

Robert Helmrich | Michael Tiemann | Klaus Troeltsch | Felix Lukowski  
Caroline Neuber-Pohl | Anna Christin Lewalder | Betül Güntürk-Kuhl

# Digitalisierung der Arbeitslandschaften

Keine Polarisierung der Arbeitswelt,  
aber beschleunigter Strukturwandel und Arbeitsplatzwechsel



Heft 180

Robert Helmrich | Michael Tiemann | Klaus Troeltsch | Felix Lukowski  
Caroline Neuber-Pohl | Anna Christin Lewalder | Betül Güntürk-Kuhl

# Digitalisierung der Arbeitslandschaften

Keine Polarisierung der Arbeitswelt,  
aber beschleunigter Strukturwandel und Arbeitsplatzwechsel

Die WISSENSCHAFTLICHEN DISKUSSIONSPAPIERE des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB) werden durch den Präsidenten herausgegeben. Sie erscheinen als Namensbeiträge ihrer Verfasser und geben deren Meinung und nicht unbedingt die des Herausgebers wieder. Sie sind urheberrechtlich geschützt. Ihre Veröffentlichung dient der Diskussion mit der Fachöffentlichkeit.

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

© 2016 by Bundesinstitut für Berufsbildung, Bonn

Herausgeber: Bundesinstitut für Berufsbildung, Bonn  
Umschlaggestaltung: CD Werbeagentur Troisdorf  
Satz: W. Bertelsmann Verlag GmbH & Co. KG  
Herstellung: Bundesinstitut für Berufsbildung, Bonn

**Bestell-Nr.: 14.180**

Bundesinstitut für Berufsbildung Arbeitsbereich 1.4 –  
Publikationsmanagement/Bibliothek  
Robert-Schuman-Platz 3  
53175 Bonn

Internet: [www.bibb.de](http://www.bibb.de)  
E-Mail: [zentrale@bibb.de](mailto:zentrale@bibb.de)

ISBN 978-3-945981-70-2



### **CC-Lizenz**

Der Inhalt dieses Werkes steht unter einer Creative-Commons-Lizenz (Lizenztyp: Namensnennung – Keine kommerzielle Nutzung – Keine Bearbeitung – 4.0 Deutschland).

Weitere Informationen finden Sie im Internet auf unserer Creative-Commons-Infoseite [www.bibb.de/cc-lizenz](http://www.bibb.de/cc-lizenz).

Diese Netzpublikation wurde bei der Deutschen Nationalbibliothek angemeldet und archiviert: [urn:nbn:de:0035-0638-7](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0035-0638-7)

Internet: [www.bibb.de/veroeffentlichungen](http://www.bibb.de/veroeffentlichungen)

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungen .....	4
Tabellen .....	5
<b>1 Automatisierung – Digitalisierung – Polarisierung</b> .....	<b>7</b>
1.1 Auf dem Weg in die Wirtschaft 4.0 .....	7
1.2 Polarisierungsthese .....	10
1.3 Fragestellung und zusammenfassende Ergebnisse .....	13
1.4 Folgerungen .....	19
<b>2 Perspektive der Erwerbstätigen (Erwerbstätigenbefragung)</b> .....	<b>21</b>
2.1 Datengrundlage .....	22
2.2 Routineaufgaben in beruflichen Tätigkeiten: Wer ist betroffen, und welche Auswirkungen haben sie? .....	23
2.3 Entwicklung des Ersetzungspotenzials im Zeitverlauf .....	31
2.4 Ersetzungspotenzial und Qualifikation .....	38
2.5 Lohn und Ersetzungspotenzial .....	38
2.6 Polarisierung seit 1979 .....	41
2.7 Zusammenfassung .....	45
<b>3 Perspektive der Betriebe (BIBB-Qualifizierungspanel)</b> .....	<b>48</b>
3.1 BIBB-Qualifizierungspanel als Datenbasis für Untersuchungen zu technologiebedingten Polarisierungseffekten auf Betriebsebene .....	48
3.1.1 Konzepte zur Messung von Polarisierung .....	49
3.1.2 Konzepte zur Messung von Digitalisierung .....	49
3.1.3 Konzepte zur Messung von Tätigkeitsanforderungen (TASKS) und Substituierungspotenzialen .....	50
3.2 Auswertungen zum aktuellen Stand betrieblicher Beschäftigungs- und Tätigkeitsstrukturen – Erhebungswelle 2015 .....	50
3.2.1 Anteil polarer Entwicklungen in den Tätigkeitsstrukturen auf Betriebsebene ...	50
3.2.3 Arbeitsplatzaufbau und -abbau durch Einführung digitaler Technologien .....	53
3.3 Auswertungen zum aktuellen Stand, den Beweggründen sowie zu den Auswirkungen der Digitalisierung aus Sicht der Betriebe – Erhebungswelle 2016 .....	55
3.3.1 Stand des betrieblichen Digitalisierungsniveaus .....	55
3.3.2 Betriebliche Investitionen in digitale Technologien und deren Entwicklung ...	56
3.3.3 Beweggründe für die Einführung digitaler Technologien .....	58
3.3.4 Auswirkungen der Digitalisierung auf die innerbetriebliche Arbeitswelt .....	59
3.4 Deskriptive Auswertungen zur Nutzung digitaler Technologien nach Tätigkeitsgruppen .....	60
3.4.1 Exkurs: Stellenanzeigen der BA und das Konzept der Arbeitsmittel .....	60
3.4.2 Kategorisierung digitaler Arbeitsmittel im BIBB-Qualifizierungspanel .....	61

3.4.3	Überblick über die Nutzung digitaler Arbeitsmittel nach betrieblichen Tätigkeitsgruppen	62
3.4.4	Nutzungsprofile digitaler Hard- und Softwarekomponenten nach betrieblichen Tätigkeitsgruppen	63
3.5	Der Qualifizierungspanel-Ersetzbarkeitsindex (QPE) des BIBB-Qualifizierungspanels	65
3.5.1	Umsetzung des tätigkeitsbasierten Ansatzes im BIBB-Qualifizierungspanel	65
3.5.2	Berechnung des QPE für unterschiedliche Wirtschaftszweige	66
3.6	Zusammenfassung	69
<b>4</b>	<b>Beschäftigtenstruktur in der Wirtschaft 4.0 (QuBe-Szenario)</b>	<b>71</b>
4.1	Die Modellierung und Auswirkungen von Wirtschaft 4.0 im QuBe-Projekt	71
4.2	Änderung der Berufsfeldstruktur durch die Berücksichtigung von Ersetzungspotenzialen	76
4.3	Zusammenfassung	85
	<b>Literatur</b>	<b>87</b>
	<b>Anhang</b>	<b>90</b>
	<b>Abstract</b>	<b>96</b>

## Abbildungen

Abb. 1.1:	Die vier Stufen der industriellen Revolution	8
Abb. 1.2:	Horizontale und vertikale Integration	9
Abb. 1.3:	Charakteristika des Begriffs Industrie 4.0	9
Abb. 2.1:	Dichtefunktion des Ersetzungspotenzials/Routine in 2012	24
Abb. 2.2:	Verteilung der Ersetzungspotenziale/Routine in den Berufshauptfeldern und Anteile der Erwerbstätigen ohne berufliche Qualifikation	26
Abb. 2.3:	Strukturgleichungsmodell zur Arbeitszufriedenheit in 2012	31
Abb. 2.4:	Entwicklung von Ersetzungspotenzial/Routine von 1979 bis 2012 in den Berufshauptfeldern	32
Abb. 2.5:	Entwicklung von Ersetzungspotenzial/Routine 1979 bis 2012 nach Qualifikationsniveaus	38
Abb. 2.6:	Bruttostundenlöhne 1992 und Beschäftigungsentwicklung bis 1999 (1992=100)	42
Abb. 2.7:	Bruttostundenlöhne 1992 und Beschäftigungsentwicklung bis 1999 (1992=100) auf Berufsfeldebene	42
Abb. 2.8:	Bruttostundenlöhne 1979 und Beschäftigungsentwicklung bis 1992 (1979=100)	43
Abb. 2.9:	Bruttostundenlöhne 1992 und Beschäftigungsentwicklung bis 2012 (1992=100)	44
Abb. 2.10:	Relative Veränderungen in Ersetzungspotenzial/Routine und Beschäftigung seit 1979 für Qualifikationsniveaus	45

<b>Abb. 3.1:</b>	Entwicklung betrieblicher Tätigkeitsstrukturen zwischen 2014/2015 (Anteil an Betrieben in %) .....	52
<b>Abb. 3.2:</b>	Saldo aus Zu- und Abgängen der Beschäftigten nach Tätigkeitsstrukturen zwischen 2014 und 2015 .....	53
<b>Abb. 3.3:</b>	Anteile an Betrieben mit unterschiedlichen Entwicklungen in den Tätigkeitstrukturen in den Jahren 2014/2015 nach Einführung von Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT) und computergesteuerten Produktions- und Steuerungstechnologien (CPT) sowie deren Kombination im Vorjahr (in %) .....	54
<b>Abb. 3.4:</b>	Nutzung digitaler Technologien nach Betriebsgrößenklassen (in %) .....	56
<b>Abb. 3.5:</b>	Anteil der Investitionen in digitale Technologien an den Gesamtinvestitionen nach Branchen in 2015 .....	57
<b>Abb. 3.6:</b>	Anteil der Investitionen in digitale Technologien an den Gesamtinvestitionen nach Betriebsgrößenklassen in 2015 .....	58
<b>Abb. 3.7:</b>	Betriebliche Gründe für die Nutzung digitaler Technologien in 2015 (in %) ....	59
<b>Abb. 3.8:</b>	Veränderung verschiedener Bereiche der Arbeitswelt durch digitale Technologien (in %) .....	59
<b>Abb. 3.9:</b>	Überblick über die generelle Nutzung digitaler Technologien nach Beschäftigtengruppen .....	63
<b>Abb. 3.10:</b>	Nutzung von digitalen Hardware- und Softwarekomponenten nach Beschäftigtengruppen im Jahr 2015 .....	64
<b>Abb. 4.1:</b>	Modellstruktur der BIBB/IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen ....	72
<b>Abb. 4.2:</b>	Veränderung der Zahl der Erwerbstätigen in den Branchen zwischen 2015 und 2025 .....	74
<b>Abb. 4.3:</b>	Veränderung der Zahl der Erwerbstätigen in den Berufsfeldern zwischen 2015 und 2025 .....	75
<b>Abb. 4.4:</b>	Veränderung der Beschäftigung in den Anforderungsniveaus in 1.000 Personen unter Verwendung verschiedener Ersetzbarkeitsmaße im Jahr 2025 .....	83
<b>Abb. 4.5:</b>	Veränderung der Beschäftigung, des Arbeitsvolumens und der Löhne in 1.000 Personen unter Verwendung verschiedener Ersetzbarkeitsmaße im Jahr 2025 .....	84
<b>Abb. 4.6:</b>	Gesamtzahl der geänderten Beschäftigungsverhältnisse in 1.000 Personen unter Verwendung verschiedener Ersetzbarkeitsmaße im Jahr 2025 .....	85
<b>Abb. A1:</b>	Betriebliche Gründe für die Nutzung digitaler Technologien nach Branchen in 2015 .....	91

## Tabellen

<b>Tab. 2.1:</b>	KMO-Werte für Faktorenanalyse für Index zum Ersetzungspotenzial .....	23
<b>Tab. 2.2:</b>	Ersetzungspotenzial/Routine nach Berufsfeldern in 2012 .....	26
<b>Tab. 2.3:</b>	Einflüsse auf Ersetzungspotenzial/Routine in 2012 .....	29
<b>Tab. 2.4:</b>	Ersetzungspotenzial/Routine 1979 bis 2012 in den Berufsfeldern .....	35

<b>Tab. 2.5:</b>	Mehrebenenanalyse zum Einfluss von Routine auf den logarithmierten Stundenlohn .....	40
<b>Tab. 3.1:</b>	Komponentenladungen der Tätigkeitsmerkmale .....	66
<b>Tab. 3.2:</b>	Das Spektrum des QP-Ersetzbarkeitsmaßes nach Wirtschaftszweigen .....	68
<b>Tab. 4.1:</b>	Veränderung der Beschäftigung in den Berufshauptfeldern in 1.000 Personen unter Verwendung verschiedener Ersetzbarkeitsmaße .....	79
<b>Tab. 4.2:</b>	Rang der relativen Veränderung der Erwerbstätigenzahlen in den Berufshauptfeldern im Jahr 2025 .....	81
<b>Tab. 4.3:</b>	Rang der relativen Veränderung der Erwerbstätigenzahlen in den Wirtschaftsabschnitten im Jahr 2025 .....	82
<b>Tab. A1:</b>	Taxonomie der Arbeitsmittel, eigene Darstellung 2016 .....	92
<b>Tab. A2:</b>	Veränderung der Beschäftigung in den Berufsfeldern in 1.000 Personen unter Verwendung verschiedener Ersetzbarkeitsmaße .....	94

# 1 Automatisierung – Digitalisierung – Polarisierung

## 1.1 Auf dem Weg in die Wirtschaft 4.0<sup>1</sup>

Der Begriff „Industrie 4.0“ soll die vierte Stufe der bislang dreistufigen Geschichte der industriellen Revolutionen benennen (vgl. Abbildung 1.1). Ende des 18. Jahrhunderts wurde mit Einführung von Wasser- und Dampfkraft der Umbruch von der Agrar- zur Industriegesellschaft eingeleitet. Mithilfe von mechanischer Energie konnte die Produktion im Vergleich zu vormals handwerklich ausgeübten Tätigkeiten deutlich beschleunigt werden (Beispiel: mechanischer Webstuhl). Durch die gleichzeitige Verbreitung von Dampfschiffen und Eisenbahnen konnten der Transport und die Logistik erheblich vereinfacht werden. Die Lohnarbeit entstand. Der vorherrschende Energierohstoff war Kohle. Dies führte zu einer ersten Welle der Arbeitsmigration und Verstädterung, da diese industrialisierte Produktion zentrale Produktionsorte voraussetzte. Sie bedingte eine stärkere Lohnabhängigkeit und soziale Verwerfungen zwischen den städtischen Arbeitern und der Landbevölkerung.

Die zweite industrielle Revolution wird zeitlich dem Beginn des 20. Jahrhunderts zugeordnet und umfasst das Zeitalter der Hochindustrialisierung. Die Elektrifizierung der Produktion durch die Einführung von elektrischer Energie – Erdöl löste Kohle als dominierende Energiequelle ab – führte zu einem Ausbau der Massenproduktion (Fließbandarbeit). Die fordistische Massenproduktion mit tayloristischen Produktionsprozessen löste einen Produktivitätsschub aus, der auch die Entstehung einer sozialen Mittelschicht und eines beginnenden Wohlfahrtsstaates beförderte. Weitergehende Spezialisierungen von Tätigkeiten führten dort, wo die Aufgaben komplexer waren (Chemie), zur Ausgestaltung erster Fach(arbeiter)berufe als Ausbildungsberufe. Mehr und mehr wurde der Zugang zu bestimmten Tätigkeiten an Qualifikationen geknüpft.

Die dritte industrielle Revolution ist zeitlich den 70er-Jahren des 20. Jahrhunderts zuzuordnen. Die Verbreitung des Computers beschleunigte den Umbruch von der Industrie- zur Informationsgesellschaft. Mit Einführung von Elektronik und Informationstechnologien wurde eine weitere Automatisierung der Produktion möglich. Weite Teile der Steuerung und Koordination von Maschinen, Prozessen und globalen Lieferverflechtungen wurden fortan computergestützt durchgeführt. Mikroelektronik, neue Werkstoffe und Biotechnologien eröffneten neue Produktionsmethoden, Anwendungen und die Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen. Parallel dazu begann die Bildungsexpansion zu greifen, allerdings war – auch vor dem Hintergrund der Erfahrungen der älteren Generation – berufliche Bildung noch immer der Königsweg, um eine höhere gesellschaftliche und berufliche Position zu erreichen. Dies begann sich jedoch langsam zu verschieben, auch durch die Wirtschaftskrisen der folgenden Jahrzehnte. Höhere Bildung wurde nun nicht mehr allein als Prestigeobjekt gesehen, sondern auch als eine Investition, die krisenfester sein mochte als berufliche Bildung.

Die vierte Stufe der industriellen Revolution kann als eine Weiterführung oder als konsequente Umsetzung der Ideen und Technologien aus der dritten Industrierevolution verstanden werden.

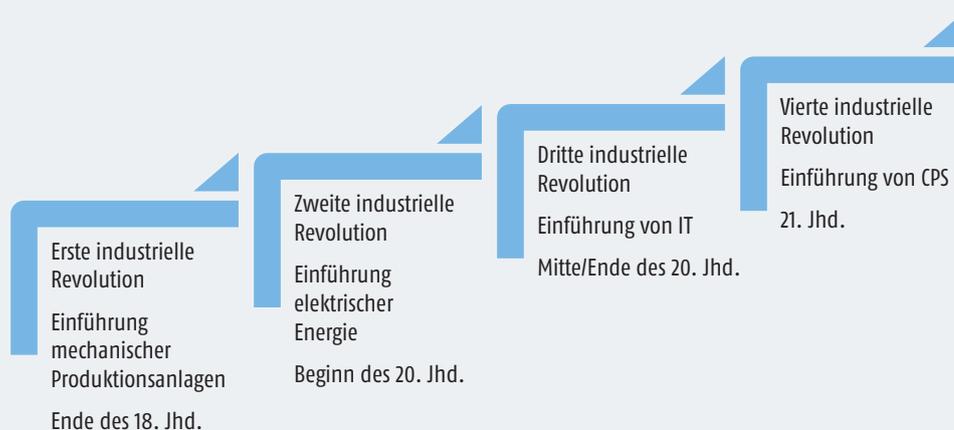
„Industrie 4.0“ steht für die interaktive Vernetzung der analogen Produktion mit der digitalen Welt. Diese Transformation beinhaltet Elemente wie Big Data, autonom arbeitende Systeme, Cloud Computing, Social Media, mobile und selbstlernende Systeme. Es handelt sich bei dieser Entwicklung eher um einen evolutorischen Prozess als um eine Revolution. Im Folgenden wird

---

<sup>1</sup> Die folgenden Ausführungen sind teilweise entnommen aus WOLTER u. a., 2015.

