Aufgabenbereichen zur Kostenersparnis, wodurch die Kompetenzanforderungen für die Angestellten sinken. Zudem würden Arbeitsaufgaben vermehrt auf technische Hilfsmittel umgestellt, etwa bei Inventuren oder an der Kasse, oder gleich ganz automatisiert, etwa die Warenbestellung, wodurch es zu Stellenabbau kommen könne (vgl. ebd., S. 82). „Die Tätigkeiten wurden anforderungsärmer, da nur noch das Warenverräumen im Mittelpunkt der Tätigkeiten steht und weniger das Verkaufen“ (ebd.). Das Fachwissen ausgebildeter Verkäufer_innen werde zunehmend entwertet, da sich die Kundschaft auf digitalem Wege informieren kann:

> „Durch den zunehmenden Einsatz von digitalen Assistenzleistungen beim Einkauf über E-Commerce Plattformen oder mit Hilfe von Augmented Reality Technologien in der Filiale wird das Fachwissen der Verkäufer weniger bedeutsam. Die Kunden informieren sich über Social Media-Plattformen über Produkte und beraten sich gegenseitig. Die Meinung des eigenen Netzwerks gleichen Alters, ähnlicher Sozialisation und gleicher Interessen gewinnt dabei stark an Bedeutung. Hier werden ausgebildete Fachkräfte mengenmäßig weniger benötigt“ (Roth et al. 2015, S. 82).

Andererseits entstünden neue, anspruchsvolle Aufgaben im Zusammenhang mit neuen digitalen Arbeitsmitteln und IT-Systemen. So könne es durch den Einsatz von neuen Endgeräten in den Filialen oder die Verknüpfung von stationärem und Onlinehandel zu einer Tätigkeitsaufwertung

für die Beschäftigten kommen. Außerdem müssten Verkäufer_innen CRM-Management-Systeme bedienen und verwalten (vgl. ebd.).

Tabelle 6: Auswirkungen des Technologieeinsatzes im Groß- und Einzelhandel

Trend	Folgen für Arbeitsorganisation/-inhalte und Beschäftigung
IT-Systeme	▪ Anreicherung durch neue technologische Kompetenzen ▪ Wegfall einfacher Tätigkeiten, Rationalisierung ▪ Verringerung individueller Spielräume in der Arbeit ▪ Verringerung des Aufgabenspektrums durch Wegfall von Teilaufgaben ▪ Dequalifizierung ▪ Vom bzw. von der Verkäufer_in zum bzw. zur Warenräumer_in
Digitale Assistenzleistungen	▪ Wenige hochqualifizierte Tätigkeiten in der Erstellung der Systeme ▪ Wegfall von Beratungstätigkeiten beim Kunden bzw. bei der Kundin ▪ Customer-to-Customer-Kommunikation (Social Media) gewinnt an Bedeutung ▪ Entwertung von Fachwissen
Multi-Channel-Systeme	▪ Anreicherung durch technologische Kompetenzen (Tablet) ▪ Anreicherung weniger Tätigkeiten von technologischer Kompetenz zur Systemgestaltung
Vernetzung aller Verkaufskanäle	▪ Anreicherung durch Kompetenzen zum Management der unterschiedlichen Kanäle, z. B. CRM-Systeme
Kundenansprache außerhalb der stationären Geschäfte	▪ Starke Vereinheitlichung von Prozessen ▪ Verringerung von Handlungsspielräumen durch Standardisierung
Personalisierte Kundenansprache	▪ Anreicherung der Tätigkeiten durch kundenspezifische Produkte und Dienstleistungen
Premiumsegment mit Eventcharakter	▪ Wenige hochqualifizierte Verkäufer_innen im Premiumsegment ▪ Hohe Anforderungen durch hohe Interaktionskompetenz ▪ Hohe Anforderungen durch *Co-Creation* und Produktindividualisierung

Quelle: Eigene Darstellung nach Roth et al. 2015, S. 79

Dagegen ordnen Roth et al. das Segment des Premiumeinkaufs eher dem Spezialisierungsszenario zu, weil es für die Beschäftigten im Zuge der Digitalisierung zu einer Spezialisierung und Anreicherung der Tätigkeiten komme (vgl. ebd., S. 83). Neue Aufgaben seien etwa die „Co-Creation mit dem Kunden und Individualisierung der Produkte“ (ebd.), Identitätsmanagement, die Einbindung der Kund_innen in eine Community, die Arbeit auf Events und der Umgang mit In-Store-Technologien (vgl. ebd.). Dazu bedürfe es neuer Qualifikationen in den Bereichen Interaktion, Kommunikation und Kooperation (vgl. ebd.). Roth et al. merken an, dass diese Aufwertungstendenzen voraussichtlich nur eine kleine Zahl der Erwerbstätigen im Handel betreffen werden (vgl. ebd.).

Im Zuge der Digitalisierung würden in der Branche außerdem vermehrt technische Kompetenzen an Bedeutung gewinnen. Die Technisierung des Handels schreite voran, bargeldloses Bezahlen mit mobilen Endgeräten*, E-Commerce*, die Verknüpfung verschiedener Verkaufskanäle und die umfassende Auswertung von Kundendaten würden in Zukunft den Normalfall des Handelns darstellen (vgl. ebd.).

> „Die Entwicklung, Programmierung, Gestaltung und Pflege der Systeme stellt hohe Qualifikationsanforderungen an die Beschäftigten. Erforderliche Kompetenzen sind dabei Prozessgestaltungskompetenzen, Systemkompetenzen, Technikkompetenzen und Informationskompetenzen. Die Bedeutung und die Zahl dieser Beschäftigtengruppen werden steigen, allerdings wird die mengenmäßige Auswirkung auf Beschäftigtenzahlen eher einzelne Spezialistentätigkeiten betreffen“ (Roth et al. 2015, S. 84).

Zwar analysieren Roth et al. die Zunahme hochqualifizierter Arbeitsplätze im technischen Bereich als Aspekt des Spezialisierungsszenarios, jedoch scheint sich diese Entwicklung eher in eine übergreifende Tendenz zum Automatisierungsszenario einzupassen: Es zeigt sich eine Polarisierung, bei der einerseits Facharbeit abgewertet wird und vermehrt einfache, standardisierte Tätigkeiten entstehen und andererseits hochkomplexe Stellen für technische Spezialist_innen geschaffen werden.

Eva-Maria Walker hat im Rahmen einer Unternehmensfallstudie die Auswirkungen eines neuen digitalen **Warenwirtschaftssystems** (SAP) in einem großen Einzelhandelsunternehmen untersucht (vgl. Walker 2016). Mit der Verknüpfung „aller extern und intern an der Warenwirtschaft beteiligten Akteure“ (Walker 2016, S. 85) wurden die „Informationsqualität und das -volumen über die Warenbestandsdaten wird damit zur entscheidenden strategischen Ressource“ (ebd.). Im untersuchten Unternehmen wurde daher mit dem ‚Prozess- und Informationsmanagement‘ eine neue Abteilung eingerichtet (vgl. ebd.). Die Beschäftigten waren vor Einführung des neuen Systems für die manuelle Eingabe zahlloser Artikelstammdaten der Produkte zuständig, die danach von den Lieferant_innen in digitaler Form zur Verfügung gestellt werden (vgl. ebd., S. 85-86). Nach dem Wegfall dieser operativen Tätigkeiten wurde das Aufgabenspektrum des Prozess- und Informationsmanagements stattdessen um dispositive Planungs-, Organisations- und Kontrolltätigkeiten erweitert (vgl. ebd., S. 86). Die Beschäftigten sind jetzt für „(1) die Organisation und Durchführung von SAP-Weiterbildungsmaßnahmen, (2) die Koordination zwischen den am

Datenmanagement beteiligten Abteilungen (Logistik, Einkauf, Rechnungsprüfung, Warenwirtschaft, IT) sowie (3) das ‚Controlling' der Datenverarbeitung" (ebd., S. 87) zuständig. Die Tätigkeiten der Mitarbeiter_innen wurden mit der Einführung des digitalen Systems inhaltlich und qualifikatorisch deutlich aufgewertet. Walker stellt zudem ihre veränderte Position innerhalb des Organisationsgefüges des Unternehmens in den Vordergrund. Das Prozess- und Informationsmanagement hat verantwortungsvolle Kontrollaufgaben übernommen und Statusaufwertung erfahren (vgl. ebd., S. 88).

Dalichau und Kärgel erläutern neue Qualifikationsanforderungen, die im Zuge der Digitalisierung auf Kleinunternehmen des stationären Einzelhandels zukommen (vgl. Dalichau/Kärgel 2017). Mehr als zwei Drittel der Einzelhändler in Deutschland seien Unternehmen mit weniger als sechs Beschäftigten (vgl. ebd., S. 59). Weil in kleinen Unternehmen eine große Vielfalt von Aufgaben von wenigen Mitarbeiter_innen in ‚Allrounderfunktion' übernommen wird, sei keine Automatisierung zu erwarten (vgl. ebd.):

> „Ein Ladengeschäft mit weniger als sechs Beschäftigten, die unabhängig von ihrem Qualifikationsniveau in vielzähligen Aufgabenbereichen – angefangen bei der Geschäftsführung über die Warenbeschaffung bis hin zum Verkauf – agieren, kann unmöglich ganze Arbeitsplätze durch digitale Technologien ersetzen" (Dalichau/Kärgel 2017, S. 59-60).

Um ihre Zukunftsfähigkeit zu sichern, müssten kleine Einzelhändler aber eine digitale Unternehmensstrategie entwickeln, was eine Kompetenzerweiterung erforderlich mache (vgl. ebd., S. 58-59). Dalichau und Kärgel arbeiten neue Kompetenzanforderungen beispielhaft anhand der Beacontechnologie heraus, einem Bluetoothsender, der sich mit den Smartphones von Kund_innen im direkten Umkreis des Geschäfts verbinden und ihnen personalisierte Informationen und Angebote zukommen lassen kann (vgl. ebd., S. 62). Neben umfassenden IT-Kompetenzen für die Implementierung und Instandhaltung der Technologie bis hin zu Programmierfähigkeiten zur Erstellung der personalisierten Informationen (vgl. ebd., S. 63) identifizieren die Autor_innen eine ganze Reihe weiterer Kompetenzen, die zur erfolgreichen Anwendung von Beacon notwendig sind:

> „*Kompetenzen in Planung und Organisation*, um die Implementierung zu konzipieren […] *Komplexitätsverständnis*, um alle relevanten Wirkungsfaktoren und -mechanismen zu überblicken und zu berücksichtigen […] *Rechtliche Kenntnisse*, um Fragen des Datenschutzes und der Datennutzung abzuklären […] *Kompetenzen in den Bereichen Marketing/Advertising/Webdesign*, um die Beacons strategisch sinnvoll zu platzieren sowie die Nutzeroberfläche der App bedienungsfreundlich und ansprechend zu gestalten. Kurzum braucht es tiefgründige Kenntnisse des Konsumentenverhaltens. […] *Kompetenzen zur Entwicklung und Implementierung neuer Verkaufsstrategien*, um Komplementarität mit der Verkaufsstrategie der App bzw. der Beacons zu schaffen. […] Kompetenzen im Bereich *Datenanalyse/Datenmanagement*, um den Erfolg, die Wirksamkeit sowie die Rentabilität der Beacon-Technologie zu evaluieren […] *Betriebswirtschaftliche Kompetenzen*, insbesondere Finanzmanagement, um die Rentabilität und Tragfähigkeit der Beacon-Technologie zu bewerten" (Dalichau/Kärgel 2017, S. 63-64).

Insgesamt ist die Verwendung digitaler Technologien zu Marketingzwecken im Einzelhandel demnach mit enormen Qualifikationsanforderungen verbunden. Die entsprechenden Kompetenzen müssen, soweit sie nicht vorhanden sind, erworben oder eingekauft werden (vgl. ebd.,

S. 65). Dalichau und Kärgel zufolge ist diese Herausforderung für einzelne Kleinunternehmen kaum machbar:

> „Berichte aus der Praxis deuten darauf hin, dass sich ein Technologieerwerb für das einzelne Kleinunternehmen kaum lohnt. Zudem erfordern die Aufgaben in der Phase der Implementierung der Beacons-Technologie komplexe, planerische und rechtliche Kompetenzen, deren Aneignung auf Seite der Kleinunternehmen vermutlich nicht effizient gestaltbar ist. Aus diesem Grund erscheint es in einem potenziellen Praxisvorhaben realistischer, Intermediären wie lokalen Wirtschaftsförderungsgesellschaften entsprechende Aufgabenbereiche zu übertragen" (Dalichau/Kärgel 2017, S. 66).

In der deutschsprachigen Literatur wird wenig auf die zunehmende digitale Überwachung, Kontrolle und Steuerung der Arbeit in der Handelsbranche eingegangen. Roth et al. erwähnen lediglich, dass die Technisierung eine „Zunahme an potenzieller Leistungskontrolle" (Roth et al. 2015, S. 84) verursache, weil digitale Technologien eine genaue Dokumentation und die Zuordnung von Arbeitsschritten zu individuellen Beschäftigten ermöglichten (vgl. ebd., S. 84). Dieser Umstand wird allerdings ausschließlich als Problem für den Datenschutz gefasst (vgl. ebd.). Dagegen identifizieren Wissenschaftler_innen aus dem angloamerikanischen Raum den modernen Einzelhandel als datenintensives, von digitalen Big-Data-Systemen hochgradig geprägtes Geschäft, dessen Kontrollregime nicht nur auf die Überwachung, sondern auf die vollständige Erfassung und Steuerung der Arbeit ausgerichtet ist (vgl. Evans/Kitchin 2018, S. 45, 54; auch Barocas/Levy 2016; Chopra/Meindl 2012; Kitchin 2014; Manyika et al. 2011). Da die Ausrichtung der Arbeitsprozesse auf Daten zu einer systematischen Vernachlässigung symbolischer und kundenorientierter interaktiver Arbeit führt, erschaffen die Big-Data-Systeme Evans und Kitchin zufolge im Einzelhandel statt der versprochenen Flexibilität und Innovativität eher Widersprüchlichkeiten und Ineffizienz (vgl. Evans/Kitchin 2018, vgl. S. 54-55). Dabei werden die interaktiven und emotionalen Softskills der Beschäftigten abgewertet, weil das Verhalten und die Präferenzen der Kund_innen durch Daten und Algorithmen analysiert anstatt durch Interaktion nachvollzogen werden sollen (vgl. ebd.).

5.3.3 Logistik

Dienstleistungen in der Logistik sind nicht nur für die Industrie, sondern auch für den tertiären Sektor und insbesondere für den Handel von entscheidender Bedeutung. Für das Jahr 2017 rechnet das Statistische Bundesamt über 2 Millionen Erwerbstätige dem Bereich ‚Verkehr und Lagerei' zu (vgl. Statistisches Bundesamt 2018a, S. 359). Trotz der zunehmenden Verbreitung von Automatisierungstechnologien ist die Zahl der Beschäftigten in Lager- und Transportlogistik im Zeitraum zwischen 2012 und 2016 in Deutschland um 18,8 Prozent gestiegen und damit deutlich stärker als die Gesamtbeschäftigungszahl (vgl. Jaehrling et al. 2018, S. 6). Neben der guten konjunkturellen Lage ist ein entscheidender Faktor bei dieser Entwicklung der Wachstum des Onlinehandels, mit dem auch die Menge der Arbeitsplätze in Verteilzentren und im Warentransport zunimmt (vgl. ebd., S. 8).

> „Zwar ist dieses Beschäftigungsfeld keineswegs repräsentativ für die digitalisierte Arbeitswelt. Doch weisen einige Autoren auf die zunehmende Bedeutung des Logistiksektors hin, der das

> Rückgrat für Geschäftsmodelle darstellt, die auf eine zunehmende Umschlaggeschwindigkeit bauen, um individualisierte Kundenbedürfnisse sofort bedienen zu können“ (Butollo et al. 2018, S. 144; vgl. Ittermann/Eisenmann 2018; Butollo et al. 2017; Nachtwey/Staab 2015).

Im Rahmen der *ProMit*-Studie haben Roth et al. auf Basis einer Literaturanalyse und der Befragung von Betriebsrät_innen die technologischen Entwicklungen in der Logistik und deren Auswirkungen auf die Belegschaften herausgearbeitet (vgl. Roth et al. 2015). Die Studie stellt dar, dass die IKT-Nutzung in der Logistikbranche etwa hinsichtlich der Vernetzung und Transparenz der Lieferkette, der Datennutzung zur Optimierung und Planung von Logistikprozessen und der Automatisierung von Arbeitsschritten bereits stark ausgeprägt ist und weiter voranschreitet (vgl. ebd., S. 13-27).

Vielen Berufen und Tätigkeiten der Logistikbranche wird in makroökonomischen Betrachtungen eine hohe Automatisierungswahrscheinlichkeit zugeschrieben (vgl. Frey/Osborne 2013, S. 38; Brzeski/Burk 2015, S. 4). Davon seien vor allem „einfache, repetitive Tätigkeiten [betroffen], die meist von Beschäftigten mit einfacher Qualifikation ausgeübt werden“ (Roth et al. 2015, S. 29). Die Sortierung von Brief- und Paketsendungen wurde in der Vergangenheit bereits hochgradig automatisiert, was zur Entwertung des Erfahrungswissens von Briefträger_innen geführt habe (vgl. ebd., S. 22-23, 29). Auch die Lagerlogistik sei schon in weiten Teilen mit Assistenzsystemen und Automatisierungstechnologien ausgestattet, wodurch die Handlungsspielräume der Kommissionierer_innen stark beschnitten wurden (vgl. ebd., S. 20, 23). Bei Paketzusteller_innen werden digitale Technologien teilweise eingesetzt, um unter Berücksichtigung zahlreicher Faktoren die Zustellreihenfolge und -routen festzulegen (vgl. ebd., S. 32). Die Autor_innen rechnen künftig mit dem Einsatz von AR-Technologien in der Kommissionierung und Paketzustellung, was zu weiteren Einschränkungen der Entscheidungs- und Handlungsfreiheit und zur Entwertung des restlichen Erfahrungswissens führen könnte (vgl. ebd., S. 20, 21; vgl. Glockner et al. 2014, S. 17). Auch der Einsatz von Robotik sei in der Logistikbranche auf dem Vormarsch (vgl. Roth et al. 2015, S. 27). Da das Ziel entsprechender Technologieinvestitionen vornehmlich „die Realisierung ökonomischer Vorteile, wie Personalkosteneinsparungen sowie die Optimierung von Geschäftsprozessen“ (Roth et al. 2015, S. 27), sei, ist mit weiterer Automatisierung zu rechnen. Mittelfristig halten Roth et al. vor allem die Verbreitung autonomer Transportroboter in der Lagerlogistik für wahrscheinlich (vgl. ebd.). Trotz der technologischen Entwicklungen sei die vollständige Substitution manueller Einfacharbeit in der Logistik aber nicht realistisch:

> „Gleichwohl verbleibt selbst bei vergleichsweise einfachen Tätigkeiten ein – wenn auch schrumpfender Teil – von nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand automatisierbaren Aufgaben bei der Sendungs- und Warenbearbeitung. Dies betrifft bis auf Weiteres sowohl die Be- und Entladung von Fahrzeugen und Containern, das Auflegen und Abnehmen von Paket- und Briefsendungen auf die Verteilanlagen sowie Lagertätigkeiten, bei denen aufgrund geringer Umschlagmengen oder hoher Flexibilitätsanforderungen bei kleineren Unternehmen eine Automatisierung der Aufgaben technisch nur schwer zu realisieren und/oder wirtschaftlich kaum sinnvoll ist“ (Roth et al. 2015, S. 29-30).

Im Bereich mittel- und hochqualifizierter Arbeit könne es aufgrund digitaler Technologien zu einer Erweiterung des Tätigkeitsspektrums kommen, wobei „ein umfassendes Verständnis über

das Zusammenwirkungen komplexer (logistischer) Prozesse und umfassendes IT-Knowhow, soziale und kommunikative Kompetenzen erforderlich" (ebd., S. 30) sei. So sei die Nachfrage nach akademisch qualifizierten Logistikexpert_innen für kaufmännisch-administrative Aufgaben gestiegen (vgl. ebd.). Fachkräfte in der Lagerlogistik seien im Zuge der Digitalisierung tendenziell mit mehr Verantwortung und kaufmännischen Aufgaben betraut worden (vgl. ebd.). Roth et al. gehen zudem davon aus, dass sich die Tätigkeiten von fachlich qualifizierten Fahrer_innen durch die Digitalisierung wandeln (vgl. ebd.). Die Autor_innen erwarten eine teilweise Substitution, halten aber auch die Anreicherung mit kommunikativen und administrativen Aufgaben für möglich, sodass sich insgesamt das Bild einer Aufwertung ergeben könnte (vgl. ebd., S. 31).

Andererseits gehen Roth et al. davon aus, dass neben repetitiver Einfacharbeit künftig auch vermehrt anspruchsvollere Nichtroutinetätigkeiten automatisiert und standardisiert werden (vgl. Roth et al. 2015, S. 28):

> „Angesichts der hohen Innovationsdynamik bei digitalen Technologien, ist der Einsatz von IKT auch für viele Nicht-Routine-Tätigkeiten möglich, die bislang von Automatisierung verschont geblieben sind. Durch die Nutzung und Analyse großer Datenmengen durch IT-Systeme („Big Data") können viele kognitiv komplexe Aufgaben in eine Vielzahl von strukturierbaren Teilprobleme zerlegt und durch Algorithmen mit Hilfe leistungsfähiger Datenprozessoren bearbeitet werden" (Roth et al. 2015, S. 28).

Viele Entscheidungs-, Koordinations- und Problemlösungsaufgaben liefen Gefahr, von intelligenten IT-Systemen auf Basis von *Big Data* übernommen zu werden (vgl. ebd., S. 30). Von solchen Entwicklungen seien insbesondere qualifizierte Speditionskaufleute und Disponent_innen betroffen (vgl. ebd., S. 31; auch Windelband et al. 2010; Hellmann et al. 2018). Auch wurde die Zerstückelung von Managementaufgaben und die Standardisierung der Teilschritte in einem der befragten Unternehmen zur Verlagerung von Aufgaben ins Ausland genutzt (vgl. Roth et al. 2015, S. 30).

> „Mit dem IT-System werden […] nicht nur Arbeitsprozesse automatisiert, die Arbeit kann nun auch ortsunabhängig erbracht werden. Damit entsteht die technische Voraussetzung, Arbeit innerhalb des Unternehmens standortunabhängig zu zentralisieren, bis hin zur Verlagerung einzelner Arbeitsschritte an Niedriglohnstandorte außerhalb Deutschlands. Betroffen hiervon sind meist Arbeitsprozesse im Backoffice, die ohne Kundenkontakt ablaufen. In Deutschland verbleiben meist der Vertrieb, Kundenservice, Marketing und die Auftragssteuerung – allesamt höherwertige Aufgaben, während einfachere Tätigkeiten automatisiert oder an ausländische Standorte verlagert werden" (Roth et al. 2015, S. 31).

Bei qualifizierten Kraftfahrer_innen stellen sich aufgrund des vermehrten Einsatzes von Fahrassistenzsystemen eher Autonomieverluste und Prozesse qualifikatorischer Entwertung ein. Roth et al. zitieren eine Studie zur Zukunft des Berufszweigs, laut der „sich eine Art ‚geführte Arbeit' [etabliert], die ähnlich der Fließbandarbeit wenig Freiraum für Abweichungen lässt" (Lohre et al. 2014, S. 178). Das könne zur Folge haben, dass „in Verbindung mit einer entsprechenden Technologie- und Arbeitsplatzgestaltung […] niedrig qualifiziertes Personal kostengünstig und ohne lange Anlernzeiten schnell eingesetzt werden kann" (ebd., S. 179; vgl. Roth et al. 2015, S. 33).

Insgesamt wird in der Studie ein zwiespältiges Bild der qualifikatorischen Entwicklung in der Logistik gezeichnet. Roth et al. stellen Dequalifizierungsprozesse aufgrund von Automatisierung und Rationalisierung den möglicherweise höheren Qualifikationsanforderungen gegenüber, die aufgrund von Komplexitätssteigerungen und erweiterten Aufgabenspektren entstehen (vgl. ebd., S. 32-33).

> „Mit der in immer weitere Bereiche der Arbeitswelt vordringenden Nutzung digital vernetzter Medien und Assistenzsysteme geht eine steigende Informatisierung von Tätigkeiten und Arbeitsprozessen einher. Damit wachsen die Anforderungen an die Beschäftigten bezüglich Technik- und Mediennutzung, Interaktion und Kommunikation über digitale Medien, so dass ein umfassendes „Upgrading" der hierfür erforderlichen Qualifikationen und Kompetenzen erforderlich ist, damit die Beschäftigten mit den beruflichen Herausforderungen der Digitalisierung Schritt halten können" (Roth et al. 2015, S. 33).

Dennoch werden in der Studie die überwiegenden Abwertungstendenzen in der Logistik deutlich, die aus der Digitalisierung entstehen. Vor allem in der Lagerlogistik, bei Disponent_innen, Fahrer_innen und Paketzusteller_innen manifestiert sich ein „Trend zur fachlichen Dequalifizierung und Verringerung selbstbestimmter Arbeitsprozesse" (ebd., S. 32). In diesen Bereichen bewirken digitale Technologien vermehrten Stellenabbau, Autonomiebeschränkungen und qualifikatorische Entleerung (vgl. ebd., S. 30-33).

Jaehrling et al. haben anhand von sieben Fallstudien die Auswirkung der Digitalisierung in **Logistikzentren großer Einzelhandelshandelsketten** aus den Bereichen Lebensmittel, Drogeriewaren, Mode und Bücher untersucht (vgl. Jaehrling et al. 2018, S. 6). Obwohl sich die betrachteten Unternehmen noch nicht dem Trend zur Auslagerung der Logistik an Drittanbieter angeschlossen haben, sondern hauseigene Logistikabteilungen betreiben, werden den Logistikzentren als eigenen Einheiten detaillierte Leistungsziele und Vertragsstrafen vorgeschrieben und sie stehen unter hohem Kostendruck (vgl. ebd.). Den Autor_innen zufolge haben die Einzelhändler den durch *E-Commerce* mitverursachten Preiswettbewerb im Handel an ihre Logistikdienstleister weitergereicht (vgl. ebd., S. 7). Zeit- und Kostenersparnisse seien nicht erst seit dem Wachstum des Onlinehandels die vorrangigen Ziele von Innovationen in der Logistik. Durch den *E-Commerce* werde diese Stoßrichtung mithilfe digitaler Technologien lediglich weiter und intensiver verfolgt (vgl. ebd.). In einzelnen Verteilzentren sei die Zahl der Beschäftigten durch den Einsatz teil- und vollautomatisierter Förderanlagen drastisch bis auf die Hälfte reduziert worden (vgl. ebd.). Aufgrund der guten Wirtschaftslage im Handel und weil die Verbreitung neuer Automatisierungstechnologien des unverhältnismäßig hohen Investitionsbedarfs wegen eher langsam vonstattengehe, sei das Beschäftigungsniveau bei den untersuchten Logistikdienstleistern jedoch insgesamt stabil geblieben oder sogar gestiegen (vgl. ebd., S. 8).

> „An vielen Standorten kommen neue Technologien weiterhin nur in Teilbereichen zum Einsatz, auch weil sie noch nicht für jedes Artikelsortiment ausgereift genug sind, um menschliche Arbeitskraft zu ersetzen oder aber nur zu unverhältnismäßig hohen Kosten. […] Der Einsatz dieser neuen Technologien ist in den Einzelhandels-Lagern hierzulande noch stark begrenzt und kam nur in einem Fallstudien-Unternehmen punktuell zum Einsatz" (Jaehrling et al. 2018, S. 7).

Im Zuge der Implementierung digitaler Technologien sei die ohnehin durch geringe Qualifikationsanforderungen gekennzeichnete Arbeit noch repetitiver geworden und werde vermehrt durch die Technik bestimmt (vgl. ebd., S. 8). Die technologischen Lösungen seien „nicht auf eine stärkere Nutzung der Fähigkeiten und Kenntnisse der Beschäftigten ausgerichtet, sondern haben im Gegenteil eher zu einer weiteren Taylorisierung geführt“ (ebd.). Jaehrling et al. diagnostizieren deutliche Dequalifizierungsprozesse und die Entwertung von Erfahrungswissen und Kompetenzen der Beschäftigten (vgl. ebd.).

Ortmann und Walker (2018) haben in einer Fallstudie die Technisierung im **Lager eines Handelskonzerns** untersucht (vgl. Ortmann/Walker 2018). Einerseits wurde ein Datenerfassungssystem installiert, das Kollisionen der Flurförderzeuge automatisch registriert und den Vorgesetzten der Fahrer_innen meldet. Die Technik wird zur Kontrolle der Arbeitnehmer_innen mit dem Ziel eingesetzt, die Zahl vermeidbarer Schäden an den Arbeitsgeräten zu reduzieren (vgl. ebd., S. 81-82). Andererseits wurde die Kommissionierung eines Lagerbereichs teilautomatisiert. In diesem Bereich wurden auf möglichst engem Raum die Produkte mit geringen Verkaufszahlen eingelagert, um in anderen Bereichen mehr Platz für die manuelle Kommissionierung umsatzstärkerer Artikel zu schaffen (vgl. ebd., S. 82). Ortmann und Walker stellen fest, dass digitale Technologien in keinem Fall eingesetzt wurden, um Lohnkosten zu sparen (vgl. ebd.). Die Autor_innen lehnen die verbreitete Auffassung ab, digitale Technologien würden stets zum Abbau von Arbeitsplätzen eingesetzt, sofern Substituierbarkeitspotenzial vorhanden wäre. Stattdessen werde häufig die technische Ausstattung einfacher Arbeit verbessert, um die Produktivität und damit den Umsatz zu steigern (vgl. ebd., S. 83-86).

Am Beispiel des **Onlineeinzelhandelsunternehmens Amazon** analysieren Nachtwey und Staab die Auswirkungen des digitalen Kapitalismus auf den Faktor Arbeit (vgl. Nachtwey/Staab 2015). Die Analyse setzt bei den US-amerikanischen „Kernunternehmen des digitalen Kapitalismus“ an, deren Vorgehen explizit auf die disruptive „Transformation von Produktionsabläufen, Unternehmensstrukturen und Marktbeziehungen“ (ebd., S. 60) abziele. Den Autoren zufolge erzeugen die forcierten Digitalisierungsstrategien dieser Unternehmen „Transformationsdruck“ in der Arbeitswelt (ebd., S. 61).

> „Unterzieht man die […] Digitalisierungspraktiken der führenden Internetkonzerne einer systematischen Analyse, zeichnen sich spezifische Transformationspfade kapitalistischen Wirtschaftens ab: Die fortschreitende Digitalisierung zeitigt weitreichende Folgen, die sich nicht nur auf Märkte und Produktionsprozesse, sondern auch auf Arbeitsorganisation und Arbeitskraftgestaltung auswirken“ (Nachtwey/Staab 2015, S. 74).

Hinsichtlich seiner Arbeits- und Personalpolitik zeichne sich Amazon einerseits durch „die zunehmende Nutzung von Automatisierungspotenzialen“ (ebd., S. 64), andererseits durch „die Rationalisierung betrieblicher Herrschaft über die Expansion digitaler Kontrollformen“ (ebd.) aus (vgl. Staab/Nachtwey 2016). Amazon arbeite mit umfassenden Automatisierungsprogrammen in der Lagerlogistik auf radikale Effizienzsteigerungen und die Einsparung von Personalkosten hin (vgl. Nachtwey/Staab 2015, S. 65-66). In manchen Lagern des Konzerns in den USA seien die Tätigkeiten der sogenannten ‚Picker_innen‘, deren Aufgabe das Zusammentragen von Waren

für eine Bestellung ist, bereits vollständig durch autonome Transportroboter ersetzt worden (vgl. ebd., S. 65). Die Autoren deuten an, dass Amazon eine vollständige Automatisierung der Lagerlogistik und sogar der Warendistribution anstrebt (vgl. ebd., S. 64, 66). In den Bereichen, die noch nicht automatisiert sind, setze das Unternehmen digitale Kontrollinstrumente ein, um die Effizienz der Arbeitskraft zu steigern. Staab und Nachtwey deuten Amazon als Vorreiterunternehmen des „digitalen Taylorismus" (ebd., S. 76; vgl. Staab/Nachtwey 2016, S. 28):

> „In Dienstleistungsfabriken wie Amazon kehren lückenlose Kontrolle und maschinelle Menschensteuerung nun zurück in die Arbeitswelt. Was früher das Fließband war, sind heute die Apps und Algorithmen. Sie ermöglichen einerseits die umfassende Überwachung der Mitarbeiter, deren Aufenthaltsort und Arbeitsleistung permanent abgefragt und evaluiert werden können. Andererseits dienen sie den Beschäftigten nicht nur zur Orientierung, sondern steuern auch ganz direkt deren Tätigkeiten" (Nachtwey/Staab 2015, S. 76-77).

Amazon wisse mithilfe des Scannersystems jederzeit „über die Arbeitspraxis seiner Mitarbeiter Bescheid – darüber, wo sie sich befinden, wie viele Artikel sie in einer bestimmten Zeit bearbeiten und wie sie im Vergleich mit ihren Kollegen abschneiden" (ebd., S. 67). Die Angestellten in deutschen Amazonlagern würden mithilfe der erfassten Leistungsdaten unter Druck gesetzt, effizienter zu arbeiten (vgl. ebd.). Gleichzeitig werden ihnen die Arbeitsabläufe und die Wegstrecke im Lager minutiös vorgeschrieben (vgl. ebd., S. 67, 77).

> „Die Handscanner stehen zudem für ein in Dienstleistungstätigkeiten bisher kaum erreichtes Ausmaß technischer Prozesskontrolle. Denn die Geräte geben ihren Trägern jeden noch so kleinen Arbeitsschritt unmittelbar vor, weisen ihnen beispielsweise detailgenau den effizientesten Weg zwischen zwei anzusteuernden Stationen in den Großlagern. Zusätzlich zu den genannten Überwachungsfunktionen entsteht daher ein beinahe lückenloses System automatisierter Steuerung, aus dem die Spielräume für die autonome Ausgestaltung der Arbeitsprozesse durch die Beschäftigten fast vollständig getilgt sind" (Staab/Nachtwey 2016, S. 28).

Damit wird die menschliche Arbeit abgewertet, das Wissen und die Fähigkeiten individueller Arbeitnehmer_innen werden obsolet: „Es kommt zu einer Entwertung des Erfahrungswissens der ausführenden Ebene, auf der nun beispielsweise keine spezifischen Orientierungs- oder Selbstorganisationsfähigkeiten mehr vorausgesetzt werden müssen" (ebd.). Aufgrund der technologischen Steuerung und der Abwesenheit von Handlungsautonomie seien die Lagerarbeiter_innen bei Amazon austauschbar (vgl. Nachtwey/Staab 2015, S. 67). Die Ersetzbarkeit der Beschäftigten und die Anspruchslosigkeit der Arbeit diene dem „Absenken der Preise für die Ware Arbeitskraft" (ebd., S. 68). Außerdem mache der Konzern sich die kurzen Anlernzeiten zunutze, um bei Bedarf zahlreiche kurzfristig beschäftigte Saisonarbeiter_innen einzustellen (vgl. ebd., S. 67).

Staab und Nachtwey interpretieren Amazon als Teil der ‚Avantgarde des digitalen Kapitalismus', seine Lager als ‚Laborsituation' für Entwicklungen, die sich auch in anderen Branchen abzeichnen: die lückenlose Erfassung betriebsrelevanter Daten über die Beschäftigten und deren systematische Auswertung zur Steuerung und Kontrolle der Arbeit (vgl. ebd., S. 67, 77).

Auch Barthel und Rottenbach wählen die **Logistikzentren von Amazon** als Beispiel verstärkter Arbeitssteuerung im digitalen Kapitalismus (vgl. Barthel/Rottenbach 2017). Die Autoren weisen

darauf hin, dass bei Amazon und speziell in den Lagern Unmengen an Daten gesammelt werden und Prozesswissen generiert wird, über das die Arbeitnehmer_innen in keiner Weise verfügen können (vgl. Barthel/Rottenbach 2017, S. 254). Das Wissen werde an wenigen zentralen Punkten monopolisiert, von wo aus die Tätigkeiten der Menschen präzise determiniert werden (vgl. ebd.). Die „digitale Maschinerie [steuert] den Gesamtprozess und die zu erledigende Aufgabe wird über digitale Ausgabegeräte vermittelt" (ebd., S. 255). Die Mitarbeiter_innen in den Logistikzentren bräuchten weder eine Ausbildung noch Erfahrung. Sie müssen nur einfache sensomotorische Aufgaben ausführen. Jeder Arbeitsschritt und jeder Weg wird vorgegeben, ohne dass die Beschäftigten die Vorgaben beeinflussen oder auch nur nachvollziehen können (vgl. ebd.). Ihnen sei bewusst, „dass die Maschinen ‚denken und entscheiden, welche Produkte wann wohin gebracht werden', während die Menschen ‚laufen, Waren einordnen und aufs Band legen'" (ebd.). Die Einhaltung der vorgeschriebenen, standardisierten Arbeitsschritte wird ebenso überwacht wie die Leistungserbringung. In beiden Fällen werden Abweichungen von der Norm sanktioniert (vgl. ebd., S. 256-257).

> „Mentale Fähigkeiten sind nicht mehr nötig oder stehen dem vorgegebenen Prozessablauf im Weg. Zwischenmenschliche Kooperation findet nicht mehr statt[…]. Menschen werden so auf ihre sensomotorischen Fähigkeiten reduziert, da sie nach wie vor bei zig unterschiedlich großen und schweren Waren Robotern überlegen sind, die jedoch menschliche Entscheidungen und Denkprozesse auf Basis statistischer und algorithmischer Prozesse ersetzen" (Barthel/Rottenbach 2017, S. 255).

Demnach ist bei Amazon im Verlauf der fortschreitenden Digitalisierung zwar die Komplexität des logistischen Systems enorm gestiegen, die Arbeit der allermeisten Beschäftigten aber wurde standardisiert, stark vereinfacht und inhaltlich so weit entleert, dass praktisch keine Kompetenzen mehr vonnöten sind.

Wie Staab und Nachtwey (2015, 2016) sowie Barthel und Rottenbach (2017) beziehen sich Butollo et al. (2018) auf das **Logistikzentrum eines Onlineversandhändlers** (S. 143). Auf Basis einer qualitativen interviewbasierten Fallstudie charakterisieren die Autor_innen die Organisation der logistischen Arbeit in diesem Unternehmen als Beispiel tayloristischer Arbeitssteuerung (vgl. ebd., S. 148). Wie bei Amazon herrsche hier standardisierte Einfacharbeit vor, „wobei jeder Arbeitsschritt auf mobilen Datenerfassungsgeräten (MDE) vorgegeben und wiederum durch Scans der Waren dokumentiert wird" (ebd.). Die Mitarbeiter_innen benötigen keinerlei Wissen, weil jeder ihrer Schritte und Handgriffe vom System diktiert wird. Ihre Leistung werde auf Basis der gesammelten Daten kontrolliert und bewertet (vgl. ebd.).

Butollo et al. beschränken sich allerdings nicht auf die Diagnose des digitalen Taylorismus, sondern fragen nach seiner praktischen Stabilität. Der Beitrag versucht, auf empirischer Basis zu eruieren, wie sich im konkreten Fall die Standardisierung, rigide Steuerung und Kontrolle von Arbeit und die resultierende Entwertung des Erfahrungswissens der Beschäftigten zu der in der Forschungsrichtung subjektivierenden Arbeitshandelns hervorgehobenen Bedeutung von Erfahrungswissen im Umgang mit Störungen hochkomplexer digitaler Systeme verhalten (vgl. ebd.,

S. 146). Es soll geklärt werden, „inwieweit digital standardisierte Prozesse auf subjektives Arbeitsvermögen angewiesen bleiben bzw. welche Verfahren angewendet werden, um die Störanfälligkeit der Abläufe zu bewältigen“ (ebd.).

Im untersuchten Logistikzentrum wird Störungen „mit einer Kombination einer strikt arbeitsteiligen Fehlerbehandlung und der technischen Optimierung der Systeme“ (ebd., S. 151) begegnet. Einerseits gibt es spezielle Teams, die als ‚Problemlöser_innen‘ in einer etwa zweimonatigen Anlernzeit dazu ausgebildet werden, einfache Störungen zu beheben (vgl. ebd., S. 150). „Durch die spezielle Anlernperiode und ihren täglichen Umgang mit diversen Softwareanwendungen bauen sie ein höheres Maß an Prozesswissen auf als die gewöhnlichen Beschäftigten“ (ebd.). Die Problemlöser_innen werden zudem „geringfügig höher entlohnt“ (ebd.), ihre Arbeit ist weniger standardisiert und ihre Leistung wird nicht digital kontrolliert (vgl. ebd.). Dennoch komme es nicht zu einer „substanziellen Aufwertung ihrer Tätigkeiten“ (ebd., S. 151), da die qualifikatorischen Anforderungen gering und die Kompetenzen sehr beschränkt bleiben (vgl. ebd., S. 150). Jede ungewöhnlichere Störung fällt in den Aufgabenbereich von IT-Spezialist_innen (vgl. ebd.). Die Arbeit der übrigen operativen Beschäftigten bleibt von der Störungsbehebung unberührt (vgl. ebd.). Andererseits wird auf die Perfektionierung der IT-Systeme und zunehmende Automatisierung manueller Arbeitsschritte hingearbeitet (vgl. ebd., S. 151, 155).

Im Logistikbereich des untersuchten Onlinehändlers ist recht eindeutig von einer hinsichtlich Qualifikationen und Tätigkeiten polarisierten Belegschaft zu sprechen. Auf der einen Seite verfügen hochqualifizierte Spezialist_innen der IT-Abteilung über „breite Handlungs- und Entscheidungskompetenzen“ (ebd., S. 152). Komplexe Tätigkeiten der Fehlerbehebung fallen ihnen ebenso zu wie Aufgaben der Systemoptimierung sowie Prozessinnovationen (vgl. ebd., S. 152-153). Auf der anderen Seite stehen geringqualifizierte Beschäftigte, deren einfache Tätigkeiten nahezu vollständig technologisch determiniert werden. Das Unternehmen ist bemüht, die Arbeit in den Logistikzentren immer weiter zu vereinfachen, um trotz nachlassendem Arbeitskräfteangebot den eigenen Bedarf decken zu können (vgl. ebd., S. 154-155). „Das subjektive Arbeitsvermögen dieser Beschäftigten spielt eine geringe Rolle für die operativen Abläufe“ (ebd., S. 151). Ihre Eigeninitiative gilt als wenig bedeutsam oder sogar als Störfaktor (vgl. ebd., S. 150-151). „Die geringe Gratifikation und die mangelnde Anerkennung haben zu einer Desillusionierung und dem Rückzug der Beschäftigten aus dem Beteiligungsprozess geführt“ (ebd., S. 152).

Butollo et al. kommen zu dem Schluss, dass die ökonomischen Vorteile des digitalen Taylorismus im untersuchten Unternehmen trotz der hohen Störanfälligkeit der technischen Systeme überwiegen (vgl. ebd., S. 156). Die Stabilität der Prozesse wird durch eine strikte Arbeitsteilung zwischen operativen Beschäftigten und Problemlöser_innen sowie Spezialist_innen gewährleistet (vgl. ebd.). Zwar werden die Optimierung der Systeme und die weitere Automatisierung vorangetrieben, noch ist das Unternehmen aber von zahlreichen einfachen Arbeitnehmer_innen abhängig. Daher identifizieren die Autor_innen die Arbeitsmarktlage als möglichen Hebel für die Beschäftigten, „um eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen zu bewirken“ (ebd., S. 155).

Weinfurtner et al. untersuchen die Auswirkungen des Einsatzes digitaler Technologien im **Retourenprozess des Onlinehandels** (vgl. Weinfurtner et al. 2016). Die Durchführung von Retouren stehe aufgrund ihrer Personal- und Kostenintensität und ihrer großen Bedeutung bei steigender Paketzahl im Fokus der Optimierungs- und Rationalisierungsbestrebungen der Unternehmen (vgl. ebd., S. 100, 103). Die Autoren betrachten den Einsatz von RFID-Chips zur automatisierten Identifikation und Nachverfolgung der Pakete; Assistenzsysteme, die die Erfassung von Daten per Sprachbefehl oder *Smartglasses* ermöglichen sollen; Big-Data-Anwendungen zur Vorhersage des Retourenaufkommens und die entsprechende digitale Personaleinsatzplanung; die automatisierte Paketöffnung durch Robotik sowie fahrerlose Transportsysteme (vgl. ebd., S. 103-104). Eine Befragung von 15 Expert_innen aus dem Bereich Retourenmanagement ergab, dass die Unternehmen primär die Automatisierung manueller Tätigkeiten anstreben, um die Prozessgeschwindigkeit zu erhöhen (vgl. ebd., S. 105). Kurzfristig stehen dabei automatisierte Trackingsysteme und Big-Data-Analysen zur Prognose des schwankenden Personalbedarfs im Vordergrund. Längerfristig soll auch der Bearbeitungsprozess selbst zunehmend automatisiert werden (vgl. ebd., S. 105-106).