Abbildung 1.1

## Die vier Stufen der industriellen Revolution



Quelle: auf Basis von BITKOM 2014 – eigene Darstellung.

in Anlehnung an die vorliegende (deutschsprachige) Literatur eine einheitliche Begriffsbildung vorgenommen. Die Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft (2013) gibt folgende Definition:

*Industrie 4.0 meint im Kern die technische Integration von CPS<sup>2</sup> in die Produktion und die Logistik sowie die Anwendung des Internets der Dinge und Dienste<sup>3</sup> in industriellen Prozessen – einschließlich der sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Wertschöpfung, die Geschäftsmodelle sowie die nachgelagerten Dienstleistungen und die Arbeitsorganisation. [Forschungsunion & acatech (2013)]*

Durch die Entwicklung und Implementierung neuer Cyber-Physical Systems können innovative Wege in der Produktion gegangen werden. Schon jetzt wird geredet über die individuelle Serienproduktion, die bessere Planung der Produktion mittels echtzeitnaher Daten und der damit einhergehenden Erhöhung der Produktionsflexibilität bzw. der besseren Reaktionsfähigkeit der Unternehmen auf Marktschwankungen. Die hohe Volatilität der Produktion „on demand“ führt dazu, dass sowohl die Produktionsanlagen als auch die Mitarbeiter/-innen im Unternehmen flexibler einsetzbar sind (SPATH u. a. 2013).

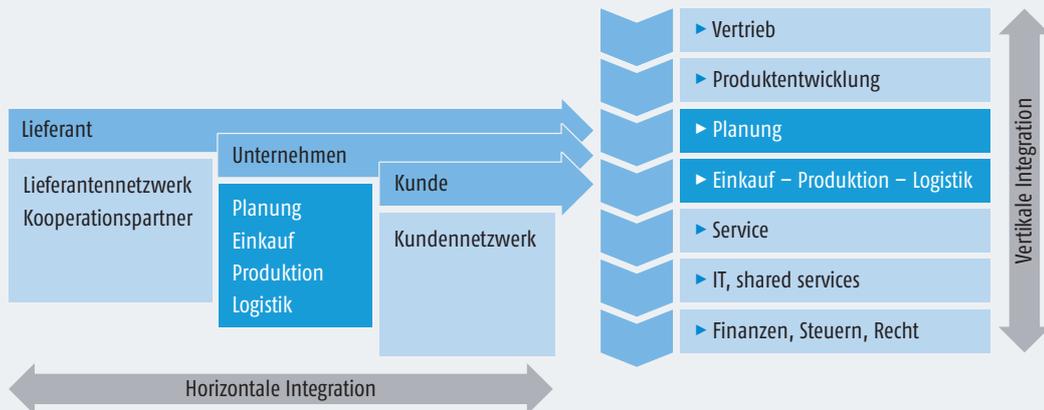
Aber „Industrie 4.0“ bedeutet nicht nur eine intelligente Steuerung und Planung der Produktion innerhalb eines Unternehmens (vertikale Integration), sondern auch über die eigenen Firmengrenzen hinweg (horizontale Integration). Die Schnittstelle zwischen horizontaler und vertikaler Integration ist der Bereich Planung, Einkauf, Produktion und Logistik (vgl. Abbildung 1.2).

<sup>2</sup> CPS – Cyber-Physical Systems – bezeichnet die Verschmelzung der physikalischen mit der virtuellen Welt. D. h., es entsteht eine Vernetzung zwischen Mensch, Maschine, Produkt, Objekt und IKT-System. Als „Objekt“ werden Werkzeuge, Behälter und andere Hilfsmittel bezeichnet, die über Barcodes, Sensoren und Aktoren von passiven zu aktiven Einsatzmitteln in der Produktion mutieren. Maschinen können neben dem Bediener (= Mensch) und anderen Maschinen auch mit den Objekten und Produkten kommunizieren, sodass permanent Informationsströme, z. B. über Auftragsstand, Material- oder Wartungsbedarf, vorhanden sind.

<sup>3</sup> Bezeichnet das Zusammenwachsen von Internet mit dem Gegenstand oder der Dienstleistung. Der Computer ist nicht mehr „nebenstehendes“ Gerät, sondern integraler Bestandteil („embedded system“). Via Barcodes, RFID, Sensoren oder Aktoren werden Produkte mit Zusatzinformationen verknüpft. Ein Beispiel ist die Paketverfolgung über Internet.

Abbildung 1.2

## Horizontale und vertikale Integration

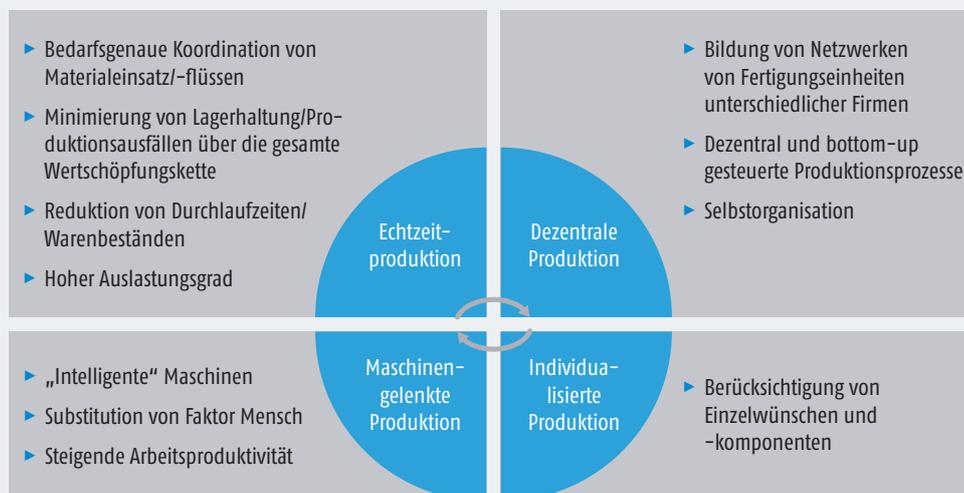


Quelle: PWC 2014 S. 21 – eigene Darstellung.

Mit „horizontaler Integration“ ist eine branchenübergreifende Vernetzung des Produktionsprozesses gemeint. Über digitale Knotenpunkte wird die anfallende Arbeit von Maschinen verteilt. Sie ermitteln selbstständig den Bedarf an Vormaterial, Werkzeug und Personal, bestimmen deren Einsatz und ordern eigenständig bei vorgelagerten Einheiten Materialien nach. Ziel ist es, den Waren- und Informationsfluss innerhalb der Wertschöpfungskette zu optimieren. Die vertikale Integration meint dagegen die Optimierung des firmeninternen Waren- und Datenstromes mit dem Ziel, die Qualität und Flexibilität zu erhöhen. Entscheidend für beide Aspekte der „Industrie 4.0“ ist, dass Informationen in Echtzeit verarbeitet werden können, alle Prozesse entlang der Wertschöpfungskette miteinander vernetzt sind, sich in gegenseitigem Austausch befinden und darüber hinaus selbstorganisiert handeln können. Insbesondere die Selbstorganisation macht deutlich, dass mit „Industrie 4.0“ keine hierarchisch und zentralistisch geplante Produktionsleitung existieren wird, sondern dass das Produkt weiß, wie es verarbeitet werden soll, wofür es gebraucht wird und wohin es transportiert werden muss. Zusammengefasst ergeben sich die folgenden vier Kerncharakteristika des Begriffs „Industrie 4.0“:

Abbildung 1.3

## Charakteristika des Begriffs Industrie 4.0



Quelle: eigene Darstellung.

Beim Übergang in die „Industrie 4.0“ wird der Umbruch in der Produktionsstruktur sicherlich Konsequenzen haben.

## 1.2 Polarisierungsthese

Die Polarisierungsthese beschreibt heute (AUTOR u. a. 2003, GOOS/MANNING 2007) wie früher (KERN/SCHUMANN 1970) die nicht-lineare Beeinflussung von Tätigkeiten und Qualifikationsanforderungen durch den technologischen Wandel. Die Forschungsarbeiten von AUTOR u. a. (2003), AUTOR u. a. (2006), AUTOR u. a. (2013), FREY/OSBORNE (2013), HIRSCH-KREINSEN (2014 a, b), BOWLES (2014), BONIN u. a. (2015) und BAUER (2015) – um nur eine kleine Auswahl an einschlägigen Studien und Stellungnahmen zum Thema Wirtschaft 4.0 zu nennen – stellen insgesamt innovative Beiträge zur Theoriebildung und Erklärung von möglichen strukturellen, insbesondere polaren Verschiebungen in Beschäftigungssystemen dar. Durch diese Untersuchungen wird die Aufmerksamkeit verstärkt gelenkt auf die Digitalisierungspotenziale als die aus Sicht der Autoren zentrale Ursache für mögliche Veränderungen in den betrieblichen Geschäftsprozessen, Tätigkeitsstrukturen und damit letztendlich im Beschäftigungssystem.

Die zugrunde liegende Überlegung bei der „Computerisierung“ oder Digitalisierung ist, dass programmierbare oder Routinetätigkeiten durch Maschinen ersetzt werden – das können (Personal-)Computer sein oder auch programmierbare Maschinen bis hin zu Robotern. Durch diese Ersetzung ergeben sich für Tätigkeiten mit unterschiedlichen Qualifikationsanforderungen unterschiedliche Konsequenzen: Bei Tätigkeiten im mittleren Anforderungsbereich (Schreiben, Rechnen, Buchhaltung, Recherche) fallen die ersetzbaren Anteile weg und damit oftmals der die Tätigkeiten definierende Kern. Berufe, die durch solche Tätigkeiten bestimmt werden, erfahren Beschäftigungsrückgänge und kaum steigende oder sogar sinkende Lohnentwicklungen. Bei Tätigkeiten im niedrigeren und höheren Anforderungsniveau jedoch führt das Wegfallen dieser Inhalte dazu, dass andere berufliche Inhalte mehr in den Vordergrund treten: Ingenieure können einfacher und schneller Tests durchführen, weil Computer diese simulieren; Lagerarbeiter müssen weniger schwer heben, weil Roboter ihnen diese Arbeit abnehmen.

Problematisch ist diese Entwicklung vor allem, weil – gerade in Deutschland – viele Tätigkeiten im mittleren Qualifikationsbereich solche sind, die durch das Absolvieren einer Ausbildung in einem geordneten Ausbildungsberuf erreicht werden. Entfallen diese Tätigkeiten und mit ihnen nach und nach die entsprechenden Berufe, ergibt sich hieraus ein Gefährdungspotenzial für das System der beruflichen Bildung. Ein solches Gefährdungspotenzial für die Tätigkeit in bestimmten Berufen bauen auch FREY/OSBORNE (2013) in ihrer Studie zur Computerisierbarkeit von Berufen auf.

Die reine Replikation der Polarisierungsthese entsprechend FREY/OSBORNE (2013) für Deutschland wird derzeit bereits von einigen Forschergruppen durchgeführt. Eine echte Replikation würde voraussetzen, auch die von FREY/OSBORNE (2013) genutzten Methoden zu verwenden. Diese haben interessanterweise Algorithmen des maschinellen Lernens genutzt, um die Wahrscheinlichkeit der Ersetzung von Tätigkeiten durch Algorithmen des maschinellen Lernens zu bestimmen. Problematisch ist das vor allem, weil solche Algorithmen zunächst angelernt werden müssen – und dieses Anlernen erfolgt durch die von Forschern bestimmten Beispiele. Letztlich ist also die Berechnung der Wahrscheinlichkeit der Computerisierbarkeit bei FREY/OSBORNE eine skalierte und maschinell durchgeführte Zuordnung, die sich mehr oder weniger stark an den durch die Forscher vorgegebenen Klassifizierungsalgorithmen anlehnt. Durch die von ihnen genutzten Daten sind sie ebenfalls nicht in der Lage, ausschließlich die Perspektive von tatsächlich in den Berufen Erwerbstätigen oder von diesen Berufen nutzenden Betrieben abzubilden, weil die Daten Angaben von Erwerbstätigen und Berufsexperten vermengen.

Zuletzt hat sich eine Reihe von Studien mit dem Einfluss von technologischem Wandel auf Arbeit auseinandergesetzt – meist mit der Fragestellung, welche Auswirkungen die Ersetzung von Tätigkeiten durch programmierbare, computergestützte Arbeitsmittel hat. Zunächst (AUTOR u. a. 2003) wurden Ersetzungspotenziale dabei *ad hoc* definiert: Forscherinnen und Forscher haben bestimmten Tätigkeiten Ersetzbarkeit oder Nicht-Ersetzbarkeit unterstellt. Als die einflussreichste Studie in diesem Zusammenhang ist wahrscheinlich die von FREY/OSBORNE (2013) zu nennen, die eben diese Setzung genauer untersucht. Sie baut auf wichtige Vorarbeiten von AUTOR u. a. (2003) und GOOS/MANNING (2007) wie auch BLINDER (2009) auf. All diesen Studien ist gemein, dass sie die Situation im amerikanischen oder anglo-amerikanischen Raum betrachten. Dort gibt es kein dem deutschen vergleichbares und ebenso stark ausgebildetes System beruflicher Bildung; entsprechend sind die Anteile von Personen mit „mittleren“ (also berufsbildenden) Qualifikationen an der Bevölkerung andere – und zum Teil auch die Tätigkeiten, die sie ausüben (BONIN u. a. 2015, S. 11 f.). Wenn FREY/OSBORNE davon sprechen, dass 47 Prozent der Berufe durch Computerisierung vom Verschwinden bedroht sind, dann liegt diesen Berufen keine vergleichbare institutionalisierte Ausbildung wie in Deutschland zugrunde.

Was genau sie unter „Computerisierung“ verstehen, lehnen FREY/OSBORNE (2013) ebenfalls an AUTOR u. a. (2003) an: Es ist eine Automatisierung durch den Einsatz von computergesteuerten Maschinen gemeint (FREY/OSBORNE 2013, S. 2). Die Perspektive der Autoren ist eher die eines Ingenieurs; denn sie wollen die Grenzen der Überführung von Tätigkeiten in automatisierbare Abläufe ausloten und nutzen dazu (Experten-)Wissen über die zu erwartenden Einsatzmöglichkeiten von Computern und computergesteuerten Maschinen. Dementsprechend gehen sie beispielsweise davon aus, dass Kassiererinnen und Kassierer bald vollständig entfallen könnten, da diese Tätigkeiten in Selbstbedienungsterminals automatisierbar zur Verfügung stehen.

Konkret gehen FREY/OSBORNE (2013) dabei über die Annahmen von AUTOR u. a. (2003) hinaus, weil sie explizit auch die Ersetzung von Nichtroutine-Aufgaben zulassen (FREY/OSBORNE 2013, S. 24). Der Begriff „Routine“ ist in diesem Zusammenhang tendenziell irreführend. Während alltagssprachlich und auch sozialwissenschaftlich wie pädagogisch damit ein Konzept angesprochen ist, das Erfahrungen einschließt, die ein Mensch gemacht hat und die ihn befähigen, bestimmte Handlungen in bestimmten Situationen routiniert zu vollziehen (wie auch in den Handlungsrekonstruktion in der Wissenshermeneutik (OEVERMANN 1973, MAASEN 2009)), ist damit in dieser Diskussion, weil aus dem Englischen entlehnt, eher eine Programmroutine zu verstehen.

FREY/OSBORNE übergehen, dass bei vielen beruflichen Tätigkeiten eine nicht-technische oder nicht-technologische Dimension eine wichtige Rolle spielt: menschliche Interaktion in einem sie ordnenden und strukturierenden Geflecht von rechtlichen und sozialen Rahmenbedingungen, also Gesetzen und Normen. Genauso wenig wie das Bezahlen im Supermarkt einfach auf Maschinen übertragbar ist, können Tätigkeiten wie das Pflegen, Betreuen und Gesprächsführen in Pflegeberufen ersetzt werden, da dem Kunden oder Patienten nicht zugemutet wird, statt eines menschlichen Gegenübers mit einer Maschine zu interagieren. BONIN u. a. (2015) weisen mehrfach darauf hin, dass bei solchen Ersetzungsprozessen ethische, rechtliche wie auch zeitliche Aspekte eine bedeutende Rolle spielen können, welche die tatsächliche Ersetzung von Tätigkeiten verzögern, erschweren oder gar unmöglich machen.

Auch bei FREY/OSBORNE bleibt prinzipiell die Überführung von Arbeitsaufgaben in „Routinen“ die Grundlage für Computerisierung. Der Begriff der Routine ist an dieser Stelle etwas irreführend. Während unser Alltagsverständnis damit eingeübte Handlungsabfolgen meint, die ohne größere Überlegungen abgerufen werden können, ist hier die Übersetzung einer Handlung in programmierbare Abläufe gemeint. Damit ist „Routine“ im Sinne von Programmierbarkeit eigentlich etwas, das im deutschsprachigen Diskurs eher als Monotonie von Arbeitsaufgaben bezeichnet werden würde – eine detailgenau festgelegte, sich wiederholende Abfolge von Arbeits-

ablaufen, in denen sich die einzelnen Arbeitsgänge immer wiederholen. Die von FREY/OSBORNE so bezeichneten „Flaschenhälse“ („engineering bottlenecks to computerization“, FREY/OSBORNE 2013, S. 24) erweitern zwar die Einsatzmöglichkeiten von Maschinen, aber sie beziehen sich in der Hauptsache auf Lern- und lernende Algorithmen, die effizientere Verknüpfung und Verarbeitung von Wissen und einen Schritt von sequentiellen Algorithmen hin zu inkrementellen und gleichzeitigen Bearbeitungen von Rechenanforderungen. Damit können auch Tätigkeiten ersetzbar werden, deren Arbeitsabläufe weniger klar geregelt sind oder die Entscheidungen zwischen (bekannten) Alternativen umfassen. Das Konzept von „programmierbaren Routinen“ wird so technisch ausgeweitet.

BEN-NER/URTASUN (2013) machen darauf aufmerksam, dass durch die Einführung von computergestützten Arbeitsmitteln die Aufgabenspektren von Berufstätigkeiten verändert werden: Waren sie vor der Einführung der neuen Technologien im unteren Anforderungsbereich und weniger komplex, dann droht ein „deskilling“, also eine Abnahme an Anforderungen und Komplexität, oder es lässt sich keine Veränderung feststellen. Waren sie geprägt durch hohe Anforderungen oder hohe Komplexität, so erfolgt eine Ausweitung der Aufgaben und damit der Komplexität. Dies sind die Prozesse, die sich auch im „task-approach“ finden und entsprechend auch von PFEIFFER/SUPHAN (2015, S. 10) als Substituierung und Komplementarität beschrieben werden – als „Substitutionseffekt (Routinearbeiten werden ersetzt) und Komplementaritätseffekt (Unterstützung von Kreativität, Flexibilität und komplexer Kommunikation und damit von Nicht-Routine-Tätigkeiten)“.