> „Für die Mitarbeiter in der Retourenbearbeitung wird sich die Arbeitswelt in den nächsten drei Jahren durch den Technologieeinsatz deutlich verändern. Die Arbeitswelt am stärksten beeinflussen wird laut den Experten vor allem die robotergestützte Öffnung der Pakete, beispielsweise durch Roboterarme“ (Weinfurtner et al. 2016, S. 106).

Eine Standardisierung und Teilautomatisierung der Bearbeitung ist den Expert_innen zufolge unvermeidbar. Durch verbesserte Sensortechnologien könnten in Zukunft auch manuelle Prüfleistungen substituiert werden (vgl. ebd., S. 107). In den kommenden Jahren würden allerdings noch menschliche Arbeitskräfte für die Sichtprüfung zurückgeschickter Textilien und Schmuckstücke benötigt werden (vgl. ebd., S. 106).

Hellmann et al. haben sich auf Basis von Experteninterviews im Rahmen des Forschungsprojekts *Transformation von Erwerbsarbeit durch Digitalisierung in der Logistik* (TraDiLog) mit den Auswirkungen der Digitalisierung auf die **Transportlogistik**, speziell auf den Straßengütertransport, beschäftigt (vgl. Hellmann et al. 2018, S. 20-21). LKWs wurden im Verlauf der letzten Jahre zunehmend mit Überwachungs-, Kontroll- und Fahrassistenzsystemen ausgestattet, die für erhöhte Effizienz und Sicherheit sorgen sollen (vgl. ebd., S. 26-27). Durch die Erfassung zahlreicher Zeit-, Effizienz- und Leistungsdaten werden die Fahrer_innen kontrolliert, reguliert und zur Selbstoptimierung gedrängt. „Da die Leistung nunmehr messbar ist, muss der bzw. die Fahrer_in möglichst effizient arbeiten, um zu vermeiden, sich für Minderleistungen gegenüber seinem Vorgesetzten rechtfertigen zu müssen“ (ebd., S. 27). Zudem fördern die Transparenz und Vergleichbarkeit der Daten den Konkurrenzdruck zwischen den Beschäftigten (vgl. ebd., S. 28). Aufgaben, die vor der Digitalisierung von den Berufskraftfahrer_innen selbst durchgeführt wurden, werden unter der „Prämisse, dass Technik zuverlässiger und sicherer arbeitet als der ‚fehlerbehaftete‘ Mensch“ (ebd., S. 27), zunehmend automatisiert (vgl. ebd.). Der bzw. die Fahrer_in ist entsprechend für die Überwachung des Systems zuständig und soll gegebenenfalls flexibel eingreifen. In der Realität wird jedoch häufig die Verantwortung an die Technik abgegeben (vgl.

ebd.). Hellmann et al. stellen fest, dass es durch den Einsatz von Überwachungs-, Kontroll- und Assistenzsystemen zu Autonomieverlusten gekommen ist (vgl. ebd., S. 27-28). Digitale Routenoptimierung und Zeitmanagementsysteme schränken die Handlungsmöglichkeiten der Fahrer_innen ein und strafen deviantes Verhalten ab, sodass die Vorgaben des Systems tendenziell eingehalten werden (vgl. ebd., S. 28, 32-33). Die Autoren weisen auf die Gefahr einer Dequalifizierung der Berufskraftfahrer_innen hin, die von Beschäftigten selbst gesehen wird (vgl. ebd., S. 30). Andererseits hat die Ausstattung der Fahrzeuge mit digitalen Technologien zu steigender Komplexität, mehr Aufgaben und wachsenden Anforderungen geführt (vgl. ebd., S. 29). Unter anderem der enorm gestiegene Kommunikations-, Informations- und Koordinationsaufwand hat parallel zur Automatisierung eine Verschiebung in Richtung Kopfarbeit (vgl. Otherson 2016) und tendenziell erhöhte Qualifikationsanforderungen bewirkt (vgl. Hellmann et al. 2018, S. 29, 30-31). Zudem stellen die Autoren heraus, dass auch die Arbeit der Disponent_innen von der Digitalisierung geprägt ist und künftig Gefahr läuft, vollständig automatisiert zu werden (vgl. ebd., S. 31). Es sei möglich, „dass die mittlere Position des Disponenten bzw. der Disponentin entfallen wird“ (ebd.). „Ob der bzw. die Fahrer_in dann höher qualifiziert wird, um zusätzlich auch Dispositionsaufgaben zu übernehmen, oder ob er bzw. sie zum ‚Erfüllungsgehilfen des Bordrechners‘ […] abgewertet wird, kann aus den bisherigen Ergebnissen nicht abgeleitet werden“ (ebd.). Hellmann et al. sehen die Transportlogistik daher im „Spannungsfeld von Automatisierung und damit einhergehendem Autonomieverlust auf der einen Seite und gesteigerten Anforderungen an Kompetenz, Qualifikation und Flexibilität der Mitarbeiter_innen auf der anderen Seite“ (ebd., S. 33).

5.3.4 Büroarbeit und Verwaltung

Büroarbeit wird selten genau definiert. Häufig wird sie entweder mit Sekretariatsaufgaben gleichgesetzt, die allerdings nicht nur Sekretär_innen, sondern auch andere Berufsgruppen selbst erledigen, oder es ist Arbeit ‚im Büro‘ gemeint, womit eine große Bandbreite von Angestelltentätigkeiten abgedeckt wird (vgl. Pfeiffer/Klein 2018, S. 18). Korge und Marrenbach zufolge ist Büroarbeit „durch die Handhabung von Informationen (Erzeugung, Bearbeitung, Übermittlung u.a.) sowie durch häufige Kommunikationsvorgänge gekennzeichnet“ (Korge/Marrenbach 2018a, S. 10). In Abwesenheit einer klaren Definition bezeichnet Büroarbeit eine „Vielfalt überwiegend kaufmännisch orientierter, mit organisationalen und assistenzorientierten Tätigkeiten verknüpfte Arbeit“ (Pfeiffer/Klein 2018, S. 25). Darunter fallen etwa Stellen in der Unternehmensorganisation, im Personal- und Rechnungswesen, in der Verwaltung sowie in Sekretariaten (vgl. ebd.). Derartige Büroberufe umfassen in Deutschland etwa 4,8 Millionen Menschen (vgl. Destatis 2017, S. 369). Der größte Anteil der Bürobeschäftigten in Deutschland, etwa 30 Prozent, findet sich im öffentlichen Dienst (vgl. Pfeiffer/Klein 2018, S. 6). Weiterhin sind große Teile in der Unternehmensorganisation oder als Sekretär_innen tätig (vgl. ebd., S. 26). Die meisten Arbeitnehmer_innen verfügen über ein mittleres Qualifikationsniveau, etwa 14 Prozent haben einen akademischen Abschluss. Ohne abgeschlossene Ausbildung sind deutschlandweit weniger als 5 Prozent (vgl. ebd., S. 43).

Pfeiffer und Klein zufolge gibt es keine aktuellen Studien zu den Auswirkungen der Digitalisierung auf Büroarbeit, nachdem bis Ende der 1990er-Jahre vermehrt an dem Thema geforscht wurde (vgl. Pfeiffer/Klein 2018, S. 18). Die Autorinnen haben die *BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012* und den *DGB-Index Gute Arbeit 2016* einer Zweitauswertung unterzogen, um eine erste empirische Einschätzung zu diesem Thema vorzunehmen.

Büroarbeit ist geprägt von digitalen Technologien. Bürotätigkeiten werden heute größtenteils am Computer erledigt und die Angestellten nutzen häufig das Internet und ihr Smartphone. Die Kommunikation läuft über soziale Medien sowie Mailprogramme (vgl. ebd., S. 8, 59-65). Allerdings sind etwa 90 Prozent der Bürobeschäftigten reine Anwender_innen digitaler Technologien (vgl. ebd., S. 63). Neben Einzelanwendungen kommen betriebswirtschaftliche IT-Systeme wie SAP zum Einsatz, die laut Pfeiffer und Klein „den stärksten Veränderungsdruck auf Arbeit im Büro der letzten Jahrzehnte“ (ebd., S. 19) darstellen, indem sie die Büroorganisation dem System anpassen und für eine zunehmende Standardisierung der Tätigkeiten sorgen (vgl. ebd.).

> „ERP-Systeme (Enterprise Resource Planning) führen dauerhaft zu einem weitergehenden Standardisierungsdruck, da den Effekten der ‚Steigerung von Effizienz in den Standardablaufen' eine ‚bremsende Wirkung und relative Ineffizienz in Abweichungsfallen' gegenübersteht. Folgen sind u.a. eine Verschiebung der Informationsmacht hin zur Zentrale und eine Überformung organisationaler Wissensstrukturen durch technologische Setzungen“ (Pfeiffer/Klein 2018, S. 19; vgl. Hohlmann 2007).

Boes et al. heben hervor, dass Bürotätigkeiten heute „konsequent digitalisiert“ (Boes et al. 2016a, S. 36) sind und sich vornehmlich im digitalen Informationsraum abspielen (vgl. ebd.; Boes et al. 2017a). Aufgrund der Transparenz digital vollzogener Arbeitsschritte könne die Wissensarbeit im Büro zunehmend überwacht und die Leistungserbringung kontrolliert werden (vgl. Boes et al. 2017a, S. 164). Hinzu komme vermehrte Standardisierung und kleinschrittige Steuerung digitalisierter geistiger Arbeit, was zu Autonomieverlusten bei den Beschäftigten und zur Abwertung ihrer Qualifikationen führe (vgl. ebd., S. 164-165).

> „Zunächst werden die entsprechenden Arbeitsabläufe detailliert dokumentiert und ausgewertet und dann als Prozesse in vereinheitlichte IT-Systeme überführt, die den Beschäftigten nun in Form eines rigiden und stark standardisierten Workflows gegenübertreten. Je genauer dokumentiert die Prozesse sind, umso eher können sie im digitalen Zeitalter vollständig automatisiert werden“ (Boes et al. 2016a, S. 37).

Von der zunehmend tayloristischen Steuerung seien vor allem mittelqualifizierte Dienstleistungen im Büro betroffen, beispielsweise die Arbeit in Personal-, Vertriebs-, Service- und Logistikabteilungen sowie Finanzdienstleistungen und Buchhaltung (vgl. Boes et al. 2017a, S. 163; auch Boes/Kämpf 2011).

Raffetseder et al. erweitern diese Analyse digitalisierter administrativer Tätigkeiten mit Blick auf eine vermehrt nach kybernetischen Idealen ausgerichteten Selbststeuerung mittels Prozesssteuerungssoftware (vgl. Raffetseder et al. 2017). Im Rahmen einer Fallstudie wurde der Einsatz der cloudbasierten Prozesssteuerungsplattform *Salesforce* untersucht, die in Unternehmen sowohl für die Kommunikation mit Kund_innen als auch zur Leistungserfassung genutzt wird (vgl.

Raffetseder et al. 2017, S. 235). Das Programm erfasst vollautomatisch die Leistungskennzahlen der Beschäftigten und sämtliche Aktivitäten, die sie am PC verrichten (vgl. ebd., S. 236). Einerseits kann das betriebliche Management diese Daten zur Kontrolle der Arbeitseffizienz, in persönlichen Feedbackgesprächen und für ‚manageriale Richtungsentscheidungen' verwenden (vgl. ebd.). „Hierbei handelt es sich im Grunde um wenig innovative unidirektionale Steuerungsprozesse" (ebd.). Andererseits zielt *Salesforce* im Sinne der Kybernetik auf eine Selbststeuerung des Systems ab, indem es den Beschäftigten direkt Feedback gibt und ihre Selbstoptimierung anreizt (vgl. ebd., S. 237).

> „Mittels der Prozesssteuerungssoftware wird die Praxis der Datenerhebung auf die Ebene medialer Registrierung durch den Algorithmus verlagert. Die ermöglicht eine neue Form der Vermessung und Überwachung. Die ArbeiterInnen werden hinsichtlich der Arbeitsschritte, die am Rechner stattfinden, vollständig durchleuchtet. Die automatisierte Erfassung und grafische Aufbereitung dieser Daten durch Salesforce ermöglichen die Schließung eines in weiten Teilen selbstregulierenden Feedbackkreises, der auf die algorithmusbasierte Selbstregulierung von Beschäftigten zielt, indem diesen permanente Rückmeldungen zu ihrer Leistung zugespielt werden" (Raffetseder et al. 2017, S. 237).

Zusätzlich erstellt und verteilt das Programm automatisch neue Aufgaben (vgl. ebd.). Dabei werden Mitarbeiter_innen bevorzugt, „die zum Zeitpunkt der Überprüfung am wenigsten zu erledigende Aufgaben in ihrer Aufgabenliste verzeichnet haben" (ebd., S. 238). Raffetseder et al. interpretieren *Salesforce* als kybernetisches System: „Datenerhebung, Verarbeitung und Feedbackschleifen erfolgen in Form eines vollautomatischen, selbstregulierenden und in Echtzeit operierenden Rückkopplungsprozesses" (ebd.). Dabei sei die Funktionsweise des Programms weder für die operativ tätigen Beschäftigten noch für das Management durchschaubar (vgl. ebd.).

Korge und Marrenbach untersuchen die Folgen der Digitalisierung für die unterstützende Sekretariatsarbeit und unspezifische Sachbearbeitung in Unternehmen und Ämtern (vgl. Korge/Marrenbach 2018a). Diese einfachen und mittelqualifizierten Bürotätigkeiten gelten in vielen Makrobetrachtungen als leicht substituierbar (vgl. z. B. Brzeski/Burk 2015; Wolter et al. 2016; Bughin et al. 2018):

> „Teile der Aufgaben von kaufmännischen Angestellten können durch die Digitalisierung zuerst standardisiert, dann automatisiert und damit letztlich rationalisiert werden. Selbst Fachkraftberufe, für die in der Regel eine mindestens zweijährige Berufsausbildung erforderlich ist, haben ein Substituierbarkeitspotenzial von etwa 45 Prozent" (Korge/Marrenbach 2018a, S. 12-13).

Die Autoren haben 13 Fallstudien durchgeführt, in deren Rahmen Sekretär_innen und Sachbearbeiter_innen aus den Bereichen Verwaltung, Buchhaltung/Finanzen, Eingangserfassung, Personalsachbearbeitung, Projektverwaltung, Reisen und Rechnungswesen, Marketing/Öffentlichkeitsarbeit und Fuhrparkverwaltung interviewt wurden (vgl. ebd., S. 15). Die Arbeit ist allgemein bereits stark digitalisiert. Die Angestellten arbeiten permanent mit Software an Computern (vgl. ebd., S. 16). Dabei sind die Einarbeitungsphasen vergleichsweise lang und die Beschäftigten

müssen ein hohes Maß an Erfahrungswissen aufbauen, um mit Problemstellungen im Job umgehen zu können (vgl. ebd., S. 20). Das Verhältnis von Routine- und Nichtroutinetätigkeiten ist jeweils unterschiedlich, aber in allen Fällen treten „Anteile von Nicht-Routine auf, bei denen die Abläufe unklar sind und deren Abarbeitung Erfahrung erfordert“ (ebd., S. 20):

> „Bei unspezifischer Sachbearbeitung und Sekretariatsarbeit kommt es immer zu fallspezifischen Problemstellungen, die einen Nicht-Routineablauf erfordern. Dann müssen die Randbedingungen situativ geklärt und Lösungen kreativ erarbeitet werden. Die Anzahl und Vielfalt der möglichen Einflüsse ist oft riesig. Die Wahrnehmung, ob es sich um eine Routineaufgabe handelt oder ob ein Nicht-Routineablauf erforderlich ist, ist eine wesentliche Fähigkeit der Beschäftigten“ (Korge/Marrenbach 2018a, S. 20).

Oftmals sei menschliche Wahrnehmung für unstrukturierte Informationen, kreative Problemlösefähigkeiten, Interpretationsleistungen, flexible Reaktionen und Anpassungen sowie soziale Kompetenzen vonnöten, die noch nicht automatisiert werden können (vgl. ebd., S. 23-24). Korge und Marrenbach merken an, dass auch existierende algorithmenbasierte Technologien bisher nicht eingesetzt werden, um die Routineanteile der Arbeit zu automatisieren. Die Digitalisierung bleibe in den betrachteten Fällen hinter den Möglichkeiten zurück (vgl. ebd., S. 22). Vereinzelt gibt es Ansätze, die Digitalisierung weiter voranzutreiben, jedoch steht in keinem der Fall eine umfassende Substitution menschlicher Arbeit in Aussicht (vgl. ebd., S. 16-17). Die vordergründigen Ursachen dafür seien hohe finanzielle Kosten und knappe Ressourcen, mangelnde Wirtschaftlichkeit sowie der große Aufwand einer vollständigen Umstellung auf neue digitale Technologien (vgl. ebd., S. 22). Eine Vollautomatisierung der Bürotätigkeiten halten Korge und Marrenbach für unrealistisch (vgl. ebd., S. 27-28). Die Autoren vermuten zudem, dass Sachbearbeitung und Sekretariatsarbeit nicht im Fokus der Aufmerksamkeit unternehmerischer Entscheider_innen stehen, weil sie nicht mit den geschäftlichen Kernprozessen zusammenhängen und wenig Personal binden. Daher würden diese Bereiche in Rationalisierungsstrategien kaum bedacht, was sich in Zukunft allerdings ändern könnte (vgl. ebd., S. 24-25):

> „Zum einen könnte eine zunehmende Regulierung eine Standardisierung von unspezifischer Sachbearbeitung und Sekretariatsarbeit bewirken, die eine Entwicklung weiterer Digitalisierungslösungen betriebswirtschaftlich sinnvoll macht. Außerdem könnte Standardsoftware flexibler und einfacher konfigurierbar werden und damit auch die vielfältigen Anforderungen der unspezifischen Sachbearbeitung und Sekretariatsarbeit billig abdecken. Des Weiteren könnten große Konzerne mit Stabsabteilungen, die sich auch um Unterstützungsprozesse kümmern, übertragbare Lösungen vorantreiben“ (Korge/Marrenbach 2018a, S. 25).

Die Autoren halten die Sekretär_innen und Sachbearbeiter_innen für entwicklungsfähig und trauen ihnen zu, eine weitere Digitalisierungswelle zu bewältigen. Sollte es zur Einführung radikal neuer digitaler Technologien kommen, empfehlen sie, die Beschäftigten frühzeitig und umfassend zu schulen (vgl. ebd., S. 17, 25-26). Insgesamt ist eine Aufwertung der Arbeit denkbar, falls die Routineanteile zunehmend automatisiert werden und vor allem mittelqualifizierte Nichtroutinetätigkeiten übrig bleiben (vgl. ebd., S. 29). Diese Entwicklung halten die Autoren in Zukunft für realistisch (vgl. ebd.).

Im Anschluss an dieses Forschungsprojekts haben Korge und Marrenbach (2018b) genau wie für die Industrie (siehe S. 64-66 in dieser Arbeit) auch für die Büroarbeit vier **Zukunftsbilder** entworfen, die Möglichkeitshorizonte der künftigen Entwicklung der Arbeit darstellen (vgl. Tabelle 7). Wiederum ergeben sich die Zukunftsbilder aus der Kombination der zwei Dimensionen Digitalisierungsstrategie (Substitution oder Assistenz) und Entwicklung der Qualifikationen und Tätigkeiten (*Upgrading* oder Polarisierung).

Tabelle 7: Zukunftsbilder für Arbeit in Büros

	Polarisierung	***Upgrading***
Assistenz	**Angelerntenarbeit** ▪ Begrenzte, aber fortschreitende Low-Cost-Automatisierung ▪ Manuelle Leistungserbringung durch geringqualifizierte Beschäftigte ▪ Standardisierte Arbeit ohne Freiräume für die Beschäftigten (Objektivierung) ▪ Lückenlose Anleitung und Überwachung ▪ Dominanz der Technik über die Menschen	**Fach- und Wissensarbeit** ▪ Begrenzte Automatisierung ‚mit Augenmaß' ▪ Manuelle Leistungserbringung durch hoch- und mittelqualifizierte und erfahrene angelernte Beschäftigte ▪ Assistenzsysteme unterstützen bei Kommunikation, Problemlösung, Sonderaufgaben ▪ Freiräume für Flexibilität und Innovation (Individualisierung und Subjektivierung der Arbeit) ▪ Dominanz der Menschen über die Technik
Substitution	**Vollautomatisierung** ▪ Umfassende Automatisierung ▪ Hochautomatisierte Leistungserstellung durch digitale Systeme ▪ Weitgehend menschenleere Büros ▪ Prognose, Planung, Gestaltung der Technik durch Hochqualifizierte ▪ Lernende Technik steuert, überwacht und repariert sich selbstständig	**Prozessbetreuung** ▪ Automatisierung des technisch Machbaren ▪ Hochautomatisierte Leistungserstellung durch digitale Systeme ▪ Prozessbetreuung und Optimierung durch Hoch- und mittelqualifizierte Informatiker_innen ▪ Assistenz- und Kommunikationssysteme unterstützen bei der Problemlösung ▪ Freiräume für Innovation und zur Problemlösung (Individualisierung und Subjektivierung der Arbeit) ▪ dezentrale Organisation und partizipative Führung

Quelle: Eigene Darstellung nach Korge/Marrenbach 2018b, S. 9-14

Dworschak und Zaiser gehen auf die Digitalisierung der **öffentlichen Verwaltung** ein. Dieser Prozess sei kein neues Phänomen, sondern vollziehe sich graduell seit Jahrzehnten (vgl. Dworschak/Zaiser 2016, S. 109). So habe die Informatisierung der Verwaltung bereits in den 1970er-Jahren begonnen, die Verwaltungspraxis habe sich vielfach verändert und menschliche Arbeitsvorgänge seien zunehmend automatisiert worden (vgl. ebd.; auch Lenk 2011). Die Digitalisierung der Verwaltung stehe einerseits in Zusammenhang mit dem Konzept des *Electronic Governments* (*E-Government*) und der Bereitstellung von Onlinediensten für die Bürger_innen, andererseits würden interne Strukturen und Abläufe digitalisiert (vgl. ebd., S. 110). Es sei zu erwarten, dass sich der seit den 1990er-Jahren voranschreitende Trend zum Beschäftigungsabbau im Zuge der Digitalisierung fortsetzt (vgl. ebd., S. 111). Von Automatisierung könnten zunächst etwa unterstützende Büro- und Verwaltungstätigkeiten betroffen sein (vgl. ebd.). Patscha et al. prognostizieren, dass die Verwaltungsprozesse bis 2030 vollständig digitalisiert ablaufen, wodurch etwa manuelle Datenübertragung und ‚papierlastige Routineprozesse' entfallen (vgl. Pascha et al. 2017, S. 44). Auch Plausibilitätskontrollen zur Datenqualität und die Vorabprüfung und Sortierung von Anträgen könnten künftig algorithmisch durchgeführt werden (vgl. ebd.). Die Autor_innen betrachten diese Automatisierung als Chance für die Beschäftigten, sich „auf eher komplexe Aufgaben und besonders relevante Fälle fokussieren" (ebd., S. 45) zu können. Auf alle Mitarbeitenden würden neue Kompetenzanforderungen in den Bereichen Datenschutz und Datensicherheit sowie im Umgang mit IT-Systemen zukommen (vgl. ebd.).

Dworschak und Zaiser hingegen erwarten neue Kompetenzanforderungen nur für „Beschäftigte in E-Government-Projekten, Beschäftigte im Projektmanagement und Beschäftigte in übergeordneten Managementebenen" (ebd., S. 111; vgl. Schulz/Schuppan 2012).

> „Projektleiter müssen über sehr tiefgreifendes interdisziplinäres, technisches Expertenwissen und zunehmende soziale Kompetenzen verfügen. Die Managementebene benötigt ebenfalls Spezialistenwissen, zum Teil in großer Tiefe, um Projekte durchzubringen und die notwendige politische Unterstützung sicherzustellen" (Dworschak/Zaiser 2016, S. 111).

Die Autoren prognostizieren also steigende Anforderungen für hochqualifizierte Beschäftigte in Verantwortungspositionen der öffentlichen Verwaltung, die weniger aus der Digitalisierung der Arbeitsprozesse als aus neu geschaffenen Prozeduren resultieren. Gleichzeitig gehen sie davon aus, dass repetitive Bürotätigkeiten zunehmend automatisiert werden und es insgesamt zu weiterem Stellenabbau kommt. So scheint sich in ihrer Abhandlung abzuzeichnen, dass für die öffentliche Verwaltung ein polarisiertes *Upgrading* möglich ist.

5.3.5 Information und Kommunikation

Der Wirtschaftszweig Information und Kommunikation (IuK) setzt sich aus den Bereichen Informationstechnologie und Informationsdienstleistungen, Telekommunikation, Verlagswesen, Film und Fernsehen, Tonstudios, Musik und Rundfunk zusammen. Die Zahl der Erwerbstätigen in der IuK-Branche ist seit den 1990er-Jahren stetig gewachsen. Apt et al. (2016a) merken an, dass dabei rückläufige Beschäftigtenzahlen in der Telekommunikation durch steigende Zahlen in der Softwareentwicklung ausgeglichen werden (vgl. Apt et al. 2016a, S. 65). Laut Statistischem

Bundesamt waren im Jahr 2017 über 1,2 Millionen Menschen in der IuK-Branche tätig, wobei die Statistik freiberufliche, technische Dienstleistungen sowie Kunst und Unterhaltung gesondert erfasst (vgl. Destatis 2018, S. 359). Der Bereich der Information und Kommunikation gilt als von der Digitalisierung stark geprägte Branche (vgl. Margraf 2019; Hermanni 2017; Boes et al. 2013): Die Produkte sind häufig digitale oder digitalisierbare Güter. Im Verlauf der letzten Jahre sind viele digitale Geschäftsmodelle entstanden, etwa in Form von Startups in den Sparten IT und Informationsdienstleistungen. Zudem laufen die Arbeitsprozesse überdurchschnittlich oft über digitale Technologien wie virtuelle Arbeitsräume in der *Cloud* oder Videokommunikation.

> „Einigkeit besteht in der Forschung weitgehend darüber, dass sich die Medien als integraler Bestandteil vernetzter Lebenswelten manifestieren. Zugleich werden IT-Unternehmen zu Wettbewerbern von Medienunternehmen und Medienunternehmen zum Teil des Consumer Webs und zu Technologieunternehmen“ (Hermanni 2017, S. 17).

Für die Zukunft wird ein steigender Bedarf an hochqualifizierten Arbeitskräften erwartet, die über **IT-Kompetenzen** oder ausgeprägte fachliche Kompetenzen verfügen (vgl. Margraf 2019). Die Beratungsfirma McKinsey betont die zunehmende Bedeutung technischer Qualifikationen. Benötigt würden etwa zusätzliche Programmierer_innen und Informatiker_innen, Datenspezialist_innen und technische Designer_innen (vgl. Bughin et al. 2018, S. 8). Dworschak und Zaiser weisen darauf hin, dass die hohen Anforderungen aufgrund von IT-Anwendungen nur eine kleine Gruppe Spezialist_innen und nicht die breite Masse der Beschäftigten betreffen (vgl. Dworschak/Zaiser 2013, S. 176). Hall et al. (2015) prognostizieren auf Basis der Szenarioanalyse von Wolter et al. (2015) einen deutlichen quantitativen Zuwachs von qualifizierten Erwerbstätigen in IT-Berufen im Wirtschaftszweig IT- und Informationsdienstleistungen. Peter Kels zufolge führt die zunehmende Komplexität von IKT-Lösungen, die Beschleunigung von Innovationszyklen und die wachsende Bedeutung businessbezogener Tätigkeiten zu steigenden Qualifikationsanforderungen und tendenziell zu einer Professionalisierung und Akademisierung innerhalb der Gruppe von IT-Berufen (vgl. Kels 2012, S. 188).

Theresa Bauer weist darauf hin, dass die Arbeit in **Softwareentwicklung** und **IT-Beratung**, die klassischerweise mit hohen fachlichen Qualifikationen und Autonomiegraden in Verbindung gebracht wird, im Zuge der Digitalisierung zunehmend tayloristischer Steuerung ausgesetzt sein kann (vgl. Bauer 2017, S. 7). Es seien „standardisierte, leicht erlernbare Methoden für Programmierungsarbeiten entwickelt“ worden, die „den Einsatz von geringer qualifizierten Beschäftigten ermöglichen“ (ebd.).

> „Ganz im Sinne des Scientific Managements entwickelt sich ein Trend hin zu stärkerer Arbeitsteilung, die durch Standardisierung und Automatisierung der Prozesse bei der Erstellung von Standardsoftwareprodukten vorangetrieben wird. Arbeitsprozesse werden wissenschaftlich durchdrungen, um bisher hochgradig selbstorganisierte Arbeit einer Planung, Steuerung und Kontrolle zugänglich zu machen; Kommunikations- und Interaktionsprozesse werden formalisiert. In der IT-Beratung und im Service werden Standardzeiten für die Fallbearbeitung gemessen und vorgegeben; Vorgehensweisen zur Bearbeitung von Kundenanfragen, aber auch von technischen Störungen werden zum Teil bis ins Detail vorgeschrieben“ (Bauer 2017, S. 7).

Wissenschaftler_innen des ISF haben auf Basis umfangreicher Fallstudien und zahlreicher Experteninterviews, die im Rahmen von zwei Forschungsprojekten[32] durchgeführt wurden, die These aufgestellt, der digitale Informationsraum habe als neue ‚Basisinfrastruktur' geistiger Tätigkeiten die fundamentale Reorganisation von Wissensarbeit ermöglicht (vgl. Boes et al. 2016a, S. 35, 2014b, 2016b, 2017, 2018). „Wenn der Arbeitsgegenstand digitalisierbar ist, werden die weltweiten Informationsnetze zur Infrastruktur eines neuen, eigenständigen ‚Raums der Produktion'" (Boes/Kämpf 2011, S. 62). Boes et al. deuten den digitalen Informationsraum als Grundlage neuer Produktionsmodelle für hochqualifizierte Wissensarbeit, die insbesondere auch in der IT-Branche umgesetzt werden. Die Reorganisation der Arbeit ziele darauf ab, das jeweilige Unternehmen von individuellen Beschäftigten unabhängig zu machen, „ohne jedoch auf die Subjektivität im Arbeitsprozess zu verzichten" (Boes et al. 2014a, S. 16).

> „Im Kontrast zum Taylorismus geht es also nicht darum, die subjektiven Potenziale der Beschäftigten ‚auszuschalten' – vielmehr geht es um eine planbare, wiederholbare und systemisch integrierte Nutzung ihrer Subjektleistung. Die Unternehmen nutzen auf der einen Seite den Informationsraum, um Wissen zu kollektivieren; und auf der anderen Seite bilden IT-Prozesse die Basis dafür, Kopfarbeit als einen ‚objektiven Prozess' zu organisieren, der nicht mehr vom individuellen Geschick des Einzelnen abhängig sein soll" (Boes et al. 2014a, S. 16).

Boes et al. haben zwei Fallstudien in der **Softwareentwicklung** durchgeführt (vgl. Boes et al. 2018): die erste bei einem großen IT-Unternehmen, in dem Methoden der Agilität und *Lean Production* eingeführt wurden, um die Steuerbarkeit, Planbarkeit und Transparenz der Entwicklungsarbeit zu erhöhen (vgl. ebd., S. 105); und eine weitere bei einem global agierenden Anbieter für Softwarelösungen und Dienstleistungen, wo *Lean* und agile Methoden im Rahmen einer strategischen Neuausrichtung zur Integration heterogener Unternehmensanteile etabliert wurden (vgl. ebd., S. 123). Während die Reorganisationsstrategie im ersten Unternehmen wenigstens teilweise auf die Selbstorganisation und das *Empowerment* der Entwicklerteams ausgerichtet war, wurde die Autonomie der Beschäftigten im zweiten Fallunternehmen stark eingeschränkt. Die Möglichkeiten inhaltlicher Mitbestimmung und kreativer Betätigung wurden abgebaut und die Entwicklungsarbeit auf ein ‚Abarbeiten' vorbestimmter Arbeitsinhalte reduziert (vgl. ebd., S. 120-121). Die frühere Eigenständigkeit, Verantwortung und Handlungsautonomie der Entwickler_innen ist verloren gegangen. Es darf nichts entwickelt werden, was nicht genehmigt ist, und auch die Reihenfolge der Arbeit ist nicht mehr selbstbestimmt (vgl. ebd., S. 122). Das „Produktmanagement [ist] zu einem mächtigen Akteur geworden, der die Ausrichtung der Entwicklung lenkt und steuert" (ebd.). Zudem wird der Arbeitsstand der Entwicklerteams über einen informatisierten Backlog permanent transparent gemacht und kontrolliert:

> „Durch die Einführung neuer IT-gestützter Prozesse und deren Verkoppelung mit den Institutionen des Austauschs und der Kommunikation entsteht eine neue Qualität der Transparenz. Auf

[32] WING (*Wissensarbeit im Unternehmen der Zukunft nachhaltig gestalten*) und digitDL (*Digitale Dienstleistung in modernen Wertschöpfungssystemen*)

> dieser Grundlage können die Entwicklerteams flexibel mit neuen Aufgaben konfrontiert werden, die in den Backlog eingehen. Darüber hinaus kann dadurch der Arbeitsstand des Entwicklerteams ‚live' eingesehen und gesteuert werden" (Boes et al. 2018, S. 121).

Boes et al. zufolge ist die digitale Transformation Basis einer umfassenden Restrukturierung von Wissensarbeit, die über einzelne Automatisierungsmöglichkeiten hinausgeht. „Insbesondere in den indirekten Bereichen, wo zentrale Arbeitsmittel und -gegenstände auf digitalen Informationen und Informationssystemen basieren, wird Arbeit informatorisch durchdrungen und neu strukturiert" (ebd., S. 173). *Lean* und agile Methoden, wie sie etwa in der Softwareentwicklung der Fallunternehmen eingesetzt werden, seien die komplementären Organisationskonzepte (vgl. ebd.). Boes et al. interpretieren die Organisationsmethoden als „neue Formen der Industrialisierung von Kopfarbeit" (ebd., S. 174):

> „In dem Maße, wie Arbeitsgegenstand und -mittel digitalisierbar sind […] können geistige Tätigkeiten entlang des ‚flow of information' arbeitsteilig organisiert und neue Formen der Kooperation und Kommunikation bis hin zum Austausch von Wissen in den Arbeitsprozess integriert werden. […] Je höher der Grad der Informatisierung ist, desto stärker kann schließlich auch die Arbeit der einzelnen Beschäftigten einer konsequenten, an das Flussprinzip von *Lean* angelehnten Prozessorientierung zugänglich gemacht werden. Gleichzeitig wird die Arbeit im digitalen Raum in bisher ungeahnter Weise transparent – und damit auch einer immer engermaschigen Kontrolle durch das Management zugänglich […]. Insgesamt zeigt sich sowohl in den mittel- als auch in den höherqualifizierten Bereichen, wie die Kombination eines digitalen ‚Raums der Produktion' mit *Lean* und agilen Methoden […] die Kopfarbeit neuen Formen der Industrialisierung zugänglich macht. Den Unternehmen eröffnen sich so neue Möglichkeiten, selbst hochqualifizierte Wissensarbeit systematisch und rational zu organisieren, um sie – mittels Transparenz und Kontrolle sowie einer Kollektivierung von Wissen – plan- und wiederholbar zu machen" (Boes et al. 2018, S. 176-180).

Jaehrling et al. haben anhand von 14 Betriebsfallstudien in mehreren europäischen Ländern die Auswirkungen der voranschreitenden Digitalisierung in der **Computerspielbranche** untersucht, die sich „in den letzten zwei Jahrzehnten zu einer globalen Industrie mit schnell wachsenden Märkten entwickelt" (Jaehrling et al. 2018, S. 11) habe. In Deutschland arbeiten schätzungsweise 13.000 Erwerbstätige in diesem Bereich (vgl. ebd.). Ein Großteil der Beschäftigten setze sich aus hochqualifizierten Programmierer_innen und Gamedesigner_innen zusammen, deren Tätigkeiten eine niedrige Automatisierungswahrscheinlichkeit aufweisen (vgl. ebd., S. 5-6). Die Arbeit sei einerseits von Kreativität und Autonomie, flachen Hierarchien und geringem Klassenbewusstsein geprägt, andererseits von Unsicherheit, Entgrenzung und schlechter Bezahlung (vgl. ebd., S. 11-12; auch Apitzsch et al. 2015; Teipen 2015; Thompson et al. 2016; Hoose 2016). Die Digitalisierung habe die globalen Marktverhältnisse durch die Verbreitung von Smartphones, Vertrieb per Download und *Crowdfunding* in geringem Maß zugunsten kleinerer Entwicklungsstudios verschoben. Die prekären Arbeitsverhältnisse hätten sich dadurch jedoch kaum verbessert, da noch immer große transnationale *Publisher* den Markt dominieren und Abhängigkeiten schaffen. Zudem seien neue mächtige Akteure wie die Plattformbetreiber Apple und Google hinzugekommen und die globale Konkurrenzsituation habe sich intensiviert (vgl. ebd., S. 12). Allerdings sei in den Fallunternehmen das Bewusstsein dafür gewachsen, dass sich die Arbeitsbedingungen verbessern müssen. Zur Reduktion der Überstunden sei mit agiler Projektsteuerung

und Arbeitszeiterfassung experimentiert worden und die Beschäftigungsunsicherheit wurde teilweise durch Abkehr von befristeten Verträgen und Freelancer_innen verringert (vgl. ebd., S. 13-14). Hinsichtlich der Qualifikationsstrukturen sowie Überwachung und Kontrolle haben Jaehrling et al. keine Veränderung festgestellt.

Die **Medienbranche** wurde durch digitale Technologien und insbesondere durch den digitalen Informationsraum als Distributionsmedium schon seit den 1990er-Jahren stark von der Digitalisierung beeinflusst (vgl. Apt et al. 2016a; Hermanni 2017; Becker 2013; Friedrichsen et al. 2010). Freier Austausch von Musik, Podcasts, Videos und Texten über das Internet haben die alteingesessenen Industrien unter Druck gesetzt, zur Entstehung neuer Geschäftsmodelle und zum Markteintritt neuer Wettbewerber geführt (vgl. Becker 2013, S. 76-79, 126, 141, 143-145, 152-153, 193-194). Beim Filmdreh werden heute flächendeckend digitale Kameras und in der Postproduktion digitale Bearbeitungssoftware verwendet, die Anteile digital animierter Filme und des 3D-Formats wachsen, in den Kinos verbreitet sich digitale Projektion (vgl. ebd., S. 112-115). Digitale Studiotechnik hat die Rationalisierung von Radioredaktionen ermöglicht, in denen die Sendungsproduktion heute von einer Person übernommen werden kann (vgl. ebd., S. 137). In der Zeitungsbranche können mit rückläufigen Printauflagen und Zunahme der Onlinepublikationen Arbeitsplätze im Druck und in der Auslieferung abgebaut werden (vgl. ebd., S. 151).

Alfred-Joachim Hermanni ist der Auffassung, dass durch die Digitalisierung der Medienbranche vielfältige neue Anforderungen entstanden sind und die Nachfrage nach hochqualifizierten Beschäftigten steigt (vgl. Hermanni 2017, S. 20-21). Laut der Studie von Apt et al. müssen etwa Journalist_innen heute neben spezifischen fachlichen Kompetenzen vor allem Kommunikations- und Kooperationsfähigkeiten mitbringen, um zum Umgang mit digitalen Medien und immensen Datenmengen befähigt sein (vgl. Apt et al. 2016a, S. 30-31, 63). Es gehe nicht mehr nur „um die Darbietung gut recherchierter Informationen, sondern auch um die Auswahl des Vertriebskanals, die nutzergruppenspezifische Ansprache sowie die technisch-stilistische Aufbereitung für das jeweilige Ausspielmedium“ (ebd., S. 30-31). Da die Verbreitung von Medien zunehmend auf den Plattformen von Drittanbietern stattfinde, müssten deren algorithmische Verteilungsschlüssel verstanden und bei der Herstellung von Inhalten gezielt genutzt werden (vgl. ebd., S. 31). Dadurch entstünden neue Stellen, einerseits für Informatiker_innen und andererseits in den Bereichen „der selektiven, nutzerspezifischen Informationsdarbietung, ‚Social-Media‘-basierten Distribution von Inhalten, Grafik, Nutzerinteraktion, im Management von ‚Online-Communities‘ und im E-Commerce“ (ebd., S. 61).

„Das „Automatisierungspotenzial für journalistische Arbeit und die Fähigkeiten künstlicher Intelligenz bei der Darstellung komplexer Sachverhalte“ (ebd., S. 62) wurde von den befragten Expert_innen höchst unterschiedlich bewertet, sodass die Substitutionsgefahr dieses Feldes menschlicher Arbeit aus der Studie nicht ersichtlich wird. Hermanni vertritt die Ansicht, dass die Herstellung von *Content* von Kreativität und wenig Routine bestimmt wird, sodass die Automatisierung der Tätigkeiten unwahrscheinlich ist (vgl. Hermanni 2017). Medienschaffende würden von der Verbreitung digitaler Medien, die inhaltlich befüllt werden müssen, eher profitieren (vgl.

ebd., S. 14). An anderer Stelle weist der Autor jedoch darauf hin, dass „Roboter heute schon große Datenmengen analysieren und daraus redaktionelle Artikel fertigen“ (ebd., S. 20) könnten.

In den Bereichen Verarbeitung und Distribution ist der Automatisierungsgrad laut Apt et al. vor allem in größeren Verlagen schon recht hoch (vgl. Apt et al. 2016a, S. 61-62). Dort „sind das interne Nutzermanagement wie auch Auswertungen von Nutzerzugriffen und die ‚Impact‘-Analyse einzelner Medien bzw. Fachpublikationen bereits heute automatisiert“ (ebd.). Hinsichtlich unternehmerischer Organisationsformen erwarten die Autor_innen eine zunehmende Polarisierung zwischen einem Kern von Festangestellten und einer Peripherie von Crowdworker_innen:

> „Für die Zukunft wird eine noch stärkere Differenzierung erwartet: monotone Aufgaben werden extern erbracht, zum Teil auch ins Ausland verlagert (z. B. Setzen von Texten in Indien); kreative und geschäftskritische Aufgaben werden innerhalb einer Medienorganisation geleistet. Damit deutet sich die Entwicklung hin zu einer Zukunft mit ‚zwei Medienwelten‘ an; auf der einen Seite ‚ein wachsendes Heer unabhängiger Medienarbeiter ohne Mitbestimmung‘, die ausgelagerte, monotone Aufgaben selbständig ausführen, und auf der anderen Seite ‚ein kreativer, vernetzter Qualitätsjournalismus, meist angebunden an ein größeres Medienhaus“ (Apt et al. 2016a, S. 63).

Apt et al. haben Fallstudien in zwei deutschen Medienunternehmen durchgeführt. Die erste erfolgte bei einer mittelständischen Medien- und Ausstellungsagentur, die sich zu einem „sehr Hightech-orientierten Anbieter von (interaktiven) Exponaten zu Themen aus Wissenschaft und Technik“ (ebd., S. 74) entwickelt habe. Da das Geschäftsmodell auf der Digitalisierung beruhe, sei „sie auch Grundlage für die (hoch spezialisierten) Beschäftigungsverhältnisse“ (ebd., S. 75). Weil im Unternehmen ständig neue digitale Technologien eingesetzt werden, müssten sich die Mitarbeiter_innen häufig mit neuen Werkzeugen auseinandersetzen, sich also fortwährend weiterqualifizieren (vgl. ebd.). Für die Administration, speziell für das Projektmanagement, wird zur Effizienzsteigerung ein elektronisches Ticketingsystem verwendet, „mit dem Projekte bis in einzelne Tasks (z. B. Inhalt, Umfang, Verantwortlichkeit, Frist, Prozessphase) festgelegt und nachverfolgt werden können, um eine verlässliche Gesamtplanung- und Koordination über alle Abteilungen und Gewerke zu ermöglichen (Workflow-Management)“ (ebd., S. 74). Obwohl die Software sowohl die Möglichkeit zu detaillierter Leistungskontrolle als auch zum *Outsourcing* der fragmentierten Aufgaben bietet, wird sie dank gegensätzlicher Firmenkultur bisher nicht in dieser Weise verwendet (vgl. ebd.). Das Unternehmen arbeitet zwar mit zahlreichen Freelancer_innen, verfügt aber gleichzeitig über eine kontinuierlich wachsende feste Belegschaft und bietet den freien Mitarbeiter_innen Festanstellungen an (vgl. ebd.).

In der zweiten Fallstudie wurde ein großes Verlagshaus untersucht, dessen Angebot im Zuge des digitalen Wandels erweitert und segmentiert wurde, um die Geschäftsfähigkeit zu erhalten (vgl. ebd., S. 75). Das Portfolio umfasse heute „erfolgreich etablierte Zeitungen und Zeitschriften wie auch Online-Angebote für unterschiedliche Interessengruppen und Informationsbedürfnisse“ (ebd.). Die Arbeitsgestaltung unterscheide sich massiv zwischen etablierten Zeitungen einerseits und den akquirierten startupähnlichen Geschäftseinheiten andererseits, sodass keine konzernübergreifenden Aussagen über die Entwicklung der Arbeit getroffen werden könnten (vgl. ebd.,

S. 76). Allerdings schlagen sich Apt et al. zufolge die Auswirkungen der Digitalisierung in neuen Berufsbildern und Qualifikationsanforderungen im Unternehmen nieder: „Demnach vereinigt ein typischer Mitarbeiter in einer deutschen Zeitungsredaktion heute etwa zehn bis elf alte Berufsbilder“ (ebd.). Um den erweiterten Qualifikationsanforderungen gerecht zu werden, bietet das Verlagshaus den Mitarbeiter_innen seiner etablierten Medienmarken entsprechende Weiterbildungen an. Die akquirierten Startups dagegen seien auf sich alleine gestellt (vgl. ebd.).

Insgesamt liest sich die Foresightstudie von Apt et al. hinsichtlich der Medienbranche so, dass aufgrund der Digitalisierung tendenziell erweiterte Aufgabenspektren und höhere Qualifikationsanforderungen entstehen. Das Automatisierungsrisiko für journalistische Arbeit ist nicht absehbar. Die größere Gefahr stellt eine organisatorische Polarisierung zwischen internen und externen Mitarbeiter_innen dar, die sich primär in Differenzen in der sozialen Sicherung und Mitbestimmung niederschlägt.

5.3.6 Finanzdienstleistungen

„Die Finanzdienstleistungen haben eine lange Geschichte der Digitalisierung“ (Gabriel 2017, S. 48). Der Einsatz von Computern reicht in Banken bis in die 1960er-Jahre zurück und noch heute steht die Finanzbranche an vorderster Front der digitalen Technisierung (vgl. ebd.; Alt/Puschmann 2016; Ornau 2017; Roth et al. 2015; Roth 2015, S. 17; Bughin et al. 2018, S. 22).

> „Wie kaum eine andere Branche, lässt sich das Bankgeschäft fast vollständig elektronisch abbilden. Nicht zuletzt deshalb gilt die Bankenindustrie seit jeher als ‚Early Adopter‘ von IT und war eine der ersten Branchen, die ihren Kunden bereits 1981 Online-Transaktionen von zu Hause ermöglichte. Aktuell zeichnet sich nach der Einführung von Lochkarten, dem Aufkommen von Standardsoftware sowie dem Online Banking eine fünfte Phase der Digitalisierung ab […]. Dieser Wandel beruht auf einer erheblichen Leistungssteigerung der IT, die infolge der Konvergenz von Endgeräten, wie Smartphones, Tablets etc. und elektronischen Diensten wie elektronischen Marktplätzen oder dem Cloud Computing […] gegeben ist. Dadurch können Kunden eigenständig (elektronische) Finanzdienstleistungen konfigurieren und diese beinahe in gleicher Weise nutzen wie zuvor die Bankangestellten. Ebenso können Banken ihre internen und überbetrieblichen Abläufe gemeinsam mit Dienstleistern gestalten oder neue Finanzmarktinfrastrukturen auf Basis virtueller Währungen und zugrunde liegender Technologien (z. B. Blockchain) aufbauen. Allerdings steht dies auch Nicht-Banken offen“ (Alt/Puschmann 2016, S. 218).

Zahlreiche Veröffentlichungen verweisen auf das disruptive Potenzial neuer Wettbewerber und Geschäftsmodelle im Finanzgewerbe (vgl. z. B. Alt/Puschmann 2016; Ornau 2017; Dapp 2014; Roth et al. 2015; Gabriel 2017; Apt et al. 2016a). Fintech-Startups und mächtige Internetkonzerne verändern vor allem den Markt für Bankdienstleistungen (vgl. Ornau 2017). Eine Analyse im Auftrag des Bundesfinanzministeriums zählte im Jahr 2016 in Deutschland knapp 350 aktive Fintech-Unternehmen (vgl. Dorfleitner et al. 2016). Ein Geschäftsfeld, das besonders im Fokus neuer Akteur_innen steht, ist das der Bezahlung. Hier sind etwa PayPal und die Mobile-Payment-Anwendungen digitaler Leitunternehmen wie Apple und Google zu nennen (vgl. Roth et al. 2015, S. 54; Gabriel 2017, S. 48; Ornau 2017, S. 64). Internetunternehmen dringen aber auch erfolgreich in andere Bereiche ein, beispielsweise *Social Trading* und Kreditvermittlung (vgl. Roth et al. 2015, S. 54; Apt et al. 2016a, S. 67; Dorfleitner et al. 2016). „Etablierte Strukturen, bei der die

Bank als Vermittler zwischen Kreditgeber und -nehmer fungiert oder Geld überweist, werden ausgehebelt und online direkt zwischen den Interessenten angeboten“ (Gabriel 2017, S. 48).

> „Durch den Markteintritt dieser neuen, datengetriebenen Akteure kommen traditionelle Finanzdienstleiter zusätzlich unter Druck. Für die Zukunft wird erwartet, dass sich im Bankensektor aufgrund der anhaltenden Digitalisierung in weniger als 10 Jahren umfassende und grundsätzliche Umstrukturierungen ergeben werden, die möglicherweise darin gipfeln werden, dass sich die Struktur von Konzernen hin zu flexiblen und verschiedene kleinere Akteure integrierenden Plattformen entwickeln könnte“ (Apt et al. 2016a, S. 67).

> „Es ist abzusehen, dass Banken aus mittelfristiger Sicht verstärkt mit FinTech-Unternehmen kooperieren und sich Funktionen des Bankengeschäfts mit diesen teilen werden. Die Banken profitieren dabei von der Flexibilität der FinTechs und deren Kundennähe; die FinTech-Unternehmen von der Reputation der Banken. Die digitale Transformation führt zwingend auch dazu, dass bestehende (heutige) Geschäftsmodelle der Banken überdacht und überprüft werden müssen“ (Ornau 2017, S. 63).

Die Erwerbstätigenzahlen der Finanzbranche waren in Deutschland laut Statistischem Bundesamt in den 1990er- und 2000er-Jahren weitgehend stabil und sind erst seit 2010 rückläufig. Im Jahr 2017 zählt die Statistik noch etwa 1,16 Millionen Erwerbstätige (vgl. Destatis 2018, S. 359). Einer Statistik des Arbeitgeberverbands des privaten Bankgewerbes zufolge schrumpft die Zahl der Beschäftigten in deutschen Banken allerdings konstant seit der Jahrtausendwende und ist innerhalb von 17 Jahren um 24 Prozent zurückgegangen (vgl. AGV Banken 2019; eigene Berechnungen). In der Versicherungswirtschaft war die Anzahl der Arbeitnehmer_innen eher von Schwankungen als von einem eindeutigen Abwärtstrend betroffen. Nach einem Anstieg im Anschluss an die Finanzkrise 2008 ist auch hier seit dem Jahr 2013 eine sinkende Tendenz zu verzeichnen (vgl. GDV 2019). In einer Studie der ver.di haben von den befragten Betriebsrät_innen der Finanzbranche 44 Prozent zwischen 2013 und 2015 eine Abnahme der Beschäftigung festgestellt. Dagegen gab es bei 41 Prozent keine Veränderung und bei 15 Prozent sogar eine Zunahme derselben (vgl. Roth 2015, S. 20). Die meisten Veröffentlichungen gehen für die Zukunft – mitverursacht und gefördert durch die Digitalisierung – von weiterhin sinkenden Beschäftigtenzahlen aus (vgl. z. B. Roth 2015, S. 20; Roth et al. 2015, S. 57; Apt et al. 2016a, S. 65; Bughin et al. 2018, S. 22). Einer Expertenbefragung der McKinsey Consultants zufolge werden vor allem Stellen von Kassierer_innen, Buchhalter_innen, Büroangestellten und Broker_innen von Abbau betroffen sein (vgl. Bughin et al. 2018, S. 22, 27). Dagegen würden vermehrt technische Spezialist_innen für Softwareentwicklung und IT-Systeme sowie interaktive Berufe benötigt (vgl. ebd.).

Roth et al. (2015) haben die sich aus der Digitalisierung ergebenden Folgen für die Beschäftigten in Banken und Versicherungen anhand einer Literaturstudie sowie der Befragung von Branchenexpert_innen untersucht (für eine Übersicht vgl. Tabelle 8).

Tabelle 8: Auswirkungen von Industrialisierung und Internetisierung auf die Arbeit und Beschäftigung bei Banken und Versicherungen

	Trend	Folgen für Arbeitsorganisation, Arbeitsinhalte und Beschäftigung
Industrialisierung	**Standardisierung**	▪ Verringerung individueller Spielräume in der Arbeit ▪ Abhängigkeit von vorgegebenen Takten ▪ Wegfall ganzheitlicher Aufgabenzuschnitte ▪ Dequalifizierung
	Automatisierung	▪ Wegfall einfacher Tätigkeiten
	Spezialisierung	▪ Entlastung des Vertriebs von administrativen Aufgaben, gleichzeitig stärkere Fokussierung auf Vertriebsaufgaben ▪ Zunahme des Anteils höherwertiger Tätigkeiten für einen Teil der Belegschaft ▪ Reduktion auf einige wenige Tätigkeiten
Internetisierung	**Internetvertrieb** ***Self Service*** **Externe Wettbewerber**	▪ Gefahr von Personalabbau
	Web 2.0 ***Social Media***	▪ Anforderung, sich kompetent im Informationsraum ‚Internet' bewegen zu können ▪ steigende Kommunikations- und Flexibilitätsanforderungen ▪ zusätzliches Technik-Know-how erforderlich ▪ Fachwissen erforderlich für Reputationsmanagement, *Social Media Monitoring* und Suchmaschinenoptimierung
	Big Data	▪ steigender Verkaufsdruck durch *Cross-Selling* ▪ schrumpfende Handlungsspielräume ▪ Fachwissen für Datenvernetzung und -auswertung

Quelle: Eigene Darstellung nach Roth et al. 2015, S. 55

Die Autor_innen ordnen die Technologietrends zwei Stoßrichtungen zu: Unter ‚Industrialisierung' fallen Innovationen, die durch Automatisierung, Standardisierung und Spezialisierung von Arbeit auf Kostenreduktion abzielen. ‚Internetisierung' bezeichnet veränderte Produkte, Ser-

viceleistungen und Kundenansprache auf Basis des Internets als Kommunikations- und Vertriebsplattform (vgl. ebd., S. 39). Der Bankensektor steht aufgrund einer im Zuge des Aufkommens neuer Konkurrenten durch Digitalisierung und Globalisierung verschärften Wettbewerbssituation unter enormem wirtschaftlichem Druck (vgl. Roth et al. 2015, S. 36-37; Alt/Puschmann 2016, S. 24-25, 29-30). Entsprechend verfolgen die Banken mit der **Industrialisierung** der Arbeitsprozesse seit Jahren eine Rationalisierungsstrategie, die durch zunehmende Technologiedurchdringung an Dynamik gewinnt (vgl. Roth et al. 2015, S. 41-42; Alt/Puschmann 2016, S. 33-34). Mit Verzögerung hat im Versicherungsgewerbe eine ähnliche Entwicklung eingesetzt. Obwohl sich die wirtschaftliche Lage für Versicherungen etwas weniger angespannt darstellt, versprechen sich auch hier Unternehmen Rationalisierungsgewinne durch Standardisierung und Automatisierung mithilfe digitaler Technologien (vgl. Roth et al. 2015, S. 37-38). Noch ist die Industrialisierung der Arbeit bei Versicherungen zwar nicht so weit vorangeschritten wie in den Banken, aber die Notwendigkeit der Strategie ist in der Branche unbestritten und die Umsetzung schreitet zügig voran (vgl. ebd., S. 41-42). Roth et al. identifizieren neben wirtschaftlichem Druck und rechtlichen Anforderungen auch die wachsenden technischen Möglichkeiten an sich als treibende Kraft hinter der Industrialisierung der Finanzdienstleistungen (vgl. ebd., S. 43-44).

Automatisierung und **Stellenabbau** treffen den Autor_innen zufolge potenziell viele einfache und routinierte Tätigkeiten im *Back Office* (vgl. ebd., S. 44, 57). Die befragten Expert_innen erwarten, dass die Automatisierung der Finanz- und Versicherungsbranche weiter voranschreiten wird. Die Auswirkungen auf die Beschäftigungszahl seien aber noch nicht absehbar (vgl. ebd., S. 45, 57). Laut der Consultingfirma McKinsey reduziert sich die Menge geleisteter Arbeitsstunden im *Back Office* bis 2030 um 20 Prozent (vgl. Bughin et al. 2018, S. 22). Im Versicherungsgeschäft werden vor allem einfache Produkte wie KFZ-Versicherungen und standardisierte Prozesse wie die Policierung automatisiert abgewickelt (vgl. Roth et al. 2015, S. 45). In Zukunft könnte die Risikoabschätzung und damit die Versicherungsvergabe teilweise automatisiert erfolgen (vgl. ebd.). Versicherungen streben nach Ansicht der Expert_innen „eine möglichst hohe Quote an Dunkelverarbeitung an“ (ebd., S. 45). Vollständig automatisierte Dunkelverarbeitung kommt in der Finanzbranche insbesondere im Zahlungsverkehr vor: Überweisungen werden ohne menschliche Beteiligung abgewickelt (vgl. ebd.; Gabriel 2017, S. 48). Mit der Verbreitung „von Online-Banking und mobiler Bezahlung erfährt die Automatisierung des Zahlungsverkehrs einen weiteren Schub“ (Roth et al. 2015, S. 44). Weiterhin gibt es Automatisierungstendenzen im Kreditgeschäft. Die Bonität potenzieller Kreditnehmer_innen kann durch *Big Data* und Algorithmen automatisiert festgestellt und mit Regeln zur Kreditvergabe verknüpft werden (vgl. ebd., S. 44; Apt et al. 2016a, S. 40). Vollautomatisierte Kreditvergabe wird den befragten Expert_innen zufolge in Direktbanken bereits eingesetzt. Bei Sparkassen, Landes- und Genossenschaftsbanken findet bei kleinen Krediten im Privatkundengeschäft ein automatisiertes *Scoring* der Kund_innen statt (vgl. Roth et al. 2015, S. 44). Apt et al. diagnostizieren auf dieser Grundlage eine Entwertung der Wissensarbeit, die vor allem die mittlere Qualifikationsebene betreffe (vgl. Apt et al. 2016a, S. 40, 65). Bei großen, komplexen Krediten, etwa bei der Finanzierung von Un-

ternehmen, müssen im Vorfeld jedoch „Sachlagen wie Marktfähigkeit, Risikoverteilung, Auswirkungen auf Bankenreputation etc." (Roth et al. 2015, S. 45) weiterhin von Menschen geprüft werden. Auch die Arbeit in den Bankfilialen sei von Automatisierung betroffen. Durch die Ausweitung der Self-Service-Angebote komme es zu Personalabbau (vgl. ebd., S. 51, 57). „Automatisierte Kassen und ein erweiterter Selbstbedienungsbereich, in dem Produkte direkt beantragt, Daueraufträge geändert, eingerichtet und gelöscht sowie Depotinformationen abgerufen werden können, sind auf dem Vormarsch" (ebd., S. 51).

Die Digitalisierung der Finanzbörsen hat weltweit bereits in den 1980er- und 1990er-Jahren eingesetzt. Der Präsenzhandel von Wertpapieren wurde durch elektronischen Handel verdrängt (vgl. Alt/Puschmann 2016, S. 38). Das war die Vorbedingung für den heute automatisierten Echtzeithandel auf Basis von Algorithmen (vgl. ebd., S. 80).

> „Broker auf dem Parkett der Börse [sind] längst Geschichte. Ordert eine Kundin oder ein Händler Aktien, werden Angebot und Nachfrage sowie die notwendige Preisfindung vollautomatisch geregelt und das Aktienpapier landet im entsprechenden Depot" (Gabriel 2017, S. 48).

> „Eine besondere Form des Algorithmic Trading ist der Hochfrequenzhandel bzw. das ‚High Frequency Trading' (HFT), bei dem Computeralgorithmen (Eigen-)Handels-Entscheidungen treffen und darüber hinaus auch automatisch darauf basierende Handelsaufträge initiieren. Er bedeutet eine kostensenkende Automatisierung im WP-Handel" (Alt/Puschmann 2016, S. 82).

Die Tendenz zur **Standardisierung** stellen Roth et al. im Bankensektor vor allem beim Produktangebot und bei den Arbeitsprozessen in Vertrieb und Abwicklung fest. Die zunehmend über verschiedene Banken eines Konzerns hinweg angeglichenen Produkte würden in Form von Eingabemasken in IT-Systemen hinterlegt, die die Beschäftigten im Vertrieb Schritt für Schritt durch den Prozess leiten (vgl. ebd., S. 43; auch Boes et al. 2013, S. 57):

> „Die IT-Programme beinhalten Hilfestellungen bei Fragen und berücksichtigen bereits die rechtlichen Anforderungen. Am Ende des Prozesses sorgen Plausibilitätsprüfungen dafür, dass alle notwendigen Informationen durch die/den Berater/in eingegeben wurden und die Angaben nicht widersprüchlich sind. Ein großer Teil des Fachwissens manifestiert sich folglich losgelöst von der arbeitenden Person in den IT-Systemen" (Roth et al. 2015, S. 43).

Die standardisierten Vorgehensweisen und die Steuerung durch Softwareverfügungen führen Roth et al. zufolge zur Entwertung der fachlichen Qualifikationen der Finanzberater_innen (vgl. ebd., S. 56). Durch die Pflicht zur Einhaltung betrieblicher Vorgaben und von IT-Systemen festgelegte Priorisierungen sei ihr Handlungs- und Entscheidungsspielraum deutlich eingeschränkt worden (vgl. ebd., S. 57-58). Auch die Arbeit im Back-Office-Bereich sei von digitalisierter Standardisierung betroffen. So ist der „Zahlungsverkehr ebenso wie die Kredit- und Wertpapierabwicklung überwiegend unterstützt durch Standardsoftwarepakete" (ebd., S. 43). Dadurch seien die Abwicklungstätigkeiten stark vereinfacht und die Autonomie der Beschäftigten beschnitten worden (vgl. ebd., S. 56).

> „Die Arbeit und Qualifikation erfahren damit eine starke Entwertung, Fachwissen ist kaum mehr notwendig, Einarbeitungszeiten sinken. Dadurch erhöht sich in der Folge auch die Austauschbarkeit der Beschäftigten. Gleichzeitig steigt die Gefahr, dass parallel eine Abwertung der Arbeit im Sinne der Bezahlung stattfindet" (Roth et al. 2015, S. 56).

Laut einer Befragung von Manager_innen aus Privatbanken, öffentlich-rechtlichen Geldinstituten und Genossenschaftsbanken sind weitere Investitionen in die Industrialisierung der Abwicklung geplant (vgl. Lünedonk GmbH 2012, zit. n. Roth et al. 2015, S. 43). Auch bei Versicherungen wird laut Roth et al. nach Möglichkeiten der Arbeitsprozessstandardisierung gesucht. Die befragten Betriebsexpert_innen berichteten zum Erhebungszeitpunkt noch von uneinheitlichen IT-Systemen, die Eingriffe der Beschäftigten erforderlich machten. Eine Vereinheitlichung sei aber absehbar (vgl. ebd., S. 43, 57).

Während die Arbeit in Versicherungen noch eher ganzheitlich organisiert ist, gehen Standardisierung und Automatisierung im Bankgeschäft häufig mit **Arbeitsteilung** und **Spezialisierung** einher (vgl. ebd., S. 45, 47). In den meisten Banken wurden Vertrieb und Abwicklung getrennt, sodass die Kundenberater_innen von administrativen Aufgaben entledigt ausschließlich als Verkäufer_innen tätig sind (vgl. ebd., S. 45-46). Die Abwicklung wurde in Back-Office-Bereiche verlagert, „in denen die Anforderungen an Fachqualifikationen deutlich geringer sind“ (ebd., S. 46). Roth et al. sehen in dieser Entwicklung eine Polarisierung der Belegschaften:

> „Auf der einen Seite stehen qualifizierte Beschäftigte mit komplexen Tätigkeiten, die gut verdienen und tarifgebunden sind, auf der anderen Seite die gering qualifizierten Beschäftigten mit einfachen Tätigkeiten, die schlechter verdienen und unter Umständen auch nicht mehr tarifgebunden sind, wenn diese Bereiche in Unternehmen ohne Tarifbindung ausgelagert werden“ (Roth et al. 2015, S. 56).

Eine zweite Polarisierungstendenz zeichnet sich aufgrund der Spezialisierung der Fachabteilungen ab. Statt der allgemein ausgebildeten Bankberater_innen seien jeweils Expert_innen für die Beratung zu komplexen Produkten wie Anlagemöglichkeiten, Wertpapieren oder Baufinanzierung zuständig (vgl. ebd., S. 46). Während einige hochqualifizierte und spezialisierte Angestellte die anspruchsvolleren Tätigkeiten übernehmen, „schränkt sich das Arbeitsfeld der Berater zusätzlich ein und breites Fachwissen verliert zunehmend an Bedeutung“ (ebd., S. 56). Patscha et al. prognostizieren, dass im Zuge der Digitalisierung bis 2030 in Banken vornehmlich Spezialist_innen für die komplexe Beratung benötigt werden, während der Bedarf sowohl an manueller Datenverarbeitung als auch an standardisierter Beratung deutlich sinken wird (vgl. Pascha et al. 2017, 42). Demnach wäre ein *Upgrading* auf Kosten der gering- und mittelqualifizierten Beschäftigten zu erwarten.

Außerdem verbreite sich in der Finanzbranche der Trend zum *Outsourcing* und *Offshoring* ganzer Abteilungen, etwa IT, Zahlungsverkehr, Dokumentenlogistik, Kundenmanagement, Kreditrisikomanagement, Research oder Wertpapierabwicklung (vgl. Roth et al., S. 46, 57; Alt/Puschmann 2016, S. 123-124). „Als Motive werden nach wie vor insbesondere Kostenersparnis genannt, aber auch Prozessoptimierung, Qualitätssteigerung, Zugang zu Spezialwissen, Nutzen von Synergien und Schonen von Ressourcen“ (Roth et al. 2015, S. 46-47; vgl. BaFin 2013).

Aufgrund der Automatisierung, Standardisierung und Arbeitsteilung diagnostizieren Roth et al. der Finanzbranche eine Tendenz zum Taylorismus (vgl. Roth et al. 2015, S. 56; vgl. auch Bauer 2017, S. 6). Die digitalen Technologien treiben Autonomiebeschränkungen (vgl. Roth et al. 2015,

S. 58, 62-63) und Dequalifizierungsprozesse (vgl. ebd., S. 56, 62) voran. Zudem ermöglichen sie eine genaue Kontrolle der Beschäftigten hinsichtlich der Einhaltung von Leistungskennzahlen (vgl. ebd., S. 59, 63). Bei einer Betriebsrätebefragung des WSI im Jahr 2016 wurden der Digitalisierung von einem Drittel der Befragten aus dem Finanzsektor negative Konsequenzen für die Beschäftigten zugeschrieben. Die Mitarbeiter_innen in Banken und Versicherungen seien insbesondere von verstärkten Verhaltens- und Leistungskontrollen betroffen (vgl. Ahlers 2018, S. 4).

Langsamer als die seit Jahren laufende Industrialisierung setze sich in der Finanzbranche der Trend zur **Internetisierung** durch. Banken und Versicherungen müssen sich an im Verlauf des digitalen Wandels geänderte Kundenpräferenzen anpassen und wie Handels- und Medienunternehmen eine **Multi-Channel-Strategie** verfolgen (vgl. Roth et al. 2015, S. 47-52, 37-38). Fast alle Banken und Versicherungen verfügen über eine **Onlinepräsenz** und nutzen Social-Media-Kanäle für Imagebildung, Weiterempfehlung oder Trendbeobachtung (vgl. ebd., S. 52). Zudem werde die klassische Face-to-Face-Beratung mit wechselhaftem Erfolg durch Chats und Videotelefonie ergänzt, sodass Kund_innen online mit Berater_innen kommunizieren und spezifische Expert_innen gegebenenfalls zugeschaltet werden können (vgl. ebd., S. 49-50; Alt/Puschmann 2016, S. 96).

> „Der Hintergrund ist, dass es durch die Zunahme der Komplexität angebotener Produkte immer schwieriger wird, die für einen umfassenden Beratungsprozess notwendige Kompetenz in der Filiale vorzuhalten – und dies im Übrigen von den Unternehmen auch nicht gewünscht ist“ (Roth et al. 2015, S. 50).

Die Nutzung von **Web 2.0** gehe mit erweiterten Qualifikationsanforderungen an die Vetriebsmitarbeiter_innen einher, die im Umgang mit sozialen Plattformen und neuen Kommunikationsmitteln geschult und über Risiken aufgeklärt werden müssten (vgl. ebd., S. 60). „Hinsichtlich der Vermarktung von Produkten im Internet gewinnen beispielsweise Kenntnisse über Reputationsmanagement, Social Media Monitoring und Suchmaschinenoptimierung zunehmend an Bedeutung“ (ebd., S. 61). Außerdem identifizieren Roth et al. **Big Data** als zentrale Zukunftstechnologie für Marketing, Vertrieb und Kundenbetreuung (vgl. ebd., S. 52-53; Patscha et al. 2017, S. 42). Die Beschäftigten müssen Kompetenzen in Datenschutz sowie Datenvernetzung und -auswertung aufbauen, um *Big Data* etwa zur Kundensegmentierung, Kampagnenplanung und Bedarfsanalyse verwenden zu können (vgl. Roth et al. 2015, S. 53, 61). Von den befragten Betriebsrät_innen in der ver.di Studie geben 83 Prozent an, die Qualifikationsanforderungen in ihrem Unternehmen seien aufgrund digitaler Innovationen gestiegen (vgl. Roth 2015, S. 19).

Ein maßgeblicher Trend sei die Erweiterung des **Self-Service**-Angebots, nicht nur in Bankfilialen, sondern vor allem auch im Internet. „Die Kunden erwarten zunehmend, ihre Geschäfte selbst erledigen zu können, und zwar wo und wann sie es möchten“ (Roth 2015, S. 19). Auf den Websites der Banken und Versicherungen haben sie die Möglichkeit, ihre Verträge, Konten und Wertpapiere in einem persönlichen Bereich selbst zu verwalten (vgl. Roth et al. 2015, S. 51). Der Anteil der Bevölkerung, der Onlinebanking nutzt, ist in den vergangenen Jahren weiter gestiegen und lag im Jahr 2018 je nach Statistik bei 50 Prozent (vgl. Bankenverband 2019a) oder sogar 59 Prozent (vgl. Eurostat 2019a). Laut Bitkom betrieben zudem über 40 Prozent der Deutschen bis

zum Alter von 65 *Mobile Banking* auf dem Smartphone (vgl. Bitkom 2019). Auch den Handel mit Wertpapieren und Derivaten können Privatpersonen über *Online* und *Mobile Brokerage* im *Self Service* durchführen (vgl. Alt/Puschmann 2016, S. 116). *Robo Advisors* nehmen das Portfolio- und Anlagenmanagement auf Basis algorithmischer Modelle selbstständig vor und automatisieren damit nicht nur die Anlageberatung, sondern auch das Eigenengagement der Kund_innen (vgl. Ornau 2017, S. 55-57; Alt/Puschmann 2016, S. 116).

Die Beratungsleistungen in Banken und Versicherungen vor Investitionen oder dem Abschluss von Finanzverträgen werden zum Teil durch eigene Onlinerecherchen der Kundschaft ersetzt (vgl. Roth et al. 2015, S. 48; Roth 2015, S. 19; Ornau 2017, S. 52; Alt/Puschmann 2016, S. 104). Kund_innen nutzen Vergleichsportale, Foren und Blogs, um sich zu informieren, und werden häufig eher „durch Kommentare und Bewertungen der eigenen Peergroup“ (Roth et al. 2015, S. 52) als durch die Angaben der Anbieter beeinflusst (vgl. ebd.). Vermehrt findet auch der Abschluss von Finanzverträgen im Internet statt (vgl. ebd., S. 48). Roth et al. prognostizieren,

> „dass der Anteil der Online-Abschlüsse einfacher Produkte steigen wird, sobald es gelingt, das Vertrauen der Kunden in die Sicherheit zu stärken und Medienbrüche zu beseitigen, dass jedoch nach wie vor komplexere Produkte wie die Altersvorsorge, die mit einem hohen Beratungsaufwand verbunden sind, in der Beratungsstelle abgeschlossen werden“ (Roth et al. 2015, S. 48).

Die Zukunft der Bankfilialen und Versicherungsbüros gilt als ungewiss. Daten der Bundesbank zufolge ist die Zahl der Bankfilialen in Deutschland zwischen 2004 und 2017 um etwa 33 Prozent gesunken (vgl. Bankenverband 2019b; eigene Berechnungen). Dieser Trend könnte sich durch die fortschreitende Internetisierung verlängern. Roth et al. zufolge ist bei Versicherungsagenturen noch kein vergleichbarer Schwund erkennbar, doch im Zuge von Internetisierung und Rationalisierungsbestrebungen seien auch hier ähnliche Tendenzen zu erwarten (vgl. ebd., S. 49). Die Verschiebung weiter Teile der Geschäftsvorgänge wie Verwaltung, Beratung und Vertragsabschluss hin zu *Self Service* im Onlinebereich führt zu sinkendem Personalbedarf und unterstützt den Rückgang des Filialangebots (vgl. Roth et al. 2015, S. 49, 51, 60). Zudem könne die Schnittstelle zwischen Internetangeboten und Abwicklung zunehmend bis hin zur Dunkelverarbeitung automatisiert werden (vgl. ebd., S. 60).

Steffen Gabriel zufolge weisen Umfragen auf die hohe Bedeutung der Filialen für die Kundenbindung hin (vgl. Gabriel 2017). Die Banken befänden sich in einem Dilemma: „Die Nutzung der Filialen nimmt ab und ihre Kosten sind im Vergleich zur Onlinekonkurrenz höher. Bauen sie die Filialen aber ab, verschwindet mit der persönlichen Beratung vor Ort das positiv wahrgenommene Alleinstellungsmerkmal“ (Gabriel 2017, S. 48). Die Banken sollten die Beratungsleistung durch Weiterbildungsmaßnahmen für die Beschäftigten qualitativ verbessern, um ihren spezifischen Vorteil hervorzuheben (vgl. ebd.). Die *Consultants* von McKinsey prognostizieren dem Finanzsektor sogar einen steigenden Bedarf an sozialen und emotionalen Kompetenzen und einen Zuwachs an Stellen, die mit Kundeninteraktion befasst sind (vgl. Bughin et al. 2018, S. 22).

5.3.7 Gesundheits- und Sozialwesen

Die Digitalisierung der Sozialwirtschaft unterscheidet sich von der anderer Wirtschaftszweige, weil hier Arbeit „nicht nur am, sondern auch mit dem Menschen gemeinsam verrichtet" (Pöser/Bleses 2018, S. 8) wird.

> „Hier gelten etwa eigene und nicht beliebig veränderbare Zeitrhythmen. Auch der Arbeitsort ist nicht frei wählbar. Und die vor Ort stattfindende Interaktion ist nur in begrenztem Umfang digitalisierbar. Die Digitalisierung der Arbeit am und mit Menschen bedeutet deshalb, dass die Arbeitsprozesse um den Arbeitsgegenstand herum digitalisiert werden" (Pöser/Bleses 2018, S. 8).

Laut *DGB-Index Gute Arbeit* aus dem Jahr 2016 beeinflusst die Digitalisierung die Mehrheit der Beschäftigten in der deutschen Sozialwirtschaft auf die eine oder andere Weise (vgl. Roth/Müller 2017, S. 20). Dabei gibt es allerdings durchaus Differenzen zwischen den einzelnen Bereichen. 87,8 Prozent der Befragten aus dem Gesundheitswesen geben an, von der Digitalisierung betroffen zu sein, aber nur 67,3 Prozent der Befragten im Sozialwesen (vgl. ebd.).

Zwar werden im Arbeitsalltag sozialer Dienstleistungen noch prozentual weniger digitale Technologien eingesetzt als in einigen hochgradig digitalisierten Dienstleistungsbranchen (vgl. ebd.), aber die Zahl möglicher Anwendungsfelder für Technologien hat in den letzten Jahren zugenommen (vgl. Becka et al. 2017, S. 3; Kreidenweis/Wolff 2017; Evans 2016). Digitale Systeme werden bereits flächendeckend im Hintergrund der personenbezogenen Dienstleistungen zur Koordination, Administration und Planung von Tätigkeiten, zur Datenverarbeitung und -auswertung sowie zur algorithmenbasierten Diagnostik und Entscheidungsunterstützung verwendet (vgl. ebd.). Außerdem nutzen die meisten Beschäftigten digitale Technologien zur Kommunikation (vgl. Roth/Müller 2017, S. 20). Hinzu kommen vermehrt Technologien mit unmittelbarem Bezug zu Patient_innen und Klient_innen, etwa automatische Notfallerkennungssysteme, digitale Fernüberwachung oder „GPS-gestützte Ortungs- und Trackingsysteme für Menschen mit kognitiven Einbußen" (Becka et al. 2017, S. 4). Neue technologische Möglichkeiten umfassen auch vollständig digital erbrachte Dienstleistungen: „Onlineberatungsangebote der Sozialen Arbeit und internetgestützte Therapieleistungen z. B. im Bereich der Logopädie, und auch die Videosprechstunde beim Hausarzt bzw. bei der Hausärztin wird derzeit pilotiert und schon bald zu den Nutzungsmöglichkeiten gehören" (ebd.; vgl. z. B. Klein 2015; Hielscher et al. 2015a, S. 13-16). Solche direkt online realisierten Tätigkeiten sind in Deutschland allerdings noch kaum verbreitet, während sie in anderen Ländern, in denen die Digitalisierung der Sozialwirtschaft bereits weiter vorangeschritten ist, schon in größerem Ausmaß eingesetzt werden (vgl. Becka et al. 2017, S. 19).

In den letzten Jahren wurden zwar vermehrt Beiträge zur Digitalisierung der Sozialwirtschaft veröffentlicht, jedoch bezieht sich ein Großteil davon primär auf die Konsequenzen für die Personen, um die sich die Dienstleistungen drehen. So gilt etwa hinsichtlich der Digitalisierung des Gesundheitssektors „die Aufmerksamkeit von Forschungsarbeiten eher dem patientenbezogenen Nutzen für Diagnostik, Versorgung und Therapie" (Becka et al. 2017, S. 13; vgl. Roland Ber-

ger 2017, S. 18). Aufgrund der Sensibilität vieler Informationen im sozialen Bereich sind Datenschutz und Datensicherheit weitere große Themen (vgl. Becka et al. 2017, S. 28). Nur ein kleiner Teil der wissenschaftlichen Literatur befasst sich mit den Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeit selbst und die Arbeitnehmer_innen in der Sozialwirtschaft. Zudem sind von den Publikationen zu diesem Zusammenhang die meisten theoretischer Natur und basieren auf Expertenmeinungen. Nur wenige beziehen sich auf empirische Studien.

Automatisierung scheint für die Sozialwirtschaft keine große Rolle zu spielen (vgl. Becka et al. 2017, S. 7-8, 29). Nach der Untersuchung von Dengler und Matthes liegt der Anteil potenziell automatisierbarer Tätigkeiten in den Gesundheitsberufen durchschnittlich bei unter 20 Prozent, in den sozialen Dienstleistungsberufen sogar bei unter 10 Prozent (vgl. Dengler/Matthes 2015a, S. 17). Stattdessen sind Gesundheitsberufe sowie soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe „maßgeblich von personenbezogenen Aktivitäten und interaktiver Arbeit geprägt, die weder als routinefähig noch als vollständig substituierbar gelten können“ (Becka et al. 2017, S. 8). Veröffentlichungen zur Digitalisierung der Arbeit in der Sozialwirtschaft befassen sich daher kaum mit Automatisierung und Stellenabbau.

> „Vielmehr geht es um die Frage, wie Tätigkeiten und Tätigkeitsbereiche durch Digitalisierung reorganisiert werden und welche Effekte nicht nur für Arbeitsplätze, sondern auch für berufliche Professionalität und Qualifikation resultieren. Dennoch ist es denkbar, dass Beschäftigungseffekte aus der Substituierbarkeit von Tätigkeiten resultieren, da für die Erreichung der Arbeitsergebnisse gegebenenfalls weniger Arbeitskräfte bzw. spezifische Qualifikationen für neue Tätigkeitsbereiche benötigt werden“ (Becka et al. 2017, S. 8).[33]

Es ist weitgehend unumstritten, dass aus der Verbreitung digitaler Technologien im Sozial- und Gesundheitswesen neue Kompetenzanforderungen für die Arbeitnehmer_innen resultieren:

> „Klar ist, dass das Wissen um die technischen (Nutzungs-)Möglichkeiten ausgebaut werden sollte; deutlich wird aber auch, dass Kompetenzen dafür entfaltet werden müssen, die neuen Möglichkeiten für ein besseres Konfigurieren individuell zugeschnittener Diagnose-, Therapie- und Betreuungswege zu nutzen“ (Becka et al. 2017, S. 33).

Becka et al. haben die Veröffentlichungen zentraler Interessengruppen der Sozialwirtschaft analysiert, etwa von Anbietern und Trägern sozialer Dienstleistungen, Wohlfahrtsverbänden, branchenspezifischen Arbeitgeberbänden, Gewerkschaften und Patientenverbänden (vgl. ebd., S. 24). Sofern in deren Positionspapieren überhaupt auf die Auswirkungen der Digitalisierung auf Arbeit eingegangen wird, herrscht weitestgehend Konsens darüber, dass im Umgang mit digitalen Technologien am Arbeitsplatz neue Qualifikations- und Kompetenzanforderungen auf die Beschäftigten zukommen (vgl. ebd., S. 24-25, 27). Mehrfach wird der Aufbau von Technikkompetenzen gefordert (vgl. ebd., S. 24-25).

[33] „Eine Profession ist u.a. dadurch gekennzeichnet, dass der Arbeit wissenschaftliche Grundlagen und Qualitätsstandards zugrunde liegen. Während der Begriff der ‚Profession‘ sich als ein ‚Spezialfall‘ von Berufen darstellen lässt, zielt der Begriff der ‚Professionalität‘ demgegenüber auf die *praktische Befähigung zur iterativen Problemlösung*, die auch koordinierende und steuernde Aufgaben im Gesamtarbeitsprozess umfasst“ (Bräutigam et al. 2014, S. 16).

Außerdem haben Becka et al. einen Foresightworkshop mit Expert_innen aus Verbänden, Unternehmen und Wissenschaft durchgeführt. Die Expert_innen legen den Fokus notwendiger Qualifikationsanforderungen im Gegensatz zu den Verbänden nicht allein auf den Umgang mit Technik. Dieser sei „zwar wichtig, aber allein keineswegs ausschlaggebend für den von interaktiver Arbeit geprägten Bereich sozialer Dienstleistungen“ (ebd., S. 29). Sie fordern zusätzlich die Ausbildung „konfigurativer Kompetenz“ zur „Interpretation und individuelle[n] Anwendung von Wissen und Informationen“, um „Patient_innen und Klient_innen stärker mit Blick auf eine nachhaltige Problemlösung und Zukunftsentwicklung mithilfe spezifisch und individuell angewandten Wissens zu unterstützen“ (ebd.). Viele Berufe in der Gesundheits- und Sozialarbeit verbinden professionelle Wissensarbeit und manuelle Tätigkeiten der Unterstützung und des Kümmerns. Die Expert_innen erwarten mit zunehmendem Technikeinsatz eine „Aufwertung der professionellen Kompetenzen“ (ebd., S. 30), die etwa im Gesundheitsbereich dazu führen könnte, dass Pflegende zunehmend auf eine „eine interprofessionelle Augenhöhe zu den Mediziner_innen“ (ebd., S. 32) gelangen. Andererseits berge eine solche Entwicklung die Gefahr einer Polarisierung der Belegschaften auch in sozialwirtschaftlichen Betrieben:

> „In einer Arbeitswelt, in der sich ein Teil dieser Beruflichkeit mithilfe digitalisierter Technik in Richtung Professionalität weiterentwickelt, wäre es nicht überraschend, wenn auf der anderen Seite ‚einfache‘ Dienstleistungsarbeitsplätze entstünden, also eine Polarisierung droht, die unter etwas anderen Vorzeichen bereits im produzierenden Gewerbe beobachtet wird. Hierbei geht es jedoch nicht allein um die Entstehung ‚neuer‘ Einfacharbeit in den sozialen Diensten, sondern auch um Risiken der Dequalifizierung von Beschäftigten auf der mittleren Qualifikationsebene. Wenn sich Arbeitsaufgaben und Arbeitsplätze verändern, die einem Teil der Beschäftigten Professionalisierungschancen eröffnet, bleibt ein Teil der Beschäftigten unter neuen, noch nicht definierten Bedingungen zurück“ (Becka et al. 2017, S. 30; vgl. ebd., S. 32).

Soziale Arbeit und Sozialpädagogik

Im Bereich sozialer Arbeit spielen digitale Technologien mittlerweile eine zentrale Rolle, was wie in beinahe allen Feldern sowohl Hoffnungen als auch Befürchtungen hervorruft (vgl. Kutscher et al. 2014; Kutscher 2018a). Aus den „teils widersprüchlichen Logiken von sozialpädagogischer Fachlichkeit und digitaler Technik“ (Kutscher 2018b, S. 1435) resultieren diverse Herausforderungen, die hinsichtlich der Qualifikationen und Tätigkeiten von Fachkräften vor allem mit Standardisierung und Einengung von Entscheidungsspielräumen zusammenhängen (vgl. Kutscher 2018a). Dergestalt äußern etwa Lehmann (2015), Kutscher (2015), Ley (2018) sowie Ley und Seelmeyer (2014) Bedenken in Bezug auf die **digitale Falldokumentation**.

> „Hinsichtlich des Einflusses auf die Professionalität des sozialpädagogischen Handelns verhält sich die zunehmende Mediatisierung der Dokumentation ambivalent: so kann einerseits der methodische Charakter des Handelns gestärkt werden, indem darauf hingewirkt wird, dass wichtige Aspekte in der Fallarbeit nicht übergangen oder übersehen werden, gleichzeitig besteht die Gefahr, dass auch dort Standardisierungen vorgenommen werden, wo aufgrund einer Nicht-Routinisierbarkeit des Handelns professionelle Ermessensspielräume erforderlich sind“ (Ley/Seelmeyer 2014).

> „Dafür muss für die Entwicklung dieser Software definiert werden, welche Kriterien, Eingabefelder, Abfragen o.Ä. darin vorgesehen werden sollen, die dann den Rahmen für das technisierte Handeln setzen. Dies wird umso wirkmächtiger, wenn der verpflichtende Einsatz der Software mit dem Versprechen einer Objektivierung professionellen Handelns verknüpft ist […]. Der Einsatz von Software in der Kinder- und Jugendhilfe ist vielfach mit einer Standardisierung professionellen Handelns verbunden, die bedeutet, dass u.a. Entscheidungsspielräume Professioneller angesichts von Schwellenwertberechnungen oder der Verpflichtung, softwarebasierte Einschätzungen zu berücksichtigen, eingeengt oder zumindest beeinflusst werden können" (Kutscher 2015, S. 15).