Genauer sehen BEN-NER/URTASUN (2013) die Gründe für die Einführung von computergestützten Technologien in eben dieser zeitlich davor liegenden Komplexität und Anforderung. In wenig komplexen Berufen/Tätigkeiten werden, wenn überhaupt, nur solche Technologien eingesetzt, die tatsächlich zu einem „deskilling“ führen. In komplexen Berufen/Tätigkeiten werden solche Technologien eingesetzt, die zu einer Ausweitung der Aufgabenspektren führen. Damit beschreiben AUTOR u. a. (2003), dass in routine-bestimmten Tätigkeiten computergestützte Technologien eingeführt werden, und BEN-NER/URTASUN (2013) stellen dar, welche Technologien unter welchen Bedingungen eingeführt werden. Der eigentliche Grund wird jeweils (implizit) darin gesehen, dass sich Produktivitätsvorteile durch die Nutzung dieser Technologien ergeben.

PFEIFFER/SUPHAN (2015) beschreiben, dass die aktuellen Studien im Bereich der Technologisierung und ihrer Auswirkungen auf Berufstätigkeiten sämtlich einen eher defizitorientierten Blick haben. Es gehe darum, solche Tätigkeiten, die mit neuen Technologien besser bearbeitet werden können (sprich: schneller, effizienter, ohne Pausen aufgrund von Ermüdungserscheinungen und so fort), zu identifizieren. Also frage man nicht nach spezifischen Fähigkeiten oder Vermögen der Erwerbstätigen, obwohl gerade damit Potenziale im Umgang mit neuen Technologien sichtbar gemacht werden könnten. Solche Potenziale würden die Erwerbstätigen dazu befähigen, das Gesamtbündel ihrer Tätigkeiten nicht ersetzen zu lassen, sondern bei ihrer Arbeit durch Maschinen unterstützt zu werden. Das Arbeitsvermögen, das die beiden Autorinnen vorschlagen, lehnt sich dabei eng an berufliches Erfahrungswissen an, das auch situativ und intuitiv sein kann. Immer geht es dabei jedoch um Menschen, die in einer beruflichen Situation Entscheidungen treffen. Nun kommen solche Entscheidungssituationen auf jeder Art von Arbeitsplatz vor, also sowohl beim angelernten Maschinenbediener, der eingreifen muss, um die Produktion aufrechtzuerhalten, als auch bei der Technikerin oder Ingenieurin oder dem Techniker oder Ingenieur, die oder der bei einem Störfall die Maschinen wieder in Ordnung bringen muss. So kommen sie, unter Nutzung der Daten der Erwerbstätigenbefragung 2012, zu dem Ergebnis, dass „71% der Erwerbstätigen in Deutschland befähigt sind, häufig mit Komplexität umzugehen“ (PFEIFFER/SUPHAN 2015, S. 27).

Hieraus ergeben sich eine Reihe von denkbaren Folgen durch die Einführung von computer-gestützten Arbeitsmitteln: Routinetätigkeiten und durch diese dominierte Berufe werden ersetzt und entfallen, außerdem erfolgt hier ein „deskilling“, und es drohen stagnierende oder sinkende Lohnentwicklungen. Komplementär werden Nicht-Routinetätigkeiten durch den Einsatz solcher Technologien insofern befördert, als dass die Nachfrage nach ihnen steigt (steigende Beschäftigung), die Lohnentwicklung positiv ist und die Aufgabenspektren breiter werden. Für die Analyse von Ersetzungspotenzialen ergibt sich zusammenfassend, dass sie auf der Ebene von Arbeitsplätzen ansetzen sollte und neben der reinen Programmierbarkeit von Tätigkeiten auch Aspekte wie das Anforderungsniveau oder die Komplexität beachten sollte, ferner die Mehrdimensionalität beruflicher Tätigkeiten.

Die Mehrdimensionalität beruflicher Tätigkeiten ist in empirischen Daten jedoch nicht einfach zu erfassen. Daher versuchen auch die Messkonzepte, die den bisherigen Untersuchungen zu Ersetzbarkeiten und dem Task-approach unterliegen, diese sinnvoll zu verringern. Ein vielversprechender Ansatz ist dabei der von AUTOR u. a. (2003) vorgeschlagene, die Routine- und Nichtroutine-Aufgaben auf der einen und analytische oder interaktive und manuelle Tätigkeiten auf der anderen Seite zu betrachten. In der Operationalisierung nutzen sie Angaben aus dem amerikanischen O\*net. Darin sind Berufen bestimmte Aufgaben zugewiesen, diese Aufgaben wiederum wurden von den Autoren als entweder Routine (Routine-manuell oder Routine-kognitiv) oder Nichtroutine (analytisch, interaktiv oder manuell) eingeschätzt. Da das O\*net größtenteils auf Experteneinschätzungen beruht, ist dieses Vorgehen eher ein normatives. Allerdings basieren Teile der Angaben im O\*net auf Umfragedaten. Dazu kommt, dass speziell in Deutschland, aber auch in den USA und in Großbritannien, Umfragedaten genutzt wurden, um die Aufgabenbündel zu bestimmen, die sich direkt auf Einzeltätigkeiten bezogen. Letztlich bleibt jedoch die Aufgabe der Forscherinnen und Forscher, einzelne Tätigkeiten oder Aufgaben zuzuordnen, was zu Ad-hoc-Zuordnungen im Rahmen dieses eher normativen Zugangs führte.

FREY/OSBORNE (2013) definieren direkt die Ersetzbarkeit von Berufen, jedoch auch normativ – indem sie in einem Workshop mit Expertinnen und Experten einen Teil der Berufe der SOC-Berufsklassifikation (70 Berufe) als entweder ersetzbar oder nicht ersetzbar definierten. Nach diesem normativen Zugang erledigten, wie oben beschrieben, lernende Algorithmen die Zuweisung von Wahrscheinlichkeiten zuerst für die übrigen Berufe der Klassifikation und dann auch für die ursprünglichen. Vergleichbar verfahren DENGLER/MATTHES (2015), die den Berufen in der deutschen Klassifikation die Merkmale ersetzbar/nicht ersetzbar (auf der Ebene der sie bestimmenden Einzeltätigkeiten) zuschreiben. BONIN u. a. (2015) übertragen die Wahrscheinlichkeit von FREY/OSBORNE mit einem Umsteigeschlüssel auf andere Berufsklassifikationen, die sie dann für ihre Analysen nutzen.

PFEIFFER/SUPHAN (2015) nutzen größere Itembatterien der Erwerbstätigenbefragung, um den Arbeitsvermögensindex zu bilden. Damit bleiben sie in der Operationalisierung des Index auf der Ebene der befragten Personen und nutzen weder Experteneinschätzungen noch nehmen sie normative Setzungen vor.

### 1.3 Fragestellung und zusammenfassende Ergebnisse

Folgende Fragen sollen im Folgenden untersucht werden:

- ▶ Wurden bzw. werden bereits Menschen durch Maschinen/digitalisierte Prozesse ersetzt?
- ▶ In welchem Ausmaß und wo werden die Ersetzungspotenziale realisiert?

Hierfür wurde eine Replikation der Polarisierungsthese entsprechend FREY/OSBORNE für Deutschland durchgeführt.

Mit diesem ersten Schritt sollen die in Deutschland möglicherweise vorhandenen Potenziale für eine Digitalisierung beruflicher Tätigkeiten untersucht werden. Dabei ist zu bedenken, dass im Gegensatz zu den auf anglo-amerikanische Arbeitsmärkte ausgerichteten aktuellen Studien, die im Vorfeld genannt wurden, in Deutschland durch die (institutionelle) Ausgestaltung der beruflichen Qualifizierung eine spezifisch andere Situation herrscht. Es gibt eine enge Verzahnung zwischen den Systemen, die berufliche Bildung generieren (duales System, Fachschulen, Weiterbildungen) und dem Arbeitsmarkt, die augenfällig darin wird, dass Vakanzen für Stellen nur in äußerst seltenen Ausnahmefällen nicht unter Bezug auf eine berufliche Qualifizierung ausgeschrieben werden. Dies gilt besonders im Bereich sogenannter mittlerer Qualifikationen, zu denen die Abschlüsse in geordneten Berufen nach Berufsbildungsgesetz (BBiG) oder Handwerksordnung (HwO) gehören.

Auch ist die Durchdringung der Gesellschaft von diesen Qualifikationen hoch: Noch 2011 lag der Anteil derjenigen mit einer beruflichen Ausbildung bei über 50 Prozent, der Anteil derjenigen mit akademischer Ausbildung ist angestiegen auf über 10 Prozent (Quelle: Destatis, Bildungsstand der Bevölkerung). Tatsächlich kann für Deutschland nicht zweifelsfrei empirisch nachgewiesen werden, dass die Anteile von Routinetätigkeiten über die Zeit abnehmen. Im Gegenteil finden ROHRBACH-SCHMIDT/TIEMANN (2013, S.230), dass seit 1998/99 wieder ein Anstieg an Routinetätigkeiten zu beobachten ist. Inwieweit die Veränderung beruflicher Tätigkeiten also tatsächlich erstens gemäß deren Digitalisierungs- und Automatisierungspotenzial und zweitens unter Wegfall der entsprechenden Arbeitsplätze stattfindet, muss unter diesen besonderen Vorzeichen betrachtet werden.

#### ► Aus Sicht der Beschäftigten (→ Kap.2)

Welche Entwicklung haben von 1979 bis 2012 die Beschäftigung und die Löhne genommen – insbesondere vor dem Hintergrund der Entwicklungen von Routineinhalten oder -aufgaben? Über die Zeit sollten gerade in Berufen mit „mittlerem“ Qualifikationsniveau (in Deutschland also berufliche Qualifikationen) Ersetzungspotenziale realisiert werden bzw. Routineaufgaben entfallen, was für diese Gruppe zu sinkender Beschäftigung und sinkenden oder weniger stark steigenden Löhnen führte. Auf der anderen Seite würden dann zusätzlich Routineaufgaben von niedrig und auch von akademisch Qualifizierten übernommen; diese beiden Gruppen erführen Beschäftigungszuwächse und höhere Lohnsteigerungen.

#### Datenquelle: BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung

Die BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragungen sind repräsentative Erhebungen unter Kernerwerbstätigen in Deutschland. Sie werden vom BIBB und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) durchgeführt. Als Kernerwerbstätige gelten Befragte, wenn sie mindestens zehn Stunden in der Woche gegen Bezahlung arbeiten und mindestens 15 Jahre alt sind. Derzeit liegt der Stichprobenumfang bei 20.000 Personen. Die Querschnitterhebungen finden alle sechs bis sieben Jahre statt, erstmals war dies 1979 der Fall. Damit können auf Aggregatebene (Berufe, Branchen, Tätigkeiten) auch längsschnittliche Analysen durchgeführt werden.

Die beiden Kernthemen der Befragungen sind „Erwerb und Verwertung beruflicher Qualifikationen“ und „Arbeit und Beruf im Wandel“, die auch beide vom BIBB bearbeitet werden. Einen weiteren Schwerpunkt, der federführend von der BAuA verantwortet wird, bilden psychische und physische Arbeitsbelastungen. Daneben stehen wechselnde Themenschwerpunkte wie die Situation älterer Erwerbstätiger (in 2012), die nach Aktualität und Bedarf bearbeitet werden können. Die Erwerbstätigenbefragung bietet die Möglichkeit, gezielt für bestimmte Gruppen von Erwerbstätigen (Fortgebildete, kaufmännisch Tätige) oder bestimmte Themen (Tätigkeiten) Nachbefragungen durchzuführen. Dabei werden die Befragten, die einer weiteren Teilnahme zugestimmt haben, erneut befragt. So entstehen umfangreiche und detaillierte Datensätze. Die Daten werden zeitnah über das Forschungsdatenzentrum des BIBB der wissenschaftlichen Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Die Nachfrage unter externen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ist groß. Damit wird

zum einen die Möglichkeit für Replikationsstudien eröffnet, zum anderen werden von den Beteiligten nicht im Detail untersuchte Themen behandelt.

In der derzeit aktuellen Erwerbstätigenbefragung von 2011/12 sind, wie in den vorherigen Erhebungen auch, Angaben zu Berufen, Branchen, (bis zu fünf abgeschlossenen) Ausbildungen, am Arbeitsplatz ausgeführten Einzeltätigkeiten, den geforderten Fachkenntnissen und weiteren Anforderungen enthalten. Diese können genutzt werden, um ein dreidimensionales Modell zur Beschreibung beruflicher Inhalte zu füllen, deren Dimensionen der Routine, Kognition und Objektbezogenheit wie beschrieben für die Analyse der Digitalisierungspotenziale geeignet sind.

In Berufshauptfeldern und Berufsfeldern mit höheren Anteilen Erwerbstätiger ohne berufliche Qualifikation bestehen eher höhere Routineanteile/Ersetzungspotenziale. Die im Mittel höchsten Anteile an Routine haben primäre Dienstleistungsberufe, die niedrigsten weisen sekundäre Dienstleistungsberufe auf. Bei der Frage danach, ob bestimmte Erwerbstätige eher höhere oder niedrigere Ersetzungspotenziale an ihren Arbeitsplätzen erwarten, stellten sich als bestärkende Faktoren unter anderem heraus: die nicht erfolgte Einführung neuer Technologien oder neuer Maschinen in den vergangenen zwei Jahren, keine Vorgesetztenfunktion zu haben sowie Unterforderung und formaler Mismatch (eher bei Unter-, aber auch bei Überqualifikation). Eine Tätigkeit in Büro- und kaufmännischen Dienstleistungsberufen ist ebenfalls mit höheren Routinewerten assoziiert. Abschwächend wirken das Anforderungsniveau des Arbeitsplatzes, die Arbeitszeit (je mehr, desto weniger Routine) und die Art der Computernutzung, wenn sie über reine Anwendung hinausgeht. Eine Tätigkeit in Lehrberufen ist mit niedrigeren Routinewerten verknüpft.

Bei Strukturgleichungsmodellen, mit denen der Einfluss des Ersetzungspotenzials auf die Arbeitszufriedenheit untersucht wurde, konnte in einer konfirmatorischen Faktorenanalyse die Indexbildung für die Routinewerte/das Ersetzungspotenzial bestätigt werden.

Insgesamt sinken die Werte für das Ersetzungspotenzial/die Routine über die Zeit. In einigen Berufsfeldern konnten „typische“ Verläufe festgestellt werden, die aber nicht alle mit den Annahmen einer Polarisierung zur Deckung gebracht werden können. Teilweise führte die Computerisierung der Arbeitsplätze beispielsweise nicht zu einem überdurchschnittlichen Beschäftigungsrückgang, teilweise fallen deutliche Beschäftigungsverluste und leicht sinkende Routineanteile mit konstanten Rangplätzen der Routine im Vergleich zu allen anderen Berufsfeldern auf. Ebenso finden sich konstant niedrige Rangplätze von Berufsfeldern und steigende Beschäftigung. In einem Berufsfeld zeigt sich ein Beschäftigungsrückgang, der allerdings durch Outsourcing zu erklären ist.

Man kann ferner nicht annehmen, dass beispielsweise die Beschäftigten aus den Büroberufen in die sozialen Berufe gewechselt sind. Allerdings wäre möglich, dass Teile der Aufgaben der Erwerbstätigen in Büroberufen übertragen wurden auf die in den sozialen Berufen Tätigen, was jedoch den dortigen Beschäftigungszuwachs nicht erklärt. Insgesamt nimmt die Beschäftigung in Berufen mit interaktiven Aufgaben zu, in denen ein eher höheres Qualifikationsniveau vorherrscht. Da aber auf der anderen Seite in Berufsfeldern mit mittleren Qualifikationen (die Büroberufe sind nur ein Teil davon, und hier finden sich eine Reihe von Berufen, die sowohl produktionsbezogene als auch sekundäre Dienstleistungsberufe sind) nicht durchgehend Beschäftigungsrückgänge zu finden sind, kann auch hier eher von einem Upgrading gesprochen werden. Die Mediane der Routine/Ersetzungspotenziale steigen in den letzten zwei bis drei Erhebungen (seit 1999) für Erwerbstätige ohne berufliche und mit akademischer Qualifikation. Für beruflich Qualifizierte sinken sie. Allerdings liegen die mittleren 50 Prozent der Verteilungen für alle Qualifikationsniveaus nah beieinander und überlappen sich.

Es gibt Unterschiede des Ersetzungspotenzials zwischen Berufsfeldern auf den Lohn der Erwerbstätigen, die allerdings durch die Zeit moderiert sind und alle negative Vorzeichen haben. In keinem Berufsfeld sind Routineaufgaben mit vergleichsweise höheren Löhnen assoziiert. Dennoch können diese Unterschiede in der Routine zu bestimmten Zeitpunkten auf Berufsfeldenebene zehn Prozent der Unterschiede in den Löhnen von Erwerbstätigen erklären.

Eine Polarisierung konnte schließlich nur für den Zeitraum zwischen 1992 und 1999 auf der Ebene von Berufshauptfeldern gefunden werden (in Bezug auf durchschnittliche Löhne und Veränderungen in der Beschäftigung) – die aber für den gleichen Zeitraum mit anderen Berufsgruppierungen (hier Berufsfeldern) schon nicht mehr gezeigt werden konnte. Die Wahl der Vergleichszeiträume und der Aggregationsebenen scheint also hier entscheidend zu sein. Zwischen 1979 und 1992 erkennt man eher ein Upgrading, von 1992 bis 2012 tendenziell auch. Eine Polarisierung im engeren Sinne zeigt sich an sich nur zwischen den Erwerbstätigen mit akademischer Qualifikation auf der einen und denen ohne berufliche Qualifikation auf der anderen Seite – was aber der derzeit diskutierten Polarisierungsthese widerspricht, die Erwerbstätige mit mittleren Qualifikationen als die Verlierer sieht.

Zwingende Belege für eine andauernde Polarisierung der Beschäftigten in Deutschland seit 1979 konnten insgesamt betrachtet also nicht gefunden werden. Allerdings gibt es einen negativen Einfluss von Routineinhalten auf das Lohnniveau von Beschäftigten, und auch ein Upgrading der Erwerbstätigen ließ sich zeigen. Wenn viele Faktoren – von den Preisen für computerisierte Maschinen oder Industrieroboter über Reorganisationen von Unternehmen bis hin zu bestimmten Möglichkeiten und Eigenschaften der Beschäftigten – zusammenkommen, kann unter Umständen auch eine Polarisierung stattfinden. Ob diese aber dauerhaft ist, bleibt wiederum fraglich.