Auch Roeske weist darauf hin, dass Smartphoneapps und Computerprogramme, die inzwischen flächendeckend Verwendung finden, durch spezifische Benutzeroberflächen und Eingabefelder Handlungsabläufe und Kategorisierungen sozialer Arbeit bestimmen und damit die Autonomie der Beteiligten einschränken (vgl. Roeske 2018, S. 18). Dem Autor zufolge führt gerade die ablehnende Haltung von Sozialarbeiter_innen gegenüber Digitalisierung und Standardisierung dazu, dass die Wirkung digitaler Technologien nicht genügend reflektiert und gezielt beeinflusst wird (vgl. ebd.).

Zahlreiche Veröffentlichungen setzen sich kritisch mit dem Einsatz informationstechnisch gestützter **Prognose- und Diagnoseverfahren** in der Sozialarbeit und Sozialpädagogik auseinander[34], die zunehmend auch mit *Big Data Analytics* und künstlicher Intelligenz zusammengedacht werden (vgl. z. B. Bastian 2016; Bastian/Schrödter 2015; Schneider/Seelmeyer 2018; Schrödter et al. 2018; Gapski 2018). Es scheint unumgänglich, dass Big-Data-basierte statistische Verfahren Einzug in die Soziale Arbeit erhalten und „dass computergestützte Prognosen treffsicherer sind als Prognosen, die von Fachkräften ohne die Unterstützung von Computern generiert werden" (Schrödter et al. 2018, S. 2). Die Bewertung der Technologie hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Arbeit und die Kompetenzen der Fachkräfte ist dagegen in den meisten Beiträgen ambivalent.

> „Generell kann die Unterstützung durch Software sowohl zu einer Ermächtigung von Professionellen als auch zu einer De-Professionalisierung, etwa durch die Einschränkung von Ermessensspielräumen, führen" (Schneider/Seelmeyer 2018, S. 23).

Bastian analysiert die Auswirkungen von Software, die auf Basis von Statistiken und festgelegten Kriterien standardisierte Wahrscheinlichkeitsurteile zum Eintreffen bestimmter Ereignisse (z. B. Kindeswohlverletzung) fällt (vgl. Bastian 2016, S. 93). Einer gängigen Kritik zufolge führt die Verbreitung derartiger Informationstechnologien zu einer Abwertung der Sozialarbeit, da „der Hauptbestandteil der Arbeit mehr und mehr im Sammeln von Informationen liegt und dadurch die sozialen und relationalen Anteile zurückgedrängt werden" (ebd., S. 94). Laut der *Deprofessionalisierungsthese* schränkt die Standardisierung der Urteile zudem den Ermessensspielraum und damit die Autonomie der Sozialarbeiter_innen und -pädagog_innen ein (vgl. ebd.). Bastian argumentiert dagegen, dass der Kern sozialer Arbeit die Inferenz sei, also das Schließen von vorhandenen Informationen und Risikoabschätzungen auf die passende Intervention (vgl. ebd.,

[34] Prognostik und Diagnostik spielen vor allem für die auf Risikoprävention ausgerichtete Soziale Arbeit eine große Rolle. Die Risikoorientierung ist aber durchaus umstritten (vgl. Bastian/Schrödter 2015).

S. 96). Diese professionelle Urteilsbildung könne nicht durch Statistik ersetzt und unmöglich automatisiert werden (vgl. ebd., S. 95-96):

> „Statistik ist nur ein Instrument, das von Fachkräften in der Sozialen Arbeit genutzt werden kann (und sollte), damit sie ihre ureigene professionelle Tätigkeit ausführen können, nämlich die Eigentümlichkeit des Einzelfalls rekonstruieren und dann aus den statistischen und rekonstruierten Informationen Schlussfolgerungen auf die passende Intervention ziehen“ (Bastian 2016, S. 96).

Auch zeige sich in Studien, dass die Handlungen der Fachkräfte in hochstandardisierten, technologischen Umgebungen nicht determiniert und ihr „reflexive[s] und interpretative[s] Denken nicht verdrängt, sondern auf bestimmte Sachverhalte fokussiert“ (ebd., S. 95) werde.

Bastian kritisiert zwar, dass der Einsatz technologischer Mittel als Teil einer Regierungsstrategie und „Ausdruck einer vermehrten Kontrolle des professionellen Handelns oder auch eines Misstrauens gegenüber professionellen Urteilen von sozialpädagogischen Fachkräften verstanden werden“ (ebd., S. 96) kann, sieht digitale Technologien aber auch als Ermächtigungsinstrumente, die Sozialarbeiter_innen erst „Raum für die eigentlichen rekonstruktive Einzelfallarbeit“ (ebd.) geben und den Rahmen des professionellen Ermessensspielraums setzen (vgl. ebd.). Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung müsse eine Balance zwischen beiden Tendenzen gefunden werden (vgl. ebd.).

Schneider und Seelmeyer befürchten, dass künstliche Intelligenz bislang nicht digital erfassbare Aspekte sozialer Arbeit auswertbar macht und künftig vermehrt menschliche Entscheidungen automatisiert werden (vgl. Schneider/Seelmeyer 2018, S. 23). Im Gegensatz zu Bastian halten sie eine technische Substitution des Inferenzschritts durchaus für denkbar, was eine Abwertung der Facharbeit zur Folge hätte:

> „Insbesondere wenn Kategorisierungen und Standardisierungen auf der Ebene der Adressat_innen verbunden werden mit einer Standardisierung auf der Ebene der Hilfeangebote, wenn also aus bestimmten ‚Diagnosen‘ automatisch Entscheidungen über die Auswahl und Ausgestaltung von Hilfen abgeleitet werden, führt dies zu besonders schwerwiegenden Einschränkungen der Ermessensspielräume“ (Schneider/Seelmeyer 2018, S. 23).

Um die Position der Fachkräfte gegenüber der Technologie zu stärken, schlagen die Autor_innen vor, „nur Systeme algorithmischer Entscheidungsfindung zuzulassen, die menschliche Entscheidungen lediglich unterstützen und nicht ersetzen“ (ebd., S. 24). Die Entscheidung über die Art und Ausführung tatsächlicher Interventionen sollte den Sozialarbeiter_innen obliegen. Es bedürfe allerdings auch im Bereich der maschinellen Entscheidungsunterstützung weiterer Erforschung und Diskussion, da auch Vorschläge den Ermessensspielraum schon beeinflussen (vgl. ebd.). Fachkräfte in der sozialen Arbeit müssten außerdem neue Technikkompetenzen aufbauen:

> „Sowohl ‚data literacy‘ als kompetenter Umgang mit komplexen Datenquellen und anspruchsvollen Verfahren zu deren Verarbeitung als auch ein konsequenter Persönlichkeitsschutz mit Blick auf die Nutzung vielfältiger Datenquellen bilden neue Anforderungen an die Professionalität von Fachkräften“ (Schneider/Seelmeyer 2018, S. 24).

Insgesamt scheint sich in der Sozialarbeit und Sozialpädagogik keine nennenswerte durch die Digitalisierung verursachte Polarisierung abzuzeichnen. Aufgrund der Verbreitung digitaler Technologien sind neue Kompetenzanforderungen entstanden, die insbesondere auf die sachkundige und reflektierte Verwendung von Technologien und die Vermittlung solcher Kompetenzen an Kinder und Jugendliche im Rahmen der Medienpädagogik abzielen (vgl. z. B. Büsch et al. 2016; Helbig 2014; Schneider/Seelmeyer 2018; Roeske 2018; auch Hosemann/Naleppa 2016; Alfert 2015; Hill 2018). Computergestützte, standardisierte Dokumentationsverfahren können Autonomieverluste begründen. Speziell im Bereich der Prognostik und Diagnostik besteht die Gefahr zunehmender Automatisierung von Entscheidungen. Diese Entwicklung ist nicht nur hinsichtlich der Autonomie der Fachkräfte, sondern insbesondere für die von den Entscheidungen betroffenen Menschen relevant und muss daher auch aus ethischer Perspektive diskutiert werden (vgl. Schrödter et al. 2018).

Gesundheitsberufe

Der Gesundheitssektor scheint sich für utopische Technikvisionen besonders anzubieten. So vertritt etwa Tim Hagemann im Einführungskapitel seines Sammelbands *Gestaltung des Sozial- und Gesundheitswesens im Zeitalter von Digitalisierung und technischer Assistenz* eine überaus fortschrittsgläubige Position hinsichtlich der künftigen Technisierung des Gesundheitswesens (vgl. Hagemann 2017). Er spekuliert über automatisierte Ressourcenallokation in Krankenhäusern (vgl. ebd., S. 11), Pflegeroboter (vgl. ebd., S. 12) und algorithmische Diagnosen und Therapievorschläge, die eine „signifikante Abnahme von fehlerhaften oder unnötigen Verschreibungen und Behandlungen“ (ebd., S. 13) zur Folge haben. Der empirisch nicht gedeckte Glaube an die technischen Möglichkeiten der Substitution menschlicher Arbeitsleistungen im Gesundheitssektor findet sich beispielsweise auch bei dem Philosophen Richard David Precht, der wie Hagemann davon überzeugt ist, dass Pfleger_innen in Zukunft durch Roboter ersetzt werden können (vgl. Precht 2016, zit. n. Nienaber 2017, S. 177), und bei Harald Engel, einem Rechtsanwalt für Medizinrecht:

> „[Ein] Arzt [kann] mit der Behandlung von beispielsweise 1200 Patienten pro Jahr in 10 Jahren auf die Behandlungserfahrung von 12.000 Patienten zurückblicken kann. Hingegen kann ein mit den digitalen und weltweit vernetzten Befunden versehener Computer mithilfe modernster Software innerhalb von wenigen Wochen auf mehrere Millionen Patientendaten zurückgreifen, diese analysieren und innerhalb von Sekunden Diagnosen erstellen. […] die Qualität einer solchen digitalen Diagnostik [wird] wahrscheinlich sehr hoch, sehr schnell und auch sehr günstig sein“ (Engel 2018, S. 148).

Ob digitale Technologien im Gesundheitswesen tatsächlich in größerem Ausmaß menschliche Arbeit ersetzen können, ist selbstredend höchst fraglich. Gesundheitsberufen wird durchweg ein geringes Substitutionspotenzial zugeschrieben (vgl. Dengler/Matthes 2015a, S. 17; Daum 2017, S. 43-44; auch Becka et al. 2017). Orians und Reisach weisen darauf hin, dass sich das spezifische Wissen und Können des Pflegeberufs nicht automatisieren lässt (vgl. Orians/Reisach 2017). Digitale Technologien werden im Gesundheitssektor eher als unterstützendes Hilfsmittel

begriffen und nicht zur Substitution von Berufen eingesetzt, wenn auch einzelne Tätigkeiten automatisiert werden (vgl. ebd.).

Bei den Gesundheitsberufen scheinen nennenswerte **Arbeitsplatzverluste** ohnehin unrealistisch, bedenkt man, dass die Technisierung in den meisten Fällen als Ausgleich für den Mangel an menschlichen Arbeitskräften gedacht wird. Die Beratungsfirma McKinsey prognostiziert, dass es im stetig wachsenden Gesundheitssektor in Zukunft eher noch mehr Stellen für Pflegepersonal, Physiotherapeut_innen und sogar Reinigungskräfte geben wird (vgl. Bughin et al. 2018, S. 31). Ein Großteil der Veröffentlichungen zur Digitalisierung des Gesundheitswesens richtet den Blick vor allem auf den **Fachkräftemangel** hinsichtlich der Alterung der Bevölkerung. Automatisierungstechnologien werden lediglich als möglicher Ausweg für die Versorgungsengpässe ins Auge gefasst. So sagte ein Krankenhausmanager in einer qualitativen Studie von Bräutigam et al. zwar aus, dass viele ärztliche Tätigkeiten wie die Mammografie durch Algorithmen erledigt werden könnten. Allerdings würden auf diese Weise nur Freiräume geschaffen und Kapazitäten freigesetzt, die im Behandlungsprozess wiederum gebraucht werden (vgl. Bräutigam et al. 2017, S. 27). Einige Berufsgruppen im Gesundheitswesen, darunter Labortechnik, Lebensmittelzubereitung und verschiedene Büroberufe, könnten dagegen eher von Stellenabbau betroffen sein (vgl. Bughin et al. 2018, S. 31).

In einer von der HBS durchgeführten Onlinebefragung von 648 Krankenhausbeschäftigten, davon vier Fünftel Pflegekräfte, sagte jeweils nur ein geringer Anteil aus, dass durch die Digitalisierung Arbeitsplätze weggefallen bzw. entstanden seien, während bei der großen Mehrheit bestehende Stellen mit neuen Aufgaben erweitert wurden (vgl. Bräutigam et al. 2017, S. 39). Die Ergebnisse weisen also darauf hin, dass die Aufgaben durch die Digitalisierung tendenziell mehr und nicht weniger werden. 92 Prozent der Befragten waren der Überzeugung, dass digitale Technik ihre Arbeit in Zukunft nicht überflüssig machen wird (vgl. ebd., S. 40). Einfache Tätigkeiten werden eher für substituierbar gehalten als anspruchsvolle, aber auch dort gaben nur 29 Prozent die Überzeugung an, dass die Tätigkeiten künftig durch digitale Technologien ersetzt werden können (vgl. ebd., S. 46).

Schlussendlich sollte die kritische Finanzierungsfrage der Digitalisierung nicht außer Acht gelassen werden. Bisher wurden allen vorhandenen technischen Möglichkeiten zum Trotz in vielen Kliniken noch nicht einmal digitalisierte Patientenakten eingeführt (vgl. Daum 2017, S. 17; Merda et al. 2017); „die knappen finanziellen Ressourcen“ (Hagemann 2017, S. 11) werden eben nicht sofort in verbesserte technische Ausrüstungen investiert (vgl. Merda et al. 2017, S. 37). Hinzu kommt, dass viele Technologien einen noch unklaren Kosten-Nutzen-Horizont aufweisen, weswegen sich die Finanzierung über Krankenkassen und Selbstzahler_innen bisher als schwierig erweist (vgl. Roland Berger 2017, S. 36).

Es gibt zwar zahlreiche Veröffentlichungen zur Digitalisierung des Gesundheitswesens, jedoch gehen die wenigsten davon auf die Auswirkungen derselben für Arbeitskräfte ein. Fast alle konkret arbeitsbezogenen Beiträge, die wir gefunden haben, befassen sich mit den Auswirkungen

auf Pflegearbeit. Daher wird im Folgenden nicht weiter auf Mediziner_innen, Therapeut_innen und Apotheker_innen eingegangen, obwohl natürlich auch deren Arbeitsbereiche von der Digitalisierung betroffen sein und sich massiv verändern können (vgl. z. B. Wiesner 2018; Ekkernkamp 2018; Bogdan 2018; Jörg 2018; Meyer et al. 2017; Patscha et al. 2017). Für diese Berufsgruppen ist zu erwarten, dass sie ebenso wie die Pflege zumindest Technikkompetenzen, ein grundlegendes Verständnis digitaler Datenverarbeitung sowie Kenntnisse zu rechtlichen und ethischen Fragen für den Umgang mit digitalen Technologien in ihrem Arbeitsumfeld aufbauen sollten, sofern solche eingeführt werden. Buhmann et al. zufolge müssen insbesondere angehende Ärzt_innen lernen, Big-Data-Analysen sowie algorithmisch gefundene Diagnosen, Prognosen und Entscheidungen einzuschätzen, zu bewerten und zu interpretieren (vgl. Buhmann et al. 2018, S. 143-144). Die mit der Digitalisierung möglich gewordene Bereitstellung und algorithmische Auswertung des permanent wachsenden medizinischen Wissens sowie großer Mengen Patientendaten wird eher als potenzielle Unterstützung und als Chance denn als Entwertung ärztlicher Kenntnisse betrachtet (vgl. Müschenich 2016; Timm 2016). Eine grundlegende Auf- oder Abwertung der Qualifikationen der genannten Gesundheitsberufe scheint sich nicht abzuzeichnen. Allerdings gibt es unter Mediziner_innen zumindest Befürchtungen hinsichtlich der Schwächung ihrer Machtposition aufgrund digitaler Technologien in der Hand ihrer Patient_innen, was ein Hemmnis bei der Digitalisierung der Medizin darstellt (vgl. Nohl-Deryk et al. 2018, S. 941).

In den Pflegewissenschaften gehen seit den 1960er-Jahren die Positionen von Technikoptimismus und Technikpessimismus dahingehend auseinander, ob es durch vermehrten Technikeinsatz zu einer Professionalisierung der **Pflege** oder zu Substitution und Autonomieverlusten kommt (vgl. Hielscher et al. 2015a, S. 7; vgl. Meißner 2017). Trotz erhoffter Aufwertung hat die Technisierung in der Vergangenheit teilweise zu verstärkter Arbeitsteilung sowie gleichzeitigen Spezialisierungs- und Dequalifizierungsprozessen geführt (vgl. Windsor 2007). Bezogen auf die jüngere Digitalisierung gibt es nur wenige Veröffentlichungen, die sich explizit mit den Folgen für Qualifikationen und Tätigkeiten auseinandersetzen (vgl. Merda et al. 2017, S. 37). Meistens steht das Patientenwohl im Fokus und, wenn es um die Pflegenden geht, werden primär Arbeitsbelastung und -erleichterung im Zusammenhang mit digitalen Technologien besprochen[35] (vgl. z. B. Meißner/Schnepp 2015; Merda et al. 2017; Hielscher et al. 2015b). Sowohl in der Krankenpflege als auch in der Altenpflege existiert bereits eine Polarisierungstendenz, weil wegen des Fachkräftemangels zunehmend angelernte Hilfskräfte tätig sind (vgl. Daum 2017, S. 9; Bräutigam et al. 2014, S. 49). Ob aufgrund der Digitalisierung eine Verstärkung der qualifikatorischen Polarisierung droht oder ein allgemeines *Upgrading* der Pflegearbeit möglich ist, müsste anhand konkreter Technikeinsätze empirisch noch näher erforscht werden.

[35] Wobei eine Entlastung der Pflegekräfte und die Erleichterung bei körperlich anstrengenden Aufgaben auch Autonomiezuwächse ergeben kann, allerdings keine qualifikationsrelevanten (vgl. z. B. Hielscher et al. 2015b, S. 39 zum Effekt des Einsatzes von Personenliftern).

Abgesehen von Robotik werden etwa Telecare und Telemedizin, technische Assistenzsysteme (*Ambient Assisted Living*, AAL) und elektronische Pflegedokumentation prominent im aktuellen Diskurs um die Technisierung der Pflege besprochen (vgl. Merda et al. 2017). Mehrere Veröffentlichungen vertreten die Auffassung, dass Pflegeroboter in naher Zukunft keine Rolle spielen werden (vgl. ebd.; Daum 2017; Berliner Bündnis für Altenpflege 2016). „Eine nennenswerte Entlastung pflegerischer Arbeit im Regelbetrieb ist durch humanoide Robotik noch nicht absehbar" (Merda et al. 2017, S. 75). Es gibt zwar zahlreiche Forschungsprojekte, die aber größtenteils noch nicht serienreif sind. Zudem sind Fragen der Wirtschaftlichkeit, der Finanzierung und der Sicherheit sowie ethische und juristische Fragen bisher ungeklärt (vgl. Daum 2017, S. 31-32). Telecare ist in Deutschland im Gegensatz zu einigen anderen Ländern ebenfalls noch nicht verbreitet (vgl. Merda et al. 2017, S. 56). Indes kommen einige AAL-Technologien bereits öfter zum Einsatz, etwa der Hausnotruf (vgl. Wolf et al. 2017; Felscher 2015). *Ambient Assisted Living* wird aktuell von verschiedenen Seiten gefördert und der Markt wächst. Wie bei der Robotik sind allerdings viele Anwendungen bisher nicht serienreif (vgl. Merda et al. 2017, S. 61).

Volker Hielscher vom iso-Institut zufolge wird in Technik investiert, „wenn sie nützt, wenn sie sich rechnet oder weil die Anforderungen, z. B. der MDK, es vorsehen oder die Prüfbedingungen umgesetzt werden müssten" (Berliner Bündnis für Altenpflege, S. 17; vgl. Hielscher et al. 2015b). In absehbarer Zeit seien vor allem Hebe- und Tragesysteme, EDV-gestützte Pflegedokumentation und Pflegeprozessplanung, GPS oder sensor- und sendergestütztes *Monitoring* sowie Technologien in der Intensivpflege von konkreter Bedeutung (vgl. ebd., S. 13-14). Auch wenn der Abbau von Arbeitsplätzen nicht absehbar ist, wird sich die Digitalisierung in Form neuer technischer Instrumente und Hilfsmittel auf die Arbeit der Pflegekräfte auswirken. Routinetätigkeiten wie die Überwachung von Vitaldaten könnten zunehmend automatisiert werden (vgl. Bughin et al. 2018, S. 23; auch Mischak/Ranegger 2017). Insbesondere Robotik und AAL-Technologien haben das Potenzial, die Pflege in Zukunft von Kontroll- und Routinetätigkeiten zu entlasten, indem sie Patient_innen permanent überwachen und die Pflegekräfte mit entsprechenden Informationen versorgen (vgl. Merda et al. 2017, S. 61, 99).

Dass der Einsatz digitaler Technologien eine entsprechende **Kompetenzerweiterung** der Pflegekräfte notwendig macht, wird in mehreren Veröffentlichungen angemerkt und scheint weitestgehend unstrittig zu sein (vgl. z. B. Hagemann 2017; Daum 2017; Apt et al. 2016a, S. 35; Hielscher et al. 2015b, S. 138; Meißner/Schnepp 2016; Tacke 2017; Berliner Bündnis für Altenpflege 2016; Becka et al. 2017; Bughin et al. 2018, Pöser/Bleses 2018; Gesellschaft für Informatik 2017; Kamin 2013; Merda et al. 2017; Roland Berger 2017). Die Pflegenden müssen für einen erfolgreichen Umgang mit der Technik geschult und eingearbeitet werden, also neue Qualifikationen aufbauen. Die Autor_innen beziehen sich dabei stets auf **Technikkompetenz**, nicht auf neue fachliche Kompetenzen. Daum schließt auf Basis von Experteninterviews und Literaturreview, dass

> „zumindest ein Überblickswissen bzw. Kenntnisse über Anwendungsmöglichkeiten digitaler Technologien notwendig sind und eine allgemeine Qualifikation im Umgang mit digitalen Arbeitsmitteln und technischen Hilfsmitteln zukünftig gefordert ist, um adäquat und kompetent

> mit den eingesetzten digitalen und technischen Arbeitsmitteln umzugehen“ (Daum 2017, S. 41).
>
> „Der bislang noch beklagte Mangel an Digitalkompetenz und IKT-Affinität der Pflegefachkräfte ist nicht zuletzt auch eine Folge fehlender technikorientierter Schwerpunkte in den Pflegeaus-, -fort- und -weiterbildungen. Aus Sicht aller Akteurinnen und Akteure besteht hier noch ein erheblicher Weiterentwicklungsbedarf“ (Roland Berger 2017, S. 28).

Ein Zusammenschluss diverser Wissenschaftler_innen empfiehlt, „Kernkompetenzen der Pflegeinformatik sowie informationstechnische Grundbildung“ (GI 2017, S. 10) in die Pflegeausbildung aufzunehmen. Außerdem seien auch „durch Technologie beeinflusste Felder zu berücksichtigen, etwa die Kollaboration und Kommunikation mit und durch Technik, rechtliche, ethische und ökonomische Rahmenbedingungen sowie die Vermittlung von Selbstwirksamkeit, Selbstkompetenz und Reflexionsfähigkeit in Bezug auf Technik“ (Becka et al. 2017, S. 25; vgl. GI 2017):

> „Curricula für die Ausbildung der Pflegekräfte müssen zudem ein mehrdimensionales Verständnis von Medienkompetenzvermittlung beinhalten, das neben der rein technischen Seite – der Anwendung und Bedienung von IKT sowie der Kernkompetenzen hinsichtlich der Pflegeinformatik – auch Dimensionen der technikinduzierten Kollaboration und Kommunikation und des selbstständigen Lernens sowie ein Verständnis der rechtlichen, ethischen und ökonomischen Rahmenbedingungen vermittelt – z. B. des betrieblichen Datenschutzes, der Korruptionsgefahren etc. […] Pflegeschülerinnen und -schüler genauso wie Teilnehmerinnen und Teilnehmer an Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen sollen dazu befähigt werden, selbstbestimmt mit digitalen Systemen umzugehen. Dies erfordert, diese Systeme zu verstehen, im Hinblick auf Wechselwirkungen mit dem Individuum und der Gesellschaft zu bewerten sowie ihre Einflussmöglichkeiten zu sehen und nicht nur ihre Nutzungsmöglichkeiten zu kennen. Pflegekräfte sollen in der Lage sein, ihre professionelle Perspektive bei der Fortentwicklung der in ihrem Umfeld eingesetzten Systeme einzubringen“ (GI 2017, S. 10).

Pflegekräfte brauchen Technikkompetenz einerseits, um die technischen Hilfsmittel erfolgreich und sicher handhaben und neue technikbezogene Tätigkeiten ausführen zu können. Andererseits müssen sie den Technikeinsatz gegenüber Patient_innen und Angehörigen zunehmend erklären und rechtfertigen können (vgl. Hielscher et al. 2015b; vgl. Daum 2017; Pöser/Bleses 2018, S. 30).

Bisher sind Qualifikationen für digitale Technologien allerdings noch nicht in den Fachausbildungen verankert (vgl. Daum 2017, S. 40-41). Es ist auch nicht selbstverständlich, dass mit dem Einsatz auch die erforderlichen Weiterbildungen erfolgen. So werden etwa computergestützte Dokumentations- und Diagnosesysteme zum Teil eingesetzt, ohne dass die Pflegekräfte ausreichend geschult werden, was zu Frustration, Autonomieverlusten und Entwertung bestimmter Fähigkeiten führen kann (vgl. Meißner/Schnepp 2015; Tacke 2017). In der Studie der HBS gaben 29 Prozent der Krankenhausbeschäftigten an, dass sie bei der Einführung digitaler Technologien nicht ausreichend qualifiziert werden, und ein weiteres Drittel, dass sie nur teilweise die notwendige Weiterqualifikation erhalten (vgl. Bräutigam et al. 2017, S. 48).

Es gibt mehrere Veröffentlichungen, die mit den neuen technischen Qualifikationsanforderungen eine **Aufwertung** und **Professionalisierung** der Pflege für einen möglichen Entwicklungspfad

halten (z. B. Hielscher et al. 2015b, S. 151-152; Evans et al. 2018, S. 9; Apt et al. 2016a, S. 35; Gesellschaft für Informatik 2017; Becka et al. 2017).

> „Die digital gestützte Erneuerung der Arbeit in der Sozial- und Gesundheitswirtschaft schafft günstige Voraussetzungen dafür, dass eine Aufwertung, ja Professionalisierung vieler Fachberufe möglich wird. In der Gesundheitswirtschaft könnte sie sogar dazu beitragen, dass für die Pflege und andere Gesundheitsberufe eine interprofessionelle Augenhöhe zu den Mediziner_innen heranwächst“ (Becka et al. 2017, S. 33).

> „Gegenüber anderen Berufsgruppen und Akteuren (z. B. Ärztinnen, Ärzten, MDK) wird durch die Anerkennung von Technikkompetenz die Handlungssicherheit und das professionelle Selbstbewusstsein der Pflegekräfte gestärkt“ (Evans et al. 2018, S. 9).

Laut Petra Gaugisch bietet die Digitalisierung die „Chance der Professionalisierung durch eine auf der systematischen Erfassung und Analyse von Daten begründete pflegerische Intervention“ (Gaugisch 2015, S. 22). Die Erwartung einer Professionalisierung kann außerdem auf potenziell steigenden Qualifikationsanforderungen durch den Einsatz komplexer Technologien, auf einem vermuteten Imagegewinn für die Pflegenden oder auf antizipierten Produktivitätssteigerungen und Lohnzuwächsen in der Pflege basieren (vgl. Hielscher et al. 2015b, S. 151). Hielscher et al. erläutern, dass die technischen Qualifikationsanforderungen für die Pflegekräfte je nach Technologie sehr unterschiedlich ausfallen. Zusätzliche Qualifizierungen seien etwa bei intensivmedizinischen Technologien und bei computergestützten Dokumentationssystemen notwendig (vgl. ebd., S. 151-152). Andererseits erscheine die Technik in der Intensivpflege „weniger als Treiber für die Veränderung von Arbeitsanforderungen in der Breite der Pflege, sondern sie ist vielmehr die Voraussetzung dafür, dass eine bereits spezialisierte Pflegearbeit an den entsprechenden Patient/inn/en überhaupt stattfinden kann“ (ebd., S. 151). Auch die digitale Dokumentation sei eher als ermöglichende Rahmenbedingung für pflegerisches Handeln zu betrachten (vgl. ebd., S: 152). Die kompetente Verwendung digitaler Technologien könne zwar „das professionelle Selbstbewusstsein“ (ebd., S. 151) der Pfleger_innen stärken, jedoch weisen die in Fallstudien befragten Altenpflegekräfte die Interpretation der Technisierung „als eine generelle Aufwertung ihres Berufsstandes“ (ebd., S. 152) unter Betonung des interaktiven Kerns der Arbeit zurück (vgl. ebd.). In der Onlinebefragung der HBS waren allerdings immerhin 42 Prozent der Krankenhausangestellten der Auffassung, dass digitale Technologien ihren Beruf aufwerten (vgl. Bräutigam et al. 2017, S. 46).

> „Jenseits dieses Befundes könnte ein denkbares Szenario für die Zukunftsentwicklung darin bestehen, bestimmte Funktionen und Aufgabenbereiche, etwa die Pflegeprozessplanung, aus der regulären Pflegearbeit auszugliedern und an speziell qualifizierte Pflegekräfte zu übertragen. Hier könnte sich ein potenzieller Einsatzbereich für akademisch qualifizierte Fachkräfte abzeichnen“ (Bräutigam et al. 2017, S. 46).

> „Es gibt [im Jahr 2030] Tätigkeiten mit gestiegenen Kompetenzanforderungen im Bereich der Diagnose […] Auch im Bereich der Steuerungs-, Leitungs- und Qualitätssicherungsaufgaben ergibt sich eine wachsende Anzahl von Spezialisierungsfeldern. Diese ermöglichen den Beschäftigten mit direktem Patientenkontakt mehr Zeit für Zuwendung und persönlichen Kontakt. Andere Tätigkeiten können auf der Helferebene ausgeführt werden. Diese Ausdifferenzierung erlaubt auch eine Weiterentwicklung des Personals in ihrem Karriereverlauf je nach Neigungen und Fähigkeiten“ (Patscha et al. 2017, S. 46).

Andererseits könnte mit der Professionalisierung und Technisierung die bereits bestehende **Polarisierung** in der Pflege verstärkt werden bzw. vermehrt auftreten, wenn Pflegefachkräfte die höher qualifizierten Tätigkeiten im Zusammenhang mit neuen Technologien wahrnehmen, während einfache Pflegearbeiten noch mehr als bisher an geringqualifizierte Mitarbeiter_innen abgegeben werden (vgl. Becka et al. 2017, S. 32). In der Altenpflege scheint der Einsatz digitaler Technologien in die bestehende Polarisierung der Tätigkeiten hineinzuwirken. Grit Genster von der ver.di zufolge ist „vielfach die Tendenz zu beobachten, dass die professionell Ausgebildeten sich um die Bedienung der Technik kümmerten, während die Pflegetätigkeiten von Pflegehilfskräften übernommen" (Berliner Bündnis für Altenpflege 2016, S. 21) werden. Angesichts des enormen Fachkräftemangels im Pflegebereich droht eine weitere Polarisierungsentwicklung allerdings ohnehin und würde durch eine digitale Technisierung wohl nur verstärkt.

Daum zufolge könnten in Zukunft digitale Systeme wie die computergestützte Pflegedokumentation oder auch Assistenzsysteme mit interaktiven Anleitungen und Kontrollen dazu führen, dass „auch Pflegehilfskräfte bestimmte Pflegehandlungen ausführen können, die zuvor nur von Fachkräften ausgeübt werden konnten" (Daum 2017, S. 39). Derartige Assistenzsysteme würden gleichzeitig die fachlichen Qualifikationen der Pflegefachkräfte entwerten (vgl. Haubner/Nöst 2012). Noch spielen Datenbrillen in der Pflege zwar keine Rolle, jedoch könnten derartige Technologien künftig genutzt werden, um noch weniger Fachkräfte ausbilden zu müssen:

> „Wir werden künftig nicht mehr die Zeit für lange Ausbildungen haben, deshalb sollten wir die technischen Möglichkeiten kennen, die diese Lücke schließen können" (Cord Brüning, Präsident der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Krankenhaustechnik, zit. n. Daum 2017, S. 39).

Anne Meißner argumentiert, dass neue Pflegetechnologien, etwa Robotik, Assistenzsysteme für Pflegebedürftige und informationstechnische Pflegedokumentation, die Pflegebeziehung grundsätzlich verändern, weil sie sich „zu einem nun eigenständigen Akteur im Pflegehandeln" (Meißner 2017, S. 163) entwickelt haben. Technik schränke die Autonomie der Pflegenden ein, weil sie einen Handlungsrahmen festlege, der Aushandlungsprozesse begrenze (vgl. ebd., S. 163). Eine Automatisierung des fürsorglichen Kerns der Pflegearbeit hält die Autorin für ausgeschlossen. Fürsorge könne nicht an Technik delegiert werden (vgl. ebd.). Einige Veröffentlichungen weisen jedoch darauf hin, dass vermehrter Technikeinsatz allerdings zu einer **Entwertung der interaktiven, fürsorglichen, wahrnehmenden und situativen Kompetenzen** führen könnte (vgl. Gaugisch 2015; Hergesell 2017; Hielscher et al. 2015a; 2015b; Tacke 2017; Remmers 2015, S. 18; Daum 2017; S. 38; Bleses et al. 2018, S. 50; Hergesell und Maibaum 2016; Manzeschke et al. 2013; Sowinski et al. 2013; Merda et al. 2017; Höhmann 2014; Höhmann/Schwarz 2017).

Dem Pflegewissenschaftler Manfred Hülsken-Gießler zufolge basiert professionelle Pflege unter anderem auf komplexer sinnlicher Wahrnehmung (vgl. Hülsken-Gießler 2015). Die entsprechenden Kompetenzen für die pflegerische Entscheidungsfindung können ebenso wie die Fürsorge- und Interaktionsarbeit durch vermehrten Technikeinsatz abgewertet werden. Eine Ursache für

eine derartige Entwicklung ist der erhöhte Zeitaufwand für technikbezogene Tätigkeiten[36], wodurch die Präsenzzeit beim Menschen abnimmt. Zudem kann die Konzentration auf Technik und Daten dazu führen, dass die emotionale Interaktions- und Beziehungsarbeit irrational erscheint und in den Hintergrund rückt. Oder die Pflegekräfte vertrauen eher auf technische Alarmhinweise, z. B. von AAL-Technologien oder Monitoringsystemen, als auf ihre eigene Auffassung. Fürsorgliche und wahrnehmende Kompetenzen können zudem bei direkt durch Technik vermitteltem Kontakt zwischen Pflegeempfänger_in und Pflegekraft auf der Strecke bleiben, z. B. bei Telecare.

> „Gelungene Entscheidungsfindung und Problemlösung im Sinne einer Pflegeexpertise ist […] nicht in erster Linie an die Interpretation rational begründeter Daten, Informationen und Argumentationen gebunden, sondern in den situativen und lebensweltlichen – häufig auch körper- und leibgebundenen Kontext der jeweiligen Pflegesituation eingelassen. Folgt man dieser empirisch gestützten Argumentation, so kann der Einsatz von Technologien, die das pflegerische Handeln einerseits durch ‚objektive' und kontinuierlich erhobene Daten zu begründen erlauben, dabei aber gleichzeitig die Präsenzzeit von Pflegenden in der unmittelbaren Umgebung der Hilfeempfänger systematisch begrenzen, zu der paradoxen Entwicklung einer Professionalisierung der Pflege bei gleich zeitiger Deprofessionalisierung führen" (Hüsken-Gießler 2015, S. 12).

Nach den empirischen Erkenntnissen von Hielscher et al. aus zahlreichen explorativen Fallstudien zum Technikeinsatz in der Altenpflege gibt es „wenig Hinweise aus eine generelle Relativierung oder Verdrängung der Pflegeinteraktion durch den Einsatz von Technik" (Hielscher et al. 2015b, S. 145). Zwar dringe Technik in den Pflegealltag ein, aber bisher sei dadurch nicht die Möglichkeit zu fürsorglichem Handeln genommen worden. Die Interaktion bleibe als Kern der Pflegearbeit erhalten, was die Beschäftigten nicht nur feststellen, sondern auch normativ einfordern (vgl. ebd.). Hielscher et al. merken auf Basis ihrer Studien an, dass sich der Bedarf nach interaktiven Fähigkeiten im Zuge der Technisierung erhöht, weil Pflegekräfte den Technikeinsatz gegenüber Patient_innen und Angehörigen erklären, legitimieren und teilweise durchsetzen müssen (vgl. ebd., S. 146-148, 80-81, 103-104, 130-131; vgl. auch Evans et al. 2018; Merda et al. 2017, S. 63). Allerdings schließen sich die Abwertung der sozialen Kompetenzen bei gleichzeitig steigendem Bedarf nach ihnen freilich nicht aus.

In zahlreichen Veröffentlichungen kommen speziell **digitale Pflegedokumentation und -diagnostik** zur Sprache, also computergestützte Nachweise sowie Kontrolle, Auswertung und Berechnung pflegerischen Handelns (vgl. Manzei 2017; Tacke 2017; Meißner 2017; Meißner/Schnepp 2015; Hielscher et al. 2015a; 2015b; Berliner Bündnis für Altenpflege 2016; Orians/Reisach 2017; Höhmann/Schwarz 2017). Die Verbreitung der digitalen Pflegedokumentation hat in den vergangenen Jahren zugenommen (vgl. Merda et al. 2017, S. 46-47). Aufgrund

[36] So z. B. für die digitale Pflegedokumentation. Häufig wird zunächst von einer Zeitersparnis durch computergestützte Pflegedokumentation ausgegangen. Es gibt allerdings neben empirischen Studien, die eine Zeitersparnis oder keinen signifikanten Unterschied festgestellt haben, auch solche, in denen ein deutlicher zeitlicher Mehraufwand ermittelt wurde (vgl. Meißner/Schnepp 2015; Hielscher et al. 2015a, 2015b; Daum 2017).

gesetzlicher Vorgaben, zunehmender Qualitätsanforderungen und Haftungsrisiken sollte derartige Software in naher Zukunft flächendeckend eingesetzt werden, sofern die Finanzierung in den Betrieben geklärt wird (vgl. Hielscher et al. 2015a, S. 9). Doris Tacke weist darauf hin, dass dieser Technologieeinsatz das Potenzial hat, zur Verbesserung, Weiterentwicklung und Professionalisierung der Pflege beizutragen, sofern das Personal ausreichend vorbereitet und geschult werde (vgl. Tacke 2017, S. 212, 213; auch Hielscher et al. 2015b, S. 84-85; Merda et al. 2017). Die genaueren Vorgaben können dazu führen, dass fachliche Standards besser umgesetzt werden und die Pflegearbeit stringenter organisiert werde (vgl. Evans et al. 2018, S. 3). Häufig werden allerdings auch die Risiken zunehmender **Standardisierung** und **Kontrolle** pflegerischer Arbeit in den Vordergrund gestellt.

Tacke zufolge können die Standardisierung der Arbeitsschritte und die Vorstrukturierung der Dokumentation durch Software dazu führen, dass die Aspekte der Pflegearbeit, die nicht digital darstellbar sind, entwertet werden (vgl. Tacke 2017, S. 208; 213). Sofern die Pflegekräfte nicht intensiv im Umgang mit der Technologie und im kritischen Denken geschult würden, werde bereits ihr diagnostischer Erkenntnisprozess durch die digitale Pflegediagnostik beeinträchtigt (vgl. ebd., S. 211):

> „Allein das Bewusstsein, sich als Ergebnis der Einschätzung eines Patienten für eine oder mehrere Pflegediagnosen entscheiden zu müssen, birgt die Gefahr, den Verstehens- und Erkenntnisprozess professionell Pflegender bereits im Vorfeld zu beschränken, weil sie ihn gezielt auf vorliegende Inhalte ausrichten (müssen)“ (Tacke 2017, S. 213).

Alexandra Manzei analysiert die digitale Patientenakte im Kontext der Ökonomisierung des Gesundheitssystems als Steuerungsinstrument zur Effizienzsteigerung sowie zur Vereinheitlichung und Objektivierung medizinischer und pflegerischer Praxis (vgl. Manzei 2014, S. 233, 235). Hielscher et al. identifizieren die digitale Pflegedokumentation als System kybernetischer Arbeitssteuerung (vgl. Hielscher et al. 2015b, S. 79): „Ausgehend von einer IST-Analyse wird ein systematischer Plan für die [Pflege-]Intervention angelegt, deren Umsetzung und Wirkungen evaluiert und für eine Prozessoptimierung genutzt werden“ (ebd.). In mehreren Veröffentlichungen wird davor gewarnt, dass die Standardisierung und die Vorgabe der Arbeitsschritte durch digitale Dokumentationssysteme die konkreten Handlungsspielräume der Beschäftigten einschränkt (vgl. Hielscher et al. 2015a, 2015b, S. 82-83; Berliner Bündnis für Altenpflege 2016; Höhmann/Schwarz 2017).

> „Denn mit der EDV-gestützten Pflegedokumentation werde die Pflege als Prozess definiert, für den die Tätigkeiten in einer festgelegten Reihenfolge zu tun sind. Es handle sich eben auch um eine Standardisierung von Pflegeschritten, die durch das System vorgegeben ist. […] Die Pflegekraft hat zum Beispiel mit einem wichtigen Anliegen und Bedürfnis einer Bewohnerin/ eines Bewohners zu tun, aber das System fragt nach Blutdruckmessen, Flüssigkeitsmanagement etc. Auf die einzelne Situation könne ggf. nicht reagiert werden“ (Berliner Bündnis für Altenpflege 2016, S. 15-16).

> „Die Definition und Steuerung des Pflegeprozesses wird dadurch von den Leitungs- und Fachkräften weg ‚in das System‘ hinein verlagert. Es verringern sich damit tendenziell die Spielräume

> für Abwägungs- und Aushandlungsprozesse über die Richtigkeit oder über Ausführungsvarianten der einzelnen Pflegeschritte. Situative Abweichungen werden zwar nicht unmöglich, aber meist begründungspflichtig und unmittelbar für die Leitungskräfte transparent“ (Hielscher et al. 2015a, S. 12-13).

Demnach könnten rigide gesteuerte Dokumentationssysteme zu einer Entwertung der fachlichen und interaktiven Kompetenzen der Pflegenden führen, indem ihnen die Fähigkeit abgesprochen wird, die richtige Reihenfolge der Arbeitsschritte oder auch Situationsdefinitionen selbst festzulegen. Hinzu kommt das stark erhöhte Kontrollpotenzial durch die genaue Abfrage und technische Überwachung der Arbeitsleistung, das von mehreren Autor_innen bemängelt wird (vgl. Hielscher et al. 2015b, S. 70-73; Berliner Bündnis für Altenpflege 2016; Evans 2016). In vier von fünf Fallstudien zum Einsatz der Technologie, die Hielscher et al. in Altenpflegeeinrichtungen durchgeführt haben, haben die Pflegekräfte die erhöhte Transparenz aufgrund einer Vertrauenskultur und partizipativer Technikgestaltung akzeptiert (vgl. Hielscher et al. 2018b, S. 71). Dagegen wurde die digitale Dokumentationsassistenz im fünften Fallbetrieb als Kontrollinstrument in der Hand der Leitung genutzt und von den Beschäftigten auch so erfahren (vgl. ebd., S. 72).

Pöser und Bleses haben anhand einer quantitativen Onlinebefragung und qualitativer Experteninterviews die Auswirkungen von *Mobile Digital Assistants* (vgl. Pöser/Bleses 2018, S. 5), **mobilen Assistenzsystemen**, in der ambulanten Pflege untersucht (vgl. auch Bleses et al. 2018). Dabei handelt es sich um Tablets oder Smartphones mit spezieller Software, die zur Organisation, Kommunikation und Datenübertragung eingesetzt werden und die Koordinationsprozesse zwischen Pflegekräften und Pflegezentrale erheblich verändern (vgl. Pöser/Bleses 2018). Ein zentrales Thema der Studie sind die Möglichkeiten der Überwachung und Kontrolle durch die Technologie. Sowohl Arbeitsort, Wegezeiten und Arbeitszeiten als auch Leistungen und Pflegegeschwindigkeit können über die Geräte dokumentiert und kontrolliert werden (vgl. ebd., S. 23-24, 27). Die interviewten Pflegekräfte äußern die Befürchtung, dass ihre Freiheiten im Zuge der Überwachung eingeschränkt werden (vgl. ebd., S. 25). Außerdem kann auf Basis der Transparenz und Vergleichbarkeit Druck auf die Arbeitnehmer_innen ausgeübt werden, Pflegezeiten zu optimieren (vgl. ebd., S. 27, 28). Andererseits birgt die Überwachung hinsichtlich der korrekten statt pauschalen Bezahlung finanzielle Vorteile (vgl. ebd., S. 27). Obwohl die Technologie von den Arbeitnehmer_innen insgesamt eher positiv aufgefasst wird, fühlt sich beinahe ein Drittel der Befragten von ihrem Arbeitgeber stärker kontrolliert (vgl. ebd., S. 21). Allerdings scheinen Kontrolle und Autonomiebeschränkungen durch die digitalen Tourenbegleiter bisher keine Auswirkungen auf die Qualifikationsanforderungen der Pflegetätigkeit zu haben.

In der von der HBS durchgeführten Onlinebefragung von Krankenhausbeschäftigten gaben 42 Prozent an, die Zahl der Arbeitssituationen, in denen ein Computerprogramm den nächsten Arbeitsschritt vorgebe, sei gestiegen (vgl. Bräutigam et al. 2017, S. 44). Ein Viertel der Befragten ist der Ansicht, dass Arbeitsschritte zunehmend nicht mehr selbständig planbar sind (vgl. ebd.). Ebenfalls ein Viertel wird am Arbeitsplatz stärker kontrolliert (vgl. ebd., S. 45). Dagegen können

30 Prozent ihre Aufgaben selbstständiger planen als vor der Einführung digitaler Technologien (vgl. ebd.).

Alles in allem lässt sich über die Digitalisierung des Gesundheits- und Sozialwesens sagen, dass sie nur langsam voranschreitet. Die Technologien sind, soweit absehbar, nur als Unterstützung und nicht als potenzielle Substitution für soziale und Gesundheitsberufe zu bewerten. Eine Abwertungstendenz zeichnet sich vornehmlich in der Standardisierung und Arbeitssteuerung ab, die bestimmte Konfigurationen digitaler Dokumentationssysteme bedingen.

5.3.8 Erziehung und Unterricht

Auch der Bildungssektor ist von der Digitalisierung betroffen. Die Ausstattung von Kindergärten, Schulen, Berufsschulen und Universitäten mit digitaler Technologie steht auf der Agenda der Politik. Gleichzeitig werden alle Bildungseinrichtungen dazu angehalten, die Lernenden auf Leben und Arbeit in der digitalisierten Welt vorzubereiten (vgl. KMK 2016; BMBF 2016). Mit dem *DigitalPakt Schule* wollen Bund und Länder die Ausstattung der Schulen mit digitalen Technologien vorantreiben (vgl. BMBF 2019). Das Förderprogramm *Berufsbildung 4.0* von BMBF und BIBB zielt darauf ab, die digitale Qualifizierung künftiger Fachkräfte zu beschleunigen (vgl. BMBF 2017b). Das BMBF finanziert außerdem das *Hochschulforum Digitalisierung* und unterstützt universitäre Forschung zum Thema *Digitale Hochschulbildung* (vgl. HFD 2015; BMBF 2017a).

> „Um in Zukunft als Nation von Gestaltern – und nicht allein als Anwender – die digitale Wirtschaft und Gesellschaft mitzuprägen, müssen wir sowohl digitale Kompetenzvermittlung in der Breite fördern als auch leistungsstarke IT-Talente unterstützen – von der frühkindlichen Bildung an und über die gesamte Bildungsbiografie hinweg. Wir brauchen dafür vor allem digital kompetente pädagogische Fachkräfte, die sich im Rahmen ihrer Aus-, Fort- und Weiterbildung die Fähigkeit aneignen, digitale Kompetenzen in geeigneter Weise zu vermitteln“ (BMBF 2016, S. 13).

Es gibt auch Kritik an den ministerialen Digitalisierungsprogrammen und der bildungspolitischen Diskussion um den digitalen Wandel. Der DGfE zufolge werden „programmatische, theoretische und empirische Zugänge in einer nicht so ohne Weiteres nachvollziehbaren Art und Weise vermischt“ (Pietraß/Schäffer 2017, S. 5). Mehrere Veröffentlichungen weisen darauf hin, dass sich digitale Technologien nicht per se positiv auf Lehre und Lernen auswirken (vgl. z. B. Pietraß 2017; Langemeyer/Schmied 2017; Hoyer/Mundt 2017). Markus Deimann wirft den Bildungsministerien Technikdeterminismus, ein ökonomisch orientiertes Bildungsverständnis und die Ausblendung der Machtstrukturen vor, die die Digitalisierung prägen (vgl. Deimann 2018). Das Narrativ von KMK und BMBF transportiere zudem

> „eine systematische Abwertung des Lehrens zugunsten einer Aufwertung des Lernens. Der Lehrende erscheint angesichts der großartigen Fortschritte von Learning Analytics überholt und wird zum Begleiter, Coach oder Facilitator degradiert. Die intelligenten Technologien und smarten Maschinen wissen schließlich sehr viel besser, was der Lernende gerade braucht und bieten dafür passgenaue Lösungen an“ (Deimann 2018, S. 87).

Rainer Smits zufolge sollte die Medienbildung von Kindern für das Leben in der digitalisierten Welt bereits in den **Kindertagesstätten** beginnen. Entsprechend plädiert er für eine Weiterbildung der Erzieher_innen durch Mediencoaches (vgl. Smits 2015, S. 76). Die Fachkräfte sollten zusätzliche medienpädagogische Kenntnisse aufbauen und die kindgerechte Vermittlung von Medienbildung in der Praxis erlernen (vgl. ebd.).

> „Medienbildung meint in diesem Kontext, die auf Medien bezogene Handlungsfähigkeit von Kindern unter Abwägung der Chancen und Risiken umfassend und stetig zu verbessern, um sie zu befähigen, autonom und kritisch-reflexiv durchs Leben zu gehen. Dies schließt immer auch eine Befähigung der erzieherisch Handelnden ein bzw. setzt diese voraus. Hierfür bedarf es Konzepte und Angebote, u.a. für die Fachkräfte in den Kitas“ (Smits 2015, S. 74).

Lehrer_innen sind von der Digitalisierung in mehrfacher Hinsicht betroffen. Einerseits werden **Schulen** mit digitalen Technologien ausgestattet und die Lehrkräfte verwenden Technik, Software und Internet als Instrumente zur Vermittlung ihres jeweiligen Lehrstoffs an Schüler_innen. Andererseits haben Lehrkräfte die Aufgabe, Wissen und Fähigkeiten im Kontext der Digitalisierung als Bildungsinhalte an Schüler_innen zu vermitteln.

> „Der Schule kommt eine noch immer zunehmende Bedeutung zu, dem ihr auferlegten Bildungs- und Erziehungsauftrag vor dem Hintergrund der Digitalisierung der Welt Rechnung zu tragen. Dabei sollen die Schülerinnen und Schüler möglichst umfassend auf das Leben in der digitalen Welt vorbereitet werden und Kompetenzen erwerben, die ihnen nachhaltig helfen, sich eigenständig, sicher, kritisch, produktiv und reflektiert in der digitalen Welt zu bewegen“ (Lorenz et al. 2017, S. 79).

Mehreren Veröffentlichungen zufolge müssen Lehrkräfte im Zuge der Digitalisierung zweierlei Kompetenzen aufbauen (vgl. Lorenz et al. 2017, S. 151; Herzig/Martin 2018, S. 95; Döbeli Honegger 2017; BMBF 2016, S. 8; Goertz/Baeßler 2018): Erstens brauchen sie Wissen über die Funktionsweise, die gesellschaftliche Wirkung und die Anwendungsmöglichkeiten digitaler Technologien, um Schüler_innen **Medienbildung** zu vermitteln. Zweitens benötigen sie **technisches Know-how** für die Verwendung von Hard- und Software im Unterricht und müssen **Mediendidaktik** beherrschen, also über „das Wissen und Können zur Planung und Gestaltung von Unterrichtseinheiten mit digitalen Medien unter Berücksichtigung sowohl der fachinhaltlichen Perspektive sowie auch der pädagogischen Rahmenbedingungen“ (Lorenz et al. 2017, S. 151) verfügen. In einer quantitativen Studie zur Digitalisierung der deutschen Schulen wurden 1.218 Lehrer_innen nach einer Selbsteinschätzung hinsichtlich ihrer Kompetenzen der zweiten Art gefragt. Die Mehrheit der Lehrkräfte war der Ansicht, über entsprechende Digitalkompetenzen zu verfügen (vgl. ebd., S. 160). Beinahe zwei Drittel „verfügen ihren eigenen Angaben nach über Strategien, um Fachinhalte, digitale Medien und Lehrmethoden im Unterricht angemessen aufeinander abzustimmen“ (ebd.). Allerdings ist der Realitätsabgleich solcher Selbsteinschätzungen schwierig. Das BMBF gibt an, die digitale Qualifikation der Lehrkräfte im Rahmen der *Qualitätsoffensive Lehrerbildung* zu fördern (vgl. BMBF 2016, S. 5). Herzig und Martin fügen den beiden Bereichen notwendigen Kompetenzerwerbs für Lehrkräfte einen dritten hinzu: Kompetenzen zur „Wahrnehmung von medienbezogenen Schulentwicklungsaufgaben“ (Herzig/Martin 2018, S. 96). Das seien Fähigkeiten, „Schulentwicklungsprozesse im Medienbereich mitzugestalten,

z. B. in Form der Erfassung und Gestaltung von personalen, infrastrukturellen, rechtlichen oder organisatorischen Bedingungen für medienpädagogische Maßnahmen und deren Ausgestaltung“ (ebd.). Die Autoren kritisieren, dass es im deutschen Lehramtsstudium zu wenige Möglichkeiten zum Aufbau der drei Arten digitaler Kompetenzen gibt. Lehrer_innen könnten die Potenziale digitaler Technologien in der Schule daher nicht nutzen (vgl. ebd., S. 108-109).

Wird der digitale Wandel der **Hochschulen** besprochen, stehen häufig die Auswirkungen auf Studierende im Vordergrund (vgl. z. B. Arnold 2018; Langemeyer/Schmid 2017; Hoyer/Mundt 2017). Digitale Lehr- und Lernmethoden werden mit großen Hoffnungen verknüpft: „Der Einsatz digitaler Medien kann zu einer nachhaltigen Verbesserung der Lehre und zu einer anwendungsorientierten Gestaltung führen, nicht zuletzt als Vorbereitung der Studierenden auf die digitale Lebens- und Arbeitswelt“ (Hetzner et al. 2018, S. 33). Ulf-Daniel Ehlers sieht in der Digitalisierung die Chance zur „zur didaktischen, curricularen und organisatorischen Innovation in der Lehre“ (Ehlers 2017, S. 49).

> „Digitalisierung befindet sich noch in einem Experimentierstadium. Aber Hochschulbildung digital birgt das Potenzial, das Ideal einer Universitas als Gemeinschaft der Lehrenden und Lernenden zu unterstützen und die Transformation der Hochschule in Bezug auf ihre gesellschaftlichen Anforderungen voranzubringen. Ein Garant, dass die Nutzung von digitalen Medien zu einer didaktisch sinnvollen Hochschullehre führt, gibt es nicht. Hochschulen stehen daher mehr denn je heute vor einer Gestaltungsaufgabe“ (Ehlers 2017, S. 55).

In empirischen Untersuchungen stößt ***Blended Learning***, die Verbindung von digitalen Lehrmethoden und Präsenzlehre, bei der Mehrheit der Student_innen und Dozent_innen auf positive Resonanz (vgl. Schön et al. 2016; Hoyer/Mundt 2017; Hetzner et al. 2018; Nacken/Krieg 2018). In der Evaluation eines Pilotprojekts an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg bescheinigten 91 Prozent der Lehrkräfte den digitalen Methoden einen Mehrwert (vgl. Hetzner et al. 2018, S. 39). Zudem kam es zu einer Verbesserung der wahrgenommenen Qualität der Lehre (vgl. ebd., S. 40). Hinsichtlich der universitären Lehrkräfte stellen die Veröffentlichungen fest, dass sie über **Medienkompetenz** verfügen müssen (vgl. Hoyer/Mundt 2017, S. 68; Schön et al. 2016, S. 81) und vor und während der Etablierung digitaler Lehrangebote in **Mediendidaktik** geschult und bei der Verwendung der Technologien unterstützt werden sollten (vgl. Hetzner et al. 2018, S. 41; Nacken/Krieg 2018, S. 16). Neben „methodisch-didaktischen Kompetenzen“ (Schön et al. 2016, S. 100) seien **technische Kenntnisse** und Kompetenzen notwendig (vgl. ebd.). Laut einer Veröffentlichung des Hochschulforums Digitalisierung zeichnet sich ab, dass sich die Tätigkeiten der Lehrkräfte durch *Blended Learning* von der Wissensvermittlung zur Lernbegleitung verschieben:

> „Die Rolle des Lehrenden lässt sich in digitalen Lehr- und Lernszenarien eher als begleitende und ermöglichende Funktion im individuellen Lernprozess der Studierenden charakterisieren denn als die des Wissensvermittlers. Auch teilen sich die Aufgaben des Lehrenden heute so auf, dass mehrere Personen mit unterschiedlichen Funktionen die Lehre gemeinsam gestalten. […] Entsprechend den neuen Aufgaben und Rollen bedarf es Beratungsangeboten zu Aus- und Fortbildungsmöglichkeiten von Lehrenden und Mitarbeitern sowie eines personellen Kompetenzaufbaus zur Gestaltung von digitalen Lehr- und Lernangeboten an Hochschulen“ (HFD 2015, S. 8).

Zum Teil wird auf künftig potenziell tiefgreifende Transformationen der hochschulischen Bildung im Zuge der Digitalisierung verwiesen (vgl. Elsholz 2016; Wittke 2017). Die Debatte um **Open Educational Resources** (OER), frei zugängliche digitale Bildungsinhalte, wird im Kontext der Forderung nach freiem Zugang zu Bildung international bereits seit 2002 geführt (vgl. Deimann et al. 2015; Ebner/Schön 2016). Die deutschen Hochschulen und die Bildungspolitik verhalten sich in Bezug auf dieses Thema bisher eher zögerlich, was auch mit dem problematischen Urheberrecht zusammenhängen mag (vgl. Deimann et al. 2015, S. 15, 18). Von zentraler Bedeutung könnten zudem **Massive Open Online Courses** (MOOCs) sein, zulassungsfreie Kurse zur Bildungsvermittlung, bei denen „die Inhalte vollständig digital sind und jede Kommunikation online stattfindet" (Wittke 2017). Theoretisch ist das Konzept hochgradig skalierbar, während in der analogen Lehre nur eine sehr begrenzte Zahl Lernender betreut werden kann (vgl. ebd.). MOOCs können von Bildungsinstituten, aber auch von Privatunternehmen ins Leben gerufen werden. An einigen Universitäten in Deutschland kommen sie bereits zum Einsatz und sind sowohl den immatrikulierten Studierenden als auch jeder anderen Person weltweit zugänglich (vgl. Pongratz 2015).

Uwe Elsholz zufolge „besteht die Gefahr, dass die Digitalisierung der Bildung letztlich zu derart attraktiven alternativen Bildungsmöglichkeiten führt, dass die Daseinsberechtigung der Hochschulen als Bildungsinstitutionen und Bildungsort in Frage gestellt wird" (Elsholz 2016). Mit MOOCs könnten neue Wettbewerber_innen in den Bildungssektor drängen und die Vorrangstellung der Bildungseinrichtungen einschränken. Die Verbreitung von OER trage zur „Entwertung formalisierten Wissens" (ebd.) bei und habe das Potenzial, Jugendliche in Zukunft von den Hochschulen fernzuhalten (vgl. ebd.). Das Konzept der *Open Badges* zur „Sichtbarmachung und Anerkennung von informell erworbenen Kompetenzen" (ebd.) stelle eine Bedrohung des Zertifizierungsmonopols der Hochschulen dar (vgl. ebd.). Elsholz konstatiert, die bildungspolitischen, technologischen Trends könnten die Bildungsfunktion der Universitäten überflüssig machen und ihre gesellschaftliche Bedeutung mindern, sofern sie sich nicht umfassend modernisieren und die Bedürfnisse der Studierenden in den Fokus stellen (vgl. ebd.).

Andererseits lässt sich die Relevanz von Präsenzlehre kaum von der Hand weisen. Geistes- und sozialwissenschaftliche Fächer profitieren von direkter Interaktion und Kommunikation. In standardisierten Onlinekursen mit tausenden Teilnehmer_innen kann nicht auf die individuellen Fragen, Wünsche und Probleme der Lernenden eingegangen werden. Bei der Studie von Hoyer und Mundt zum Einsatz eines Blended-Learning-Konzepts gaben zwei Drittel der teilnehmenden Studierenden an, die Verbindung digitaler und analoger Methoden zu bevorzugen, und ein Drittel präferierte konventionelle Präsenzveranstaltungen (vgl. Hoyer/Mundt 2017, S. 68-69). Keiner der Befragten wünschte sich eine rein digitale Lehre.

Mit Blick auf die USA kritisiert Katharina Walgenbach den Hype um das vermeintlich revolutionäre Potenzial von MOOCS (vgl. Walgenbach 2017). Die von Eliteuniversitäten angebotenen Onlinekurse dienen primär deren Imagepflege und eröffnen der Teilnehmer_innen nicht die suggerierten Möglichkeiten (vgl. ebd., S. 41): Es werden keine relevanten Bildungstitel vergeben

und die erstandenen Zertifikate werden von Arbeitgeber_innen bisher nicht gewürdigt (vgl. ebd., S. 39-40). Massenuniversitäten sehen sich dagegen aufgrund mangelnder Ressourcen und Kapazitäten gezwungen, auf MOOCs zu setzen (vgl. ebd., S. 42). Laut Walgenbach setzen MOOCs amerikanische Eliteuniversitäten und Massenuniversitäten in ein ungleiches Konkurrenzverhältnis:

> „Im Zuge dessen geraten öffentliche Bildungseinrichtungen unter Druck, die Qualität ihrer Lehre unter Beweis zu stellen sowie ihre Autonomie zu verteidigen. Tragischerweise führt gerade die Unterfinanzierung öffentlicher Hochschulen dazu, dass sie pädagogische Argumente – wie die Bedeutung persönlicher Betreuung – gegenüber MOOCs schlechter in Anschlag bringen können. Und paradoxerweise sind es am Ende die Eliteuniversitäten, die sich damit profilieren können, dass sie persönliche Interaktionen zwischen Studierenden und Dozierenden anbieten" (ebd., S. 43).

Es gibt zwar viele Veröffentlichungen zur Digitalisierung des Bildungssystems, aber nur wenige, die sich mit den Konsequenzen für die Arbeitnehmer_innen auseinandersetzen. Deutlich wird lediglich, dass Lehrkräfte und Pädagog_innen für den Umgang mit digitalen Technologien sowie zur Vermittlung von Medienbildung und digitalen Kompetenzen qualifiziert werden müssen. Eine grundsätzliche qualifikatorische Aufwertung der Berufe ist auf dieser Grundlage nicht zu erwarten. Auch eine Polarisierung der Belegschaften durch die Digitalisierung zeichnet sich bisher nicht ab. Digitale Technologien werden vor allem als Werkzeuge betrachtet. Die Automatisierung von Tätigkeiten oder gar Stellenabbau erscheinen unwahrscheinlich und wird kaum thematisiert. Langfristig könnte sich in der akademischen Bildung allerdings eine Umwälzung ergeben, die die Funktion der universitären Lehre aushöhlt.

5.3.9 Gastgewerbe

Pfeiffer und Lee haben eine Sekundärauswertung der *BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012,* der *Orbis Unternehmensdatenbank* und des *DGB-Index Gute Arbeit 2016* vorgenommen, um einen Einblick in die Digitalisierung der Branchen im Bereich Nahrung, Genuss und Gaststätten (NGG) zu geben (vgl. Pfeiffer/Lee 2017). Der Wirtschaftszweig ist höchst heterogen und hinsichtlich der Digitalisierung kaum erforscht. In die Sparte NGG fallen unter anderem Hotellerie und Gastronomie, Hauswirtschaft, Speisenzubereitung, aber auch Getränke- und Lebensmittelherstellung. In der Dienstleistungsbranche Gastgewerbe, die Beherbergung und Gaststätten umfasst, waren laut Statistischem Bundesamt im Jahr 2017 beinahe 1,9 Millionen Menschen beschäftigt. Die Erwerbstätigenzahl ist während der vergangenen 30 Jahre stetig gestiegen (vgl. Destatis 2018, S. 359).

In Hotellerie und Gastronomie ist der Anteil der Beschäftigten ohne Ausbildungsabschluss mit etwa 20 Prozent relativ hoch. Die Mehrheit der Beschäftigten verfügt über ein mittleres Qualifikationsniveau. Akademisch ausgebildet sind in der Gastronomie nicht einmal 2 Prozent, in der Beherbergungsbranche immerhin 8 Prozent (vgl. ebd., S. 21). Die Digitalisierung scheint sich auf die Dienstleistungen in Hotellerie und Gastronomie schwächer auszuwirken als in anderen Branchen. Von der Arbeitszeit wurde im Jahr 2012 in der Gastronomie durchschnittlich nur etwa ein Viertel am Computer verbracht. Beinahe die Hälfte der Beschäftigten arbeitete überhaupt nicht

am Computer (vgl. ebd., S. 28-29). Auch Internet und E-Mail verwendeten nur etwa zwei Drittel der Arbeitnehmer_innen und ein Drittel gar nicht (vgl. ebd., S. 29). Von den Beschäftigten in der Beherbergung arbeiteten etwa 70 Prozent mindestens manchmal mit Computern und über 80 Prozent mit Internet oder E-Mail (vgl. ebd.). Im Jahr 2016 verwendeten etwa 80 Prozent der Beschäftigten in der gesamten NGG-Branche elektronische Kommunikation und 64 Prozent hatten mit softwaregesteuerten Arbeitsabläufen zu tun (vgl. ebd., S. 35).

> „Beschäftigte in den NGG-Branchen sind weniger von Digitalisierung betroffen und erleben auch ihren Einfluss auf Art und Einsatz der digitalen Technik als wesentlich geringer als in allen anderen Branchen: Während im NGG Bereich 46% in hohem oder sehr hohem Maße von der Digitalisierung betroffen sind, sind es in allen anderen Branchen zusammen 67%. Umgekehrt sind im NGG-Bereich 29% bislang überhaupt nicht von der Digitalisierung betroffen – in allen anderen Branchen sind es mit 11% deutlich weniger“ (Destatis 2018, S. 27).

Obwohl sich die Digitalisierung auf die Arbeit in Betrieben der NGG bisher nicht sehr stark auswirkt, könnten neue digitale Geschäftsmodelle in der Branche künftig große Umwälzungen bewirken. Lee und Pfeiffer haben die Digitalisierung der Branche durch Experteninterviews weitergehend untersucht. Es wurden drei Digitalisierungsbereiche ausgemacht: „Die Digitalisierung des Gäste- bzw. Kundenkontakts (Frontoffice), die Digitalisierung interner betrieblicher Abläufe (Backoffice) und der Einsatz digitaler Technik im Herstellungsprozess sowie in der Dienstleistungserbringung (Digitale Küchen- und Servicetechnik)“ (Lee/Pfeiffer 2018, S. 16).

Die Digitalisierung des *Frontoffices* ist durch neue Kommunikationskanäle bereits weit vorangeschritten, die teilweise von großen Internetplattformen dominiert werden. Die Kundenbetreuung wird häufig über Onlineportale organisiert, etwa Buchungs- und Reservierungsplattformen sowie Bestellservices und Lieferdienste für Essen (vgl. ebd.). Im Backoffice kommen EDV-Systeme etwa zu Ressourcen- und Schichtplanung zum Einsatz, die in Zukunft auch zunehmend vernetzt werden und autonom Planungsanpassungen vornehmen könnten (vgl. ebd., S. 19). Digitale Küchentechnik umfasst etwa „Backautomaten, computergesteuerte Teigsilos, Konvektomaten mit diversen Gar- und Kochprogrammen“ (ebd., S. 19), die ebenfalls mit neuer Vernetzungstechnik ausgestattet werden können (vgl. ebd.). Als digitale Servicetechnik wird beispielhaft automatisiertes Ein- und Auschecken in Hotels genannt (vgl. ebd., S. 20).

Lee und Pfeiffer zufolge ist der Verbreitungsgrad digitaler Automatisierungstechnik in Küchen und Service insgesamt noch nicht sehr hoch (vgl. ebd.). Menschliche Arbeit sei in diesen Bereichen nicht ohne Abstriche in der Qualität substituierbar und es werde keine Automatisierung angestrebt, sofern die Betriebe auf „Freizeit, Erholung, Genuss und Qualität“ (ebd.) abzielen. Auf Masse ausgerichtete Ketten und Großküchen sind allerdings bereits hochtechnisierte Umgebungen, in denen Kompetenz- und Identifikationsverluste für handwerklich ausgebildete Köch_innen und Bäcker_innen drohen. Fortschreitende, zunehmend digitale Automatisierung von Handwerksarbeit verursache „eine weitere Entfernung von einer konkret-stofflichen Herstellungsweise und damit vom Kern des traditionellen Berufsverständnisses“ (ebd., S. 15): „Da-

bei bleibt das handwerkliche Wissen und Können zwar latent wichtig, es verschwindet aber zusehends aus dem alltäglichen Arbeitskontext – und droht aufgrund der seltenen Anwendung mit der Zeit auch verloren zu gehen“ (ebd.).

Die befragten Expert_innen weisen auf die Gefahr zunehmender Überwachung und Leistungskontrolle der Arbeit hin, die im Gastgewerbe wie in allen Branchen mit der Digitalisierung und Vernetzung aufkommt (vgl. ebd., S. 22). Hinsichtlich der Qualifikationen sei die Einführung digitaler Technologien im Gastgewerbe vor allem mit neuen Kompetenzanforderungen im direkten Umgang mit den Technologien verbunden. Die Mitarbeiter_innen müssten geschult werden, um mit der Funktionsweise von digitalen Geräten, Buchungsplattformen und Verwaltungssystemen zurechtzukommen (vgl. ebd., S. 22-23). Es scheint sich im Gastgewerbe bisher also keine durch die Digitalisierung verursachte Aufwertung oder Polarisierung der Arbeit abzuzeichnen. Allerdings stellen Lee und Pfeiffer eine branchenweite Polarisierung von Unternehmen fest, die auch Auswirkungen auf die jeweiligen Arbeitsanforderungen der Beschäftigten haben kann:

> „In allen hier behandelten Branchensegmenten spaltet sich der Markt in größere, auf Quantität und (Kosten-)Effizienz setzende, eher industriell geprägte Unternehmen an einem Pol und kleinere, auf spezialisierte und qualitativ hochwertige Dienstleistungen oder handgefertigte Kleinproduktion ausgerichtete Angebote am anderen Ende auf.
>
> Das setzt sich entsprechend in den jeweiligen Arbeits- und Qualifikationskontexten fort. Während z. B. in der gehobenen Gastronomie insbesondere beim Fine Dining oder im Wellness-Bereich die traditionelle Kochkunst und der persönliche Service weiterhin dominieren, setzt sich bei schnellen, effizienten und günstigen (Mittags-) Angeboten bzw. in der City-Hotellerie digitalisierte Küchen- und Servicetechnologie durch“ (Lee/Pfeiffer 2018, S. 23).

5.3.10 Zwischenfazit Dienstleistungen

Es sollte deutlich geworden sein, wie heterogen der digitale Wandel im tertiären Sektor verläuft und wie dürftig die Quellenlage zu seinem Einfluss auf Qualifikationen und Tätigkeiten ist. Wir konnten im Rahmen unserer Recherchen für das breite Spektrum der Dienstleistungen nur wenige betriebliche Fallstudien finden, bei denen dieser Zusammenhang eine Rolle spielt (vgl. Hielscher et al. 2015a; Apt et al. 2016a; Walker 2016; Jaehrling et al. 2018; Korge/Marrenbach 2018a; Ortmann/Walker 2018; Boes et al. 2018; Pöser/Bleses 2018). Ein Großteil der Literatur beruht auf Sekundärauswertungen, Literaturzusammenstellungen und Expertenbefragungen bzw. der Expertise der Autor_innen selbst.

Eine durch Digitalisierung vorangetriebene Polarisierung der Belegschaften scheint sich am ehesten bei großen Einzelhandelsunternehmen, in der Logistik sowie im Bankengewerbe abzuzeichnen. In diesen Branchen unterstützen digitale Technologien die Zergliederung von Arbeit, die Standardisierung von Tätigkeiten und die Beschränkung der Autonomie von Beschäftigten, was die Entwertung menschlicher Arbeit bedingt. Bezeichnenderweise handelt es sich dabei um jene Dienstleistungsbranchen, in denen die Digitalisierung am weitesten vorangeschritten ist.

Neben Bürotätigkeiten gelten vor allem einfache Dienstleistungen in der Logistik und dem Finanzsektor als automatisierungsgefährdet – eine Annahme, der freilich die Trägheit organisatorischer Transformationsprozesse sowie die in vielen Fällen hohe Relevanz von Erfahrungswissen entgegenstehen. In den sozialen Dienstleistungen geht die Digitalisierung langsamer voran und ihr sind durch das Primat der Interaktion in Medizin und Pflege sowie Pädagogik, sozialer Arbeit und Unterricht offensichtlich Grenzen gesetzt.

Insofern lassen sich die vorhandenen Befunde am ehesten als Bestätigung der klassischen These der relativen Technisierungssresistenz interaktiver Tätigkeiten (vgl. Baumol 2013) interpretieren. Das heißt freilich nicht, dass es im tertiären Sektor nicht eine hohe Dynamik sozialer Ungleichheit gäbe oder dass aus diesem Bereich keine weitere Dynamisierung sozialer Polarisierung zu erwarten stünde. Einzig: Neuere digitale Technologien sind als Quelle dieser Entwicklung kaum empirisch ausweisbar. Wir interpretieren diese Befunde als Hinweise auf die Pfadabhängigkeit der Transformation des tertiären Sektors, in dem von jeher Tätigkeiten mit geringem Interaktionsteil rationalisierungsaffiner waren als solche mit hohen Interaktionanteilen.

Unter dem Strich neigen wir daher auch mit Blick auf den tertiären Sektor zu folgendem Befund: Es gibt gute Gründe, den Ausgangspunkt und die Reproduktion gesamtgesellschaftlicher Ungleichheit in den Keimzellen der Arbeitswelt – Betrieb, Arbeitsprozess, Tätigkeit – zu suchen. Gleichwohl lassen sich auf Basis der vorhandenen Empirie kaum systematische Rückschlüsse auf die Rolle neuerer digitaler Technologien für den Zusammenhang von Mikro- und Makroebene sozialer Ungleichheit ziehen. Das ist eine gute und eine schlechte Nachricht zugleich: Gut, weil man keine systematischen Belege jener Horrorszenarien finden kann, die auf der Basis neuer digitaler Technologien disruptive Strukturbrüche erwarten. Schlecht, weil Ungleichheit auch dann weiter besteht, wenn man sie nicht klar ursächlich auf den Faktor Technik attribuieren kann.

5.4 Bedingungen der Polarisierung

5.4.1 Gestaltungsoffenheit technologischer Entwicklungen

Was unsere Literaturstudie insgesamt eindeutig zeigt ist, dass die Wirkung digitaler Technologien auf Arbeit theoretisch in alle Richtungen gehen kann. Technik kann dezentrale Entscheidungsspielräume eröffnen, umfassende Kenntnisse und höhere Qualifikationen für die erfolgreiche Arbeit notwendig machen. Sie kann aber auch zur Substitution, Kontrolle und Standardisierung menschlicher Arbeit genutzt werden. Die **prinzipielle Gestaltungsoffenheit technologischer Entwicklungen** ist eines der am häufigsten wiederholten Motive im Diskurs um die Digitalisierung. Sie lässt sich insbesondere an digitalen Assistenzsystemen exemplifizieren, denn an

diesen Technologien scheiden sich die Geister hinsichtlich ihrer Einsatzziele und Auswirkungen besonders stark (vgl. Niehaus 2017; Falkenberg 2018; Korge/Marrenbach 2018b).[37]

Einerseits können **Assistenzsysteme** die Beschäftigten unterstützen und beraten und durch die Bereitstellung notwendiger Informationen eine Erweiterung des Aufgabenspektrums ermöglichen (vgl. Niehaus 2017, S. 28; Matthäi 2016, S. 16; Ehrenberg-Silies et al. 2017, S. 68-69; Senderek 2018; Bächler et al. 2018; Ullrich et al. 2018; Mättig et al. 2018; Bauernhansl 2017; Tüllmann et al. 2017; Apt et al. 2016a, S. 39). Die Unterstützungsleistung kann angepasst werden, sodass die Komplexität digitalisierter Produktion für Mitarbeiter_innen verschiedener Qualifikationsniveaus beherrschbar gemacht wird und sowohl geringqualifizierte als auch fachlich qualifizierte Beschäftigte einer angemessen anspruchsvollen und guten Arbeit nachgehen können (vgl. Apt et al. 2016a; Schnalzer/Ganz 2015). So erwarten etwa Apt et al., dass bis 2025 fortgeschrittene integrierte Assistenzsysteme entwickelt werden könnten, „die sich an den individuellen Nutzer und Kontext anpassen und zu jeder Zeit die notwendige Hilfestellung liefern“ (Apt et al. 2016a, S. 56). Dabei solle

> „die Frage weniger sein, welche Qualifikation für eine bestimmte Tätigkeit erforderlich ist, sondern vielmehr, welche Anforderungen eine Tätigkeit stellt und wie diese Anforderungen von Menschen mit bestimmten Kompetenzen und jeweils spezifisch ausgeprägten, individualisierten Assistenzsystemen bewältigt werden können“ (Apt et al. 2016a, S. 78).

Dass eine derartige Verwendung bei weitem kein Selbstläufer ist, zeigt eine Feststellung von Klippert et al.: „Uns sind bisher noch keine Beispiele für den Einsatz von Assistenzsystemen bekannt geworden, die zu einer Aufwertung der Arbeitsbedingungen im Sinne guter Arbeit geführt haben“ (Klippert et al. 2018, S. 240).[38]

Andererseits können Assistenzsysteme als „Taylors Agenten“ (Niehaus 2017, S. 26) mit minutiöser Vorgabe der Arbeitsschritte zu einer Entwertung von Fach- und Erfahrungswissen und enormen Autonomieverlusten führen (vgl. Ittermann et al. 2016, S. 19; Kurz 2013; Bochum 2015; Falkenberg 2018; Hofmann/Kurz 2016). Gemäß Gunther Reinhart von der TU München können Assistenzsysteme „so angepasst werden, dass der Mensch auch ohne spezielle Ausbildung die gewünschte Aufgabe kompetent durchführen kann“ (Gunther Reinhart, zit. n. Spath et al. 2013, S. 86), was im Effekt einer Degradierung von Fachtätigkeiten zu Einfacharbeit entsprechen würde. Wie Reinhart bewerten auch Mättig et al. Assistenzsysteme überaus positiv, obwohl sie in ihrer Untersuchung eine qualifikatorische Abwertung feststellen:

[37] Zwar können sich Assistenzsysteme positiv oder negativ auf die Qualifikationsanforderungen der Beschäftigten und ihren direkten Handlungs- und Entscheidungsspielraum auswirken, jedoch können sie so oder so als panoptische Instrumente der Beobachtung und Kontrolle aufgefasst werden, die eine „disziplinierende Wirkung auf Leistung und Verhalten“ (Niehaus 2017, S. 31) entfalten.

[38] Es gibt allerdings durchaus entsprechende Fallstudien, vgl. Bächler et al. 2018; Löhrer et al. 2018; Senderek 2018; Mättig et al. 2018.

> „Die weiterhin komplexen Abläufe werden in einzelne Arbeitsschritte aufgeteilt und für jeden dieser Arbeitsschritte erhält der Mitarbeiter Hilfestellungen sowie ein Feedback bei der Ausführung. Dies führt zu einer Verringerung der kognitiven Belastung, wodurch sich eine Arbeitserleichterung für den Mitarbeiter ergibt. Hierdurch kann die Qualifikation der Mitarbeiter für einzelne Tätigkeiten geringer ausfallen" (Mättig et al. 2018, S. 71).

Werden Tätigkeitsabläufe zerstückelt und standardisiert und die Mitarbeiter_innen von den Assistenzsystemen mit engen Vorgaben durch den Arbeitsprozess geleitet, sodass weder Überblickswissen noch Erfahrung für die Durchführung nötig sind, kann von einer digitalen „Re-Taylorisierung" (Wienzek/Virgillito 2018, S. 209) gesprochen werden (vgl. Niehaus 2017). Eine entsprechende Entwicklung wurde bei industriellen Unternehmen in mehreren Fallstudien beobachtet (vgl. z. B. Ehrlich et al. 2017; Butollo et al. 2017; Wienzek/Virgillito 2018).

Am Beispiel digitaler Assistenzsysteme lässt sich verdeutlichen, dass die technischen Möglichkeiten an sich noch gar nichts über den tatsächlichen Einsatz und die Wirkung digitaler Technologien aussagen. Stattdessen sind die konkrete Gestaltung eines Geräts oder einer Software und das komplexe Zusammenspiel mit der Arbeitsorganisation und den Menschen im soziotechnischen System ausschlaggebend für den Effekt auf die Arbeit.

> „Es sind nicht die technologischen Eigenschaften einer Innovation, die soziale und ökonomische Auswirkungen erzeugen. […] Mikrosoziologisch formuliert, die neuen Technologien müssen stets an die jeweiligen Bedingungen der gegebenen soziotechnischen Arbeitssituation adaptiert werden" (Hirsch-Kreinsen 2018a, S. 19-20).

Die prinzipielle Gestaltungsoffenheit der Digitalisierung und der Aufruf, diese Gestaltung zugunsten der Arbeitnehmer_innen zu beeinflussen, sofern eine Abwertung menschlicher Arbeit verhindert werden soll, können als absolutes Mantra der Debatte um Arbeit 4.0 bezeichnet werden (vgl. z. B. Ittermann et al. 2016; Ittermann/Eisenmann 2018; Forschungsunion/acatech 2013; Ludwig et al. 2016; Kärcher 2015; Huchler 2016; Ehrenberg-Silies et al. 2017; Hirsch-Kreinsen 2014; Windelband/Spöttl 2011; Wischmann/Hartmann 2018; Pfeiffer et al. 2016b; Korge et al. 2016; Niehaus 2017; Stopper et al. 2017). Pointiert ausgedrückt kann der „technikzentrierte" oder der „humanzentrierte Ansatz" (Huchler 2016) bzw. ein „technologiezentriertes Automatisierungskonzept" oder ein „komplementäres Automatisierungskonzept" (Hirsch-Kreinsen 2014, S. 426) verfolgt werden.

Der **technikzentrierte Ansatz,** „der letztendlich dem Leitbild einer neuen ganzheitlichen Produktionssteuerung auf Basis integrierter vernetzter Systeme folgt" (Huchler 2016, S. 59), fokussiert die technische Machbarkeit einer Automatisierung menschlicher Fähigkeiten und menschlichen Wissens (vgl. ebd., S. 68). Unwägbarkeiten der Umwelt und mögliche Störungen müssen vollständig mit einkalkuliert werden (vgl. ebd., S. 70). Eine derartige Technikgestaltung geht mit einer Entwertung menschlicher Arbeit einher:

> „Die Rolle von menschlichem Arbeitshandeln hat in diesem Fall kompensatorischen Charakter. Ihm verbleiben Aufgaben, die nur schwer oder nicht zu automatisieren sind und sie umfassen generelle Überwachungstätigkeiten. Anders gewendet: Menschliches Arbeitshandeln hat in diesem Fall eine Lückenbüßerfunktion und der denkbare Endzustand einer solchen Systemauslegung ist die vollständige Automation" (Hirsch-Kreinsen 2014, S. 426).

Dem gegenüber steht ein „**humanzentrierter Zugang**, der dem Menschen in komplexen (technischen) Systemen die zentrale Rolle zuschreibt, gerade in unwägbaren und unsicheren Situationen sowohl Flexibilität als auch Stabilität zu gewährleisten“ (Huchler 2016, S. 60; vgl. Grote 2015). Dahinter steht die Annahme, dass es neben explizierbarem und formalisierbarem Wissen auch menschliches Handeln und Wissen gibt, das sich nicht einfach formalisieren und automatisieren lässt, aber für den Umgang mit komplexen, unvorhersehbaren Situationen unverzichtbar ist (vgl. Huchler 2016, S. 60; Böhle 2013, 2017a). „Dieses Gestaltungskonzept richtet sich darauf, eine Aufgabenteilung zwischen Mensch und Maschine zu entwerfen, die eine zufriedenstellende Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems ermöglicht“ (Hirsch-Kreinsen 2014, S. 426). Mensch und Technik sollen einander ergänzen (vgl. Huchler 2016, S. 69, 70) und die Technik den Menschen als Werkzeug zu verbesserten Arbeitshandlungen ermächtigen (vgl. ebd., S. 69).

5.4.2 Bedingungen der Polarisierung auf der betrieblichen Ebene

Wie unsere Studie zeigt, kann im Zuge der Digitalisierung von Arbeit keinesfalls von allgemeinen Auf- oder Abwärtstrends die Reden sein. Auf allen Qualifikationsebenen sind mit dem Einsatz digitaler Technologien unterschiedliche Entwicklungstendenzen denkbar: Zwar könnten hochqualifizierte Arbeitnehmer_innen primär von der Digitalisierung profitieren, jedoch gibt es auch Prozesse, die auf die Einschränkung ihrer Autonomie und die Entwertung von Erfahrungswissen hinwirken (vgl. Will-Zoloch 2016; Boes et al. 2016b, 2018). Bei Einfacharbeit in Industrie und Logistik zeichnen sich mit der Verbreitung digitaler Technologien vor allem Stellenabbau sowie Abwertung und Kontrolle ab; dennoch weisen einige Fallstudien darauf hin, dass auch gegenläufige Entwicklungen möglich sind (vgl. Bächler et al. 2018; Ittermann et al. 2016; Falkenberg 2018). Entsprechend stellt sich die Frage, unter welchen Bedingungen Technologien eingesetzt werden, die mit einer Abwertung oder Polarisierung von Qualifikationen und Tätigkeiten einhergehen.

Zunächst ist grundlegend anzumerken, dass selbstredend nur Technologien eingeführt werden können, die existieren und den Ansprüchen entsprechend funktionieren. Dieser Punkt ist im Grunde trivial, sollte aber mit Blick auf hochtrabende Technikvisionen nicht in Vergessenheit geraten. So ist etwa Robotik bisher nicht in der Lage die Arbeit von Näher_innen (vgl. Hirsch-Kreinsen 2018a, S. 18) oder Pflegepersonal (vgl. Merda et al. 2017, S. 75; Daum 2017, S. 31-32) zu ersetzen. Mit dieser Prämisse im Hinterkopf ist die zentrale Frage für eine mögliche Polarisierung, welche Technologien in einem Betrieb tatsächlich eingesetzt werden (können). Für ihre Beantwortung spielen diverse Faktoren eine Rolle, wobei die dahinterstehende Zielsetzung von großer Bedeutung ist (vgl. z. B. Ahrens 2016; Matthäi 2016; Roth et al. 2015).