#### ► Aus Sicht der Betriebe (→ Kap. 3)

In Deutschland existieren im Vergleich zu den USA und anderen europäischen Ländern sehr heterogene Beschäftigungsmuster. Zwar gibt es Betriebe mit polarer Beschäftigungsentwicklung, allerdings lässt sich weder ein überdurchschnittlicher Anteil noch ein globaler Trend konstatieren. Vielmehr zeigt sich eine Tendenz zum qualifikatorischen „Upgrading“, von der beruflich qualifizierte Beschäftigte des mittleren Qualifikationssegments und akademisch ausgebildete Fachkräfte profitieren.

#### Datenquelle: BIBB-Qualifizierungspanel

Das Betriebspanel zu Qualifizierung und Kompetenzentwicklung des Bundesinstituts für Berufsbildung ist eine repräsentative, jährliche Befragung von 3.500 Betrieben in Deutschland, die erstmalig im Jahr 2011 durchgeführt wurde.<sup>4</sup> Das BIBB-Qualifizierungspanel hat zum Ziel, detaillierte Informationen über die Strukturen, Entwicklungen und Zusammenhänge betrieblicher Qualifizierungsmaßnahmen und betrieblich-qualifikatorischer Arbeitskräftenachfrage zu liefern. Schwerpunkt der Befragung bilden die nach innen und außen gerichteten Aktivitäten der Betriebe und Unternehmen zur Deckung ihres Qualifikations- und Fachkräftebedarfs. Dazu zählen Handlungsfelder wie die betriebliche Ausbildung und die formelle und informelle Weiterbildung, der Bereich der innerbetrieblichen Aufstiegsmöglichkeiten, die Rekrutierung von Arbeits- und Fachkräften vom externen Arbeitsmarkt, die systematische Weiterentwicklung beruflicher Kompetenzen der Beschäftigten.

<sup>4</sup> Die jährlichen Erhebungen wurden bis zum Jahr 2015 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützt und von Infratest Sozialforschung bis 2014 durchgeführt, danach aus Eigenmitteln des BIBB verstetigt und wurden 2015 von infas – Institut für angewandte Sozialwissenschaft – übernommen.

Erhoben werden zudem alljährlich Personalstrukturen nach Tätigkeitsniveaus und beruflichen Abschlüssen, Angaben, mit denen die Polarisierungsthese oder andere Strukturveränderungen untersucht werden können. Hinzu kommt, dass das BIBB-Qualifizierungspanel als Panelerhebung geeignet ist, Veränderungen im Zeitverlauf auf Einzelbetriebsebene branchen- und berufsübergreifend und Zusammenhänge zwischen betrieblichen Handlungsfeldern und -praktiken darzustellen und auf kausale Zusammenhänge zu untersuchen.

Polarisierungsentwicklungen gehen nur teilweise mit der Einführung digitaler Technologien einher, da diese unterschiedliche Effekte auf die Beschäftigungsentwicklung zeigen. So führen digitale Technologien in Teilen der Betriebe zu einem „Upgrading“ der Qualifikationsstruktur, während es wiederum Betriebe gibt, die auch ohne die Einführung neuer Technologien polare Beschäftigungstendenzen aufweisen. Eine Hypothese für weitere Analysen kann lauten, dass die Einführung von Informations- und Kommunikationstechnologien Beschäftigte mit hochqualifizierten Tätigkeiten begünstigt, wohingegen durch die Einführung von Produktions- und Steuerungstechnologien komparative Vorteile für ungelernete oder anzulernende Beschäftigte entstehen.

In der deutschen Wirtschaft gibt es deutliche Asymmetrien im Digitalisierungsniveau. So weisen Großbetriebe und der gesamte Bereich der größeren mittelständischen Betriebe einen höheren Digitalisierungsgrad auf als Kleinstbetriebe und kleinere Mittelständler, die insbesondere bei digitalen Technologien zur Vernetzung mit Kunden und Lieferanten als auch zur Sammlung, Speicherung und Verarbeitung von Daten noch Nachholbedarf haben. Durchschnittlich investieren Betriebe nur jeden fünften Euro ihrer Gesamtinvestitionen in den Ausbau ihrer digitalen Infrastruktur. Besonders hinterher hinken die Bauwirtschaft und der öffentliche Sektor. Das produzierende Gewerbe weist ebenfalls unterdurchschnittliche Investitionsquoten auf. Vorreiter ist der Dienstleistungssektor.

Anhand der von unterschiedlichen Beschäftigtengruppen ausgeübten Tätigkeiten wurde mittels einer Hauptkomponentenanalyse der Qualifizierungspanel-Ersetzbarkeitsindex (QPE) errechnet, welcher das Ersetzungspotenzial für einzelne Wirtschaftszweige angibt. Bei der Zusammensetzung des Index wird deutlich, dass „Interaktivität/Subjektbezug“ und „Kognition“ von Tätigkeiten eine hervorgehobene Rolle für die Ersetzbarkeit spielen, wohingegen sich eine geringere Bedeutung von „Routine“ zeigt.

#### ► Beschäftigtenstruktur in der Wirtschaft 4.0 bis zum Jahr 2025 (→ Kap. 4)

Im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen wurde auf der Grundlage der 4. Welle (MAIER u. a. 2016) ein Wirtschaft-4.0-Szenario erstellt (WOLTER u. a. 2016).<sup>5</sup> Danach wird sich die Zahl der Erwerbstätigen in einer zukünftigen digitalisierten Arbeitswelt von derzeit rund 43 Millionen auf 43,4 Millionen Erwerbstätige erhöhen. Im Szenario fallen im Zeitraum bis 2025 etwas mehr als 1,5 Millionen Arbeitsplätze weg, und knapp 1,5 Millionen Arbeitsplätze kommen hinzu. Somit bleibt unter dem Strich insgesamt nur ein Minus von rund 30.000 Arbeitsplätzen in einer digitalisierten Arbeitswelt.

<sup>5</sup> Die aufeinander aufbauenden Teilszenarien sind wie folgt gegliedert: (1) erhöhte Ausrüstungsinvestitionen, (2) erhöhte Bauinvestitionen, insbesondere für Leitungsausbau, (3) Wirkungen der Digitalisierung auf veränderten Material- und Personalaufwand, (4) Änderung der Berufsfeldstruktur wegen der Berücksichtigung von Ersetzungspotenzialen (Ersetzung von Routinearbeiten durch automatisierte Prozesse) und (5) aus der Digitalisierung entstandene Nachfrage nach neuen Gütern.

## BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen (QuBe)

Mit der Grundvorstellung, dass Projektionen über die zukünftige Entwicklung des Arbeitsmarktes immer eine Folge dessen sind, was wir in der Vergangenheit erlebt haben bzw. dessen, was wir gegenwärtig als richtungsweisend wahrnehmen, entstand 2007 das QuBe-Forschungskonsortium. Unter Federführung des Bundesinstituts für Berufsbildung und des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) wurden unter Mitwirkung des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Informationstechnik (FIT) und der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS) langfristige „Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen“ erstellt (HELMRICH/ZIKA 2010, HELMRICH u. a. 2012, MAIER u. a. 2014a, ZIKA u. a. 2012). Anhand von Modellrechnungen wird aufgezeigt, wie sich das Angebot und die Nachfrage nach Qualifikationen und Berufen langfristig entwickeln können. Die Projektionen zeichnen sich dadurch aus, dass sie sowohl das Arbeitsangebot als auch die Arbeitsnachfrage untergliedert nach 50 Berufsfeldern und fünf Qualifikationsstufen und vier Anforderungsniveaus darstellen und bei deren Gegenüberstellung zugleich empirisch nachweisbare Ausgleichsprozesse zwischen den Erwerbspersonen mit ihrem erlernten Beruf und den benötigten Erwerbstätigen nach ausgeübtem Beruf durch berufliche Flexibilitätsmatrizen berücksichtigen (MAIER u. a. 2014b).

Im September 2016 ist die 4. Welle der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen erschienen, deren Projektionszeitraum bis 2035 reicht (MAIER u. a. 2016).

Die „Wirtschaft 4.0“ beschleunigt den Strukturwandel hin zu mehr Dienstleistungen. Die Digitalisierung wird somit nicht eine neue Arbeitswelt schaffen, sondern sie beschleunigt den Weg hin zu diesem Strukturwandel. Landwirtschaft und Forstwirtschaft verlieren in der „Wirtschaft 4.0“ etwas an ihrem Beschäftigungsumfang. Auch das Produzierende und Verarbeitende Gewerbe verliert zunehmend an Bedeutung. Der geringe Aufwuchs an Beschäftigung im primären Dienstleistungssektor erfolgt bis zum Jahr 2025. Rückläufig ist die Beschäftigung in der „öffentlichen Verwaltung“. Ganz anders ist die Situation im sekundären Dienstleistungssektor. Dieser Bereich profitiert von einer digitalen Arbeitswelt. Dies gilt insbesondere für die Branchen „Erziehung und Unterricht“, „Gesundheitswesen“, „Heime und Sozialwesen“ und „Häusliche Dienste“.

### ► Änderung der Berufsfeldstruktur wegen der Berücksichtigung von Ersetzungspotenzialen (Ersetzung von Routinearbeiten durch automatisierte Prozesse) (→ Kap. 4.2)

In dem QuBe-Wirtschaft-4.0-Szenario wurden auch mögliche Ersetzungspotenziale von Routinearbeit durch automatisierte Prozesse angenommen und entsprechend in das Szenario integriert.

Dabei wurde hier die Bestimmung des Routineanteils nach DENGLER/MATTHES (2015; siehe Infokasten Kapitel 4) verwendet. Diese Wahl des Ersetzbarkeitsmaßes ist durchaus nicht trivial, wie sich an den Analysen in Kapitel 4 zeigt. Um zu veranschaulichen, dass Maße, welche auf Arbeitnehmer- bzw. Arbeitsgeberangaben basieren, zum Teil zu stark unterschiedlichen Ergebnissen kommen, stellen wir die Ergebnisse einer veränderten Berufsstruktur gemäß PFEIFFER und SUPHAN (2015; siehe Infokasten Kapitel 4), TIEMANN (Kapitel 2) und des Ersetzbarkeitsmaßes QPE auf Basis des BIBB-Qualifizierungspanels (Kapitel 3) denen nach DENGLER/MATTHES (2015) gegenüber.

Unsere Analyse zeigt, dass häufiger Unterschiede zwischen dem Substituierbarkeitspotenzial von DENGLER/MATTHES (2015) und den anderen drei alternativen Maßen festzustellen sind und somit, dass Einschätzungen von Arbeitgebern und Arbeitnehmern häufiger als erwartet dieselbe Richtung einschlagen und sich im Gegensatz zum Teil stark von den Ergebnissen auf Basis normativer Setzungen abheben. Dies liegt zum Großteil daran, dass die alternativen Maße ein breiteres Konzept von Routine abbilden als DENGLER/MATTHES (2015) und die Anteile von kreativen und kognitiven Tätigkeiten in den Berufen mitberücksichtigen. So schneiden zum Beispiel

die „Techniker/-innen“ mit dem Substituierbarkeitspotenzial deutlich schlechter ab als mit den anderen Indizes.

Ein weiterer interessanter Befund ist, dass gemäß Einschätzungen von Arbeitnehmerinnen/Arbeitnehmern und Arbeitgebern weniger Stellen für Fachkräfte, aber mehr für Helfer/-innen, abgebaut werden als bei der Berücksichtigung des Maßes von DENGLER/MATTHES (2015). Zeitgleich werden jedoch auch weniger Expertenpositionen aufgebaut.

## 1.4 Folgerungen

**1. Der Berufs- und Tätigkeitswandel und vor allem der Branchenwandel hin zu einer technologiegestützten Dienstleistungsgesellschaft beschleunigen sich.** Die getroffenen Annahmen wirken zugunsten der ökonomischen Entwicklung. Das bedeutet aber auch, dass bei einer verzögerten oder gar verschleppten Umsetzung der Digitalisierung sich die Annahmen gegen den Wirtschaftsstandort Deutschlands wenden: Wir würden dann weniger exportieren und mehr „neue“ Güter im Ausland nachfragen. Denn festzustellen ist eine deutliche Asymmetrie im Digitalisierungsniveau in der deutschen Wirtschaft. Zwar hat die Nutzung digitaler und hardwarebezogener Technologien in der deutschen Wirtschaft schon ein betriebsübergreifend durchgängig hohes Niveau erreicht, in der Nutzung softwarebezogener Technologien, die z. B. zur Vernetzung mit Kunden und Lieferanten oder zur Sammlung, Speicherung und Verarbeitung von Daten genutzt werden können, ergeben sich immer noch deutliche Asymmetrien.

Das heißt, Großunternehmen und der gesamte Bereich der größeren mittelständischen Betriebe weisen hier aktuell schon einen höheren technologischen, allerdings noch ausbaufähigen technologischen Durchdringungsgrad auf, während Kleinbetriebe und kleinere Mittelständler der digitalen Entwicklung und den Möglichkeiten zur Nutzung digitaler Technologien weiterhin hinterherhinken.

Insbesondere fehlen branchenspezifische Anreize zu Investitionen in Digitalisierung. Im Durchschnitt investieren Betriebe etwa, weniger als jeden fünften Euro ihrer Gesamtinvestitionen in den Ausbau ihrer digitalen Infrastruktur. Damit scheint das Erfordernis zur Anpassung der Produktions- und Geschäftsprozesse an die Digitalisierung zur Effizienz- und Produktivitätssteigerung allgemein akzeptiert zu sein. Deutlich unter diesem Durchschnitt liegen Betriebe aus der Bauwirtschaft und der öffentliche Sektor. Hier liegt der Investitionsanteil unter 10 Prozent. Auch der Bereich des produzierenden Gewerbes weist im Vergleich zum Durchschnitt zu niedrige Investitionsquoten auf.

**2. Die Polarisierungsthese im engeren Sinne trifft nicht zu.** Allenfalls in einem vernachlässigbar kleinen Teil der deutschen Wirtschaft ist der Anteil an gering- und hochqualifizierten Beschäftigten auf Kosten beruflich qualifizierter Beschäftigter gestiegen und wird weiterhin steigen. Im Durchschnitt gibt es einen Aufwuchs bei Akademikern und einen unterschiedlich starken Rückgang bei beruflich und gering Qualifizierten.

Durch die Digitalisierung – abgesehen vom demografischen Wandel und anderen sozio-ökonomischen Einflussfaktoren wie der Bildungsexpansion und dem Fachkräftemangel – dynamisiert sich diese Entwicklung und führt zu neuen Anforderungen am Arbeitsplatz und an die beruflichen Tätigkeiten. In der Folge werden klassische Fachkrafttätigkeiten weniger und komplexe und hochkomplexe Tätigkeiten mehr und mehr nachgefragt werden. Diese Entwicklung sollte jedoch nicht als Risiko betrachtet werden, sondern vielmehr als Chance. So werden bereits heute über 35 Prozent aller hoch komplexen Tätigkeiten von Personen ausgeübt, die keine akademische Ausbildung haben. Trotz des weiter steigenden Anteils an Akademikern wird es auch langfristig Fachkräfte geben, die hoch komplexen Tätigkeiten nachgehen werden – vorausgesetzt, sie entwickeln ihre Kompetenzen laufend weiter.

3. **Nicht der Routineanteil (das Ersetzungspotenzial durch Maschinen) erklärt den Wegfall von Arbeitsplätzen, sondern der Tätigkeitsmix am Arbeitsplatz und im Beruf** – und zwar aus dem Zusammenhang von Objektanteilen (Mensch-Maschinen-Verhältnis) und dem kognitiven Niveau der Anforderungen am Arbeitsplatz. Daraus ergeben sich potenzielle Verlierer und Gewinner der Digitalisierung:

Kognitive Anforderungen	Mensch-Maschinen-Bezug (Objektbezug)		
		hoch/steigender Maschinenbezug	niedrig/sinkender Maschinenbezug
	hoch/steigend	H1 Gewinner <b>„Betreuer/Experten“ (IT)</b>	H3 Gewinner <b>Selektive digitale „Nutzer/Experte“</b>
	niedrig/sinkend	H2 Verlierer <b>„digitale Helfer“</b>	H4 Nicht digitalisiert <b>„nicht-digitale Helfer“</b>

H1.: Steigt der Maschinenbezug (hohes Niveau) und steigen die kognitiven Anforderungen (hohes Niveau), dann steigen die Arbeitsmarktchancen (hohes Niveau): „Digitale Betreuer“ (Supervision, Nerds, Experten) ++

H2.: Steigt der Maschinenbezug (hohes Niveau) und sinkt die kognitiven Anforderungen (niedriges Niveau), dann sinken die Arbeitsmarktchancen (niedriges Niveau): „Digitale Verlierer/Helfer“ --

H3.: Sinkt der Maschinenbezug (niedriges Niveau) und steigen die kognitiven Anforderungen (hohes Niveau), dann steigen die Arbeitsmarktchancen (hohes Niveau): „Digitale Nutzer“  
○-

H4.: Sinkt der Maschinenbezug (niedriges Niveau) und sinken die kognitiven Anforderungen (niedriges Niveau), dann bleiben die die Arbeitsmarktchancen unverändert (niedriges Niveau): „nicht-digitale Helfer“ (automatisierbar/unrentabel) ○○

4. **Erhöhte kognitive Anforderungen bedingen einen weiteren Bedeutungszuwachs von Bildung und Weiterbildung.** Damit kommen Bildung und Weiterbildung eine zentrale Rolle zu. Bei sich ändernden und erhöhenden Anforderungen wird nach der Erstausbildung die Weiterbildung entscheidend werden, um Kompetenzen laufend weiterzuentwickeln und damit die beruflichen Kompetenzen zu erhalten und auszubauen.

## 2 Perspektive der Erwerbstätigen (Erwerbstätigenbefragung)

Die vorliegende Analyse untersucht Polarisierung aus verschiedenen Blickwinkeln. Dabei hat die Perspektive der Betriebe (Kapitel 3) ein großes Gewicht, da dort die Entscheidungen getroffen werden, ob – und wenn ja, welche – neue Technologien eingeführt werden, in welchen Zusammenhängen und welche Beschäftigtengruppen dann damit arbeiten sollen. Auch Selektionen von Erwerbstätigen in bestimmte Arbeitsplätze und Berufe können erst stattfinden, wenn diese Entscheidungen von Betrieben schon getroffen worden sind und solche Arbeitsplätze angeboten werden. Innerhalb der Betriebe werden Aushandlungsprozesse darüber, wer mit welchen Arbeitsmitteln arbeitet, eher nicht von individuellen Beschäftigten ausgehen. Hier kommt es auf die betrieblichen Strukturen und Machtpolitiken an.

Steht ein Rationalisierungsgedanke im Hintergrund, der von einer durchsetzungsstarken Organisationseinheit (etwa Zentralabteilungen) umgesetzt wird? Zielt das Unternehmen, die Unternehmerin oder der Unternehmer dabei strategisch auf die Erreichung einer bestimmten Marktposition oder einer bestimmten Rendite? Diese Beispiele verdeutlichen die zentrale Position der Betriebe. Sie generieren ein Angebot an Arbeitsplätzen – wobei die Erwerbstätigen insofern nur eingeschränkt wählen können, als dass dieses Angebot (auf bestimmte Betriebe, Branchen, womöglich Regionen) begrenzt ist. Innerhalb der Unternehmen laufen Entscheidungsprozesse über Automatisierungen und Digitalisierungen ab, bei denen die Einführung neuer Technologien nicht nur kostengünstig oder -neutral sein soll, sondern Unternehmensziele wie die Realisierung von Renditen oder Sicherung von Marktpositionen genauso gewichtig behandelt werden wie Rationalisierungsbestrebungen, die teilweise von innerbetrieblich mächtigen Akteuren vorangetrieben werden. So kann aus einer möglichen Einführung vernetzter mobiler Eingabegeräte auch eine schrittweise Einführung erweiterter Kontroll- und Managementsoftware werden – jenseits der Frage, ob ein bestimmtes Arbeitsmittel seinen eigentlichen Produktionszyklus durchlaufen hat oder nicht.

BRYNJOLFSSON und McAFEE (2014) führen in Bezug auf die Einführung und Möglichkeiten neuer Technologien das Argument eines „recombinant growth“-Modells zur Generierung neuen Wissens (WEITZMAN 1998) weiter. Nach dem besteht das eigentliche Problem technologischer Neuerungen in der Produktion (sowohl zur Schaffung von Wissen oder Ideen als auch bei Dienstleistungen und Gütern) darin, dass eher zu wenig Kapazitäten bestehen, um all der vorliegenden Daten habhaft und der Möglichkeiten Herr zu werden. Neue Technologien ermöglichen damit immer in der Hauptsache Senkungen der Produktionskosten, oft wird vom Ziel der „Losgröße 1“ gesprochen. Aber ihre Einführung unterliegt nicht nur ökonomischen Kalkülen. So eröffnet sich mit WELTZ und LULLIES (1982) in machtsociologischer Perspektive der Blick darauf, dass neue Technologien immer nur vor dem Hintergrund bestehender betrieblicher Machtgefüge zunächst diskutiert und später eingeführt (oder nicht eingeführt) werden. Gerade in einer Debatte um die Polarisierung von Erwerbstätigen nach ihren Aufgaben und Qualifikationen sollten solche Machtfragen mitbedacht werden.

Mit der Untersuchung der hier angesprochenen Prozesse aus der Perspektive der Erwerbstätigen wird zweierlei erreicht: Zum einen kann festgestellt werden, welche Gruppen von Erwerbstätigen in welcher Weise und wie stark mit Routineaufgaben<sup>6</sup> befasst sind. Zum anderen kann in

<sup>6</sup> In diesem Kapitel werden die Begriffe „Routineaufgaben“, „Routineanteile“ und „Ersetzungspotenziale“ gleich behandelt.

dieser individuellen Perspektive auf der Ebene von Arbeitsplätzen auch die Varianz sichtbar gemacht werden, die hinter diesen Prozessen liegt und mit Untersuchungen auf der Ebene von Betrieben, Branchen oder auch Berufen nicht berücksichtigt wird. Weitere Fragen, die auf der Individualebene analysiert werden sollten, betreffen die Einflüsse von Routineaufgaben (und weiteren Merkmalen) auf Entlohnungen sowie die Einflüsse auf individuelle Merkmale wie die Arbeitszufriedenheit. Dies kann bei entsprechender Datenlage auch im Zeitvergleich geschehen.

## 2.1 Datengrundlage

Die in diesem Kapitel berichteten Ergebnisse beziehen sich auf Auswertungen der BIBB/IAB- und BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragungen 1979 bis 2012. Die BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2011/12 (HALL u. a. 2014) ist eine repräsentative Querschnittsbefragung von 20.000 Erwerbstätigen in allen Branchen und Berufen. Die Erhebung wird insbesondere für Auswertungen im Kontext des sogenannten TASK-Ansatzes in Deutschland genutzt, der die theoretische Grundlage von FREY/OSBORNE (2013) bildet.

Sie wurde vom Bundesinstitut für Berufsbildung in Kooperation mit der Bundesanstalt für Arbeitsschutz- und Arbeitsmedizin (BAuA) durchgeführt. Die beiden Kernthemen sind Erwerb und Verwertung beruflicher Qualifikationen einerseits sowie Arbeit und Beruf im Wandel andererseits. Hinzu kommen Themen, die für die Arbeitsschutz- und Gesundheitsberichterstattung seitens der BAuA von Interesse sind. In den durchschnittlich 40 Minuten dauernden computergestützten Telefoninterviews werden dabei Fragen zur Erwerbstätigkeit (welche Tätigkeiten ausgeübt werden, welche Anforderungen gestellt werden, welche Art von Kenntnissen benötigt werden) auf Arbeitsplatzebene gestellt, ebenso zu dem Betrieb, in dem die Befragten arbeiten, zu ihrer jeweiligen Ausbildung (bis zu fünf abgeschlossene Ausbildungen), zur genauen Berufsbezeichnung der Ausbildung(en) und zur derzeitigen Tätigkeit. Außerdem gibt es Fragen zur psychischen und physischen Belastung. Die Daten werden anhand von Referenzstrukturen aus dem Mikrozensus gewichtet und hochgerechnet. Näheres im Methodenbericht unter [http://www.bibb.de/dokumente/pdf/a22\\_etb\\_Methodenbericht\\_2012.pdf](http://www.bibb.de/dokumente/pdf/a22_etb_Methodenbericht_2012.pdf) (30.11.2016).

Die Erhebung in 2011/12 war die sechste Querschnittserhebung dieser Art. Davor wurden seit 1979 im Abstand von jeweils sechs bis sieben Jahren vergleichbare Erhebungen vom BIBB mit wechselnden Kooperationspartnern durchgeführt. Von 1979 (einschließlich) bis 1999 war dieser Kooperationspartner das Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), seit 2006 die BAuA. Ursprünglich gedacht als eine Erhebung, die detailliertere Informationen zu Erwerbstätigen und Erwerbstätigkeiten als der Mikrozensus liefern sollte, variierten anfangs die Stichprobenumfänge, da immer eine 0,01 Prozentstichprobe der Erwerbstätigen in Deutschland untersucht wurde. In der Erhebung von 2006 wurde dann die Stichprobe auf 20.000 Erwerbstätige begrenzt. Durch ihre lange Geschichte wurden verschiedene Erhebungsmethoden (persönliches Interview, computergestütztes persönliches Interview, computergestützte telefonische Befragung) genutzt. Es wechselten auch die durchführenden Befragungsinstitute und teilweise die Zusammensetzung der Stichproben.

Wenn in diesem Kapitel Vergleiche über die Zeit dargestellt werden, ist dafür immer das Sample beschränkt worden auf Erwerbstätige aus Westdeutschland (inklusive West-Berlin), die mindestens zehn Stunden in der Woche gegen Bezahlung arbeiten. Nicht enthalten sind aus Gründen der Vergleichbarkeit dabei Auszubildende und Umschüler und Umschülerinnen sowie Ausländer.

## 2.2 Routineaufgaben in beruflichen Tätigkeiten: Wer ist betroffen, und welche Auswirkungen haben sie?

Die hier definierten Ersetzungspotenziale oder Routineaufgaben berechnen sich als Faktorwerte aus einer Faktorenanalyse<sup>7</sup> über die Merkmale für leicht programmierbare Tätigkeiten für das „leicht“ zu ersetzende Ende und anderen Merkmalen für das „schwer“ zu ersetzende Ende des Kontinuums. Die leicht zu ersetzenden Aufgaben bilden zwei Merkmale ab, die die Programmierbarkeit der Arbeitsdurchführung und der Arbeitsgänge betreffen. Sie beschreiben gleichzeitig Routine im „engeren“ Sinn, wie es auch von AUTOR u. a. (2003) vorgeschlagen wird. „Wie häufig kommt es bei Ihrer Arbeit vor, dass Ihnen die Arbeitsdurchführung bis in alle Einzelheiten vorgeschrieben ist?“ (F411\_02) und „Wie häufig kommt es bei Ihrer Arbeit vor, dass sich ein und derselbe Arbeitsgang bis in alle Einzelheiten wiederholt?“ (F411\_03). Die Antwortkategorien waren „häufig“, „manchmal“, „selten“, „oder nie“, und aus den beiden Merkmalen wurde ein Index gebildet:  $I_{Routine} = (x + y)/8$ , wobei  $x$ := Arbeitsdurchführung und  $y$ := Arbeitsgang mit  $x, y \in \{1,2,3,4\}$ . Je häufiger Arbeitsdurchführungen oder -gänge vorgeschrieben waren, desto höher wurde der Wert für  $x$  oder  $y$ .

Für das „schwer“ zu ersetzende Ende des Kontinuums fließen Informationen der Variablen F312 („Wie häufig kommt die Tätigkeit „Ausbilden, Lehren, Unterrichten, Erziehen“ bei Ihrer täglichen Arbeit vor?“), F411\_05 („Wie häufig kommt es bei Ihrer Arbeit vor, dass Sie bisherige Verfahren verbessern oder etwas Neues ausprobieren müssen?“) und F306 („Wie häufig kommt die Tätigkeit „Reparieren, Instandsetzen“ bei Ihrer täglichen Arbeit vor?“) ein. Der oben beschriebene Routineindex wird also um die drei Merkmale zu neuen Verfahren und die Tätigkeiten des „Ausbildens...“ und „Reparierens ...“ erweitert. Diese Merkmale bilden näherungsweise die von FREY/OSBORNE (2013) vorgeschlagenen Merkmale eines Gegenpols zur engen Definition von Routine ab, die sie bezeichnen mit „Soziale/gesellschaftliche Intelligenz“ (hier: „Ausbilden ...“), „Wahrnehmung und Handhabung“ oder auch Fingerfertigkeit (hier: „Reparieren ...“) und schließlich „Kreativität“ (hier: „neue Verfahren“, vgl. für die Operationalisierung TIEMANN 2016, S. 19f.).

**Tabelle 2.1**

KMO-Werte für Faktorenanalyse für Index zum Ersetzungspotenzial

Merkmalsname	KMO	Faktorladungen
Routineindex	0,615	-0,271
Ausbilden, Lehren, Unterrichten, Erziehen (F312)	0,562	0,517
Reparieren, Instandsetzen (F306)	0,542	0,147
Verfahren verbessern, Neues ausprobieren (F411_05)	0,548	0,698
Gesamt	0,562	-/-

Quelle: BIBB/BAuA Erwerbstätigenbefragung 2012, eigene Berechnungen

Da die Antworten auf diese Fragen nicht als metrische Angaben gewertet werden sollten<sup>8</sup>, wurde eine Korrelationsmatrix mit polychorischen Korrelationen erstellt, über die dann die Faktorenanalyse berechnet wurde.<sup>9</sup> Dabei zeigte sich, dass der erste Faktor 21,2 Prozent der Varianz

<sup>7</sup> Alle hier berichteten Ergebnisse, Berechnungen und Grafiken wurden mit R erstellt (R CORE TEAM 2013).

<sup>8</sup> Es sind drei- und vierstufige Skalen von „häufig“ bis „nie“.

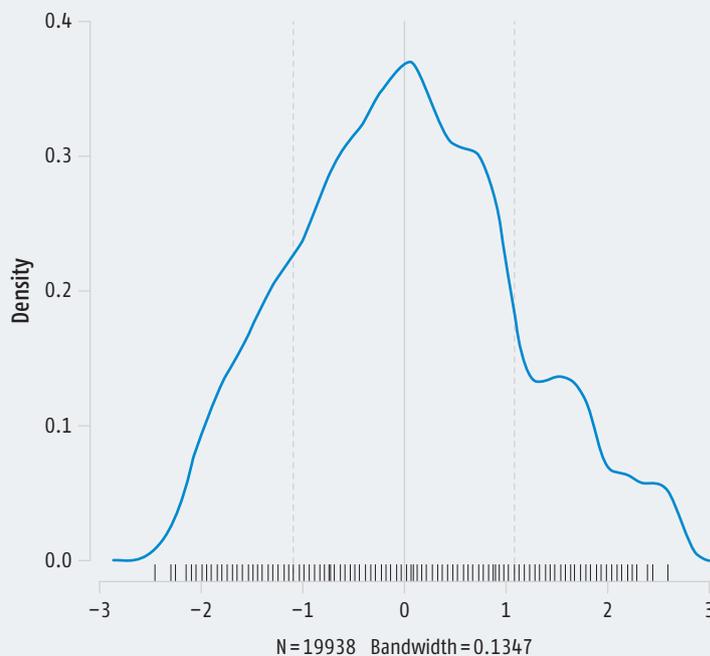
<sup>9</sup> Nach Ausschluss aller nicht vollständigen Fälle ergab sich für die fünf betrachteten Merkmale ein  $n$  von 19.938 Fällen.

in den Ursprungsdaten erklärt. Die Merkmale eignen sich laut KMO-Kriterium insgesamt fast mittelmäßig ( $KMO=0,562$ ), für die einzelnen Merkmale ergibt sich die Zuordnung wie in Tabelle 2.1. Die Faktorladungen finden sich in der dritten Spalte der Tabelle.

Die Faktorwerte wurden dann – als negative Summe der z-standardisierten Werte multipliziert mit den Faktorladungen – berechnet:  $Faktorwert = -1 * \sum_{i=1}^5 z_i * \lambda_i$ , wobei  $\lambda_i$  die Faktorladung und  $z_i$  die z-standardisierte Variable bezeichnen. Dieser Index bildet die Ersetzungspotenziale/Routineinhalte auf Arbeitsplatzebene ab und wird auf Berufsfeld- oder anderer Ebene aggregiert. Sein Minimum liegt bei  $-2,46$ , das Maximum bei  $2,60$ , der Mittelwert bei  $0,0$  mit einem Median von  $-0,03$ . Das untere Quartil liegt unter  $-0,79$ , das obere über  $0,67$ . Abbildung 2.1 zeigt die Dichtefunktion der Verteilung. Aus ihr wird ersichtlich, dass der Index annähernd normalverteilt ist, bis auf die „Stufungen“ im positiven Wertebereich. Etwa 35 Prozent der Fälle liegen um den Mittelwert herum. Dieser Index ist nicht als Wahrscheinlichkeit zu interpretieren.

**Abbildung 2.1**

Dichtefunktion des Ersetzungspotenzials/Routine in 2012



Quelle: BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012, eigene Berechnungen

Dieses Ersetzungspotenzial kann nun auf verschiedenen Ebenen zusammengefasst werden. Da in der Diskussion häufig auf die Ebene des ausgeübten Berufs Bezug genommen wird, soll das hier am Beispiel der Berufsfelder und Berufshauptfelder für die Erwerbsberufe geschehen. Um zu zeigen, dass es aber auch innerhalb der Berufsaggregate noch Variationen aufgrund der individuellen Messung des Ersetzungspotenzials bzw. der Routine gibt, soll ein kurzer Überblick über die Verteilung des Index nach den Berufshauptfeldern gegeben werden.

Abbildung 2.2 zeigt diese Verteilungen und daneben auch die jeweiligen Anteile von Erwerbstätigen ohne berufliche Qualifikation in den Berufshauptfeldern (rechte Seite der Abbildung). Auf den ersten Blick erkennt man, dass in allen Berufshauptfeldern Arbeitsplätze existieren, die die Befragten zu der Einschätzung gebracht haben, dass sie mit einem Minimum an Routineanforderungen konfrontiert sind. In vier Berufshauptfeldern (Rechts-, Management- ...; Büro-, kaufmännische Dienstleistungsberufe; Verkehrs-, ...; Berufe im Warenhandel) gibt es hiervon

Abweichungen. Deutlichere Abweichungen sind aber am anderen Ende des Spektrums zu erkennen. So ist die Verteilung im Berufshauptfeld der Lehrberufe so stark konzentriert, dass nur vereinzelt Befragte hier einen Wert über ca. 0,5 angegeben haben. In den Gesundheits- und Sozialberufen und den weiteren Berufshauptfeldern mit wissenschaftlichen Berufen ist das ähnlich, wenn auch weniger stark ausgeprägt. Die gefärbten Boxen zeigen jeweils die mittleren 50 Prozent der Verteilung, in ihren Grenzen sind also die Hälfte der im jeweiligen Berufshauptfeld Tätigen zusammengefasst. Der dickere schwarze Balken in der Mitte zeigt den Median, er teilt die Verteilung genau bei dem Wert, über und unter dem jeweils die Hälfte der Befragten liegen. Die Länge der Box zeigt also die Konzentration um den Median. Man kann die Boxen miteinander vergleichen: Die Verteilung in den Lehrberufen ist konzentrierter als in den Gastronomie- und Reinigungsberufen, ihr Median liegt deutlich niedriger.

Interessant sind dabei auch die Einkerbungen, die näherungsweise ein Intervall angeben, mit dem die Mediane signifikant voneinander abweichen. Überlappen sich die Einkerbungen, ist der Unterschied in den Medianen eher nicht signifikant, so wie bei den be-, verarbeitenden, instand setzenden Berufen und den Maschinen und Anlagen steuernden und wartenden Berufen. Überschneiden sie sich nicht, wie bei den Berufen im Warenhandel, Vertrieb und den Verkehrs-, Lager-, Transport-, Sicherheits- und Wachberufen, kann man von einem signifikanten Unterschied ausgehen.