Aus der Perspektive von Unternehmen hängt die Implementierung von Technik zumeist primär von ökonomischen Gesichtspunkten ab, etwa von der Wirtschaftlichkeit, der Produktkomplexität, der Wertschöpfungskette, den strukturellen Bedingungen der Branche, den Anforderungen des Marktes, der unternehmerischen Strategie und den vorhandenen Ressourcen. Sind derartige Aspekte die einzigen, die bei der Frage der Technologieeinführung eine Rolle spielen, zielt die Implementierung meist auf Effizienzsteigerung und die Einsparung von Arbeitskosten durch

Rationalisierung ab. Entsprechend ist die Gefahr groß, dass Technologien eingeführt werden, die auf Automatisierung und Standardisierung, Autonomiebeschränkung, Leistungskontrolle und schließlich Vereinfachung und Abwertung von Arbeit hinauslaufen (vgl. z. B. Barthel/Rottenbach 2017; Gaus et al. 2017; Manzei 2014; Ehrlich et al. 2017; Ahrens 2016; Jaehrling et al. 2018; Roth et al. 2015; Wiezneck/Virgillito 2018). Mit Blick auf derartige Entwicklungen plädieren Barthel und Rottenbach dafür, Technologie marxistisch als „Exploitationsmittel von Arbeitskraft" (Barthel/Rottenbach 2017, S. 251) zu verstehen. Innerhalb einer kapitalistisch organisierten Ökonomie habe Technik die Funktion, Arbeitskraft auszubeuten und zu überwachen. Ein vermeintlich neutrales Verständnis von Technik übersehe, dass die kapitalistische Anwendung für ihre Gestaltung entscheidend ist (vgl. ebd., S. 251-252). So zeigen etwa Roth et al. (2015), dass digitale Technologien in Finanzsektor, Handel und Logistik – drei Branchen, die von hohem Wettbewerbsdruck geprägt sind – Mittel zur Effizienzsteigerung darstellen, die Automatisierung und Standardisierung von Arbeit bewirken. Daraus folge für Arbeitnehmer_innen häufig die Einschränkung ihrer Entscheidungs- und Handlungsfreiheit und eine Entwertung ihres Fach- und Erfahrungswissens (vgl. Roth et al. 2015, S. 90-91).[39]

Um diesen Tendenzen gegenzusteuern, also eine Abwertung von Arbeit und die Polarisierung der Belegschaften zu unterbinden oder zumindest abzumildern, müssen bei der Implementierung digitaler Technologien neben ökonomischen Aspekten auch die Interessen der Arbeitnehmer_innen eine Rolle spielen, was sich etwa auf die Gestaltung und Einsatzbereiche von Technologien auswirken oder in der Forderung nach Um- und Weiterbildungsmaßnahmen äußern kann. Dies wird am ehesten durch eine Beteiligung der Beschäftigten im Implementierungsprozess erreicht. In einigen von uns betrachteten Fallstudien aus der Industrie konnten eine partizipative Technisierung und eine Zielsetzung, die über Profitsteigerung hinausging, die Entwertung von Qualifikationen und Autonomieverluste verhindern und sogar positive Effekte für die Arbeitnehmer_innen bewirken (vgl. Kuhlmann et al. 2018; Klippert et al. 2018; Ittermann et al. 2016).[40] In der Debatte um die Auswirkungen der Digitalisierung vertreten zahlreiche Autor_innen die Auffassung, dass Aushandlungsprozesse im Betrieb unter Partizipation der Beschäftigten

[39] In einigen Unternehmen scheint hingegen erkannt worden zu sein, dass Profitmaximierung im Zuge der Digitalisierung nicht nur durch Senkung der Arbeitskosten erreicht werden kann, sondern das vorhandene Fach- und Erfahrungswissen der Beschäftigten von zentraler Bedeutung für den wirtschaftlichen Erfolg ist (vgl. z. B. Hirsch-Kreinsen 2018a; Spöttl et al. 2016; Ortmann/Walker 2018). Auch stößt die technologieinduzierte Entwertung von Erfahrungswissen an ihre Grenzen und kann sich negativ auf den Produktionsprozess auswirken (vgl. z. B. Will-Zoloch 2016; Korge et al. 2016; Boewe/Schulten 2016; Böhle 2017a, 2017b; Huchler 2016). Hinzu kommen zum Teil Akzeptanzprobleme bis hin zur Verweigerung, werden Technologien eingeführt, von denen betroffene Arbeitnehmer_innen eine Abwertung befürchten, was dem wirtschaftlichen Nutzen der Technologien ebenfalls abträglich sein kann (vgl. z. B. Baethge-Kinski et al. 2018; Wienzek/Virgillito 2018).

[40] Hingegen führte der Technikeinsatz in der Fallstudie von Wienzek und Virgillito (2018) trotz einer Partizipation der Belegschaft zur Entwertung von Fachqualifikationen und Retaylorisierung, weil die größtenteils angelernten Beschäftigten einer Vereinfachung ihrer Arbeit durchaus nicht negativ gegenüberstanden. Ihre Mitarbeit bei der Implementierung und das Gefühl, gehört zu werden, förderten jedoch

der Abwertung und Überwachung von Arbeit entgegenwirken können (vgl. z. B. Oerder et al. 2018; Pfeiffer 2015, 2016c; Georg et al. 2017; Guhlemann et al. 2018; Hirsch-Kreinsen 2018a; Niehaus 2017; Absenger et al. 2016; Kleinhempel et al. 2015; Reimann/Klippert 2018; Bosch et al. 2017; Matuschek/Kleemann 2018; Becka et al. 2017; Pöser/Bleses 2018; Evans 2016; Barthel/Rottenbach 2017; Matthäi 2016; Hellmann et al. 2018).

5.4.3 Handlungsempfehlungen

Sofern die Entscheider_innen nicht von sich aus eine **Beteiligung der Belegschaft** im Implementierungsprozess anstreben[41], müssen die Arbeitnehmer_innen diese selbst forcieren. Grundlage einer gemeinsamen Einflussnahme auf den Technikeinsatz ist dann die Stärkung der Mitbestimmung.

Um die Verhandlungsposition der Beschäftigten zur stärken, gilt es also wie eh und je, den **Organisationsgrad** der Arbeitnehmer_innen sowohl betrieblich als auch überbetrieblich zu erhöhen und – sofern nicht vorhanden – ein Bewusstsein für die potenziellen Effekte, aber auch die Gestaltbarkeit digitaler Technologien zu schaffen. Gewerkschaften sollten entsprechende Expert_innen beschäftigen, die betriebliche Interessenvertretungen und Belegschaften mit dem notwendigen **Wissen und Strategien** ausstatten, die Technologieimplementierung in ihrem Sinne zu beeinflussen. Ein zentrales Thema gewerkschaftlicher Unterstützung könnte etwa der Einspruch gegen Standardisierung, Autonomiebeschränkung und Leistungskontrolle durch digitale Technologien sein, wobei auch die Einschränkung betrieblicher Überwachung und die Durchsetzung effektiven Datenschutzes von Bedeutung sind.

Zahllose Veröffentlichungen pochen auf die Bedeutung der **Aus- und Weiterbildung**, um heutige und künftige Arbeitnehmer_innen zur Arbeit in der digitalisierten Welt zu befähigen und die mancherorts antizipierte allgemeine Aufwertung von Arbeit Wirklichkeit werden zu lassen (vgl. z. B. GMA 2016; Schlund et al. 2014; Spath et al. 2013; acatech 2016a, 2016b; Apt et al. 2016; Dengler/Matthes 2015b; Bughin et al. 2018; Kruppe et al. 2017; Gebhardt et al. 2015; Stich et al. 2015). Der Bedarf an Qualifizierung und Kompetenzaufbau in der Industrie 4.0 ist allerdings eine abhängige Variable. Ob und welche Art von Weiterbildung notwendig ist, hängt von der jeweiligen Gestaltung des soziotechnischen Systems ab. Eine umfassende Weiterqualifizierung der Beschäftigten ist nur notwendig, wenn auf eine Systemgestaltung abgezielt wird, in der die Mitarbeiter_innen Entscheidungsfreiheiten haben und Verantwortung tragen, für die neue Qualifikationen notwendig sind. Daher können Bildungsmaßnahmen insbesondere in Verbindung mit humanzentrierter Technikgestaltung (vgl. Huchler 2016) ein wichtiges Feld betriebsrätlichen

die Akzeptanz der Technologie und die Arbeitszufriedenheit, was – sofern man die realen Interessen der Arbeitnehmer_innen ernst nimmt – ebenfalls als positiver Effekt der Partizipation zu verzeichnen ist.

[41] Etwa weil sie die Akzeptanz und Arbeitszufriedenheit erhöhen oder das vorhandene Wissen der Beschäftigten um Produktions- und Arbeitsprozesse sinnvoll nutzen wollen.

Aktivismus sein. Schulungen im Umgang mit neuen digitalen Arbeitsmitteln können dafür sorgen, dass die menschlichen Anwender_innen die Oberhand behalten, die zugrundeliegenden Mechanismen verstehen und technische Abläufe beeinflussen können – sofern die Benutzeroberfläche entsprechend gestaltet ist. Teilweise können durch umfangreiche Weiterbildungen oder Umschulungen möglicherweise auch Entlassungen oder Versetzungen in geringqualifizierte Stellen verhindert werden, jedoch zeichnet sich auf Basis der Erkenntnisse aus unserer Studie nicht ab, dass es sich hierbei um einen Lösungsansatz handelt, von dem eine große Zahl betroffener Arbeitnehmer_innen profitieren wird.

Schließlich wollen wir nicht unerwähnt lassen, dass Entwicklungen auf der betrieblichen Ebene von **politischen Maßnahmen** beeinflusst werden und entsprechend auch die Politik gefragt ist, Tendenzen der Abwertung und Polarisierung von Arbeit entgegenzuwirken. Politiker_innen und Parteien dürfen nicht darauf hoffen, die potenziell positiven Effekte der Digitalisierung für Arbeitnehmer_innen würden sich von selbst verwirklichen. Stattdessen müssen rechtliche Rahmenbedingungen geschaffen werden, um den Erhalt oder sogar die Erhöhung von Qualifikationsniveaus und Arbeitsqualität zu fördern (vgl. z. B. Jaehrling et al. 2018; Becka et al. 2017; Absenger et al. 2016; Schwemmle/Wedde 2012, 2018). Sinnvoll erscheinen uns klare gesetzliche Regelungen zu Überwachung, Arbeitssteuerung, Leistungskontrolle sowie *Crowdwork*; Anreizsysteme für nachhaltige Arbeitsplatzgestaltung in Unternehmen; Erhöhung des Mindestlohns; eine digitale Bildungspolitik, die nicht nur auf Wissen und Fähigkeiten in der Anwendung von Technologien abzielt, sondern auch ein Bewusstsein für ihre möglichen Auswirkungen und Gestaltbarkeit schafft.

Zusammenfassend kann man unserer Darstellung drei zentrale Perspektiven auf den digitalen Wandel und die Entwicklung sozialer Ungleichheit entlehnen, die für alle gestaltungsorientierten Akteure relevant sind:

(1) **Polarisierung ernstnehmen**: Auch wenn man den Faktor Technik bei der Entwicklung sozialer Ungleichheit nur künstlich und mit hoher Unschärfe isolieren kann, bedeutet dies nicht, dass es keine soziale Polarisierung gibt. Sie ist vielmehr hochgradig real und sollte deswegen politisch ernstgenommen werden.

(2) **Technikfixierung vermeiden**: Dabei ist es hilfreich, unterschiedliche Triebfedern sozialer Polarisierung zu erkennen. Die Fixierung auf den Faktor Technik birgt im Extremfall die Gefahr, besser belegbare und daher auch stärker gestaltbare Polarisierungstreiber außer Acht zu lassen.

(3) **Heterogenität berücksichtigen:** Stellt man die Vielgestaltigkeit der Arbeitswelt in Rechnung, verblassen nicht nur marktschreierische Prognosen zu den sozialen Effekten der Digitalisierung. Man kann auch gezielter gestalten. Voraussetzung dafür wäre freilich zunächst ein koordinierter Zugriff der Forschung, in dem die Heterogenität des digitalen Wandels in den Blick genommen wird.

6 Fazit

Mit der Digitalisierung der Arbeit ist in den vergangenen Jahren eine lebhafte Debatte um den Zusammenhang der laufenden Technisierungswelle in der Arbeitswelt mit Entwicklungen sozialer Ungleichheit entbrannt. Auf der einen Seite stehen teils effektheischende Prognosen über die Entwicklung der Sozialstruktur, die mal die Radikalisierung sozialer Ungleichheit, mal die Chancen für die Aufwertung zentraler Teile der Arbeitswelt in Aussicht stellen. Im Fahrwasser dieser Debatte hat auch die Hypothese einer durch Digitalisierung bedingten sozialen Polarisierung immer mehr Zuspruch erhalten, der zufolge Gewinner_innen und Verlierer_innen der Digitalisierung am Arbeitsmarkt und in der Sozialstruktur perspektivisch weiter auseinanderrücken würden. In der Regel ist es bei Prognosen geblieben, die der empirischen Überprüfung letztlich nicht offenstanden.

Gleichzeitig hat sich in den letzten Jahren ein vitales Forschungsfeld entwickelt, das den digitalen Wandel und dessen Effekte auf betriebliche Sozialstrukturen in den jeweils untersuchten Fällen empirisch sehr genau in den Blick nimmt. Ziel der vorliegenden Studie war es, nach den systematischen Verbindungen dieser beiden Felder zu fragen – der Makroebene realen und erwarteten sozialstrukturellen Wandels und der Mikroebene der Veränderung betrieblicher Sozialstrukturen. Mit dieser Fragestellung stehen wir in der Tradition einer diagnostisch ambitionierten Arbeits- und Industriesoziologie, die in der bundesrepublikanischen Nachkriegszeit vielfach dem Ursprung von Veränderungen sozialer Ungleichheit in der Keimzelle der Arbeitswelt, dem Betrieb, nachgegangen ist.

Beim Zugriff auf die Frage nach dem Zusammenhang von Digitalisierung und sozialer Polarisierung haben wir daher zunächst die Befunde der quantitativ orientierten Sozialstrukturanalye und der ‚Forecastindustrie' dargestellt. Dabei zeigt sich: Ein großer Teil der Sozialstrukturanalyse hat gesellschaftliche Polarisierungsdynamiken diagnostiziert, lange bevor jene neueren digitalen Technologien, die den Schwerpunkt der aktuellen Debatte bilden, überhaupt auf dem Arbeitsmarkt ankamen. Zudem zeigt sich, dass diese Polarisierungsdynamiken keineswegs nur als Effekte technologischer Entwicklungen in der Arbeitswelt beschrieben, sondern vor allem mit anderen Makrotrends der politischen Ökonomie, wie Globalisierung, Finanzialisierung und Tertiarisierung, in Verbindung gebracht werden. Soziale Polarisierung ist also real und hat viele Quellen. Im Umkehrschluss spricht aus unserer Sicht einiges dafür, dass sich gesellschaftliche Polarisierungsentwicklungen im Grunde unabhängig von der Applizierung und Verbreitung neuerer digitaler Technologien in der Arbeitswelt fortsetzen werden. Polarisierung gibt es – soweit man gegenwärtige Trends in die Zukunft verlängern kann – demnach mit oder ohne Digitalisierung. Digitale Technologien bilden anders betrachtet aber auch eine transversale Kategorie, ohne die die Megatrends Globalisierung, Finanzialisierung und Tertiarisierung nur schwer vorstellbar sind. Aus dieser Perspektive liegt es auf der Hand, dass digitale Technologien zu den beschriebenen gesellschaftlichen Polarisierungsprozessen beigetragen haben – auch ohne, dass sich ihr Beitrag zu diesem Phänomen exakt isolieren lässt.

Auf der Mikroebene kommen wir nach unserer Auswertung der Forschungsliteratur zu einem ernüchternden Schluss: Zwar ist in den vergangenen Jahren eine gigantische Menge an Publikationen entstanden, die das Thema berühren. Gleichwohl ist aber der wirklich empirisch gesättigte Anteil an diesen Papieren überschaubar. Am ehesten kann man sich auf Basis der gesichteten Literatur noch ein gewisses Bild von den im industriellen Sektor vorfindbaren Vektordynamiken sozialer Ungleichheit auf der betrieblichen Ebene machen. Demnach gibt es verschiedenste Hinweise auf multiple Auf- und Abwertungen in verschiedenen Bereichen der Industriearbeit, was man in der Zusammenschau als einen Hinweis auf mögliche Polarisierungsentwicklungen deuten kann. Gleichwohl hat man es bei den empirischen Arbeiten zum Thema häufig mit der Betrachtung von Pilot- und Leuchtturmprojekten zu tun, die nicht ohne weiteres als exemplarisch für weitere Fälle gelten können.

Auch im tertiären Sektor finden sich Auf- und Abwertungen. Die Literaturlage ist jedoch so überschaubar, dass wir geneigt sind, diese noch nicht einmal tentativ zu verallgemeinern. Wir sind u. a. auf der Basis unserer eigenen Forschung der Auffassung, dass der tertiäre Sektor der entscheidende Ausgangspunkt und Reproduktionsort der gesamtgesellschaftlichen Polarisierung ist. Gleichwohl sehen wir keine Möglichkeit, auf der Basis der vorhandenen Empirie die Rolle der Digitalisierung in diesem Zusammenhang zu isolieren.

Unsere Metastudie reproduziert daher in der Gesamtschau zum einen das Bild heterogener, pfadabhängiger, zugleich aber gestaltungsoffener Digitalisierungsprozesse. Jenseits des Eigenwerts der nach unserem Wissen bisher umfassendsten Kartierung der Debatte um den Zusammenhang von Digitalisierung und sozialer Ungleichheit in der Bundesrepublik liefert das vorliegende Papier kein einheitliches Bild. Gleichwohl legt unsere Untersuchung einige systematische Aussagen nahe:

- Die soziale Polarisierungsbewegung, die im Zeichen der fortschreitenden Digitalisierung in der Öffentlichkeit befürchtet wird, ist bereits seit Jahrzehnten real.
- Eine Fortsetzung dieser Bewegung ist mit oder ohne fortschreitende Digitalisierung wahrscheinlich. Makrodynamiken wie die Globalisierung und Finanzialisierung der Ökonomie, die fortschreitende Tertiarisierung des Arbeitsmarktes sowie vorhandene institutionelle Filtermechanismen deuten in die Richtung einer zwar nicht extrem schnellen, doch einstweilen ungebrochenen Polarisierungsbewegung.
- Bei beschleunigter Digitalisierung wäre davon auszugehen, dass sich diese Dynamik durch die Veränderungen des Arbeitsmarktes, die schneller eintreten, als sie bewältigt werden können, als Effekt multipler Auf- und Abwertungen diverser Tätigkeiten weiter verschärfen würde.
- Die betriebliche Ebene erscheint uns dabei als entscheidende Vermittlungsinstanz, die die sozialverträgliche Bearbeitung eines beschleunigten digitalen Wandels zu moderieren hätte.

7 Literatur

Abel, Jörg (2018): Kompetenzentwicklungsbedarf für die digitalisierte Arbeitswelt, Düsseldorf: FGW.

Abel, Jörg/Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter (2014): Einfacharbeit in der Industrie. Strukturen, Verbreitung und Perspektiven, Berlin: edition sigma.

Absenger, Nadine/Ahlers, Elke/Herzog-Stein, Alexander/Lott, Yvonne/Maschke, Manuela/Schietinger, Marc (Hrsg.) (2016): Digitalisierung der Arbeitswelt? Ein Report aus der Hans-Böckler-Stiftung. Mitbestimmungs-Report Nr. 24, Düsseldorf: HBS

acatech (Hrsg.) (2015): Smart Maintenance für Smart FactorieS. Mit intelligenter Instandhaltung die Industrie 4.0 vorantreiben. acatech Position, München: Herbert Utz Verlag.

acatech (Hrsg.) (2016a): Kompetenzen für Industrie 4.0. Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze. acatech Position, München: Herbert Utz Verlag.

acatech (Hrsg.) (2016b): Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0. Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen, München: acatech.

acatech (Hrsg.) (2018): Smart Service Welt 2018. Wo stehen wir? Wohin gehen wir?, München: acatech.

Acemoglu, Daron/Autor, David (2011): Skills, Tasks and TechnologieS. Implications for Employment and Earnings. In: Ashenfelter, Orley/Card, David (Hrsg.): Handbook of Labor Economics Vol. 4B, Amsterdam: North Holland, S. 1043-1171.

AGV Banken (2019): Anzahl der Beschäftigten im deutschen Kreditgewerbe in den Jahren von 1991 bis 2017, https://de.statista.com/statistik/daten/studie/6786/umfrage/anzahl-der-beschaeftigten-im-bankgewerbe (Zugriff: 28. Feb. 2019).

Ahlers, Elke (2018): Forderungen der Betriebsräte für die Arbeitswelt 4.0. Policy Brief Nr. 20, Düsseldorf: WSI.

Ahrens, Daniela (2016): Neue Anforderungen im Zuge der Automatisierung von Produktionsprozessen. Expertenwissen und operative Zuverlässigkeit. In: Arbeits- und Industriesoziologische Studien 9, Nr. 1, S. 43-56.

Ahrens, Daniela/Spöttl, Georg (2015): Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. 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. 185-203.

Aichholzer, Georg (2016): Industrie 4.0. Perspektiven für Arbeit und Beschäftigung. In: TAB-Brief 47/2016, S. 29-33.

Al-Ani, Ayad/Stumpp, Stefan (2018): Übergangsphänomen Crowdwork. Die Dinge, die da kommen werden. In: Bührmann, Andrea D./Fachinger, Uwe/Welskop-Deffaa, Eva M. (Hrsg.): Hybride Erwerbsformen. Digitalisierung, Diversität und sozialpolitische Gestaltungsoptionen, Wiesbaden: Springer VS, S. 239-264.

Alfert, Nicole (2015): Facebook in der Sozialen Arbeit. Aktuelle Herausforderungen und Unterstützungsbedarfe für eine professionelle Nutzung, Wiesbaden: Springer VS.

Alt, Rainer/Puschmann, Thomas (2016): Digitalisierung der Finanzindustrie. Grundlagen der Fintech-Evolution, Berlin/Heidelberg: Springer Gabler.

Altenried, Moritz (2017): Die Plattform als Fabrik. Crowdwork, Digitaler Taylorismus und die Vervielfältigung der Arbeit. In: Prokla 187 47, Nr. 2, S. 175-191.

Antonczyk, Dirk/DeLeire, Thomas/Fitzenberger, Bernd (2010): Polarization and Rising Wage Inequality. Comparing the U.S. and Germany. IZA Discussion Papers 4842, Bonn: IZA.

Apt, Wenke/Bovenschulte, Marc/Hartmann, Ernst/Wischmann, Steffen (2016a): Foresight-Studie ‚Digitale Arbeitswelt' für das Bundesministerium für Arbeit und Soziales. BMAS Forschungsbericht Nr. 463, Berlin: iit.

Apt, Wenke/Bovenschulte, Marc/Hartmann, Ernst/Wischmann, Steffen (2016b): Roadmaps ins Jahr 2030. In: BMAS (Hrsg.): Werkheft 01. Digitalisierung der Arbeit, Berlin: BMAS, S. 28-39.

Arnold, Daniel/Arntz, Melanie/Gregory, Terry/Steffes, Susanne/Zierahn, Ulrich (2016a): Herausforderungen der Digitalisierung für die Zukunft der Arbeitswelt, ZEW policy brief Nr. 16-08, Mannheim: ZEW.

Arnold, Daniel/Butschek, Sebastian/ Steffes, Susanne/Müller, Dana (2016b): Digitalisierung am Arbeitsplatz. Bericht. Forschungskooperation des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales. BMAS Forschungsbericht Nr. 468, Nürnberg/Mannheim/Köln: IAB/ZEW/Universität zu Köln.

Arnold, Patricia (2018): Bildung 4.0? Lernen und Lehren mit digitalen Medien als komplexe Gestaltungsaufgabe. In: Hammerschmidt, Peter/Sagebiel, Juliane/Hill, Burkhard/Beranek, Angelika (Hrsg.): Big Data, Facebook, Twitter & Co. und Soziale Arbeit, Weinheim/Basel: Beltz Juventa, S. 118-134.

Arntz, Melanie/Bonin, Holger/Zierahn, Ulrich (2014): Auswirkungen des technologischen Wandels auf den Arbeitsmarkt, Expertise für das Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Berlin: BMAS.

Arntz, Melanie/Gregory, Terry/Lehmer, Florian/Matthes, Britta/Zierahn, Ulrich (2016): Arbeitswelt 4.0 – Stand der Digitalisierung in Deutschland. Dienstleister haben die Nase vorn, IAB-Kurzbericht 22/2016, Nürnberg: IAB.

Arntz, Melanie/Gregory, Terry/Zierahn, Ulrich (2018): Digitalisierung und die Zukunft der Arbeit. Makroökonomische Auswirkungen auf Beschäftigung, Arbeitslosigkeit und Löhne von morgen, Mannheim: ZEW.

Autor, David (2013): The 'tasks approach' to labor markets. An overview. In: Journal for Labor Market Research 46, Nr. 3, S. 185-199.

Autor, David (2014): Polanyi's Paradox and the Shape of Employment Growth. Paper prepared for Federal Reserve Bank of Kansas, Jackson Hole Conference, 22. Aug. 2014.

Autor, David (2015): Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace. In: Journal of Economic Perspectives 29, Nr. 3, S. 3-30.

Autor, David/Dorn, David (2013): The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market. In: American Economic Review 103, Nr. 5, S. 1553-1597.

Autor, David/Levy, Frank/Murnane, Richard J. (2003): The skill content of recent technological change. An empirical exploration. In: Quarterly Journal of Economics 118, Nr. 4, S. 1279-1333.

Bächler, Andreas/Bächler, Liane/Autenrieth, Sven/Behrendt, Hauke/Funk, Markus/Krüll, Georg/Hörz, Thomas/Heidenreich, Thomas/Misselhorn, Catrin/Schmidt, Albrecht (2018): Systeme zur Assistenz und Effizienzsteigerung in manuellen Produktionsprozessen der Industrie auf Basis von Projektion und Tiefendatenerkennung. In: Wischmann, Steffen/Hartmann, Ernst (Hrsg.): Zukunft der Arbeit. Eine praxisnahe Betrachtung, Berlin: Springer-Vieweg, S. 33-49.

Baethge-Kinski, Volker/Marquardsen, Kai/Tullius, Knut (2018): Perspektiven industrieller Instandhaltungsarbeit. In: WSI-Mitteilungen 71, Nr. 3, S. 174-181.

BaFin (Hrsg.) (2013): Outsourcing. BaFin vergleicht Auslagerungen bei Instituten, http://www.bafin.de/SharedDocs/Veroeffentlichungen/DE/Fachartikel/2013/fa_bj_2013_08_outsourcing_institute.html?nn=3803924#doc4123006bodyText1 (Zugriff: 10. Feb. 2019).

Bahl, Friederike/Staab, Philipp (2015): Die Proletarisierung der Dienstleistungsarbeit. In: Soziale Welt 66, Nr. 4, S. 371-88.

Bainbridge, Lisanne (1983): Ironies of Automation. In: Automatica 19, Nr. 6, S. 775-779.

Bankenverband [Bundesverband der deutschen Banken] (2019a): Anteil der Nutzer von Online-Banking in Deutschland in den Jahren von 1998 bis 2018, https://de.statista.com/statistik/daten/studie/3942/umfrage/anteil-der-nutzer-von-online-banking-in-deutschland-seit-1998 (Zugriff: 28. Feb. 2019).

Bankenverband [Bundesverband der deutschen Banken] (2019b): Die Entwicklung der Anzahl verschiedener Bankfilialen in Deutschland von 2004 bis 2017, https://bankenverband.de/statistik/banken-deutschland (Zugriff: 27. Mär. 2019).

Barocas, Solon/Levy, Karen (2016): What Customer Data Collection Could Mean for Workers, https://hbr.org/2016/08/the-unintended-consequence-of-customer-data-collection (Zugriff: 12. Apr. 2019).

Barthel, Georg/Rottenbach, Jan (2017): Reelle Subsumtion und Insubordination im Zeitalter der digitalen Maschinerie. Mit-Untersuchung der Streikenden bei Amazon in Leipzig. In: Prokla 187 47, Nr. 2, S. 249-269.

Bastian, Pascal (2016): Die digitale Transformation von Urteils- und Diagnoseverfahren in der Sozialen Arbeit. In: Sozialmagazin 02/2016, S. 92-97.

Bastian, Pascal/Schrödter, Mark (2015): Risikotechnologien in der professionellen Urteilsbildung der Sozialen Arbeit. In: Kutscher, Nadia/Ley, Thomas/Seelmeyer, Udo (Hrsg.): Mediatisierung (in) der Sozialen Arbeit, Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren, S. 192-207.

Bauer, Hans G./Böhle, Fritz/Munz, Claudia/Pfeiffer, Sabine/Woicke, Peter (2006): Hightech-Gespür. Erfahrungsgeleitetes Arbeiten und Lernen in hoch technisierten Arbeitsbereichen, Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.

Bauer, Theresa (2017): Die Prinzipien Frederick W. Taylors in Zeiten der Digitalisierung. In: SRH Fernhochschule (Hrsg.): Digitalisierung in Wirtschaft und Wissenschaft, Wiesbaden: Springer VS, S. 1-12.

Bauer, Wilhelm/Schlund, Sebastian (2015): Wandel der Arbeit in indirekten Bereichen. Planung und Engineering. 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. 53-69.

Bauernhansl, Thomas (2017): Die Vierte Industrielle Revolution. Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In: Vogel-Heuser, Birgit/Bauernhansl, Thomas/ten Hompel, Michael (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0. Band 4. Allgemeine Grundlagen, 2. Auflage, Berlin: Springer-Vieweg, S. 1-31.

Baukrowitz, Andrea/Boes, Andreas (1996): Arbeit in der ‚Informationsgesellschaft'. Einige grundsätzliche Überlegungen aus einer (fast schon) ungewohnten Perspektive. In: Schmiede, Rudi (Hrsg.): Virtuelle Arbeitswelten. Arbeit, Produktion und Subjekt in der ‚Informationsgesellschaft', Berlin: edition sigma, S. 129-158.

Baumol, William J. (2013): The Cost Disease. Why Computers Get Cheaper and Health Care Doesn't, New Haven/CT: Yale University Press.

Baumol, William J./Bowen, William G. (1968): Performing ArtS. The Economic Dilemma, Cambridge/MA: MIT Press.

Becka, Denise/Evans, Michaela/Hilbert, Josef (2017): Digitalisierung in der sozialen Dienstleistungsarbeit. Stand, Perspektiven, Herausforderungen, Gestaltungsansätze, Düsseldorf: FGW.

Becker, Jörg (Hrsg.) (2013): Die Digitalisierung von Medien und Kultur, Wiesbaden: Springer VS.

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, Heidelberg/Berlin: Springer Vieweg, S. 23-29.

Benner, Christiane (Hrsg.) (2015): Crowdwork – zurück in die Zukunft? Perspektiven digitaler Arbeit, Frankfurt am Main: Bund-Verlag.

Berliner Bündnis für Altenpflege (2016): ‚Pflege 4.0'. Verändern Digitalisierung und intelligente Technik die Dienstleistung Pflege? Dokumentation der Tagung des Berliner Bündnisses für Altenpflege am 25. Mai 2016, Berlin: BerlinArbeit/ArbeitGestalten.

Bertschek, Irene/Ohnemus, Jörg/Viete, Steffen (2015): Befragung zum sozioökonomischen Hintergrund und zu den Motiven von Crowdworkern. Endbericht zur Kurzexpertise, Mannheim: ZEW.

Beverungen, Armin (2017): Algorithmisches Management. In: Beyes, Timon/Metelmann, Jörg/Pias, Claus (Hrsg.): Nach der Revolution. Ein Brevier digitaler Kulturen, Berlin: TEMPUS CORPORATE, S. 52-63.

Biewen, Martin/Juhasz, Andos (2012): Understanding Rising Income Inequality in Germany, 1999/2000-2005/2006. In: Review of Income and Wealth 58, Nr. 4, S. 622-647.

Bitkom (2019): Anteil der Smartphone-Banking-Nutzer nach Altersgruppen in Deutschland im Jahr 2018, https://de.statista.com/statistik/daten/studie/556659/umfrage/nutzung-von-smartphones-fuer-das-online-banking-nach-alter-in-deutschland/ (Zugriff: 18. Feb. 2019).

Bitkom (Hrsg.) (2017): Digitalisierung der Wirtschaft, https://www.bitkom.org/sites/default/files/2018-12/Bitkom%20Charts%20Digitalisierung%20der%20Wirtschaft%20%2028%2011%202017_final_0.pdf (Zugriff: 20. Feb. 2019).

Bitkom/Ernst & Young (Hrsg.) (2016): Industrie 4.0. Status quo und Perspektiven in Deutschland. Ergebnisse einer repräsentativen Unternehmensbefragung von 705 Unternehmen in Deutschland, Berlin: Bitkom.

Bitkom/Fraunhofer IAO (Hrsg.) (2014): Industrie 4.0. Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland, Berlin: Bitkom.

Blanchet, Max/Rinn, Thomas/von Thaden, Georg/de Thieulloy, Georges (2014): Industry 4.0. The new industrial revolution. How Europe will succeed, München: Roland Berger.

Bleses, Peter/Busse, Britta/Friemer, Andreas/Kludig, Rebecca/Breuer, Jens/Philippi, Luka/Bidmon-Berezinski, Julia/Schnäpp, Matthias (2018): Interagieren, koordinieren und lernen. Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung in der ambulanten Pflege. Verbundprojekt KOLEGE Zwischenbericht – Ergebnisse der Analysephase, Schriftenreihe Institut Arbeit und Wirtschaft 24/2018, Bremen: IAW/Universität Bremen/Arbeitnehmerkammer Bremen.

Blinder, Alan S. (2009): How many US jobs might be offshorable? In: World Economics 10, Nr. 2, S. 41-78.

Blossfeld, Hans-Peter/Mayer, Karl Ulrich/Gianelli, Gianna (2009): Is There a New Service Proletariat? The Tertiary Sector and Social Inequality in Germany. In: Esping-Andersen, Gosta (Hrsg.): Changing ClasseS. Stratification and Mobility in Post-Industrial Societies, London/Newbury Park/New Delhi: Sage Publications.

BMAS (Hrsg.) 2017: Weissbuch Arbeiten 4.0, Berlin: BMAS.

BMBF (Hrsg.) (2013): Zukunftsbild ‚Industrie 4.0', Bonn: BMBF.

BMBF (Hrsg.) (2016): Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft. Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, https://www.bmbf.de/files/Bildungsoffensive_fuer_die_digitale_Wissensgesellschaft.pdf (Zugriff: 17. Feb. 2019).

BMBF (Hrsg.) (2017a): Auf dem Weg zum virtuellen Hörsaal. 20 Projekte deutschlandweit untersuchen, wie digitales Lernen und Lehren ein Studium verbessern können. Pressemitteilung 023/2017, https://www.bmbf.de/de/auf-dem-weg-zum-virtuellen-hoersaal-3951.html (Zugriff: 17. Feb. 2019).

BMBF (Hrsg.) (2017b): Berufsbildung 4.0 – den digitalen Wandel gestalten. Programme und Initiativen des BMBF, https://www.bmbf.de/upload_filestore/pub/Berufsbildung_4.0.pdf (Zugriff: 17. Feb. 2019).

BMBF (Hrsg.) (2019): Wissenswertes zum DigitalPakt Schule, https://www.bmbf.de/de/wissenswertes-zum-digitalpakt-schule-6496.html (Zugriff: 17. Feb. 2019).

BMWi (Hrsg.) (2015): Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft. Impulse für Wachstum, Beschäftigung und Innovation, Berlin: BMWi.

BMWi (Hrsg.) (2017): Smart Service Welt. Innovationsbericht 2017. Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm Smart Service Welt, Berlin: BMWi.

Bochum, Ulrich (2015): Gewerkschaftliche Positionen in Bezug auf ‚Industrie 4.0'. In: Botthof, Alfons/Hartmann, Ernst Andreas (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0, Heidelberg/Berlin: Springer Vieweg, S. 31-44.

Boerner, Franziska/Kehl, Christoph/Nierling, Linda (2017): Chancen und Risiken mobiler und digitaler Kommunikation in der Arbeitswelt. TAB-Arbeitsbericht Nr. 174, Berlin: TAB.

Boerner, Franziska/Nierling, Linda/Kehl, Christoph (2016): Digitale Arbeitswelten in Produktion und Dienstleistung zwischen Euphorie und Pessimismus. In: TAB-Brief Nr. 47, S. 19-24.

Boes, Andreas/Kämpf, Tobias (2011): Global verteilte Kopfarbeit. Offshoring und der Wandel der Arbeitsbeziehungen, Berlin: edition sigma.

Boes, Andreas/Kämpf, Tobias/Gül, Katrin/Langes, Barbara/Lühr, Thomas/Marrs, Kira/Ziegler, Alexander (2016a): Digitalisierung und ‚Wissensarbeit'. In: Aus Politik und Zeitgeschichte 66, Nr. 18/19, S. 32-39.

Boes, Andreas/Kämpf, Tobias/Langes, Barbara/Lühr, Thomas (2014a): Informatisierung und neue Entwicklungstendenzen von Arbeit. In: Arbeits- und Industriesoziologische Studien 7, Nr. 1, S. 5-23.

Boes, Andreas/Kämpf, Tobias/Langes, Barbara/Lühr, Thomas (2017a): The Disruptive Power of Digital Transformation. New Forms of Industrialising Knowledge Work. In: Briken, Kendra/Chillas, Shiona/Krzywdzinski, Martin/Marks, Abigail (Hrsg.): The New Digital Workplace. How New Technologies Revolutionise Work, London: Palgrave, S. 153-173.

Boes, Andreas/Kämpf, Tobias/Langes, Barbara/Lühr, Thomas (2018): ‚Lean' und ‚agil' im Büro. Neue Organisationskonzepte in der digitalen Transformation und ihre Folgen für die Angestellten. Verlagsvorstellung, Berlin: Transcript.

Boes, Andreas/Kämpf, Tobias/Langes, Barbara/Lühr, Thomas/Steglich, Steffen (2014b): Cloudworking und die Zukunft der Arbeit. Kritische Analysen am Beispiel der Strategie ‚Generation Open' von IBM, Kassel: BTQ.

Boes, Andreas/Kämpf, Tobias/Langes, Barbara/Ziegler, Alexander (2017b): Unternehmen und die Cloud. Neue Strategien für den digitalen Umbruch und die Organisation von Arbeit? In: Arbeit 26, Nr. 1, S. 61-86.

Boes, Andreas/Kämpf, Tobias/Lühr, Thomas (2016b): Neue Mittelschichten unter Druck. Die Erosion des ‚Expertenmodus' als Organisationsform hochqualifizierter Kopfarbeit. In: Haipeter, Thomas (Hrsg.): Angestellte Revisited. Arbeit, Interessen und Herausforderungen für Interessenvertretungen, Wiesbaden: Springer VS, S. 131-155.

Boes, Andreas/Kämpf, Tobias/Marrs, Kira (2013): Informatisierung der Gesellschaft und die Zukunft der Dienstleistungen. In: Baums, Ansgar/Scott, Ben (Hrsg.): Kompendium Digitale Standortpolitik. Vom 1x1 zum 3x3, Berlin: Stiftung neue Verantwortung, S. 52-58.

Boewe, Jörn/Schulten, Johannes (2016): Die Macken der Prototypen, https://www.boeckler.de/64540_64698.htm (Zugriff: 11. Jan. 2019).

Bogdan, Boris (2018): MedRevolution. Neue Technologien am Puls der Patienten, Berlin/Heidelberg: Springer.

Böhle, Fritz (2013): Handlungsfähigkeit mit Ungewissheit. Neue Herausforderungen und Ansätze für den Umgang mit Ungewissheit. Eine Betrachtung aus sozioökonomischer Sicht. In: Jeschke, Sabina/Jakobs, Eva-Maria/Dröge, Alicia (Hrsg.): Exploring Uncertainty. Ungewissheit und Unsicherheit im interdisziplinären Diskurs, Wiesbaden: Springer VS, S. 281-293.

Böhle, Fritz (2017b): Digitalisierung braucht Erfahrungswissen, http://denk-doch-mal.de/wp/fritz-boehle-digitalisierung-erfordert-erfahrungswissen (Zugriff: 20. Dez. 2018).

Böhle, Fritz (Hrsg.) (2017a): Arbeit als subjektivierendes Handeln. Handlungsfähigkeit bei Unwägbarkeiten und Ungewissheit, Wiesbaden: Springer VS.

Bonin, Holger/Gregory, Terry/Zierahn, Ulrich (2015): Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. Kurzexpertise Nr. 57, Mannheim: ZEW.

Bonin, Holger/Rinne, Ulf (2017): Omnibusbefragung zur Verbesserung der Datenlage neuer Beschäftigungsformen. Kurzexpertise im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und SozialeS. IZA Research Report Nr. 80, Bonn: IZA.

Borowietz, Mirjam (2015): Grundlegende Herausforderungen datenmodellierter Planung. Interviewt von Robert Uhde. In: Westphal, Tim/Herrmann, Eva (Hrsg.): BIM. Building Information Modeling I. Management. Methoden und Strategien für den Planungsprozess. Beispiele aus der Praxis, München: Institut für internationale Architektur-Dokumentation.

Bosch, Gerhard/Bromberg, Tabea/Haipeter, Thomas/Schmitz, Jutta (2017): Industrie und Arbeit 4.0. Befunde zu Digitalisierung und Mitbestimmung im Industriesektor auf Grundlage des Projekts ‚Arbeit 2020'. IAQ-Report Nr. 04/2017, Duisburg: IAQ.

Bräutigam, Christoph/Evans, Michaela/Öz, Fikret/Hilbert, Josef (2014): Arbeitsreport KrankenhauS. Eine Online-Befragung von Beschäftigten deutscher Krankenhäuser. Arbeitspapier Nr. 306, Düsseldorf: HBS.

Bräutigam, Christoph/Evans, Michaela/Öz, Fikret/Merkel, Sebastian/Hilbert, Josef (2017): Digitalisierung im Krankenhaus. Mehr Technik, bessere Arbeit? Study 364, Düsseldorf: HBS.

Brofessio (Hrsg.) (2017): Herausforderungen und Chancen betrieblicher Weiterbildung in digitalisierten Arbeitswelten. Handreichung zur Abschlusstagung am 20.09.2017, Bremen: Verbund Brofessio.

Brose, Hanns-Georg (1998): Proletarisierung, Polarisierung oder Upgrading der Erwerbsarbeit? Über die Spätfolgen ‚Erfolgreicher Fehldiagnosen' in der Industriesoziologie. In: Friedrichs, Jürgen/Lepsius, Rainer M./Mayer, Karl Ulrich (Hrsg.): Die Diagnosefähigkeit der Soziologie. Sonderheft der Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Opladen: Westdeutscher Verlag.

Brynjolfsson, Erik/McAfee, Andrew (2015): The second machine age. Wie die nächste digitale Revolution unser aller Leben verändern wird, 4. Auflage, Kulmbach: Börsenmedien AG.

Brzeski, Carsten/Burk, Inga (2015): Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt, Frankfurt am Main: ING DiBa Economic Research.

Bughin, Jacques/Hazan, Eric/Lund, Susan/Dahlström, Peter/Wiesinger, Anna/ Subramaniam, Amresh (2018): Skill Shift. Automation and the Future of the Workforce. Discussion Paper, o.O: MGI.

Buhmann, Joachim/Felix, Jürg/Gächter, Thomas/Kowatsch, Tobias/Lehmann, Roger/von Lutterotti, Nicola/Schedler, Kuno/Steurer, Johann/Wolfrum, Christian (2018): Digitalisierung der Medizin. Konsequenzen für die Ausbildung. In: Schweizerische Ärztezeitung 99, Nr. 42, S. 1441-1444.

Buhr, Daniel (2015): Soziale Innovationspolitik für die Industrie 4.0, Bonn: FES.

Büsch, Andreas/ Missomelius, Petra/Kommer, Sven (2016): Grundbildung Medien für pädagogische Fachkräfte. Selbstverständlichkeit oder Utopie? In: Pöttinger, Ida/Kalwar, Tanja/Fries, Rüdiger (Hrsg.). Doing politicS. Politisch agieren in der digitalen Gesellschaft, München: kopaed, S. 209-213.

Butollo, Florian (2016): Die Große Mobilmachung. Die Globale Landnahme von Arbeit und die Reservearmeemechanismen der Gegenwart. In: Bude, Heinz/Staab, Philipp (Hrsg.): Kapitalismus und Ungleichheit. Die neuen Verwerfungen, Bonn: bpb, S. 215-236.

Butollo, Florian/Ehrlich, Martin (2018): Intralogistik und Einfacharbeit in der Automobilindustrie. Amazonisierung von Industriearbeit? In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Karačić, Anemari (Hrsg.): Logistikarbeit in der digitalen Wertschöpfung. Perspektiven und Herausforderungen für Arbeit durch technologische Erneuerungen. Tagungsband zur gleichnamigen Veranstaltung am 5. Oktober 2017, Düsseldorf: FGW, S. 89-102.

Butollo, Florian/Ehrlich, Martin/Engel, Thomas (2017): Amazonisierung der Industriearbeit? Industrie 4.0, Intralogistik und die Veränderung der Arbeitsverhältnisse in einem Montageunternehmen der Automobilindustrie. In: Arbeit 26, Nr. 1, S. 33-59.

Butollo, Florian/Engel, Thomas/Füchtenkötter, Manfred/Koepp, Robert/Ottaiano, Mario (2018): Wie stabil ist der digitale Taylorismus? Störungsbehebung, Prozessverbesserungen und Beschäftigungssystem bei einem Unternehmen des Online-VersandhandelS. In: Arbeits- und Industriesoziologische Studien 11, Nr. 2, S. 143-159.