Insgesamt betrachtet, finden sich in den Berufshauptfeldern mit wissenschaftlichen Berufen die niedrigsten Routineanforderungen, in Gastronomie- und Reinigungsberufen sowie den Verkehrs-, Lager-, Transport-, Sicherheits- und Wachberufen die höchsten. Die unterschiedlichen Farben der Boxen zeigen einen weiteren Zusammenhang: In hellblau sind produktionsbezogene Berufe, in grau primäre Dienstleistungsberufe und in orange sekundäre Dienstleistungsberufe (dies sind die drei Berufsoberfelder) dargestellt. So wird deutlich, dass die größten Streuungen und gleichzeitig die höchsten Routineanteile, respektive Ersetzungspotenziale in den primären Dienstleistungsberufen zu finden sind; in den produktionsbezogenen Berufen sind die Verteilungen etwas konzentrierter und die Mittelwerte niedriger; bei den sekundären Dienstleistungsberufen hingegen sind manche Verteilungen weniger stark konzentriert als bei den produktionsbezogenen Berufen, dafür finden sich in ihnen aber die niedrigsten Mittelwerte (und auch das Berufshauptfeld mit der stärksten Konzentration).

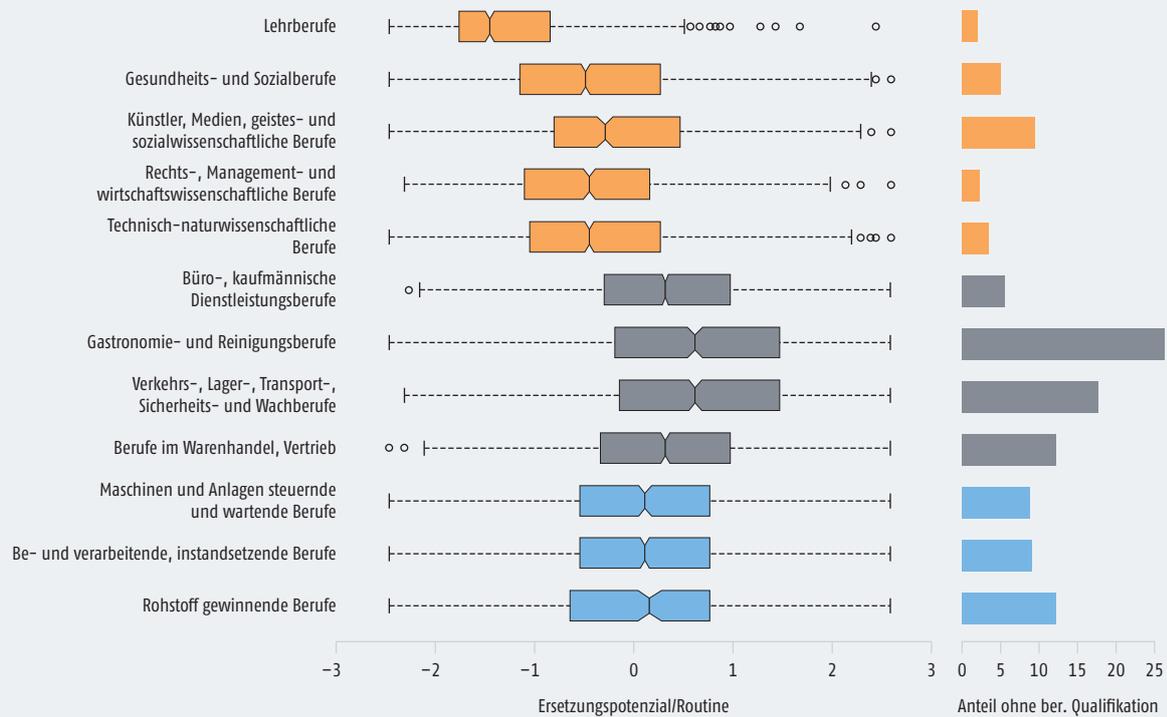
In der Diskussion um Polarisierung wird zunächst von unterschiedlichen Entwicklungen für unterschiedliche Qualifikationsstufen ausgegangen. Demnach ist interessant, wie Qualifikation und Routine zu einem bestimmten Zeitpunkt aufeinander bezogen sind. Die Abbildung zeigt hierfür die Anteile von Erwerbstätigen ohne berufliche Qualifikation. Dabei ist zu sehen, dass beide augenscheinlich korrelieren: Je höher der Anteil von Personen ohne berufliche Qualifikation in einem Berufshauptfeld, desto höher ist auch der Routineanteil.

Innerhalb der Berufshauptfelder gibt es also weitere Varianzen. Tabelle 2.2 zeigt die unterschiedlichen mittleren Ersetzungspotenziale für alle 54 Berufsfelder in 2011/12. Auch in den Berufsfeldern gibt es noch weitere Streuungen auf der Ebene von Arbeitsplätzen. Die Ergebnisse können nicht so gelesen werden, dass in 2011/12 über 220.000 Erwerbstätige in Hilfsarbeiterberufen ohne nähere Tätigkeitsangaben (erste Zeile der Tabelle) ersetzt waren. Vielmehr verdeutlichen die Zahlen, dass bei den Aufgaben, die die Erwerbstätigen in diesem Berufsfeld üblicherweise erledigen, ein im Vergleich eher hohes Potenzial besteht, *Teile* dieser Aufgaben durch neue Technologien zu ersetzen.

Das Berufsfeld der Hilfsarbeiter/-innen bietet in einer weiteren Hinsicht ein gutes Beispiel. Es wird mit anderen im Berufshauptfeld der be-, verarbeitenden, instand setzenden Berufe zusammengefasst, das ein mittleres Niveau der Routine zeigt. Dennoch ist es für sich genommen das Feld mit dem höchsten Anteil für diesen Indikator, wodurch die Streuungen auch auf dieser

Abbildung 2.2

Verteilung der Ersetzungspotenziale/Routine in den Berufshauptfeldern und Anteile der Erwerbstätigen ohne berufliche Qualifikation



Quelle: BIBB/BAuA Erwerbstätigenbefragung 2012, eigene Berechnungen

Ebene deutlich werden. Die nächsten Berufsfelder (bis einschließlich der Verkaufsberufe) allerdings kommen dann aus einem der Berufshauptfelder der primären Dienstleistungsberufe (in Abbildung 2.2 grau gezeichnet). Der Mittelwert für das Berufsfeld der Hilfsarbeiterinnen und -arbeiter ist mit 1,06 jedoch noch innerhalb des Bereiches vom Gesamtmittelwert plus/minus einer Standardabweichung, oder anders gesagt, des Bereiches, in dem ungefähr 60 Prozent der Verteilung liegen. Die Grenzen für diesen Bereich sind 1,08 für hohe Routineanteile und  $-1,09$  für niedrige Anteile. Nur ein einziges Berufsfeld hat überhaupt einen mittleren Routineanteil jenseits dieser Grenzen, nämlich die Lehrerinnen und Lehrer mit  $-1,3$ . Die Verteilung der Ersetzungspotenziale bringt also zwar die Berufsfelder in eine Rangfolge, Ausreißer sind aber nicht zu erkennen.

Tabelle 2.2

Ersetzungspotenzial/Routine nach Berufsfeldern in 2012

Berufsfeld	Fälle	Gewichtet und hochgerechnet	Ersetzungspotenzial
20 Hilfsarbeiter/-innen o. n.T.	91	224,551	1.0646
54 Reinigungs-, Entsorgungsberufe	443	886,267	1.0213
19 Warenprüfer/-innen, Versandfertigmacher/-innen	186	467,340	1.0010
40 Bürohilfsberufe, Telefonisten/-innen	165	252,732	0.8956
32 Verkehrsberufe	497	1,085,921	0.8601
34 Packer/-innen, Lager-, Transportarbeiter/-innen	407	1,020,698	0.7672
27 Verkaufsberufe (Einzelhandel)	860	1,594,047	0.6598
17 Getränke, Genussmittelherstellung, übrige Ernährungsberufe	41	116,626	0.6002

(Fortsetzung Tab. 2.2)

Berufsfeld	Fälle	Gewichtet und hochgerechnet	Ersetzungspotenzial
33 Luft-, Schifffahrtsberufe	26	48,064	0.5578
41 Personenschutz-, Wachberufe	71	144,542	0.5344
24 Technische Zeichner/-innen, verwandte Berufe	76	113,682	0.4880
4 Chemie-, Kunststoffberufe	152	435,622	0.3994
39 Kaufmännische Büroberufe	1,373	1,939,911	0.3753
37 Finanz-, Rechnungswesen, Buchhaltung	521	760,865	0.3752
13 Textilverarbeitung, Lederherstellung	62	137,203	0.3411
3 Steinbearbeitung, Baustoffherstellung, Keramik-, Glasberufe	37	94,343	0.3340
14 Back-, Konditor-, Süßwarenherstellung	59	135,830	0.3326
2 Bergleute, Mineralgewinner/-innen	9	27,390	0.3277
36 Verwaltungsberufe im ÖD	1,204	1,511,924	0.2769
53 Hotel-, Gaststättenberufe, Hauswirtschaft	392	780,934	0.2760
42 Hausmeister/-innen	160	297,056	0.2638
5 Papierherstellung, -verarbeitung, Druck	109	230,067	0.2478
7 Metall-, Anlagenbau, Blechkonstruktion, Installation, Montierer/-innen	421	1,180,184	0.2243
6 Metallerzeugung, -bearbeitung	205	612,120	0.1903
16 Köche/Köchinnen	201	423,405	0.1604
29 Bank-, Versicherungsfachleute	606	840,467	0.1323
30 Sonstige kaufmänn. Berufe (ohne Groß-, Einzelhandel, Kreditgewerbe)	581	899,002	0.1132
18 Bauberufe, Holz-, Kunststoffbe- und -verarbeitung	534	1,387,961	0.1025
12 Spinnberufe, Textilhersteller/-innen, Textilveredler/-innen	9	24,848	0.0905
15 Fleischer/-innen	42	92,007	0.0834
28 Groß-, Einzelhandelskaufleute	557	954,899	0.0607
1 Land-, Tier-, Forstwirtschaft, Gartenbau	324	717,978	0.0506
43 Sicherheitsberufe	313	545,589	-0.0023
52 Berufe in der Körperpflege	110	221,803	-0.0196
26 Technische Sonderkräfte	94	170,027	-0.0519
11 Elektroberufe	402	955,069	-0.0612
44 Rechtsberufe	158	281,301	-0.0901
31 Werbefachleute	149	272,513	-0.1138
25 Vermessungswesen	33	49,754	-0.1150
48 Gesundheitsberufe ohne Approbation	1,668	2,440,159	-0.1156
8 Industrie-, Werkzeugmechaniker/-innen	391	1,109,804	-0.1363
10 Feinwerktechnische, verwandte Berufe	108	204,338	-0.1780
9 Fahr-, Flugzeugbau, Wartungsberufe	207	538,829	-0.2094
51 Publ., Bibliotheks-, Übersetzungs-, verw. Wissenschaftsberufe	284	470,657	-0.2103
46 Designer/-innen, Fotografen/-innen, Reklamehersteller/-innen	108	211,285	-0.2732
23 Techniker/-innen	745	1,277,720	-0.2824
21 Ingenieure/-innen	586	1,045,283	-0.4223
35 Geschäftsführung, Wirtschaftsprüfung, Unternehmensberatung	938	1,456,245	-0.4523
38 IT-Kernberufe	581	943,895	-0.4872
45 Künstler/-innen, Musiker/-innen	98	196,079	-0.5615
47 Gesundheitsberufe mit Approbation	246	441,282	-0.5629
22 Chemiker/-innen, Physiker/-innen, Naturwissenschaftler/-innen	60	113,321	-0.7617
49 Soziale Berufe	871	1,325,472	-0.9688
50 Lehrer/-innen	1,165	1,622,060	-1.2756

Quelle: BIBB/BAuA Erwerbstätigenbefragung 2012, eigene Berechnungen

Um herauszufinden, ob Erwerbstätige unterschiedlich stark davon betroffen sind, ob also ihre Aufgaben Ersetzungspotenziale haben, können die vorliegenden Daten in einer Regressionsanalyse untersucht werden. Dabei werden eine Reihe möglicher Einflüsse betrachtet. Tabelle 2.3 zeigt die Ergebnisse. Darin wird deutlich, dass die stärksten Einflüsse durch das Anforderungsniveau des Arbeitsplatzes vorgegeben werden. Je höher dieses Anforderungsniveau ist, umso geringer ist der Routineanteil. Weitere negative Einflüsse sind die wöchentliche Arbeitszeit (je höher, desto niedriger der Routineanteil), die Stellung im Beruf im Vergleich zu Arbeiterinnen und Arbeitern sowie die Computernutzung (wer einen Computer über die reine Anwendung hinaus nutzt, hat einen niedrigeren Routineanteil).

Unter den bestärkenden Faktoren finden sich das Geschlecht (weiblich zu sein erhöht eher das vorausgesagte Ersetzungspotenzial des eigenen Arbeitsplatzes), das Alter (je älter, desto höher der Routineanteil) und auch zwei Berufshauptfelder (jeweils im Vergleich zu Rohstoffe gewinnenden Berufen): Wer in Verkehrs-, Lager-, Transport-, Sicherheits-, Wachberufen oder in Büro-, kaufmännischen Dienstleistungsberufen arbeitet, der hat eher einen höheren Routineanteil. Unter den Berufshauptfeldern haben erwartungsgemäß die Lehrberufe den stärksten negativen Einfluss. Es erreichen auch nicht alle Berufshauptfelder signifikante Einflüsse, was auf die schon beschriebenen Streuungen zurückgeführt werden kann. Weitere signifikante Einflüsse bieten die Informationen der Erwerbstätigen darüber, ob in den vorangegangenen zwei Jahren in ihrem unmittelbaren Arbeitsumfeld Veränderungen stattgefunden haben. So haben Erwerbstätige, bei denen keine neuen Technologien in diesem Zeitraum eingeführt wurden, wie auch solche, bei denen keine neuen Maschinen eingeführt wurden, jeweils höhere Routinewerte. Auch wer keine Vorgesetztenfunktion hat, hat eher einen höheren Wert beim Ersetzungspotenzial respektive der Routine.

Die Betrachtung der formalen und subjektiv eingeschätzten Passung am Arbeitsplatz eröffnet noch einmal weitere Einblicke. Wer sich von den Anforderungen an Kenntnisse und Fähigkeiten sowie durch die Arbeitsmenge und das Arbeitspensum eher unterfordert statt ihm gewachsen fühlt, der hat einen eher höheren Routineanteil. Diese Erwerbstätigen erleben damit in ihrer subjektiven Unterforderung möglicherweise Aufgaben eher als Routineaufgaben. Da die Passung als Unterqualifikation und Überqualifikation auf den Anforderungsebenen der Arbeitsplätze (keine Qualifikation, berufliche Qualifikation, Fortbildung und akademische Qualifikation) durchaus Unterschiedliches bedeuten kann, ist hier auch ein Interaktionseffekt enthalten. Auch bei diesem erreichen nur die Kombinationen der Unterqualifikation signifikante Werte.

Dabei ist es so, dass bei formal Überqualifizierten, sofern das Anforderungsniveau eine Fortbildung ist, das Ersetzungspotenzial/die Routine eher steigt. Das kann durch die Einschätzung der Aufgaben als eher regelgeleitet entstehen, wobei kein Platz gesehen wird, auch Neues auszuprobieren. Bei formal unterqualifizierten Erwerbstätigen allerdings steigt die Routine ebenfalls eher an (auch in einem Modell ohne Interaktionseffekt, hier nicht berichtet). Hierfür bieten sich zwei Erklärungsmuster: Einerseits könnte es sein, dass bei diesen Arbeitsplätzen diejenigen Aufgaben entfallen, die eine Überforderung begründen könnten, da auch der Betrieb vermeiden will, dass die Beschäftigten ineffektiv arbeiten und Aufgaben erledigen müssen, denen sie nicht gewachsen sind. Andererseits kann auch aus der Sicht der individuellen Erwerbstätigen in diesem Fall eine stärkere Bezugnahme auf vorhandene Regeln und Strukturen erfolgen, da sie keine anderen Lösungswege für ihre Aufgaben kennen (und gelernt haben), während sie gleichermaßen unter den Kolleginnen und Kollegen auf demselben Anforderungsniveau (also auf vergleichbaren Arbeitsplätzen) auch nicht das „Standing“ haben, Neuerungen durchzusetzen. Eine aus betrieblicher Sicht sinnvolle Vermeidung von Ineffizienz trafe dann auf individuelle Strategien der Fehlervermeidung und Anpassung, was dazu führt, dass man sich eher an Regeln und Vorgaben hält und auch seine Aufgaben damit eher als in Arbeitsgängen und -abläufen vorgeschrieben sieht.