Card, David/Heining, Jörg/Kline, Patrick (2013): Workplace Heterogeneity and the Rise of German Wage Inequality. In: Quarterly Journal of Economics 128, S. 967-1015.

Carstensen, Tanja (2015): Neue Anforderungen und Belastungen durch digitale und mobile Technologien. In: WSI Mitteilungen 3/2015, S. 187-193.

Chopra, Sunil/Meindl, Peter (2012): Supply chain management. Strategy, planning, and operations, 5. Auflage, London: Pearson Education.

Collins, Randall (2014): Das Ende der Mittelschicht. Keine weiteren Auswege. In: Wallerstein, Immanuel/Collins, Randall/Mann, Michael/Derluguian, Georgi/Calhoun, Craig (Hrsg.): Stirbt der Kapitalismus? Fünf Szenarien für das 21. Jahrhundert, Frankfurt am Main/New York: Campus, S. 49-88.

Dabrowski, Martin/Wolf, Judith (2017): Crowdworking und Gerechtigkeit auf dem Arbeitsmarkt, Paderborn: Verlag Ferdinand Schöningh.

Dalichau, Dirk/Kärgel, Katharina (2017): Kompetent im digitalen Kleinbetrieb. In: Arbeits- und Industriesoziologische Studien 10, Nr. 1, S. 57-72.

Dapp, Thomas (2014): Fintech. Die digitale (R)evolution im Finanzsektor. Algorithmenbasiertes Banking mit human touch, Frankfurt am Main: Deutsche Bank Research.

Daum, Mario (2017): Digitalisierung und Technisierung der Pflege in Deutschland. Aktuelle Trends und ihre Folgewirkungen auf Arbeitsorganisation, Beschäftigung und Qualifizierung, Hamburg: DAA-Stiftung Bildung und Beruf.

Dauth, Wolfgang (2014): Job Polarization on Local Labor MarketS. IAB Discussion Paper 18/2014, Nürnberg: IAB.

Dauth, Wolfgang/Findeisen, Sebastian/Südekum, Jens/Wößner, Nicole (2017): German RobotS. The Impact of Industrial Robots on Workers. IAB Discussion Paper 30/2017, Nürnberg: IAB.

De Groen, Willem Pieter/Maselli, Ilaria/Fabo, Brian (2016): The Digital Market for Local Services. A one-night stand for workers? An example from the on-demand economy, CEPS Special Report No. 133.

Deimann, Markus (2018): Die diskursive Formation von Universität 4.0 am Beispiel der KMK-Strategie ‚Bildung in der digitalen Welt'. In: Kerstin Mayrberger (Hrsg.): Synergie(n!). Beiträge zum Qualitätspakt Lehre im Jahre 2017. Universitätskolleg-Schriften Band 24, Hamburg: Universität Hamburg, S. 83-89.

Deimann, Markus/Neumann, Jan/Muuß-Merholz, Jöran (2015): Whitepaper Open Educational Resources (OER) an Hochschulen in Deutschland. Bestandsaufnahme und Potenziale 2015, https://open-educational-resources.de/wp-content/uploads/Whitepaper-OER-Hochschule-2015.pdf (Zugriff: 18. Jan. 2019).

Dengler, Katharina/Matthes, Britta (2015a): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland. IAB Forschungsbericht 11/2015, Nürnberg: IAB.

Dengler, Katharina/Matthes, Britta (2015b): In kaum einem Beruf ist der Mensch vollständig ersetzbar. Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. IAB-Kurzbericht 24/2015, Nürnberg: IAB.

Dengler, Katharina/Matthes, Britta (2018): Wenige Berufsbilder halten mit der Digitalisierung Schritt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen. IAB Kurbericht 4/2018, Nürnberg: IAB.

Dengler, Katharina/Matthes, Britta/Paulus, Wiebke (2014): Berufliche Tasks auf dem deutschen Arbeitsmarkt. Eine alternative Messung auf Basis einer Expertendatenbank. FDZ-Methodenreport 12/2014, Nürnberg: IAB.

Destatis (Hrsg.) (2017): Statistisches Jahrbuch 2017, Wiesbaden: Destatis.

Destatis (Hrsg.) (2018): Statistisches Jahrbuch 2018. Deutschland und Internationales, Wiesbaden: Destatis.

Dietl, Stefan (2018): Prekäre Arbeitswelten. Von digitalen Tagelöhnern bis zur Generation Praktikum, Münster: Unrast.

Döbeli Honegger, Beat (2017): Mehr als 0 und 1. Schule in einer digitalisierten Welt, Bern: Hep Verlag.

Dombrowski, Uwe/Riechel, Christoph/Evers, Maren (2014): Industrie 4.0. Die Rolle des Menschen in der vierten industriellen Revolution. In: Kersten, Wolfgang/Koller, Hans/Lödding, Hermann (Hrsg.): Industrie 4.0. Wie intelligente Vernetzung und kognitive Systeme unsere Arbeit verändern, Berlin: Hochschulgruppe für Arbeits- und Betriebsorganisation e.V., S. 129-153.

Dorfleitner, Gregor/Hornuf, Lars/Schmitt, Matthias/Weber, Martina (2016): FinTech-Markt in Deutschland, https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Internationales_Finanzmarkt/2016-11-21-Gutachten-Langfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (Zugriff: 30. Jan. 2019).

Dregger, Johannes/Schmidt, Michael/Hülsmann, Thorsten (2017): Logistikarbeit in NRW. Technologische Perspektiven, mögliche Konsequenzen für die Arbeit und Handlungsempfehlungen, Düsseldorf: FGW.

Durward, David/Blohm, Ivo/Leimeister, Jan Marco (2016): Prinzipal Forms of Crowdsourcing and Crowd Work, in: FEPS (Hrsg.): The Digital Economy and the Single Market. Employment Prospects and working conditions in Europe, Brüssel: FEPS, S. 39-55.

Dustmann, Christian/Ludsteck, Johannes/Schönberg, Uta (2009): Revisiting the german wagestructure. In: Quarterly Journal of Economics 124, Nr. 2, S. 843-881.

Dworschak, Bernd/Zaiser, Helmut (2013): Technologische Innovation und Wissensmanagement. In: Düll, Nicola (Hrsg): Arbeitsmarkt 2030. Fachexpertisen und Szenarien. Trendanalyse und qualitative Vorausschau, München: Economix, S. 158-190.

Dworschak, Bernd/Zaiser, Helmut (2016): Digitalisierung in Verwaltung, Öffentlichen Dienst und der Industrie. In: Düll, Nicola (Hrsg): Arbeitsmarkt 2030. Digitalisierung der Arbeitswelt. Fachexpertisen zur Prognose 2016, München: Economix, S. 108-121.

Ebner, Martin/Schön, Sandra (2016): Die Öffnung der Bildungsmaterialien als digitale soziale Innovation für die Wissensgesellschaft von morgen. In: Scheer, August-Wilhelm/Wachter, Christian (Hrsg.): Digitale Bildungslandschaften, Saarbrücken: imc information multimedia communication AG, S. 203-213.

Egger, Martin/Hausknecht, Kerstin/Liebich, Thomas/Przybylo, Jakob (2013): BIM-Leitfaden für Deutschland, Information und Ratgeber. Endbericht, Bonn: BBR.

Ehlers, Ulf-Daniel (2017): Hochschulbildung digital. Abschied vom Ideal der Universitas? In: Erziehungswissenschaft 28, Nr. 55, S. 47-57.

Ehrenberg-Silies, Simone/Kind, Sonja/Apt, Wenke/Bovenschulte, Marc (2017): Wandel von Berufsbildern und Qualifizierungsbedarfen unter dem Einfluss der Digitalisierung, Berlin: TAB.

Ehrlich, Martin/Engel, Thomas/Fürchtenkötter, Manfred/Ibrahim, Walid (2017): Digitale Prekarisierung. Neue Verwundbarkeiten und Abwertungsprozesse in der Industriearbeit. In: Prokla 187 47, Nr. 2, S.193-211.

Eichhorst, Werner/Arni, Patrick/Buhlmann, Florian/Isphording, Ingo/Tobsch, Verena (2015): Wandel der Beschäftigung. Polarisierungstendenzen auf dem deutschen Arbeitsmarkt. IZA Research Report Nr. 68, Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.

Eichhorst, Werner/Kendzia, Michael/Schneider, Hilram/Buhlmann, Florian (2013): Neue Anforderungen durch den Wandel der Arbeitswelt. Kurzexpertise für die Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität“ des Deutschen Bundestages, Bonn: IZA.

Eichhorst, Werner/Linckh, Carolin (2017): Solo-Selbstständigkeit in der Plattformökonomie. In: WISO direkt 28/2017.

Eichler, Christoph (2016): BIM-Leitfaden. Struktur und Funktion, Zwickau: Mironde-Verlag.

Ekkernkamp, Axel (2018): Deutsches Ärzteforum 2018. Was die Digitalisierung der Medizin bedeutet. In: kma - Das Gesundheitswirtschaftsmagazin 23, S. S12-S13.

Elsholz, Uwe (2016): E-Learning kills university!? Digitale Bildung als Krisenursache und Chance für Hochschulen, http://denk-doch-mal.de/wp/uwe-elsholz-e-learning-kills-university (Zugriff: 15. Feb. 2019).

Engel, Harald (2018): Digitalisierung in der Medizin. In: Journal für Ästhetische Chirurgie 11, Nr. 3, S. 146-150.

Enste, Dominik H./Erdmann, Vera/Kleineberg, Tatjana (2011): Wie schlecht steht es wirklich um die gesellschaftliche Mitte?, München: Roman Herzog Institut.

Erikson, Robert/Goldthorpe, John H. (1993): The Constant Flux. A Study of Class Mobility in Industrial Societies, Oxford: Clarendon Press.

Eurofound (Hrsg.) (2014): Drivers of recent job polarization and upgrading in Europe. European Jobs Monitor 2014, Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union.

Eurostat (2019a): Anteil der Bevölkerung in Deutschland, die das Internet für Online-Banking nutzen, in den Jahren 2006 bis 2018, https://de.statista.com/statistik/daten/studie/533174/umfrage/anteil-der-nutzer-von-online-banking-in-deutschland (Zugriff: 10. Jan. 2019).

Eurostat (2019b): Gliederung des Bruttoinlandsprodukts und Einkommens nach A*10 Wirtschaftsbereichen, http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do (Zugriff: 15. Nov. 2018).

Evans, Leighton /Kitchin, Rob (2018): A smart place to work? Big data systems, labour, control and modern retail stores. In: New Technology, Work and Employment 33, Nr. 1, S. 44-57.

Evans, Michaela (2016): TECHNIK verändert, ARBEIT verändert TECHNIK, verändert…Reflexive Arbeitspolitik und Digitalisierung personenbezogener Dienstleistungen, http://denk-doch-mal.de/wp/michaela-evans-wolfram-giessler-technik-veraendert-arbeit-veraendert-technik-veraendert (Zugriff: 12. Jan. 2019).

Evans, Michaela/Hielscher, Volker/Voss, Dorothea (2018): Damit Arbeit 4.0 in der Pflege ankommt. Wie Technik die Pflege stärken kann. Policy-Brief der Hans-Böckler-Stiftung 4/2018, Düsseldorf: HBS.

Falkenberg, Jonathan (2018): Mobile Kontrolleure. Eine arbeitssoziologische Analyse digitaler Assistenzsysteme in der Logistik 4.0. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Karačić, Anemari (Hrsg.): Logistikarbeit in der digitalen Wertschöpfung. Perspektiven und Herausforderungen für Arbeit durch technologische Erneuerungen. Tagungsband zur gleichnamigen Veranstaltung am 5. Oktober 2017, Düsseldorf: FGW, S. 37-56.

Felscher, Andreas (2015): Technikeinsatz in der häuslichen Pflege. Eine Hilfsorganisation geht neue Wege. In: INQA (Hrsg.): Intelligente Technik in der beruflichen Pflege. Von den Chancen und Risiken einer Pflege 4.0, Dortmund: BAuA, S. 24-27.

Fitzenberger, Bernd (2012): Expertise zur Entwicklung der Lohnungleichheit in Deutschland, Arbeitspapier 04/2012 des Sachverständigenrates zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Wiesbaden: Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung.

Flassbeck, Heiner/Steinhardt, Paul (2018): Gescheiterte Globalisierung. Ungleichheit, Geld und die Renaissance des Staates, Berlin: Suhrkamp.

Foley, Paul/Sutton, David/Wiseman, Ian/Green, Lawrence/Moore, Jake (2018): International Digital Economy and Society Index 2018. SMART 2017/0052. A study prepared for the European Commission, Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union.

Forschungsunion/acatech (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, Frankfurt am Main: Plattform Industrie 4.0.

Fourastié, Jean (1954): Die große Hoffnung des zwanzigsten Jahrhunderts, Köln: Bund-Verlag.

Frenz, Martin/Heinen, Simon/Schlick, Christopher M. (2015): Industrie 4.0. Anforderungen an Fachkräfte in der Produktionstechnik. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis 06/2015, S. 12-16.

Frerichs, Melanie /Viktor Steinberger (2018): Smart Food Factory. Ausprägungen von Industrie 4.0 in der Nahrungsmittelindustrie und Implikationen für die betriebliche Interessenvertretung. In: WSI-Mitteilungen 71, Nr. 3, S. 241-246.

Frey, Carl Benedikt/Osborne, Michael A. (2013): The future of employment. How susceptible are jobs to computerisation?, Oxford: University of Oxford.

Friedrichsen, Mike/Wendland, Jens/Woronenkowa, Galina (Hrsg.) (2010): Medienwandel durch Digitalisierung und Krise. Eine vergleichende Analyse zwischen Russland und Deutschland, Baden-Baden: Nomos.

Gabriel, Steffen (2017): Digitalisierung in den Finanzdienstleistungen. In: Arbeitnehmerkammer Bremen (Hrsg.): Bericht zur Lage der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer im Land Bremen 2017, Bremen: Arbeitnehmerkammer Bremen, S. 48.

Gapski, Harald (2018): Big Data und Soziale Arbeit. Kontexte, Beispiele und Perspektiven aus einer kommunikationswissenschaftlichen Perspektive. In: Hammerschmidt, Peter/Sagebiel, Juliane/Hill, Burkhard/Beranek, Angelika (Hrsg.): Big Data, Facebook, Twitter & Co. und Soziale Arbeit, Weinheim/Basel: Beltz Juventa, S.75-94.

Gaugisch, Petra (2015): Technische Assistenz in der ambulanten Pflege. In: INQA (Hrsg.): Intelligente Technik in der beruflichen Pflege. Von den Chancen und Risiken einer Pflege 4.0, Dortmund: BAuA, S. 20–23.

Gaus, Jonathan/Knop, Christopher/Wandjo, David (2017): Marktkopplung und Ablaufdeterminismus. Eine Kritik am Demokratisierungsversprechen der Industrie-4.0-Diskussion. In: Prokla 187 47, Nr. 2, S. 213-228.

GDV (2019): Beschäftigte in der Versicherungswirtschaft in Deutschland von 1997 bis 2017 (in 1.000), https://de.statista.com/statistik/daten/studie/6602/umfrage/arbeitnehmer-in-der-versicherungswirtschaft-seit-1997 (Zugriff: 19. Feb. 2019).

Gebhardt, Jonas/Grimm, Axel/Neugebauer, Laura Maria (2015): Entwicklungen 4.0. Ausblicke auf zukünftige Anforderungen an und Auswirkungen auf Arbeit und Ausbildung. In: Journal of Technical Education 3, Nr. 2, S. 45-61.

Gentner, Daniel/Oßwald, Marc (2016): Industrie 4.0 und resultierende Anforderungen an das Produktmanagement. Theorie und Empirie. ITOP-Schriftenreihe Nr. 6., Ulm: Universität Ulm.

Georg, Arno/Katenkamp, Olaf/Guhlemann, Kerstin (2017): Digitalisierungsprozesse und das Handeln von Betriebsräten. Strategien und Handlungsoptionen von Betriebsräten in der Arbeitswelt 4.0. In: Arbeit 26, Nr. 2, S. 251-274.

Gerber, Christine/Krzywdzinski, Martin (2017): Schöne neue Arbeitswelt? Durch Crowdworking werden Aufgaben global verteilt, In: WZB-Mitteilungen, Nr. 155, S. 6-9.

Gernandt, Josef/Pfeiffer, Friedhelm (2006): Rising wage inequality in Germany, Mannheim: ZEW.

Gerst, Detlef (2015): Industrie 4.0 als Herausforderung für den Gesundheitsschutz. In: Schröder, Lothar/Urban, Hans-Jürgen (Hrsg.): Gute Arbeit 2015, Frankfurt am Main: Bund, S. 245-257.

GI (Hrsg.) (2017): Leitlinien Pflege 4.0. Handlungsempfehlungen für die Entwicklung und den Erwerb digitaler Kompetenzen in den Pflegeberufen, Berlin: GI.

Giesecke, Johannes/Verwiebe, Roland (2008): Die Zunahme der Lohnungleichheit in der Bundesrepublik. Aktuelle Befunde für den Zeitraum 1998 bis 2995. In: Zeitschrift für Soziologie 37/2008, S. 403-422.

Glockner, Holger/Jannek, Kai/Mahn, Johannes/Theis, Björn (2014): Augmented reality in logisticS. Changing the way we see logistics – a DHL perspective, Troisdorf: DHL Customer Solutions & Innovation.

Gloystein, Astrid/Pletz, Birgit (2017): Die Zukunft der Weiterbildung für die Facharbeit. In: Prokom 4.0 (Hrsg.): Facharbeit und Digitalisierung, Bottrop/Duisburg/Erkrath/Flensburg/Rheine/Rostock/Willdau: Rhein-Ruhr-Institut für Sozialforschung und Politikberatung (RISP) e.V./bfw – Unternehmen für Bildung, Berufsfortbildungswerk Gemeinnützige Bildungseinrichtung des DGB GmbH/Europa-Universität Flensburg, Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat)/TAT Technik Arbeit Transfer gGmbH/Technische Hochschule Wildau/celano GmbH/multiwatt® Energiesysteme GmbHS, S. 46-55.

GMA (Hrsg.) (2016): Arbeitswelt Industrie 4.0. Statusreport, Düsseldorf: GMA.

Göcking, Jens/Kleinhempel, Karla/Satzer, Angelika/Steinberger, Viktor (2017): Industrie 4.0 in der Nahrungsmittelindustrie. Working Paper Forschungsförderung Nr. 038, Düsseldorf: HBS.

Goebel, Jan/Gornig, Martin/Häußermann, Hartmut (2010): Polarisierung der Einkommen. Die Mittelschicht verliert. WB 24/2010, Berlin: DIW.

Goertz, Lutz/Baeßler, Berit (2018): Überblicksstudie zum Thema Digitalisierung in der Lehrerbildung. Arbeitspapier Nr. 36, Berlin: Hochschulforum Digitalisierung.

Goos, Maarten/Manning, Alan (2005): Can a More Nuanced View of Skill Biased Technological Change Explain the Recent Changes in Wage Inequality? In: Reflets et perspectives de la vie économique 2/2005, S. 37-45.

Goos, Maarten/Manning, Alan/Salomons, Anna (2009): Job Polarization in Europe. In: American Economic Review 99, Nr. 2, S. 58-63.

Gorecky, Dominic (2014): Mensch-Maschine-Interaktion im Industrie 4.0-Zeitalter. In: Bauernhansl, Thomas/ten Hompel, Michael/Vogel-Heuse, Birgit (Hrsg.) Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung – Technologien – Migration. Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 525-542.

Grabka, Markus M./Frick, Joachim R. (2008): Schrumpfende Mittelschicht. Anzeichen einer dauerhaften Polarisierung der verfügbaren Einkommen? In: Wochenbericht 10/2008, Berlin: DIW.

Graetz, Georg/Michaels, Guy (2015): Robots at Work. IZA Discussion Paper Nr. 8938, Bonn: IZA.

Greef, Samuel/Schroeder, Wolfgang (2017): Plattformökonomie und Crowdworking. Eine Analyse der Strategien und Positionen zentraler Akteure. BMAS Forschungsbericht Nr. 500, Kassel: Universität Kassel.

Gregory, Terry/Salomons, Anna/Zierahn, Ulrich (2016): Racing With or Against the Machine? Evidence from Europe. Discussion Paper Nr. 16-053, Mannheim: ZEW.

Grote, Gudela (2015): Gestaltungsansätze für das komplementäre Zusammenwirken von Mensch und Technik in 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. 131-146.

Guhlemann, Kerstin/Georg, Arno/Katenkamp, Olaf (2018): Der Mensch im Mittelpunkt oder im Weg? Grenzen und Potenziale menschengerechter Arbeitsgestaltung in der digitalen Transformation. In: WSI-Mitteilungen 71, Nr. 3, S. 211-218.

Hackel, Monika/Bertram, Bärbel/Blötz, Ulrich/Laaser, Ilse/Reymers, Magret/Tutschner, Herbert/Wasiljew, Elke (2015): Diffusion neuer Technologien. Veränderung von Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen im produzierenden Gewerbe. Abschlussbericht, Bonn: BIBB.

Hagemann, Tim (Hrsg.) (2017): Gestaltung des Sozial- und Gesundheitswesens im Zeitalter von Digitalisierung und technischer Assistenz, Baden-Baden: Nomos.

Hall, Anja/Maier, Tobias/Helmrich, Robert/Zika, Gerd (2016): IT-Berufe und IT-Kompetenzen in der Industrie 4.0, Bonn: BIBB

Hammermann, Andrea/Stettes, Oliver (2015): Beschäftigungseffekte der Digitalisierung. Erste Eindrücke aus dem IW-Personalpanel. In: IW-Trends 42, Nr. 3, S. 77-94.

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

Hardin, Brad/McCool, Dave (2015): BIM and Construction Management. Proven Tools, Methods, and Workflows, 2. Auflage, Indianapolis: John Wiley & Sons.

Hartmann, Ernst (2015): Arbeitsgestaltung für Industrie 4.0. Alte Wahrheiten, Neue Herausforderungen. In: Botthof, Alfons/Hartmann, Ernst Andreas (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0, Heidelberg/Berlin: Springer Vieweg, S. 9-20.

Haubner, Dominik/Nöst, Stefan (2012): Pflegekräfte. Die Leerstelle bei der Nutzerintegration von Assistenztechnologien. In: Shire, Karen A./Leimeister, Jan Marco (Hrsg.): Technologiegestützte Dienstleistungsinnovation in der Gesundheitswirtschaft, Wiesbaden: Springer Gabler, S. 3-30.

Hausknecht, Kerstin/Liebich, Thomas (2016): BIM-Kompendium. Building Information Modeling als neue Planungsmethode, Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.

Helbig, Christian (2014): Medienpädagogik in der Sozialen Arbeit. Konsequenzen aus der Mediatisierung für die Theorie und Praxis, München: kopaed.

Hellmann, Marco/Schlüter, Jan/Weyer, Johannes (2018): Mobile Arbeit in der digitalisierten Transportlogistik. Beschäftigte im Spannungsverhältnis zwischen Autonomie, Kontrolle und neuen Kompetenzanforderungen. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Karačić, Anemari (Hrsg.): Logistikarbeit in der digitalen Wertschöpfung. Perspektiven und Herausforderungen für Arbeit durch technologische Erneuerungen. Tagungsband zur gleichnamigen Veranstaltung am 5. Oktober 2017, Düsseldorf: FGW, S. 18-36.

Helmrich, Robert/Tiemann, Michael/Troltsch, Klaus/Lukowski, Felix/Neuber-Pohl, Caroline/Lewalder, Anna Christin/Güntürk-Kuhl, Betül (2016): Digitalisierung der Arbeitslandschaften. Keine Polarisierung der Arbeitswelt, aber beschleunigter Strukturwandel und Arbeitsplatzwechsel. BIBB Wissenschaftliche Diskussionspapiere Heft 180, Bonn: BIBB.

Hergesell, Jannis (2017): Assistive Sicherheitstechniken in der Pflege von an Demenz erkrankten Menschen. In: Biniok, Peter/Lettkemann, Eric (Hrsg.): Assistive Gesellschaft. Multidisziplinäre Erkundungen zur Sozialform ‚Assistenz', Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 203-224.

Hergesell, Jannis/Maibaum, Arne (2016): Assistive Sicherheitstechniken in der geriatrischen Pflege. Konfligierende Logiken bei partizipativer Technikentwicklung. In: Weidner, Robert (Hrsg.): Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen. Konferenzband. Zweite Transdisziplinäre Konferenz. Hamburg: Helmut-Schmidt-Universität, S. 59-68.

Hermanni, Alfred-Joachim (2017): Digitalisierung. Chancen und Herausforderungen für Medien und Kommunikation. In: SRH Fernhochschule (Hrsg.): Digitalisierung in Wirtschaft und Wissenschaft, Wiesbaden: Springer, S. 13-26.

Hertel, Florian R. (2017): Social Mobility in the 20th Century. Class Mobility and Occupational Change in the United States and Germany, Wiesbaden: Springer VS.

Herzig, Bardo/Martin, Alexander (2018): Lehrerbildung in der digitalen Welt. Konzeptionelle und empirische Aspekte. In: Ladel, Silke/Knopf, Julia/Weinberger, Armin (Hrsg.): Digitalisierung und Bildung, Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 89-113.

Herzog-Stein, Alexander (2016): Welche gesamtwirtschaftlichen Beschäftigungseffekte bringt die Digitalisierung mit sich? In: Absenger, Nadine/Ahlers, Elke/Herzog-Stein, Alexander/Lott, Yvonne/Maschke, Manuela/Schietinger, Marc (Hrsg.): Digitalisierung der Arbeitswelt? Ein Report aus der Hans-Böckler-Stiftung. Mitbestimmungs-Report Nr. 24, Düsseldorf: HBS, S. 5-7.

Heßler, Martina (2016): Zur Persistenz der Argumente im AutomatisierungsprozesS. In: Aus Politik und Zeitgeschichte 66, Nr. 18/19, S. 17-24.

Hetzner, Sónia/Schmidt, Claudia/Mayrberger, Kerstin (2018): Pimp your lecture. Digitalisierung der Lehre als Motor für Veränderung; Auftrag an die Organisationsentwicklung der Hochschule. In: Mayrberger, Kerstin (Hrsg.): Synergie(n!). Beiträge zum Qualitätspakt Lehre im Jahre 2017. Universitätskolleg-Schriften Band 24, Hamburg: Universität Hamburg, S. 33-44.

HFD (Hrsg.) (2015): Diskussionspapier. 20 Thesen zur Digitalisierung der Hochschulbildung. Zur Halbzeitkonferenz des Hochschulforums Digitalisierung. Arbeitspapier Nr. 4, https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD-Thesenpapier_Sep2015.pdf (Zugriff: 11. Feb. 2019).

Hielscher, Volker/Kirchen-Peters, Sabine/Sowinski, Christine (2015a): Technologisierung der Pflegearbeit? Wissenschaftlicher Diskurs und Praxisentwicklung in der stationären und ambulanten Langzeitpflege. In: Pflege & Gesellschaft 20, Nr. 1, S. 5-19.

Hielscher, Volker/Nock, Lukas/Kirchen-Peters, Sabine (2015b): Technikeinsatz in der Altenpflege. Potenziale und Probleme in empirischer Perspektive, Baden-Baden: Nomos.

Hill, Burkhard (2018): Digitale Medien, Medienpädagogik und Soziale Arbeit. In: Hammerschmidt, Peter/Sagebiel, Juliane/Hill, Burkhard/Beranek, Angelika (Hrsg.): Big Data, Facebook, Twitter & Co. und Soziale Arbeit, Weinheim/Basel: Beltz Juventa, S. 33-53.

Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2014): Wandel von Produktionsarbeit – ‚Industrie 4.0'. In: WSI-Mitteilungen 6/2014, S. 421-429.

Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2015): Einleitung. Digitalisierung industrieller Arbeit. 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. 9-30.

Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2016): Arbeit und Technik bei Industrie 4.0. In: Aus Politik und Zeitgeschichte 66, Nr. 18/19, S. 10-17.

Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2017): Digitalisierung industrieller Einfacharbeit. Entwicklungspfade und arbeitspolitische Konsequenzen. In: Arbeit 26, Nr. 1, S. 7-32.

Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2018a): Arbeit 4.0. Pfadabhängigkeit statt Disruption. Soziologisches Arbeitspapier Nr. 52/2018, Dortmund: TU Dortmund.

Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2018b): Technologieversprechen Industrie 4.0. In: WSI-Mitteilungen 71, Nr. 3, S. 166.

Hofmann, Jörg/Kurz, Constanze (2016): Industrie 4.0. Industriearbeit der Zukunft im digitalen Wandel. In: Schröder, Lothar/Urban, Hans-Jürgen (Hrsg.): Gute Arbeit. Digitale Arbeitswelt – Trends und Anforderungen, Frankfurt am Main: Bund-Verlag, S. 73-85.

Hohlmann, Brita (2007): Organisation SAP – Soziale Auswirkungen technischer Systeme, Darmstadt/Malden: TU Darmstadt.

Höhmann, Ulrike (2014): Die Pflegedokumentation in der stationären Altenpflege. Paradoxe Sicherheiten. In: Hoch, Hans/Zoche, Peter (Hrsg.): Sicherheiten und Unsicherheiten – soziologische Beiträge, Berlin: Lit Verlag, S. 235–256.

Höhmann, Ulrike/Schwarz, Laura (2017): Kompetenzanforderungen an pflegerische Führungskräfte in technikbezogenen Innovationsprozessen. In: Pfannstiel, Mario A./Krammer, Sandra/Swoboda, Walter (Hrsg.): Digitale Transformation von Dienstleistungen im Gesundheitswesen III. Impulse für die Pflegepraxis, Wiesbaden: Springer Gabler, S. 151-171.

Hosemann, Wilfried/Naleppa, Matthias (2016): Digitale Transformation und Soziale Arbeit. In: Sozialmagazin 02/2016, S. 84-90.

Hoyer, Timo/Mundt, Fabian (2017): Personalisiertes Studieren, reflektiertes Lernen. Eine Analyse des Studierverhaltens in digital gestützter Lehre. In: Erziehungswissenschaft 28, Nr. 55, S. 59-70.

Huchler, Norbert (2016): Die ‚Rolle des Menschen' in der Industrie 4.0. Technikzentrierter vs. humanzentrierter Ansatz. In: Arbeits- und Industriesoziologische Studien 9, Nr. 1, S. 57-79.

Huchler, Norbert/Rhein, Philipp (2017): Arbeitshandeln und der digitale Wandel von kleinen und mittleren Unternehmen. Die Rolle des Menschen und die Grenzen der Formalisierung 4.0. In: Arbeit 26, Nr. 3-4, S. 287-314.

Hülsken-Gießler, Manfred (2015): Neue Technologien in der Pflege. Wo stehen wir – was ist zu erwarten? In: INQA (Hrsg.): Intelligente Technik in der beruflichen Pflege. Von den Chancen und Risiken einer Pflege 4.0, Dortmund: BAuA, S. 10-13.

ifaa (2015): ifaa-Studie. Industrie 4.0 in der Metall- und Elektroindustrie, Düsseldorf: ifaa.

IG Metall (Hrsg.) (2016): Politik für alle – sicher, gerecht und selbstbestimmt. Positionspapier der IG Metall zur Bundestagswahl 2017, https://www.igmetall.de/docs_20161027_IGM_SSK4_Positionspa-pier_web_1f69c42ff9b65317bae7816612624c1cd58cb854.pdf (Zugriff: 10. Jan. 2019).

iit (Hrsg.) (2018): Smart Service Welt. Innovationsbericht 2018, Berlin: Begleitforschung Smart Service Welt I/iit.

Institut DGB-Index Gute Arbeit (Hrsg.) (2016): DGB-Index Gute Arbeit. Der Report 2016. Wie die Beschäftigten die Arbeitsbedingungen in Deutschland beurteilen. Mit dem Themenschwerpunkt: Die Digitalisierung der Arbeitswelt – Eine Zwischenbilanz aus der Sicht der Beschäftigten, Berlin: DGB.

Ittermann, Peter/Eisenmann, Martin (2018): Digitalisierung von Einfacharbeit in Produktion und Logistik. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Karačić, Anemari (Hrsg.): Logistikarbeit in der digitalen Wertschöpfung. Perspektiven und Herausforderungen für Arbeit durch technologische Erneuerungen. Tagungsband zur gleichnamigen Veranstaltung am 5. Oktober 2017, Düsseldorf: FGW, S. 57-76.

Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (2015): Industrie 4.0 und der 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: Nomos, S. 33-51.

Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan/Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2015): Arbeiten in der Industrie 4.0, Düsseldorf: TU Dortmund/IG Metall/HBS.

Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan/Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Dregger, Johannes/ten Hompel, Michael (2016): Social Manufacturing and LogisticS. Gestaltung von Arbeit in der digitalen Produktion und Logistik. Soziologisches Arbeitspapier 47/2016, Dortmund: TU Dortmund.

Jaehrling, Karen/Obersneider, Monika/Postels, Dominik (2018): Digitalisierung und Wandel von Arbeit im Kontext aktueller Marktdynamiken. Empirische Befunde zum Zusammenspiel von Innovationen, Beschäftigung und Arbeitsqualität. IAQ-Report 03/2018, Duisburg: IAQ.

Janssen, Simon/Mohrenweiser, Jens (2014): Skill supply, technology, and wageS. Evidence from regulatory changes of mandatory training regulations. Paper presented at the TASKS III Conference in Nürnberg, 26.-28. Mai 2014.

Jochum, Georg (2013): Kybernetisierung von Arbeit. Zur Neuformierung der Arbeitssteuerung. In: Arbeits- und Industriesoziologische Studien 6, Nr. 1, S. 25-48.

Jörg, Johannes (2018): Digitalisierung in der Medizin. Wie Gesundheits-Apps, Telemedizin, künstliche Intelligenz und Robotik das Gesundheitswesen revolutionieren, Berlin/Heidelberg: Springer.

Kagermann, Henning (2014): Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In: Bauernhansl, Thomas/ten Hompel, Michael/Vogel-Heuse, Birgit (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung – Technologien – Migration, Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 603-614.

Kalkhake, Paulo (2016): Plattformökonomie. In: BMAS (Hrsg.): Werkheft 01. Digitalisierung der Arbeit, Berlin: BMAS, S. 52-57.

Kamin, Anna-Maria (2013): Beruflich Pflegende als Akteure in digital unterstützten Lernwelten, Wiesbaden: Springer.

Kampelmann, Stephan/Rycx, Francois (2011): Task-Biased Changes of Employment and Remuneration. The Case of Occupations, Berlin: DIW.

Kärcher, Bernd (2015): Alternative Wege in die Industrie 4.0 – Möglichkeiten und Grenzen. In: Botthof, Alfons/Hartmann, Ernst Andreas (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0, Heidelberg/Berlin: Springer Vieweg, S. 47-58.

Kels, Peter (2012): Zwischen Profession, Organisation und Markt. Identitäts- und Karrierestrategien schweizerischer ICT-Fachkräfte im Kontext wissensintensiver Dienstleistungsarbeit. In:

Schilcher, Christian/Will-Zocholl, Mascha (Hrsg.): Arbeitswelten in Bewegung. Arbeit, Technik und Organisation in der ‚nachindustriellen Gesellschaft', Wiesbaden: Springer VS, S. 185-210.

Kern, Horst (1998): Proletarisierung, Polarisierung oder Aufwertung der Erwerbsarbeit? Der Blick der deutschen Industriesoziologie seit 1970 auf den Wandel der Arbeitsstrukturen. In: Friedrichs, Jürgen/Lepsius, M. Rainer/Mayer, Karl Ulrich (Hrsg.): Die Diagnosefähigkeit der Soziologie 38. Sonderheft der Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Opladen: Westdeutscher Verlag, S. 113-129.

Keynes, John Maynard (1930): Wirtschaftliche Möglichkeiten für unsere Enkelkinder, http://www.sokratischer-marktplatz.de/pdf/Text_Keynes_Enkelkinder.pdf (Zugriff: 19. Okt. 2018).

Kinkel, Steffen/Friedewald, Michael/Hüsing, Bärbel/Lay, Gunter/Lindner, Ralf (2007): Arbeiten in der Zukunft. Strukturen und Trends der Industriearbeit. Zukunftsreport. Arbeitsbericht Nr. 113, Berlin: TAB.

Kitchin, Rob (2014): The Data Revolution. Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences, London: Sage.

Klein, Alexandra (2015): Soziale Unterstützung Online. Unterstützungsqualität und Professionalität. In: Kutscher, Nadia/Ley, Thomas/Seelmeyer, Udo (Hrsg.): Mediatisierung (in) der Sozialen Arbeit, Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren, S. 130-150.

Kleinhempel, Karla/Satzer, Angelika/Steinberger, Viktor (2015): Industrie 4.0 im Aufbruch? Ein beispielhafter Ausschnitt aus dem betrieblichen Stand. Report Mitbestimmungsförderung Nr. 5, Düsseldorf: HBS.

Klippert, Jürgen/Niehaus, Moritz/Gerst, Detlef (2018): Mit digitaler Technologie zu Guter Arbeit? Erfahrungen mit dem Einsatz digitaler Werker-Assistenzsysteme. In: WSI-Mitteilungen 71, Nr. 3, S. 235-240.

KMK (Hrsg.) (2016): Bildung in der Digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz, https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/Strategie_neu_2017_datum_1.pdf (Zugriff: 13. Feb. 2019).

Kohn, Karsten (2006): Rising wage dispersion, after all! The German wage structure at the turn of the century, Mannheim: ZEW.

Korge, Axel/Marrenbach, Dirk (2018a): Büroarbeit 4.0. Unspezifische Sachbearbeitung und Sekretariatsarbeit. Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg. Bd. 11, Stuttgart: Fraunhofer IAO.

Korge, Axel/Marrenbach, Dirk (2018b): Wege zur Arbeit 4.0. Zukunftsbilder – Entwicklungspfade – Transformationen. Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg. Bd. 10, Stuttgart: Fraunhofer IAO.

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

Kreidenweis, Helmut/Wolff, Dietmar (2017): IT-Report für die Sozialwirtschaft, Eichstätt: Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt.

Krings, Bettina-Johanna (2018): Digitalisiert, effizient & global? Die fortlaufende Technisierung der Erwerbsarbeit. In: Hausstein, Alexandra/Zheng, Chunrong (Hrsg.): Industrie 4.0 / Made in China 2025. Gesellschaftswissenschaftliche Perspektiven auf Digitalisierung in Deutschland und China, Karlsruhe: KIT, S. 165-181.

Kruppe, Thomas/Leber, Ute/Matthes, Britta (2017): Sicherung der Beschäftigungsfähigkeit in Zeiten des digitalen Umbruchs. IAB Stellungnahme 07/2017, Nürnberg: IAB.

Krzywdzinski, Martin (2018): Wie gute Arbeit in der Industrie 4.0 geschaffen werden kann. In: Böll.Thema 01/2018, S. 11-13.

Kuhlmann, Martin/Splett, Barbara/Wiegrefe, Sascha (2018): Montagearbeit 4.0? Eine Fallstudie zu Arbeitswirkungen und Gestaltungsperspektiven digitaler Werkerführung. In: WSI-Mitteilungen 71, Nr. 3, S. 182-188.

Kurz, Constanze (2013): Industrie 4.0 verändert die Arbeitswelt. Gewerkschaftliche Gestaltungsimpulse für „bessere“ Arbeit, http://gegenblende.dgb.de/++co++c6d14efa-55cf-11e3-a215-52540066f352 (Zugriff: 12. Nov. 2018).

Kurz, Constanze (2015): Die nächste industrielle Revolution? Ein Gespräch mit Constanze Kurz (IG Metall) über ‚Industrie 4.0‘. In: Mittelweg 36 24, Nr. 6, S. 85-98.

Kutscher Nadia/Ley, Thomas/Seelmeyer, Udo (2014): Mediatisierte Lebens- und Arbeitswelten. Herausforderungen der Sozialen Arbeit durch die Digitalisierung. In: Blätter der Wohlfahrtspflege 3/2014, S. 87-90.

Kutscher, Nadia (2015): Mediatisierung der Kinder- und Jugendhilfe – Herausforderungen der digitalen Gesellschaft für professionelle Handlungskontexte. In: ARCHIV für Wissenschaft und Praxis der sozialen Arbeit 02/2015, S. 4-20.

Kutscher, Nadia (2018a): Digital und professionell!? Implikationen der Digitalisierung für fachliche Logiken in der Sozialen Arbeit. In: Sozial Extra 42, Nr. 3, S. 6-7.

Kutscher, Nadia (2018b): Soziale Arbeit und Digitalisierung. In: Otto, Hans-Uwe/Thiersch, Hans/Treptow, Rainer/Ziegler, Holger (Hrsg.): Handbuch Soziale Arbeit, 6. Auflage, München: Ernst Reinhardt Verlag, S. 1430-1440.

Langemeyer, Ines/Schmid, Sabrina (2017): Forschendes Lernen durch Mediengestaltung. Analysen zum expansiven Lernen. In: Erziehungswissenschaft 28, Nr. 55, S. 71-78.

Lee, Horan/Pfeiffer, Sabine (2018): Nahrung, Gastronomie und Hotellerie. Trendeinschätzungen der Branche. Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg. Bd. 7, Stuttgart: Universität Hohenheim.

Lee, Min Kyung/Kusbit, Daniel/Metsky, Evan/Dabbish, Laura (2015): Working with MachineS. The Impact of Algorithmic and Data-Driven Management on Human Workers, Seoul: ACM Conference on Human Factors in Computing Systems.

Lehmann, Robert (2015): Die ‚Jugendamt-Cloud' – Chancen und Risiken digitaler Dokumentation. In: ARCHIV für Wissenschaft und Praxis der sozialen Arbeit 02/2015, S. 58-64.

Lehmer, Florian/Matthes, Britta (2017): Auswirkungen der Digitalisierung auf die Beschäftigungsentwicklung in Deutschland. IAB Aktuelle Berichte 5/2017, Nürnberg: IAB.

Leimeister, Jan-Marco/Durward, David/Zogaj, Shkodran (2016): Crowd Worker in Deutschland. Eine empirische Studie zum Arbeitsumfeld auf externen Crowdsourcing-Plattformen. Studie Nr. 323, Düsseldorf: HBS.

Leimeister, Jan-Marco/Zogaj, Shkodran/Blohm, Ivo (2015a): Crowdwork – digitale Wertschöpfung in der Wolke. Grundlagen, Formen und aktueller Forschungsstand. In: Benner, Christiane (Hrsg.) (2015): Crowdwork – zurück in die Zukunft? Perspektiven digitaler Arbeit, Frankfurt am Main: Bund-Verlag, S. 9-41.

Leimeister, Jan-Marco/Zogaj, Shkodran/Durward, David/Bretschneider, Ulrich (2015b): Neue Geschäftsfelder durch Crowdsourcing. Crowd-basierte Start-ups als Arbeitsmodell der Zukunft. In: Hoffmann, Reiner/Bogedan, Claudia (Hrsg.): Arbeit der Zukunft. Möglichkeiten nutzen – Grenzen setzen, Frankfurt am Main: Campus, S. 141-158.

Lenk, Klaus (2011): Perspektiven der ununterbrochenen Informatisierung der Verwaltung. In: dms – der moderne staat 4, Nr. 2, S. 315-334.

Ley, Thomas (2018): Zur Informatisierung Sozialer Arbeit. Eine qualitative Analyse sozialpädagogischen Handelns im Jugendamt unter dem Einfluss von Dokumentationssystemen, Weinheim: Beltz/Juventa.

Ley, Thomas/Seelmeyer, Udo (2014): Dokumentation zwischen Legitimation, Steuerung und professioneller Selbstvergewisserung. Zu den Auswirkungen digitaler Fach-Anwendungen. In: Sozial Extra 38, Nr. 4, S. 51-55.

Lins, Dominik/Ruhe, Arne Hendrik/Bicer, Enis/Schäfer, Marvin/Palomo, Mark Esteban/Filipiak, Kathrin/Niewerth, Claudia/Kreimeier, Dieter/Welling, Stefan/Wannöffel, Manfred (2018): Industrie 4.0. Mitbestimmen ¬- mitgestalten. Umsetzungsstand von Industrie 4.0 in nordrheinwestfälischen Industrieunternehmen, Düsseldorf: FGW.

Löhr, Julia (2018): Digitalisierung zerstört 3,4 Millionen Stellen. Jeder Zehnte bald arbeitslos, https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/diginomics/digitalisierung-wird-jeden-zehnten-die-arbeit-kosten-15428341.html (Zugriff: 22. Feb. 2019).

Lohre, Dirk/Bernecker, Tobias/Stock, Wilfried/Düsseldorff, Karl (2014): ZF-Zukunftsstudie Fernfahrer 2.0. Der Mensch im Transport- und Logistikmarkt, http://www.zf-zukunftsstudie.de/wp-content/uploads/2014/08/ZF-Zukunftsstudie-2014-Gesamt.pdf (Zugriff: 13. Jan. 2019).

Löhrer, Mario/Lemm, Jacqueline/Kerpen, Daniel/Saggiomo, Marco/Gloy, Yves-Simon (2018): Soziotechnische Assistenzsysteme für die Produktionsarbeit in der Textilbranche. Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Arbeit in einer Weberei. In: Wischmann, Steffen/Hartmann, Ernst (Hrsg.): Zukunft der Arbeit – Eine praxisnahe Betrachtung, Berlin: Springer Vieweg, S. 73-85.

Lorenz, Markus/Rüßmann, Michael/Strack, Rainer/Lueth, Knud/Bolle, Moritz (2015): Man and Machine in Industry 4.0. How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025?, https://www.bcg.com/publications/2015/technology-business-transformation-engineered-products-infrastructure-man-machine-industry-4.aspx (Zugriff: 12. Nov. 2018).

Lorenz, Ramona/Bos, Wilfried/Endberg, Manuela/Eickelmann, Birgit/Grafe, Silke/Vahrenhold, Jan (Hrsg.) (2017): Schule digital – der Länderindikator 2017. Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017, Münster: Waxmann.

Lorig, Philipp (2015): Soloselbstständige Internet-Dienstleister im Niedriglohnbereich. Prekäres Unternehmertum auf Handwerksportalen im Spannungsfeld zwischen Autonomie und radikaler Marktabhängigkeit. In: Arbeits- und Industriesoziologische Studien 8, Nr. 1, S. 55-75.

Ludwig, Thomas/Kotthaus, Christoph/Stein, Martin/Durt, Hartwig/ Kurz, Constanze/Wenz, Julian/Doublet, Thorsten/Becker, Maximilian/Pipek, Volkmar/Wulf, Volker (2016): Arbeiten im Mittelstand 4.0 – KMU im Spannungsfeld des digitalen Wandels. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 53/2016, S. 71-86.

Lukowski, Felix/Neuber-Pohl, Caroline (2017): Digitale Technologien machen die Arbeit anspruchsvoller. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis 02/2017, S. 9-13.

Lünedonk GmbH (2012): Zukunft der Banken 2020. Trends, Technologien, Geschäftsmodelle, http://luenendonk-shop.de/out/pictures/0/lue_bankenstudie_f221012_fl.pdf (Zugriff: 14. Feb. 2019).

Malanowski, Norbert/Brandt, Jan Christopher (2014): Innovations- und Effizienzsprünge in der chemischen Industrie? Wirkungen und Herausforderungen von Industrie 4.0 und Co., Düsseldorf: VDI.

Manyika, James/Chiu, Michael/Brown, Brad/Bughin Jacques/Dobbs Richard/Roxburgh Charles/Hung Byers, Angela (2011): Big Data. The Next Frontier for Innovation, Competition, and Productivity, San Francisco/CA: MGI.

Manyika, James/Lund, Susan/Chui, Michael/Bughin, Jacques/Woetzel, Jonathan/Batra, Parul/Ko, Ryan/Sanghvi, Saurabh (2017): Jobs Lost, Jobs Gained. Workforce Transformations in a Time of Automation, o. O.: MGI.

Manzei, Alexandra (2014): Über die neue Unmittelbarkeit des Marktes im Gesundheitswesen. Wie durch die Digitalisierung der Patientenakte ökonomische Entscheidungskriterien an das Patientenbett gelangen. In: Manzei, Alexandra/Schmiede, Rudi (Hrsg.): 20 Jahre Wettbewerb im Gesundheitswesen. Theoretische und empirische Analysen zur Ökonomisierung von Medizin und Pflege, Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 219-239.

Manzeschke, Arne/Weber, Karsten/Rother, Elisabeth/Fangerau, Heiner (2013): Ergebnisse der Studie ‚Ethische Fragen im Bereich altersgerechter Assistenzsysteme', Berlin: VDI.

Margraf, Simon (2019): Branchenstories. Die neue Arbeitswelt in der Branche Information und Kommunikation, https://www.ihk-berlin.de/digitalisierung-der-arbeit/branchenstories/iuk/4003196 (Zugriff: 24. Jan. 2019).

Matt, Dominik T./ Rauch, Erwin (2014): Chancen zur Bewältigung des Fachkräftemangels in KMU durch die Urbane Produktion von morgen. In: Kersten, Wolfgang/Koller, Hans/Lödding, Hermann (Hrsg.): Industrie 4.0. Wie intelligente Vernetzung und kognitive Systeme unsere Arbeit verändern, Berlin: GITO mbH Verlag, S. 155-176.

Matthäi, Ingrid (2016): Wandel der Produktionsarbeit in Industrie 4.0 in saarländischen Industriebetrieben. (Digitalisierte) Arbeit in Industrie 4.0 – Aktueller Umsetzungsstand im Saarland und Themenrelevanz für betriebliche Interessenvertretungen, Saarbrücken: iso-Institut.

Mättig, Benedikt/Jost, Jana/Kirks, Thomas (2018): Erweiterte Horizonte. Ein technischer Blick in die Zukunft der Arbeit. In: Wischmann, Steffen/Hartmann, Ernst (Hrsg.): Zukunft der Arbeit. Eine praxisnahe Betrachtung, Berlin: Springer Vieweg, S. 63-72.

Matuschek, Ingo/Kleemann, Frank (2018): „Was man nicht kennt, kann man nicht regeln". Betriebsvereinbarungen als Instrument der arbeitspolitischen Regulierung von Industrie 4.0 und Digitalisierung. In: WSI-Mitteilungen 71, Nr. 3, S. 227-234.

Mau, Steffen (2012): Lebenschancen. Wohin driftet die Mittelschicht?, Berlin: Suhrkamp.

Meißner, Anne (2017): Technisierung der professionellen Pflege. Einfluss. Wirkung. Veränderung. In: Hagemann, Tim (Hrsg.) (2017): Gestaltung des Sozial- und Gesundheitswesens im Zeitalter von Digitalisierung und technischer Assistenz, Baden-Baden: Nomos, S. 155-171.

Meißner, Anne/Schnepp, Wilfried (2015): Erfahrungen von Pflegenden im Krankenhaus während der Implementierung einer IT-gestützten Pflegedokumentation. Systematischer Literaturreview und qualitative Metastudie. In: Pflegewissenschaft 17, Nr. 10, S. 541-550.

Menz, Wolfgang/Cárdenas Tomažič, Ana (2017): Gerechte neue Arbeitswelt. Crowdworking aus normativ-empirischer Perspektive der Soziologie. In: Dabrowski, Martin/Wolf, Judith (2017): Crowdworking und Gerechtigkeit auf dem Arbeitsmarkt, Paderborn: Verlag Ferdinand Schöningh, S. 9-31.

Merda, Meiko/Schmidt, Kristina/Kähler, Bjørn (2017): Pflege 4.0. Einsatz moderner Technologien aus Sicht professionell Pflegender. Forschungsbericht, Hamburg: BGW.

Meyer, Jonas/Würfel, Alexander/Swoboda, Walter (2017): Bietet Digitalisierung tragfähige Zukunftsmodelle für Apotheken in Deutschland? Ergebnisse einer Umfrage, Düsseldorf: German Medical Science GMS Publishing House.

MGI (Hrsg.) (2017): Digitization, AI, and the Future of Work. Imperatives for Europe. Briefing Note prepared for the European Union Tallinn Digital Summit September 2017.

Mischak, Robert/Ranegger, Renate (2017): Automatisierte Erfassung von Vitalparametern im Zusammenhang mit elektronischen Fieberkurven zur Effizienzsteigerung von Pflege- und Behandlungsprozessen. In: Pfannstiel, Mario A./Krammer, Sandra/Swoboda, Walter (Hrsg.): Digitale Transformation von Dienstleistungen im Gesundheitswesen III. Impulse für die Pflegepraxis, Wiesbaden: Springer Gabler, S. 87-99.

Möhlmann, Mareike/Zalmanson, Lior (2017): Hands on the wheel. Navigating algorithmic management and Uber drivers' autonomy. Proceedings of the International Conference on Information Systems (ICIS 2017), Seoul: ICIS.

Möller, Joachim (1998): Die Entwicklung der Lohnungleichheit in Deutschland. In: Destatis (Hrsg.): Einkommen und Vermögen in Deutschland. Messung und Analyse, Wiesbaden: Destatis, S. 169-193.

Moody, Kim (2018): High Tech, Low Growth. Robots and the Future of Work. In: Historical Materialism 26, Nr. 4, S. 3-34.

Mühge, Gernot (2018): Einzug der Rationalität in die Organisation? Digitale Systeme der Entscheidungsunterstützung in der Produktion. In: WSI-Mitteilungen 71, Nr. 3, S. 189-195.

Müschenich, Markus (2016): Die Zeit des ‚unbekannten Patienten' ist vorbei! Mit der Digitalisierung wächst die Informationsflut für Krankenhäuser. In: Klinikarzt – Medizin im Krankenhaus 45, Nr. 5, S. 232-233.

Nachtwey, Oliver (2016): Die Abstiegsgesellschaft. Über das Aufbegehren in der regressiven Moderne, Berlin: Suhrkamp.

Nachtwey, Oliver/Staab, Philipp (2015): Die Avantgarde des digitalen Kapitalismus. In: Mittelweg 36 24, Nr. 6, S. 59-84.

Nachtwey, Oliver/Staab, Philipp (2017): Das Produktionsmodell des digitalen Kapitalismus. In: Soziale Welt, Sonderband ‚Soziologie des Digitalen. Digitale Soziologie', https://www.researchgate.net/publication/329275413_Das_Produktionsmodell_des_digitalen_Kapitalismus (Zugriff: 15. Jan. 2019).

Nacken, Heriber/Krieg, Aloys (2018): Digitalisierungsstrategien für die Lehre. Ein Vorschlag für übertragbare Maßnahmen anhand der Erfahrungen der RWTH Aachen. In: Mayrberger, Kerstin (Hrsg.): Synergie(n!). Beiträge zum Qualitätspakt Lehre im Jahre 2017. Universitätskolleg-Schriften Band 24, Hamburg: Universität Hamburg, S. 13-21.

Nett, Bernhard/Bönsch, Jenifer/Fuchs-Frohnhofen, Paul (2018): Digitalisierung und ihr Einfluss auf Arbeit und Qualifizierung in kleinen metallbearbeitenden Unternehmen Nordrhein-Westfalens, Düsseldorf: FGW.

Niehaus, Jonathan (2017): Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0. Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle, Düsseldorf: FGW.

Nienaber, André (2017): Versorgungskonzepte und technische Assistenz. In: Hagemann, Tim (Hrsg.): Gestaltung des Sozial- und Gesundheitswesens im Zeitalter von Digitalisierung und technischer Assistenz, Baden-Baden: Nomos, S. 173-185.

Nierling, Linda (2018): Digitale Rationalisierung, digitale Entgrenzung und digitale Arbeitsteilung? Trends und Herausforderungen einer digitalen Arbeitswelt – sozialwissenschaftliche Perspektiven. In: Hausstein, Alexandra/Zheng, Chunrong (Hrsg.): Industrie 4.0 / Made in

China 2025. Gesellschaftswissenschaftliche Perspektiven auf Digitalisierung in Deutschland und China, Karlsruhe: KIT, S. 183-196.

Nohl-Deryk, Pascal/Brinkmann, Jesaja Kenneth/Gerlach, Ferdinand Michael/Schreyögg, Jonas/Achelrod, Dmitrij (2018): Hürden bei der Digitalisierung der Medizin in Deutschland – eine Expertenbefragung. In: Das Gesundheitswesen 80, Nr. 11, S. 939-945.

Noll, Heinz-Herbert/Weick, Stefan (2011): Schichtzugehörigkeit nicht nur vom Einkommen bestimmt. In: GESIS (Hrsg.): Informationsdienst Soziale Indikatoren 45/2011, S. 1-7.

OECD (2017): OECD Digital Economy Outlook 2017, Paris: OECD Publishing.

OECD (2019): ICT Access and Usage by Businesses. In: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ICT_HH2 (Zugriff: 12. Dez. 2018).

Oerder, Katharina/Behrend, Clara/Stokic, Juljana (2018): Betriebsrat 4.0. Digitalisierung aus Sicht der Betriebsräte und ihr Potential als Gestalter der digitalen Arbeitswelt in Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf: FGW.

Oesch, Daniel (2006): Redrawing the Class Map. Stratification and Institutions in Britain, Germany, Sweden and Switzerland, Basingstoke: Palgrave Macmillan.

Oesch, Daniel (2013): Occupational Change in Europe. How Technology and Education Transform the Job Structure, Oxford: Oxford University Press.

Oesch, Daniel (2015): Occupational Structure and Labor Market Change in Western Europe since 1990. In: Beramendi, Pablo/Häusermann, Silya/Kitschelt, Herbert/Kriesi, Hanspeter (Hrsg.): The Politics of Advanced Capitalism, Cambridge: Cambridge University Press, S. 112-132.

Oesch, Daniel/Rodrıíguez Menez, Jorge (2010): Upgrading or polarization? Occupational change in Britain, Germany, Spain and Switzerland, 1990–2008. In: Socio-Economic Review 09/2011, S. 503-531.

Ohnemus, Jörg/Erdsiek, Daniel/Viete, Steffen (2016): Nutzung von Crowdworking durch Unternehmen. Ergebnisse einer ZEW-Unternehmensbefragung, Mannheim: ZEW.

Orians, Wolfgang/Reisach, Ulrike (2017): Wissenstransfer in der Kranken- und Altenpflege. Möglichkeiten und Grenzen der Digitalisierung von Wissen. In: Pfannstiel, Mario A./Krammer, Sandra/Swoboda, Walter (Hrsg.): Digitale Transformation von Dienstleistungen im Gesundheitswesen III. Impulse für die Pflegepraxis, Wiesbaden: Springer Gabler, S. 33-54.

Ornau, Frederik (2017): Die digitale Transformation in der Finanzindustrie. Wie die Digitalisierung das Banking von morgen verändert. In: SRH Fernhochschule (Hrsg.): Digitalisierung in Wirtschaft und Wissenschaft, Wiesbaden: Springer, S. 49-66.

Ortmann, Ulf/Walker, Eva-Maria (2018): Ist Einfacharbeit automatisierbar oder nicht? Das ist zu einfach! In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Karačić, Anemari (Hrsg.): Logistikarbeit in der digitalen Wertschöpfung. Perspektiven und Herausforderungen für Arbeit durch technologische Erneuerungen. Tagungsband zur gleichnamigen Veranstaltung am 5. Oktober 2017, Düsseldorf: FGW, S. 77-88.

Ostwald, Dennis A./Hofmann, Sandra/Acker, Olaf/Pachmajer, Michael/Friedrich, Roman (2016): Der Einfluss der Digitalisierung auf die Arbeitskräftesituation in Deutschland. Berufs- und branchenspezifische Analyse bis zum Jahr 2030, Frankfurt am Main: PwC.

Othersen, Ina (2016): Vom Fahrer zum Denker und Teilzeitlenker, Wiesbaden: Springer.

Patscha, Cornelius/Glockner, Holger/Störmer, Eckhard/Klaffke, Thomas (2017): Kompetenz- und Qualifizierungsbedarfe bis 2030. Ein gemeinsames Lagebild der Partnerschaft für Fachkräfte, Berlin: BMAS.

Pfaller, Alfred (2012): Gesellschaftliche Polarisierung in Deutschland. Ein Überblick über die Fakten und die Hintergründe. Expertise im Auftrag der Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik der Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn: FES.

Pfeiffer, Sabine (2007): Montage und Erfahrung. Warum ganzheitliche Produktionssysteme menschliches Arbeitsvermögen brauchen, München: Rainer Hampp Verlag.

Pfeiffer, Sabine (2015): Auswirkungen von Industrie 4.0 auf Aus- und Weiterbildung, Wien: ITA.

Pfeiffer, Sabine (2016a): Bildung und Intralogistik in der Industrie 4.0 – eine empirische Annäherung. In: Arbeit 25, Nr. 3-4, S. 195–215.

Pfeiffer, Sabine (2016b): Robots, industry 4.0 and humans, or why assembly work is more than routine work. In: Moniz, António B./Krings, Bettina-Johanna (Hrsg.): Societies 6. Special issue. Robots and the work environment, S. 21-26.

Pfeiffer, Sabine (2016c): Soziale Technikgestaltung in der Industrie 4.0. In: BMAS (Hrsg.): Werkheft 01. Digitalisierung der Arbeit, Berlin: BMAS, S. 47-51.

Pfeiffer, Sabine/Huchler, Norbert (2018): Industrie 4.0 konkret – vom Leitbild zur Praxis? In: WSI-Mitteilungen 71, Nr. 3, S. 167-173.

Pfeiffer, Sabine/Klein, Birgit (2018): Büroberufe. Digitalisierung – Anforderungen – Belastung. Auswertungen auf Basis der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012 und dem DGB Index Gute Arbeit 2016. Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg. Bd. 8, Hohenheim: Universität Hohenheim.

Pfeiffer, Sabine/Lee, Horan (2017): Digitalisierte Arbeit und Wandel in Nahrung, Genuss, Gaststätten. Auswertungen auf Basis der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012 und dem DGB Index Gute Arbeit 2016. Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg. Bd. 6, Hohenheim: Universität Hohenheim.

Pfeiffer, Sabine/Lee, Horan (2018): Intralogistik. Herzstück von Industrie 4.0 – Leerstelle in der Arbeitsforschung. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Karačić, Anemari (Hrsg.): Logistikarbeit in der digitalen Wertschöpfung. Perspektiven und Herausforderungen für Arbeit durch technologische Erneuerungen. Tagungsband zur gleichnamigen Veranstaltung am 5. Oktober 2017, Düsseldorf: FGW, S. 103-121.

Pfeiffer, Sabine/Lee, Horan/Zirnig, Christopher/Suphan, Anne (2016a): Industrie 4.0. Qualifizierung 2025, Frankfurt am Main: VDMA.

Pfeiffer, Sabine/Schlund, Sebastian/Suphan, Anne/Korge, Axel (2016b): Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg – Vorstudie Bd. 1. Zusammenführung zentraler Ergebnisse für den Maschinenbau, Stuttgart: Fraunhofer IAO/Universität Stuttgart.

Pfeiffer, Sabine/Suphan, Anne (2015a): Der AV-Index. Lebendiges Arbeitsvermögen und Erfahrung als Ressourcen auf dem Weg zu Industrie 4.0. Working Paper 2015 #1 Finalfassung, Hohenheim: Universität Hohenheim.

Pfeiffer, Sabine/Suphan, Anne (2015b): Der Mensch kann Industrie 4.0. Kurzfassung zum Working Paper, Hohenheim: Universität Hohenheim.

Pietraß, Manuela (2017): Was ist das Neue an ‚digitaler Bildung'? Zum hochschuldidaktischen Potenzial der elektronischen Medien. In: Erziehungswissenschaft 28, Nr. 55, S. 19-27.

Pietraß, Manuela/Schäffer, Burkhard (2017): Editorial. In: Erziehungswissenschaft 28, Nr. 55, S. 5-8.

Piketty, Thomas (2014): Capital in the Twenty-First Century, Cambridge/MA: The Belknap Press.

Pilling, André (2016): BIM – Das digitale Miteinander. Planen, Bauen und Betreiben in neuen Dimensionen, Berlin: Beuth Verlag.

Pongratz, Hans (2015): MOOCS. Reden wir über Chancen & Erfolge, https://hochschulforumdigitalisierung.de/de/blog/hans-pongratz/moocs-reden-wir-%C3%BCber-chancen-erfolge (Zugriff: 25. Jan. 2019).

Pongratz, Hans J./Bormann, Sarah (2017): Online-Arbeit auf Internet-Plattformen. Empirische Befunde zum ‚Crowdworking' in Deutschland. In: Arbeits- und Industriesoziologische Studien 10, Nr. 2, S. 158-181.

Pöser, Stephanie/Bleses, Peter (2018): Digitalisierung der Arbeit in der ambulanten Pflege im Land Bremen. Praxis und Gestaltungsbedarfe digitaler Tourenbegleiter, Bremen: IAW.

Raffetseder, Eva-Maria/Schaupp, Simon/Staab, Philipp (2017): Kybernetik und Kontrolle. Algorithmische Arbeitssteuerung und betriebliche Herrschaft. In: Prokla 187 47, Nr. 2, S. 229-247.

Reimann, Heiner/Klippert, Jürgen (2018): Im Gespräch mit Heiner Reimann und Jürgen Klippert (IG Metall, Frankfurt am Main). In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Karačić, Anemari (Hrsg.): Logistikarbeit in der digitalen Wertschöpfung. Perspektiven und Herausforderungen für Arbeit durch technologische Erneuerungen. Tagungsband zur gleichnamigen Veranstaltung am 5. Oktober 2017, Düsseldorf: FGW, S. 122-125.

Reiser, Ulrich/Müller, Uwe/Ludwig, Mike/Lüdtke Mathias/Hua, Yingbing (2018): ReApp. Wiederverwendbare Roboterapplikationen für flexible Roboteranlagen. In: Wischmann, Steffen/Hartmann, Ernst (Hrsg.): Zukunft der Arbeit. Eine praxisnahe Betrachtung, Berlin: Springer-Vieweg, S. 133-146.

Roeske, Adrian (2018): Digitalisierung Sozialer Arbeit. Widersprüche im fachlichen Handeln. Wahrnehmungen zur Fachlichkeit Sozialer Arbeit in einer mediatisierten Gesellschaft. In: Sozial Extra 42, Nr. 3, S. 16-20.

Rohrbach-Schmidt, Daniela/Tiemann, Michael (2013): Changes in workplace tasks in Germany – evaluating skill and task measures. In: Journal for Labour Market Research 46, Nr. 3, S. 215-237.

Roland Berger (Hrsg.) (2017): ePflege. Informations- und Kommunikationstechnologien für die Pflege. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit, Berlin/Vallendar/Köln: Roland Berger GmbH/Deutsches Institut für angewandte Pflegeforschung e.V./Hochschule Vallendar.

Roland Berger/BDI (Hrsg) (2015): Die digitale Transformation der Industrie. Was sie bedeutet. Wer gewinnt. Was jetzt zu tun ist. Eine europäische Studie von Roland Berger Strategy Consultants im Auftrag des BDI, München/Berlin: Roland Berger/BDI.

Roth, Ines (2015): Digitale Innovationen im Dienstleistungssektor – Bedeutung und Folgen, ver.di- Innovationsbarometer 2015, Berlin: ver.di.

Roth, Ines/Müller, Nadine (2017): Digitalisierung und Arbeitsqualität. Eine Sonderauswertung auf Basis des DGB-Index Gute Arbeit 2016 für den Dienstleistungssektor, Berlin: ver.di.

Roth, Ines/Zanker, Claus/Martinetz, Simone/Schnalzer, Kathrin (2015): Digitalisierung bei Logistik, Handel und Finanzdienstleistungen. Technologische Trends und ihre Auswirkungen auf Arbeit und Qualifizierung, Stuttgart: ver.di.

Rüssmann, Michael/Lorenz, Markus/Gerbert, Philipp/Waldner, Manuela/Justus, Jan/Engel, Pascal/Harnisch, Michael (2015): Industry 4.0. The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, Boston: The Boston Consulting Group.

Salot, Marion (2017): Digitalisierung im Einzelhandel. Was geht? Was kommt? Und was ist mit dem Onlinegeschäft? In: Arbeitnehmerkammer Bremen (Hrsg.): Bericht zur Lage der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer im Land Bremen 2017, Bremen: Arbeitnehmerkammer Bremen, S. 49-50.

Schiller, Dan (2011): Power Under Pressure: Digital Capitalism in Crisis. In: International Journal of Communication 5/2011, S. 924-941.

Schiller, Dan (2014): Digital Depression. Information Technology and Economic Crisis, Champaign/IL: University of Illinois Press.

Schlund, Sebastian/Hämmerle, Moritz/Strölin, Tobias (2014): Industrie 4.0. Eine Revolution der Arbeitsgestaltung. Wie Automatisierung und Digitalisierung unsere Produktion verändern wird, Stuttgart/Ulm: Fraunhofer IAO/Ingenics AG.

Schmidt, Florian A. (2016): Arbeitsmärkte in der Plattformökonomie. Zur Funktionsweise und den Herausforderungen von Crowdwork und Gigwork, Bonn: FES.

Schmiede, Rudi (2015): Arbeit im informatisierten KapitalismuS. Aufsätze 1976-2015, Berlin: Edition Sigma.

Schnalzer, Kathrin/Ganz, Walter (2015): Herausforderung der Arbeit industrienaher Dienstleistungen. 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. 87-106.

Schneider, Diana/Seelmeyer, Udo (2018): Der Einfluss der Algorithmen. Neue Qualitäten durch Big Data Analytics und Künstliche Intelligenz. In: Sozial Extra 42, Nr. 3, S. 21–24.

Schön, Sandra/Ebner, Martin/Schön, Martin (2016): Verschmelzung von digitalen und analogen Lehr-und Lernformaten. Arbeitspapier Nr. 25, Berlin: HFD.

Schörpf, Philip/Flecker, Jörg/Schönauer, Anja (2017a): On Call for One's Online Reputation – Control and Time in Creative Crowdwork. In: Briken, Kendra/Chillas, Shiona/Krzywdzinski, Martin/Marks, Abigail (Hrsg.): The New Digital Workplace. How New Technologies Revolutionise Work, London: Palgrave, S. 89-111.

Schörpf, Philip/Flecker, Jörg/Schönauer, Anja/Eichmann, Hubert (2017b): Triangular love–hate. Management and control in creative crowdworking. In: New technology, work and employment 32, Nr. 1, S. 43-58.

Schrader, Klaus/Laaser, Claus-Friedrich (2009): Globalisierung in der Wirtschaftskrise. Wie sicher sind die Jobs in Deutschland? Kieler Diskussionsbeiträge Nr. 465, Kiel: Institut für Weltwirtschaft.

Schreyer, Marcus (2016): BIM. Einstieg Kompakt für Bauunternehmer. BIM-Methoden in der Bauausführung, Berlin: Beuth Verlag.

Schrödter, Mark/Bastian, Pascal/Taylor, Brian (2018): Risikodiagnostik in der Sozialen Arbeit an der Schwelle zum ‚digitalen Zeitalter' von Big Data Analytics, https://www.researchgate.net/publication/323267949_Risikodiagnostik_in_der_Sozialen_Arbeit_an_der_Schwelle_zum_digitalen_Zeitalter_von_Big_Data_Analytics (Zugriff: 29. Jan. 2019).

Schulz, Sirko/Schuppan, Tino (2012): Development of a European Framework for e-Government CompetenceS. In: von Lucke, Jörn/Geiger, Christian P./Kaiser, Siegfried/Schweighofer, Erich/Wimmer/Maria A. (Hrsg.): Auf dem Weg zu einer offenen, smarten und vernetzten Verwaltungskultur. Lecture Notes in Informatics (LNI), Bonn: GI, S. 47-58.

Schulze, Manfred (2016): Fehlerfrei kommissionieren mit dem RFID-Armband. In: IFFOCUS 01/2016, S. 22-25.

Schwab, Klaus (2016): Die Vierte Industrielle Revolution, 4. Auflage, München: Pantheon Verlag.

Schwarzwälder, Joscha (2015): Technologischer Wandel und Beschäftigungspolarisierung in Deutschland, Policy Brief #2015/07, Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.

Schwemmle, Michael/Wedde, Peter (2012): Digitale Arbeit in Deutschland. Potentiale und Problemlagen, Bonn: FES.

Schwemmle, Michael/Wedde, Peter (2018): Machtverschiebung in der digitalen Arbeitswelt. Die Beschäftigten brauchen neue Rechte! In: WISO direkt 11/2018.

Seidenschwarz, Holger/Weinfurtner, Stefan/Stahl, Ernst/Wittmann, Georg (2015): E-Commerce-Strategien für den mittelständischen Einzelhandel. Stand – Prognosen – Empfehlungen. Ausblick 2020, München: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie.

Senderek, Roman (2018): Lernförderliche Arbeitssysteme für die Arbeitswelt von morgen. In: Wischmann, Steffen/Hartmann, Ernst (Hrsg.): Zukunft der Arbeit. Eine praxisnahe Betrachtung, Berlin: Springer-Vieweg, S. 87-105.

Senftleben-König, Charlotte/Wielandt, Hanna (2014): The Polarization of Employment in German Local Labor Markets. Working Paper Series 2014-07, Berlin: BDPEMS.

Serfling, Oliver (2018): Crowdworking Monitor Nr.1 für das Verbundprojekt ‚Crowdworking Monitor', Kleve: Hochschule Rhein-Waal.

Seul, Bettina (2015): Berufsbild Einzelhandel im digitalen Zeitalter. Anforderungen und Weiterbildungsbedarf. Vortrag der Vortragsreihe ‚Perspektiven für Arbeit und Berufe' der IFH Köln am 17. Sep. 2015.

Smits, Rainer (2015): Kompetenz für Fachkräfte. Medien-Coaches für Kitas. In: Archiv für Wissenschaft und Praxis der sozialen Arbeit 02/2015, S. 74-78.

Sowinski, Christine/Kirchen-Peters, Sabine/Hielscher, Volker (2013): Praxiserfahrungen zum Technikeinsatz in der Pflege, Berlin: Kuratorium Deutsche Altershilfe.

Spath, Dieter/Ganschar, Oliver/Gerlach, Stefan/Hämmerle, Moritz/Krause, Tobias/Schlund, Sebastian (2013): Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0, Stuttgart: Fraunhofer IAO.

Spitz-Oener, Alexandra (2006): Technical Change, Job Tasks, and Rising Educational DemandS. Looking outside the Wage Structure. In: Journal of Labor Economics 24, Nr. 2, S. 235-270.

Spöttl, Georg/Gorlt, Christian/Windelband, Lars/Grantz, Torsten/Richter, Tim (2016): Industrie 4.0. Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E-Industrie, München: Bayerischer Unternehmensverband Metall und Elektro/Verband der Bayerischen Metall- und Elektro-Industrie.

Staab, Philipp (2014): Macht und Herrschaft in der Servicewelt, Hamburg: Hamburger Edition.

Staab, Philipp (2015): The Next Great Transformation. In: Mittelweg 36 24, Nr. 6, S. 3-13.

Staab, Philipp (2016). Falsche Versprechen. Wachstum Im Digitalen Kapitalismus, Hamburg: Hamburger Edition.

Staab, Philipp (2017): Digitalisierung und soziale Ungleichheit. Die Dienstleistungsgesellschaft am Scheideweg? In: Bude, Heinz/Staab, Philipp (Hrsg.): Kapitalismus und Ungleichheit. Die neuen Verwerfungen, Bonn: bpb, S. 195-214.

Staab, Philipp (2018): Finanzkapitalismus und Digitalwirtschaft. Eine Symbiose mit Sprengkraft. In: WISO direkt 15/2018.

Staab, Philipp (2019 i.E.): Digitaler Kapitalismus. Markt als Eigentum, Berlin: Suhrkamp.

Staab, Philipp/Nachtwey, Oliver (2016): Die Digitalisierung der Dienstleistungsarbeit. In: Aus Politik und Zeitgeschichte 66, Nr. 18/19, S. 24-31.

Stettes, Oliver (2016): Arbeitswelt der Zukunft. Wie die Digitalisierung den Arbeitsmarkt verändert, IW-Analysen Nr. 108, Köln: IW.

Stettes, Oliver (2018): Keine Angst vor Robotern. Beschäftigungseffekte der Digitalisierung - eine Aktualisierung früherer IW-Befunde. IW-Report 11/2018, Köln: IW.

Stich, Volker/Gudergan, Gerhard/Senderek, Roman (2015): Arbeiten und Lernen in der digitalisierten Welt. 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.109-130.

Stopper, Silke/von Garrel, Jörg/Bittner, Paul/Mühlfelder, Manfred (2017): Digitalisierung in der Produktion. Eine soziotechnische Analyse am Beispiel der Einführung und Umsetzung von Enterprise-Resource-Planning-Systemen. In: SRH Fernhochschule (Hrsg.): Digitalisierung in Wirtschaft und Wissenschaft, Wiesbaden: Springer, S. 27-36.

Syben, Gerhard (2014): Bauleitung im Wandel. Arbeit als Bewältigung von Kontingenz, Berlin: Nomos.

Syben, Gerhard (2016): Zu den Folgen des Building Information Modeling für die Arbeit in Bauunternehmen. Eine explorative Studie, Bremen: BAQ.

Syben, Gerhard (2018): Bauen 4.0 und die Folgen für die Arbeit in Bauunternehmen. In: WSI-Mitteilungen 71, Nr. 3, S. 196-203.

Tacke, Doris (2017): Chancen und Risiken computergestützter Pflegediagnostik. In: Hagemann, Tim (Hrsg.): Gestaltung des Sozial- und Gesundheitswesens im Zeitalter von Digitalisierung und technischer Assistenz, Baden-Baden: Nomos, S. 207-216.

The Economist (Hrsg.) (2015): Digital Taylorism, https://www.economist.com/business/2015/09/10/digital-taylorism (Zugriff: 5. Jan. 2019).

Thompson, Paul/Briken, Kendra (2017): Actually Existing Capitalism. Some Digital Delusions. In: Briken, Kendra/Chillas, Shiona/Krzywdzinski, Martin/Marks, Abigail (Hrsg.): The New Digital Workplace. How New Technologies Revolutionise Work, London: Palgrave, S. 241-263.

Tiemann, Michael (2016): Routine bei der Arbeit. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis 02/2016, S. 18-22.

Timm, Ingo (2016): Digitalisierung und Big Data in der Medizin. In: Medizinrecht 34, Nr. 9, S. 686-690.

Tödter, Joachim/Viereck, Volker/Krüger-Basjmeleh, Tino/Wittmann, Thomas (2015): Steigerung des Autonomiegrades von autonomen Transportrobotern im Bereich der Intralogistik technische Entwicklungen und Implikationen für die Arbeitswelt 4.0. In: Botthof, Alfons/Hartmann, Ernst Andreas (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0, Heidelberg/Berlin: Springer Vieweg, S. 69-75.

Tüllmann, Carina/ten Hompel, Michael/Nettsträter, Andreas/Prasse, Christian (2017): Social Networked Industry ganzheitlich gestalten. Whitepaper, Dortmund: Fraunhofer IML.

Ullrich, Carsten/Hauser-Ditz, Axel/Kreggenfeld, Niklas/Prinz, Christopher/Igel, Christoph (2018): Assistenz und Wissensvermittlung am Beispiel von Montage- und Instandhaltungstätigkeiten. In: Wischmann, Steffen/Hartmann, Ernst (Hrsg.): Zukunft der Arbeit – Eine praxisnahe Betrachtung. Berlin: Springer Vieweg, S. 107-122.

ver.di (Hrsg.) (2015a): Crowdworking. Gute Arbeit für die Crowd. Arbeitsrecht im Betrieb. Zeitschrift für den Betriebsrat, Sonderausgabe September 2015, Berlin: ver.di.

ver.di (Hrsg.) (2015b): Gute Arbeit und Gute Dienstleistungen in der digitalen Welt, https://www.verdi.de/++file++594a7ce4f1b4cd58bd9648a0/download/E001_2015_Gute_Arbeit_und_Gute_Dienstleistun-gen_in_der_digitalen_Welt_final.pdf (Zugriff: 14. Jan. 2019).

ver.di (Hrsg.) (2017): Crowdwork. Erfahrungen von ver.di-Mitgliedern mit der Arbeit auf Online-Plattformen. Factsheet, Berlin: ver.di.

Vernim, Susanne/Wehrle, Peter/Reinhart, Gunther (2016): Entwicklungstendenzen für die Produktionsarbeit von morgen. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 111, Nr. 9, S. 569-572.

Vester, Michael (1998): Was wurde aus dem Proletariat? Das mehrfache Ende des Klassenkonfliktes. Prognosen des sozialstrukturellen Wandels. In: Friedrichs, Jürgen/Lepsius, Rainer M./Mayer, Karl Ulrich (Hrsg.): Die Diagnosefähigkeit der Soziologie. Sonderheft der Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie. Sonderheft 38/1998, Opladen: Westdeutscher Verlag, S. 164-206.

Vogler-Ludwig, Kurt/Düll, Nicola/Kriechel, Ben/Vetter, Tim (2016): Arbeitsmarkt 2030. Wirtschaft und Arbeitsmarkt im digitalen Zeitalter. Analyse der zukünftigen Arbeitskräftenachfrage und des -angebots in Deutschland auf Basis eines RechenmodellS. Prognose 2016. Kurzfassung, München: Economix.

Walgenbach, Katharina (2017): Elitebildung für alle? Massive Open Online Courses (MOOCs). In: Erziehungswissenschaft 28, Nr. 55, S. 37-45.

Walgenbach, Peter (2013): Mittleres Management. Aufgaben – Funktionen – Arbeitsverhalten, Wiesbaden: Springer.

Walker, Eva-Maria (2016): ‚Dadurch wird unsere Arbeit weiter nach vorne verlagert in der Prozesskette'. Organisationale Anerkennungsphänomene bei der Einführung eines digitalen Warenwirtschaftssystems. In: Arbeits- und Industriesoziologische Studien 9, Nr. 1, S. 80-101.

Warning, Anja/Weber, Enzo (2017): Digitalisierung verändert die betriebliche Personalpolitik. IAB-Kurzbericht Nr. 12, Nürnberg: IAB.

Weber, Enzo (2016): Industrie 4.0. Digitalisierung als Herausforderung für den Arbeitsmarkt. In: IAB-Forum 01/2016, S. 92-97.

Weinfurtner, Stefan/Zellner, Gregor/Münch, Stefan (2016): Auswirkungen der Digitalisierung im Handel am Beispiel des Retourenprozesses. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 53/2016, S. 98-108.

Weise, Axel (2017): Digitalisierung in den Dienstleistungen. Befunde und Befragungsergebnisse. In: Arbeitnehmerkammer Bremen (Hrsg.): Bericht zur Lage der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer im Land Bremen 2017, Bremen: Arbeitnehmerkammer Bremen, S. 44-53.

Wienzek, Tobias/Virgillito, Alfredo (2018): Leise Innovation, nicht radikaler Umbruch. Die Einführung einer Industrie-4.0-Lösung bei einem Möbelhersteller – ein Fallbeispiel. In: WSI-Mitteilungen 71, Nr. 3, S. 204-210.

Wiesner, Doris (2014): Mittlere Manager in Veränderungsprozessen. Aufgaben, Belastungsfaktoren, Unterstützungsansätze, Wiesbaden: Springer Gabler.

Wiesner, Tobias (2018): Digitalization in clinical practice. Digitalisierung in der alltäglichen Praxis. In: Der Diabetologe 14, Nr. 7, S. 455-459.

Will-Zocholl, Mascha (2016): Die Verlockung des Virtuellen. Reorganisation von Arbeit unter Bedingungen der Informatisierung, Digitalisierung und Virtualisierung. In: Arbeits- und Industriesoziologische Studien 9, Nr. 1, S. 25-42.

Will-Zoloch, Mascha (2017): Virtual Temptations. Reorganising Work under Conditions of Digitisation, Virtualisation and Informatisation. In: Briken, Kendra/Chillas, Shiona/Krzywdzinski, Martin/Marks, Abigail (Hrsg.): The New Digital Workplace. How New Technologies Revolutionise Work, London: Palgrave, S. 62-86.

Windelband, Lars (2014): Zukunft der Facharbeit im Zeitalter ‚Industrie 4.0'. In: Journal of Technical Education 2, Nr. 2, S. 138-160.

Windelband, Lars/Dworschak, Bernd (2015): Arbeit und Kompetenzen in der Industrie 4.0. Anwendungsszenarien Instandhaltung und Leichtbaurobotik. 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. 71-86.

Windelband, Lars/Fenzl, Claudia/Hunecker, Felix/Riehle, Tamara/Spöttl, Georg/Städtler, Helge/Hribernik, Karl/Thoben, Klaus-Dieter (2010): Internet der Dinge in der Logistik. Abschlussbericht zur Studie ‚Qualifikationsanforderungen durch das Internet der Dinge in der Logistik', Bremen: Universität Bremen.

Windelband, Lars/Spöttl, Georg (2011): Konsequenzen der Umsetzung des ‚Internet der Dinge' für Facharbeit und Mensch-Maschine-Schnittstelle. In: FreQueNz-Newsletter 2011, S. 11-12.

Windolf, Paul (Hrsg.) (2005): Finanzmarkt-Kapitalismus. Analysen zum Wandel von Produktionsregimen. Sonderheft der Kölner Zeitschrift für Soziologie Und Sozialpsychologie. Sonderheft 45/2005, Wiesbaden: Springer VS.

Windsor, Carol (2007): Technological Change and Nursing. A Labour Process Theory Approach to the Shaping of Nursing Work. In: Barnard, Alan/Locsin, Rozzano (Hrsg.): Technology and Nursing. Practice, Concepts and Issues, Houndsmills/New York: Palgrave Macmillan, S. 147-157.

Wischmann, Steffen/Hartmann, Ernst (Hrsg.) (2018): Zukunft der Arbeit. Eine praxisnahe Betrachtung, Berlin: Springer-Vieweg.

Wittke, Andreas (2017): Warum E-Learning gescheitert ist, https://hochschulforumdigitalisierung.de/de/blog/warum-e-learning-gescheitert-ist (Zugriff: 21. Jan. 2019).

Wolf, Bernhard/Scholze, Christian/Friedrich, Petra (2017): Digitalisierung in der Pflege. Assistenzsysteme für Gesundheit und Generationen. In: Pfannstiel, Mario A./Krammer, Sandra/Swoboda, Walter (Hrsg.): Digitale Transformation von Dienstleistungen im Gesundheitswesen III. Impulse für die Pflegepraxis, Wiesbaden: Springer Gabler, S. 113-135.

Wolter, Marc Ingo/Mönnig, Anke/Hummel, Markus/Schneemann, Christian/Weber, Enzo/Zika, Gerd/Helmrich, Robert/Maier, Tobias/Neuber-Pohl, Caroline (2015): Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft. Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. IAB Forschungsbericht 8/2015, Nürnberg: IAB.

Wolter, Marc Ingo/Mönnig, Anke/Hummel, Markus/Weber, Enzo/Zika, Gerd/Helmrich, Robert/Maier, Tobias/Neuber-Pohl, Caroline (2016): Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie. Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. IAB Forschungsbericht 13/2016, Nürnberg: IAB.

Zeller, Beate/Achtenhagen, Claudia/Först, Sabine (2010): Das ‚Internet der Dinge' in der industriellen Produktion. Studie zu künftigen Qualifikationserfordernissen auf Fachkräfteebene. Abschlussbericht. Report FreQueNz – Früherkennung von Qualifikationserfordernissen, Nürnberg: f-bb.

Zika, Gerd/Helmrich, Robert/Maier, Tobias/Weber, Enzo/Wolter, Marc Ingo (2018): Arbeitsmarkteffekte der Digitalisierung bis 2035. Regionale Branchenstruktur spielt eine wichtige Rolle. IAB Kurzbericht 9/2018, Nürnberg: IAB.

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

8 Über die Autor_innen

Prof. Dr. Philipp Staab

Philipp Staab ist Professor für die Soziologie der Zukunft der Arbeit an der Humboldt-Universität zu Berlin und am Einstein Center Digital Future (ECDF). Seine Arbeitsschwerpunkte liegen im Bereich der Arbeits- und Technikforschung, der Sozialstrukturanalyse sowie der politischen Ökonomie.

Lena J. Prediger

Lena J. Prediger studiert Philosophie und Sozialwissenschaften an der Humboldt-Universität zu Berlin. Seit 2016 ist sie studentische Mitarbeiterin am Institut für die Geschichte und Zukunft der Arbeit (IGZA), wo sie unter anderem eine vergleichende Studie zu Datenschutz in den USA, China und Europa erstellt hat. Gemeinsam mit Philipp Staab hat sie an Forschungsprojekten zu Technologiestartups und zur Theorie des digitalen Kapitalismus gearbeitet.

Das Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung (FGW)

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

Weitere Informationen zum FGW finden Sie unter: **www.fgw-nrw.de**

Der Themenbereich „Digitalisierung von Arbeit - Industrie 4.0“

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

Weitere Informationen zum Profil und zu den aktuellen Aktivitäten des Themenbereichs finden Sie unter: **www.fgw-nrw.de/industrie**

FGW
Forschungsinstitut
für gesellschaftliche
Weiterentwicklung