Tabelle 2.3

## Einflüsse auf Ersetzungspotenzial/Routine in 2012

	beta	std.err.	t value	p value	sig
(Intercept)	0.078	0.106	0.737	0.461	
Alter	0.005	0.002	2.847	0.004	*
Weiblich	0.079	0.018	4.432	0.000	**
Anforderungsniveau (Ref.: keine Qualifikation nötig)					
Berufliche Qualifikation	-0.212	0.052	-4.062	0.000	**
Fortbildung	-0.539	0.064	-8.446	0.000	**
Akademische Qualifikation	-0.474	0.055	-8.564	0.000	**
Formale Passung (Ref.: Match)					
Formale Überqualifikation	-0.072	0.057	-1.268	0.205	
Formale Unterqualifikation	0.000	0.038	-0.004	0.997	
Den Anforderungen an Kenntnisse und Fertigkeiten gewachsen? (Ref.: In der Regel ja)					
Eher überfordert	0.055	0.041	1.354	0.176	
Eher unterfordert	0.127	0.026	4.974	0.000	**
Den Anforderungen durch Arbeitsmenge bzw. -pensum gewachsen? (Ref.: In der Regel ja)					
Eher überfordert	-0.015	0.018	-0.810	0.418	
Eher unterfordert	0.096	0.038	2.537	0.011	
Berufshauptfeld (Ref.: Rohstoffe gewinnende Berufe)					
Be-, verarb., instands. Berufe	-0.108	0.073	-1.481	0.139	
Masch. u. Anlagen steuernde und wart. Berufe	-0.113	0.078	-1.443	0.149	
Berufe im Warenhandel, Vertrieb	0.078	0.072	1.078	0.281	
Verkehrs-, Lager-, Transport-, Sicherheits-, Wachberufe	0.382	0.075	5.082	0.000	**
Gastronomie- u. Reinigungsberufe	-0.116	0.082	-1.411	0.158	
Büro-, kaufm. Dienstleistungsberufe	0.196	0.071	2.772	0.006	*
Techn.-naturw. Berufe	-0.138	0.072	-1.929	0.054	.
Rechts-, Management- u. wirt.-w. Berufe	-0.106	0.074	-1.435	0.151	
Künstler, Medien, Geistes- u. Sozw. Berufe	-0.089	0.081	-1.107	0.268	
Gesundheits- u. Sozialberufe	-0.539	0.071	-7.534	0.000	**
Lehrberufe	-1.146	0.076	-15.100	0.000	**
Jahre in Erwerbstätigkeit	0.001	0.002	0.854	0.393	
Arbeitszeit	-0.008	0.001	-10.674	0.000	**
Stellung im Beruf (Ref.: Arbeiter)					
Angestellte	-0.161	0.030	-5.450	0.000	**
Beamte	-0.271	0.040	-6.867	0.000	**
Selbstständige	-0.212	0.038	-5.599	0.000	**
Freiberufler	-0.251	0.058	-4.350	0.000	**
Mithelfende Familienangehörige	-0.160	0.154	-1.035	0.301	
Keine Vorgesetztenfunktion	0.392	0.016	24.583	0.000	**
Computernutzung: Mehr als reine Anwendung	-0.340	0.023	-14.665	0.000	**
In den letzten zwei Jahren keine neuen Technologien eingeführt	0.148	0.017	8.903	0.000	**
In den letzten zwei Jahren keine neuen Maschinen eingeführt	0.068	0.017	3.861	0.000	**
Interaktionseffekte (Ref.: Anforderung keine Qualifikation: Match)					
Anforderung berufliche Qualifikation: Formale Überqualifikation	-0.003	0.063	-0.041	0.967	
Anforderung Fortbildung: Formale Überqualifikation	0.157	0.095	1.662	0.097	.
Anforderung akademische Qualifikation: formale Überqualifikation	NA	NA	NA	NA	
Anforderung berufliche Qualifikation: formale Unterqualifikation	0.208	0.068	3.074	0.002	*
Anforderung Fortbildung: formale Unterqualifikation	0.138	0.067	2.068	0.039	
Anforderung akademische Qualifikation: formale Unterqualifikation	NA	NA	NA	NA	
N	14182				
Adjusted R <sup>2</sup>	0.313			0.000	**

Quelle: BIBB/BAuA Erwerbstätigenbefragung 2012, eigene Berechnungen

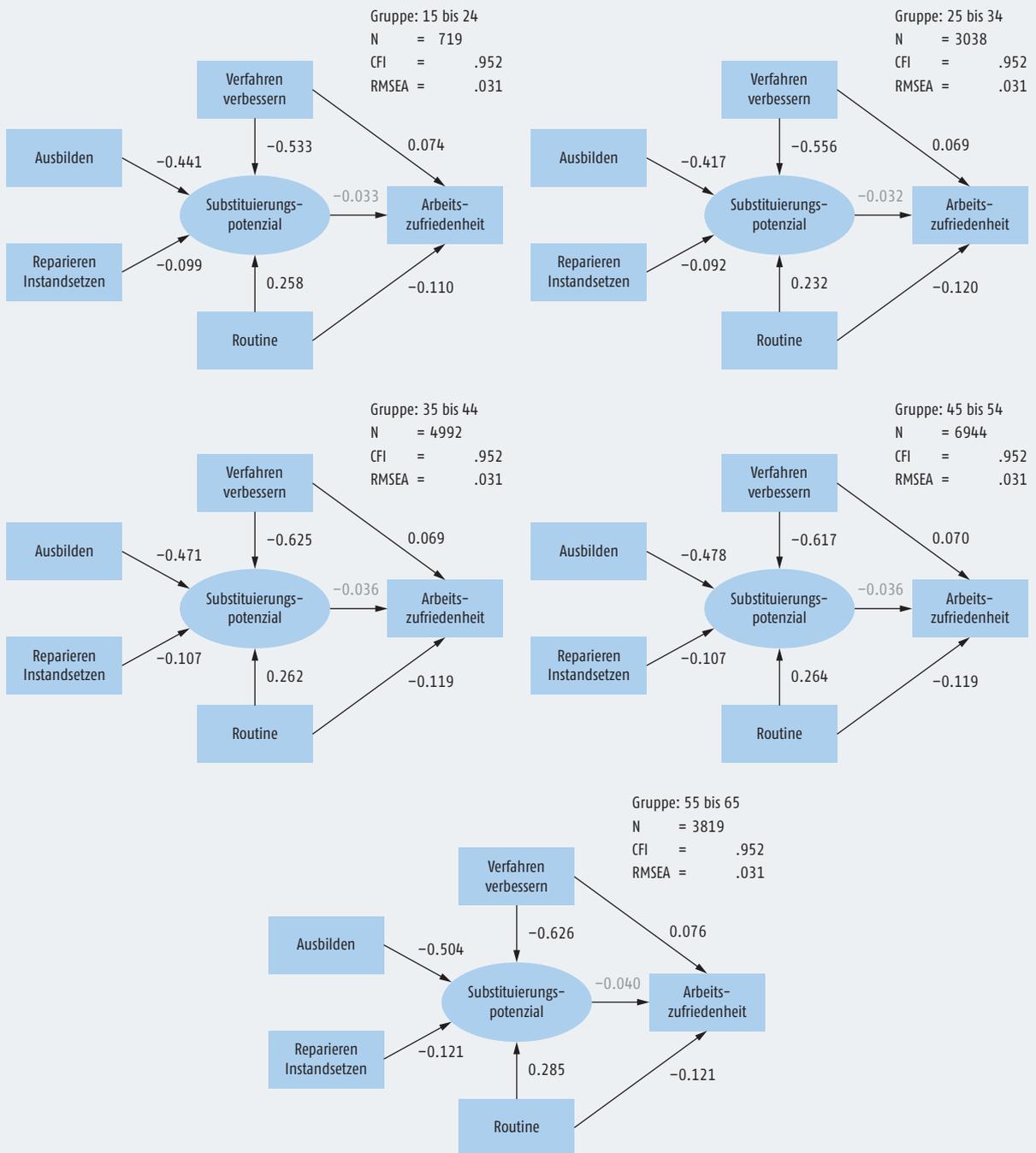
Welche Auswirkungen kann nun aber das Arbeiten auf einem Arbeitsplatz mit hohem oder niedrigem Ersetzungspotenzial haben? Im Hinblick auf die Entlohnung wird diese Frage im folgenden Abschnitt im Zeitvergleich betrachtet. Allerdings sind weitere Einflüsse denkbar, wie zum Beispiel eine niedrigere Arbeitszufriedenheit bei hohem Ersetzungspotenzial. Dieser Zusammenhang wird hier mit einem Strukturgleichungsmodell (Abbildung 2.3) betrachtet. VOLKHOLZ und KÖCHLING (2001) weisen einen positiven Zusammenhang zwischen höheren Wissensanforderungen am Arbeitsplatz und größerer Arbeitszufriedenheit nach. Monotone Arbeitsaufgaben werden andererseits eher mit geringerer Arbeitszufriedenheit assoziiert. Da nun Routine im engen Sinne von Programmierbarkeit auch als monotone Aufgaben gesehen werden kann (bei der Arbeitsschritte und -durchführungen bis ins kleinste Detail vorgegeben sind), sollte sich ein negativer Zusammenhang zwischen Routine und Arbeitszufriedenheit zeigen. Dazu kommt, dass beim „schwer“ zu ersetzenden Ende des Kontinuums Aufgaben eine Rolle spielen, die in der Lesart von VOLKHOLZ und KÖCHLING eher mit hohen Wissensanforderungen in Verbindung stehen. Die Annahme ist also, dass die Arbeitszufriedenheit umso niedriger ist, je höher das Ersetzungspotenzial.

Diese Analyse wird für unterschiedliche Altersgruppen durchgeführt, da mit dem Alter ein jeweils anderer Einfluss von Routine und den weiteren Indexvariablen des Ersetzungspotenziales abzusehen ist. Des Weiteren kann davon ausgegangen werden, dass das Ersetzungspotenzial umso geringer ist, je höher die Qualifikation; umso geringer ist, je mehr Kreativität gefordert ist und umso geringer ist, je mehr Fingerfertigkeit gefordert ist. Je höher die engen Routineinhalte sind, desto höher sollte auch das Ersetzungspotenzial sein. Im Ergebnis hat im Vergleich der Altersgruppen die Routine für die 25–34-Jährigen den geringsten Einfluss.

Mit Blick auf die Arbeitszufriedenheit zeigt sich, dass je mehr Kreativität gefordert ist, desto höher die Zufriedenheit ist (dieser Zusammenhang steigt mit dem Alter, ist aber anfangs fast so hoch wie in der Gruppe der ältesten Erwerbstätigen), und dass je mehr Routine verlangt wird, desto niedriger die Zufriedenheit ist (altersunabhängig). Das bedeutet, dass das Messmodell für das Ersetzungspotenzial stabil über die Altersgruppen ist (eine konfirmatorische Faktorenanalyse bestätigt die Indexbildung). Kreative Anforderungen schützen vor einem hohen Ersetzungspotenzial und erhöhen die Zufriedenheit, Routineinhalte erhöhen das Ersetzungspotenzial und verschlechtern die Zufriedenheit. Dabei zeigen die Alterseffekte ein erwartbares Muster. Es besteht allerdings in keiner Altersgruppe ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Ersetzungspotenzial und der Arbeitszufriedenheit.

Daher schließt sich hier die Frage an, ob das Ersetzungspotenzial individuell überhaupt als solches wahrgenommen wird. Das Ersetzungspotenzial ist ja nur ein Konstrukt, das nicht zwingend an den Arbeitsplätzen der Erwerbstätigen eine bewusst wahrgenommene Rolle spielen muss. Zwar kann man argumentieren, dass gerade derzeit durch die Diskussionen in den Medien eine Vorstellung von einem „Ersetzungspotenzial“ besteht; worauf dieses Potenzial genau begründet ist und was es ausmacht, wird aber in diesen Diskussionen eher ausgelassen. Zwar geht es darum, dass bestimmte Aufgaben von Maschinen übernommen werden können, aber diese „Übernahmemöglichkeit“ bleibt schon deshalb diffus, weil es für alle Berufe ein solches Potenzial zu geben scheint. Hinzu kommt, dass Automatisierung und die Übernahme von Teilaufgaben durch Computer oder computergesteuerte Maschinen keine neuen Vorgänge in der Arbeitswelt sind. Dass auf individueller Ebene hier kein Zusammenhang nachgewiesen werden kann, heißt wiederum nicht, dass dieser nicht auf struktureller Ebene durchaus bestehen kann und beispielsweise auf der Ebene von Betrieben oder Berufen beobachtbar wird.

**Abbildung 2.3**  
Strukturgleichungsmodell zur Arbeitszufriedenheit in 2012



Grau: Nicht signifikante Effekte

Quelle: BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012, eigene Berechnungen

### 2.3 Entwicklung des Ersetzungspotenzials im Zeitverlauf

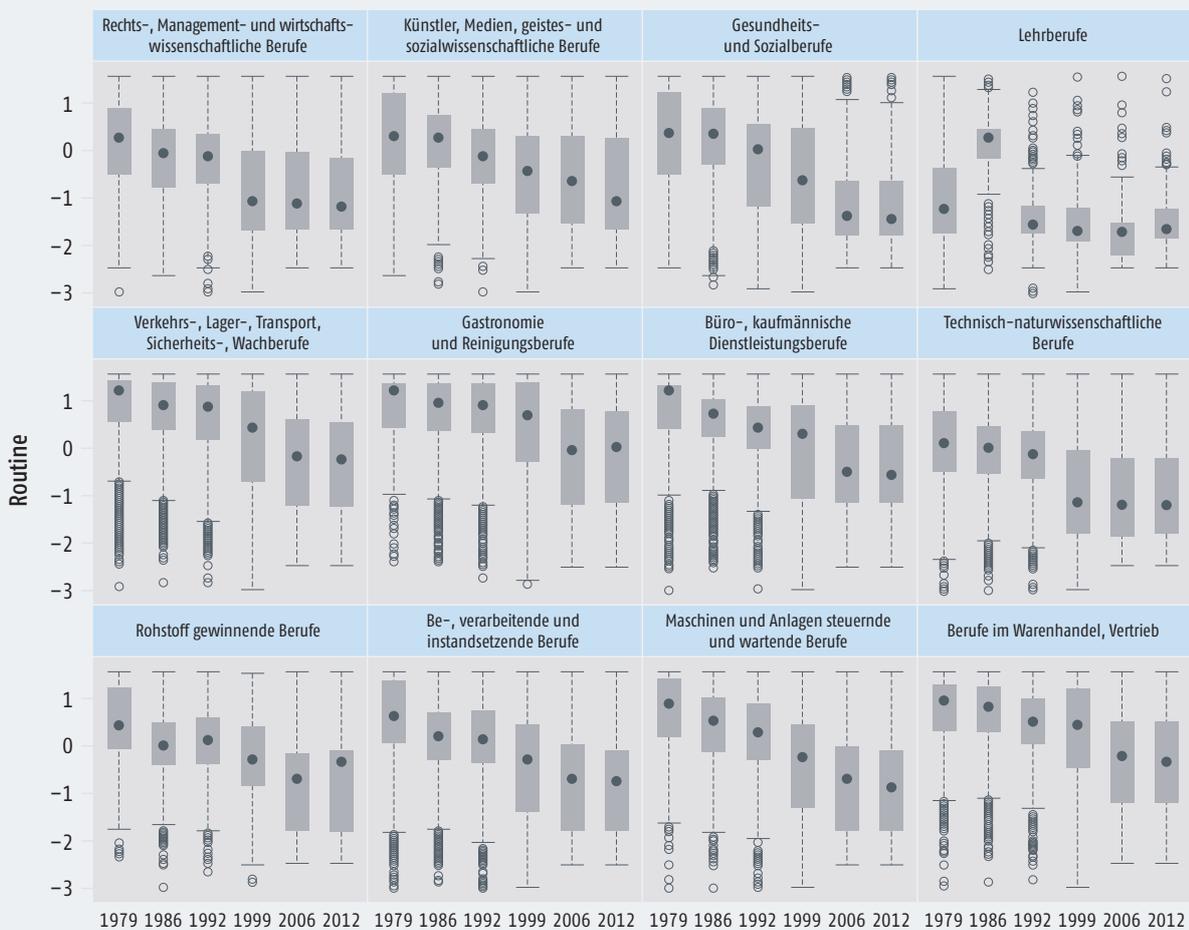
Nachdem die Entwicklung von Routine in Berufen von AUTOR u. a. (2003) beschrieben wurde, bestand die Annahme, dass diese im Laufe der Zeit sinken würde. Das konnte auch für Deutschland (SPITZ-OENER 2006) bis 1999 einschließlich nachgewiesen werden. Danach jedoch kamen Auswertungen der Erwerbstätigenbefragungen zu dem Ergebnis, dass die Routineanteile wieder

gestiegen waren. ROHRBACH-SCHMIDT/TIEMANN (2013) haben daraufhin alternative Operationalisierungen für die Erfassung von Tätigkeitsbündeln vorgestellt. Für die vorliegende Analyse wurde daher eine alternative Operationalisierung anstatt der Nutzung der Einzelaktivitäten gewählt. Das hat auch den Vorteil, dass diese Operationalisierung über die Zeit – in diesem Fall über alle Querschnitte der Erwerbstätigenbefragungen – gleich sind und nachvollzogen werden können.

Bei den folgenden Betrachtungen dienen die BIBB/IAB- und BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragungen 1979 bis 2012 als Datenbasis. Um dies sinnvoll tun zu können, mussten einige Anpassungen an die Stichproben vorgenommen werden. Nunmehr sind nur noch deutsche Befragte (Nationalität) enthalten, die mindestens zehn Stunden pro Woche gegen Bezahlung in einem Betrieb in Westdeutschland arbeiten und zwischen 15 und 65 Jahre alt sind. Damit ergibt sich eine Gesamtstichprobengröße von 130.832 Fällen. In den einzelnen Erhebungen oder Querschnitten sind zwischen 14.858 (2012) und 28.542 (1979) Fälle. Da es noch keine Synopse über alle Querschnitte gibt, werden für die folgenden Berechnungen und Analysen die Daten der Scientific-Use-Files der beiden jüngsten Erhebungen (2006 und 2012) sowie der für die Erstellung der beim damaligen Zentralarchiv hinterlegten Datensätze zusammengeführt. Derzeit sind erst wenige Merkmale in dieser neuen Synopse enthalten, da ein Vergleich über die Querschnitte nur dann sinnvoll ist, wenn eine inhaltliche und methodische Kongruenz angenommen oder begründet werden kann.

**Abbildung 2.4**

Entwicklung von Ersetzungspotenzial/Routine von 1979 bis 2012 in den Berufshauptfeldern



Quelle: BIBB/IAB, BIBB/BAuA Erwerbstätigenbefragungen 1979–2012, eigene Berechnungen.

Über die Zeit sind die Routineinhalte stets gesunken. Dass dies auch für alle Berufshauptfelder gilt, zeigt Abbildung 2.4. Nur beim Berufshauptfeld der Lehrberufe gibt es einen sprunghaften Anstieg an Routineinhalten in 1986, der möglicherweise durch die damalige Arbeitsmarktsituation von Lehrerinnen und Lehrern erklärbar ist, da diese nicht mehr alle im Schuldienst unterkommen konnten. In allen anderen Berufshauptfeldern verläuft die Entwicklung ohne solche Sprünge. Interessant ist allerdings, dass gerade in den jüngsten drei Erhebungen die Verläufe eher abflachen und teilweise stagnieren. An dieser Stelle wäre eine Gegenüberstellung der Routinewerte mit dem Arbeitsvermögensindex von PFEIFFER/SUPHAN (2015) möglicherweise aufschlussreich, weil sich hier zeigen könnte, dass ein bestimmtes Niveau von Routine in den Arbeitstätigkeiten nicht verlassen werden kann wegen der jeweiligen Fähigkeiten, mit Nichtroutineanforderungen umgehen zu können.

Innerhalb der Berufshauptfelder lassen sich die Entwicklungen auf der Ebene von Berufsfeldern detaillierter nachzeichnen. Tabelle 2.4 macht Angaben zu den durchschnittlichen Werten des Ersetzungspotenzials/der Routine in den Berufsfeldern über die Zeit und zeigt auch die jeweiligen Rangplätze der Berufsfelder, und zwar absteigend sortiert nach der Höhe des Ersetzungspotenzials.

Darin finden sich interessante Bewegungen innerhalb der Rangfolge für einzelne Berufsfelder. So steigen die Rangplätze für das Berufsfeld „Technische Zeichner/-innen, verwandte Berufe“ (BF 24) von Rang 29 in 1979 auf Rang neun in 2012. Gleichzeitig sinkt jedoch das mittlere Ersetzungspotenzial von 0.5314 in 1979 auf  $-0.1916$  in 2012. Gerade in diesem Berufsfeld ist die Entwicklung der Beschäftigung und der Aufgaben durch die Einführung neuer Technologien leicht nachvollziehbar. Technische Zeichner und Zeichnerinnen hatten in den 1980er-Jahren die Aufgabe, Konstruktionszeichnungen zu erstellen und zu vervielfältigen. Die dann noch neue Technologie der Personal- oder Arbeitsplatzcomputer, von CAD-Programmen (Computer Aided Design) und der Einführung von Plottern machte nach und nach die Aufgabe der Vervielfältigung überflüssig, weil einmal erstellte Konstruktionszeichnungen nun elektronisch gespeichert beliebig oft reproduzierbar waren. Dabei hat sich der Anteil an der Beschäftigung des Berufsfeldes zwischen 1986 und 2012 auf etwa 0,4 Prozent um etwa ein Drittel verringert.

Auch im Berufsfeld der „Reinigungs- und Entsorgungsberufe“ (BF 54) hat sich der Anteil an der Beschäftigung nur wenig verändert und liegt bei 2,5 Prozent in 2012. Dennoch weist dieses Berufsfeld konstant einen Rangplatz unter 5 auf (4., 2., 1., 1., 1., 1.) bei ebenfalls sinkenden Werten des Ersetzungspotenzials. Große Rückgänge bei der Beschäftigung finden sich beim Berufsfeld der „Kaufmännischen Büroberufe“ (BF 39), deren Anteile von ca. 14 Prozent (1979) auf etwa sechs Prozent (2012) sanken. Bei den Rangplätzen allerdings lagen sie immer zwischen dem 15. und dem 11. Rang. Dies ist eines der wenigen Berufsfelder mit einem deutlichen Beschäftigungsrückgang. Beim Berufsfeld der „Hilfsarbeiter/-innen ohne nähere Tätigkeitsangabe“ (BF 20) liegt ein Rückgang bei der Beschäftigung vor (ca. 3,7% in 1979 auf ca. 0,6% in 2012), der in gleicher Weise mit einem Rückgang an Routine einhergeht (von 1,1542 auf 0,3562), wobei hier jeweils einer der höchsten durchschnittlichen Routinewerte vorliegt.

Auf der anderen Seite gibt es Berufsfelder, die über die Zeit hinweg konstant (sehr) niedrige Routinewerte und entsprechende Rangplätze haben, bei denen die Beschäftigtenanteile stiegen. Dazu zählen beispielsweise die „Sozialen Berufe“ (BF 49), deren Beschäftigtenanteil von etwa 0,4 Prozent auf fast vier Prozent stieg, auch die „Gesundheitsberufe mit Approbation“ (BF 47) zeigen eine ähnliche, wenn auch schwächere Entwicklung (0,4% auf 1,2%).

Dass der Anteil von Beschäftigten gerade in solchen Berufsfeldern, in denen interaktive, betreuende Aufgaben wahrgenommen werden und hohe formale Qualifikationen verlangt werden, über die Zeit zugenommen hat, ist allerdings kein neues Phänomen und nicht zwingend auf die Einführung neuer Technologien zurückzuführen. Das Beispiel der „Spinnberufe, Textilherstel-

ler/-innen, Textilveredler/-innen“ (BF 12), deren Anteil an den Beschäftigten von 0,27 Prozent auf 0,02 Prozent sank, zeigt, wie sich die Einführung neuer Technologien hätte auswirken sollen. Die Rangplätze fielen von 7 in 1979 auf 34 in 2012. Allerdings ist dieses Beispiel eher eines für die Auswirkungen von Outsourcing, da die Produktion von Bekleidung eher verlagert als automatisiert wurde.

**Tabelle 2.4**  
Ersetzungspotenzial/Routine 1979 bis 2012 in den Berufsfeldern

Berufsfeld	1979		1986		1992		1999		2006		2012	
	Rang	Ersetzungspotenzial										
54 Reinigungs-, Entsorgungsberufe	4	1.1130	2	1.0311	1	1.0168	1	0.7941	1	0.2874	1	0.3813
20 Hilfsarbeiter/-innen o. n.I.	3	1.1542	3	0.9862	3	0.8453	2	0.6896	6	-0.0215	2	0.3562
40 Bürohilfsberufe, Telefonisten/-innen	2	1.1613	7	0.8325	6	0.7698	3	0.6232	2	0.2115	3	0.1529
19 Warenprüfer/-innen, Versandfertigmacher/-innen	1	1.2056	1	1.0686	2	0.8992	6	0.4680	3	0.0379	4	0.0867
17 Getränke, Genussmittelherstellung, übrige Ernährungsberufe	19	0.7261	11	0.6861	10	0.6756	16	0.0356	18	-0.4447	5	-0.1024
32 Verkehrsberufe	8	0.9939	6	0.8559	5	0.7974	8	0.3682	8	-0.0382	6	-0.1037
27 Verkaufsberufe (Einzelhandel)	9	0.9524	5	0.8870	9	0.6879	4	0.5465	5	-0.0137	7	-0.1056
34 Packer/-innen, Lager-, Transportarbeiter/-innen	5	1.1116	4	0.9148	4	0.8114	5	0.5389	7	-0.0232	8	-0.1133
24 Technische Zeichner/-innen, verwandte Berufe	29	0.5314	21	0.5440	26	0.2381	18	-0.0580	10	-0.0866	9	-0.1916
37 Finanz-, Rechnungswesen, Buchhaltung	11	0.9165	20	0.5480	16	0.4472	19	-0.0586	13	-0.2065	10	-0.2487
39 Kaufmännische Büroberufe	13	0.8909	15	0.6106	14	0.4720	12	0.1155	12	-0.1976	11	-0.3151
2 Bergleute, Mineralgewinner/-innen	18	0.7313	29	0.2919	21	0.3039	25	-0.2190	23	-0.5153	12	-0.3890
30 Sonstige kaufmänn. Berufe (ohne Groß-, Einzel-, Kreditgewerbe)	25	0.5929	24	0.4704	23	0.2591	23	-0.0913	17	-0.4329	13	-0.4353
42 Hausmeister/-innen	22	0.6759	25	0.4339	24	0.2513	15	0.0466	21	-0.4825	14	-0.4357
33 Luft-, Schifffahrtsberufe	31	0.5035	28	0.3840	27	0.2136	14	0.0706	26	-0.5339	15	-0.4718
53 Hotel-, Gaststättenberufe, Hauswirtschaft	16	0.7460	9	0.7666	11	0.5491	10	0.2957	15	-0.3471	16	-0.4748
13 Textilverarbeitung, Lederherstellung	15	0.8451	19	0.5822	8	0.6973	13	0.1126	9	-0.0669	17	-0.4801
36 Verwaltungsberufe im öd	34	0.4366	43	0.0250	35	0.0173	40	-0.6704	39	-0.8974	18	-0.4990
16 Köche/Köchinnen	20	0.7072	12	0.6697	17	0.4222	17	-0.0356	19	-0.4547	19	-0.5215
31 Werbefachleute	38	0.3857	30	0.2765	45	-0.2318	30	-0.3205	16	-0.3580	20	-0.5267
52 Berufe in der Körperpflege	43	0.2124	35	0.2187	29	0.0890	22	-0.0904	14	-0.3418	21	-0.5279
4 Chemie-, Kunststoffberufe	14	0.8514	13	0.6554	13	0.4883	20	-0.0650	27	-0.5556	22	-0.5611

(Fortsetzung Tab. 2.4)

Berufsfeld	1979		1986		1992		1999		2006		2012	
	Rang	Ersetzungspotenzial										
41 Personenschutz-, Wachberufe	10	0.9342	8	0.7990	7	0.7158	7	0.3695	11	-0.1040	23	-0.6268
29 Bank-, Versicherungsfachleute	17	0.7321	23	0.4839	19	0.3169	27	-0.2654	29	-0.5686	24	-0.6321
14 Back-, Konditor-, Süßwarenherstellung	35	0.4355	26	0.4152	30	0.0786	41	-0.6915	20	-0.4747	25	-0.6448
51 Publ., Bibliotheks-, Übersetzungs-, verw. Wissenschaftsberufe	41	0.2713	38	0.1905	39	-0.0590	36	-0.4681	31	-0.6204	26	-0.6842
44 Rechtsberufe	24	0.6202	42	0.0398	32	0.0708	32	-0.4159	32	-0.6396	27	-0.6965
1 Land-, Tier-, Forstwirtschaft, Gartenbau	32	0.4847	45	0.0039	33	0.0257	29	-0.3165	36	-0.7270	28	-0.7012
3 Steinbearbeitung, Baustoffherstellung, Keramik-, Glasberufe	6	1.0076	17	0.5922	18	0.3660	11	0.1877	4	0.0061	29	-0.7288
15 Fleischer/-innen	33	0.4831	22	0.5275	20	0.3068	24	-0.2159	22	-0.5152	30	-0.7435
46 Designer/-innen, Fotografen, Reklamehersteller/-innen	49	0.0532	46	-0.0467	48	-0.2737	39	-0.6479	30	-0.6094	31	-0.7513
7 Metall-, Anlagenbau, Blechkonstruktion, Installation, Montierer/-innen	27	0.5857	41	0.1280	28	0.1310	34	-0.4449	33	-0.6611	32	-0.7798
28 Groß-, Einzelhandelskaufleute	30	0.5220	27	0.3898	25	0.2400	21	-0.0884	25	-0.5319	33	-0.7849
12 Spinner/-innen, Textilhersteller/-innen, Textilveredler/-innen	7	0.9952	16	0.6038	15	0.4523	9	0.3269	28	-0.5651	34	-0.7937
5 Papierherstellung, -verarbeitung, Druck	21	0.6857	18	0.5910	22	0.2840	26	-0.2227	24	-0.5203	35	-0.8547
6 Metallherstellung, -bearbeitung	12	0.9019	14	0.6349	12	0.5089	28	-0.2939	34	-0.6816	36	-0.8548
18 Bauberufe, Holz-, Kunststoffbe- und -verarbeitung	26	0.5870	40	0.1410	34	0.0228	33	-0.4193	37	-0.8150	37	-0.8894
11 Elektroberufe	40	0.2998	50	-0.0957	44	-0.2279	44	-0.8330	47	-1.0737	38	-0.9362
25 Vermessungswesen	36	0.4317	10	0.7656	31	0.0723	35	-0.4476	35	-0.7055	39	-0.9371
43 Sicherheitsberufe	37	0.3976	33	0.2298	43	-0.1823	43	-0.7138	44	-0.9951	40	-0.9755
9 Fahr-, Flugzeugbau, Wartungsberufe	47	0.1352	51	-0.1228	41	-0.0739	42	-0.7089	49	-1.1355	41	-0.9946
48 Gesundheitsberufe ohne Approbation	39	0.3008	32	0.2486	36	0.0124	31	-0.3502	46	-1.0646	42	-0.9949

(Fortsetzung Tab. 2.4)

Berufsfeld	1979		1986		1992		1999		2006		2012	
	Rang	Ersetzungs- potenzial										
35 Geschäftsführung, Wirtschaftsprüfung, Unternehmensberatung	48	0.0573	53	-0.1790	49	-0.3078	46	-0.8949	40	-0.9072	43	-1.0021
10 Feinwerktechnische, verwandte Berufe	44	0.1780	49	-0.0931	37	-0.0069	45	-0.8403	42	-0.9325	44	-1.0179
21 Ingenieure	50	0.0168	48	-0.0841	47	-0.2565	48	-0.9226	38	-0.8794	45	-1.0534
23 Techniker/-innen	46	0.1613	47	-0.0664	42	-0.1588	49	-0.9539	45	-1.0625	46	-1.0635
38 IT-Kernberufe	42	0.2364	44	0.0166	50	-0.3426	52	-1.2221	48	-1.1352	47	-1.0901
8 Industrie-, Werkzeugmechaniker/-innen	28	0.5429	31	0.2720	40	-0.0714	37	-0.5300	43	-0.9344	48	-1.1183
26 Technische Sonderkräfte	45	0.1691	34	0.2209	38	-0.0449	38	-0.5892	50	-1.1385	49	-1.1242
22 Chemiker/-innen, Physiker/-innen, Naturwissenschaftler/-innen	52	-0.4653	54	-0.4695	52	-0.4363	51	-1.2130	51	-1.1769	50	-1.2068
45 Künstler/-innen, Musiker/-innen	23	0.6626	37	0.1992	46	-0.2545	47	-0.9114	41	-0.9227	51	-1.3638
47 Gesundheitsberufe mit Approbation	51	-0.0349	52	-0.1313	51	-0.3539	50	-1.0257	52	-1.3564	52	-1.4096
49 Soziale Berufe	53	-0.6595	36	0.2077	53	-1.2576	53	-1.2531	53	-1.6204	53	-1.5231
50 Lehrer/-innen	54	-1.0895	39	0.1596	54	-1.4025	54	-1.5421	54	-1.7134	54	-1.5812

Quelle: BIBB/IAB-, BIBB/BAuA Erwerbstätigenbefragungen 1979–2012, gewichtete Werte, eigene Berechnungen

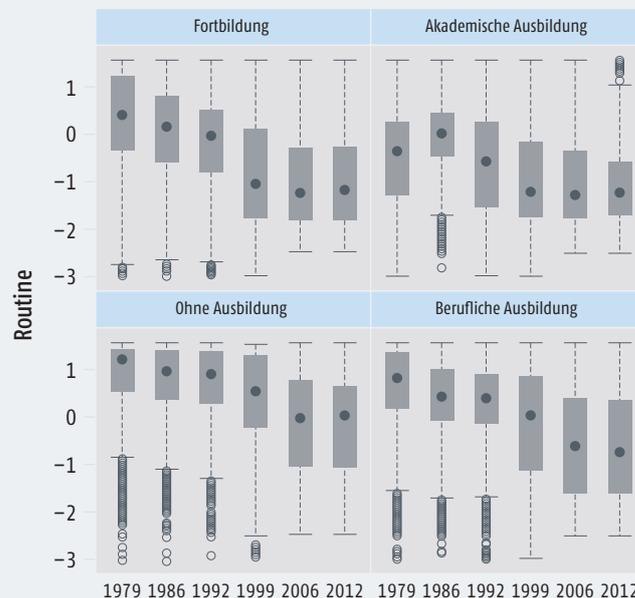
## 2.4 Ersetzungspotenzial und Qualifikation

Der Umgang mit Routine- oder Nichtroutineaufgaben hängt auch mit dem jeweiligen Qualifikationsniveau der Beschäftigten zusammen. Eine der Annahmen der Polarisierungsthese ist ja gerade bezogen auf Erwerbstätige mit mittleren Qualifikationen. Dementsprechend sollte sich zeigen, dass Beschäftigte mit mittleren Qualifikationen über die Zeit sinkende Ersetzungspotenziale aufweisen (weil diese ersetzt werden), während bei jenen mit niedrigen Qualifikationen durchaus Routineaufgaben hinzukommen können. Erwerbstätige mit hohen Qualifikationen sollten jedoch im Vergleich immer eher niedrige Ersetzungspotenziale haben, die mit der Zeit allerdings leicht steigen könnten, weil auch hier Routineaufgaben (wie Dokumentationen) mit übernommen werden.

Abbildung 2.5 zeigt die Entwicklungen der Ersetzungspotenziale für die Qualifikationsniveaus. In der Tat ist zu erkennen, dass bei den Erwerbstätigen ohne berufliche Qualifikation der Rückgang im Durchschnitt weniger stark ist als bei denen mit beruflicher Qualifikation. Auch zeigt sich ein leichter Anstieg an Routineinhalten zwischen den beiden jüngsten Erhebungszeitpunkten bei denjenigen ohne berufliche Qualifikation. Einschränkend muss man aber sagen, dass diese Entwicklungen nur die Mediane betreffen. Die mittleren 50 Prozent der Verteilungen liegen bei diesen beiden Qualifikationsniveaus jeweils sehr nah beieinander. Etwas stärker konzentriert sind die Ersetzungspotenziale bei den Erwerbstätigen mit akademischer Qualifikation. Auch sie zeigen einen leichten Anstieg in den jüngsten (drei) Erhebungen. Insgesamt jedoch sind dies nicht mehr als leichte Tendenzen; genauere Analysen, die im Folgenden beschrieben werden, müssen die Zusammenhänge weiter prüfen.

**Abbildung 2.5**

Entwicklung von Ersetzungspotenzial/Routine 1979 bis 2012 nach Qualifikationsniveaus



Quelle: BIBB/IAB, BIBB/BAuA Erwerbstätigenbefragungen 1979–2012, eigene Berechnungen.

## 2.5 Lohn und Ersetzungspotenzial

Da anzunehmen ist, dass messbare Unterschiede zwischen den Berufsfeldern bestehen, sollte eine Analyse der Einflüsse auf den Stundenlohn diese Unterschiede darstellbar machen. Dies geschieht hier durch die Nutzung von Mehrebenen-Modellen. Darin werden die Erwerbstätigen in

den Berufsfeldern als Gruppierungsvariable auf der zweiten Ebene gebündelt. Dieses „Nesting“ hat den Vorteil, dass Unterschiede zwischen den Berufsfeldern bei der Entlohnung direkt sichtbar gemacht werden können. Tabelle 2.5 zeigt die Ergebnisse.

In einem ersten, „leeren“ Modell (Modell 0) wurde dabei zunächst nur bestimmt, wie viel der Unterschiede in den Stundenlöhnen – über alle Zeitpunkte hinweg – durch die Zugehörigkeit zu einem Berufsfeld erklärt werden kann. Der Intraclass-Coefficient (ICC) gibt darüber Auskunft, indem er darstellt, wie viel der Varianzaufklärung des gesamten Modells auf der zweiten Ebene gelingt, in diesem Fall der Ebene der Berufsfelder. Bei Modell 0 sind das 17,5 Prozent. Bei den Unterschieden in den Stundenlöhnen werden also fast 18 Prozent durch die Zugehörigkeit zu einem Berufsfeld und die entsprechenden Unterschiede zwischen den Berufsfeldern erklärt. Nimmt man nun weitere erklärende Variablen auf, wird das Modell differenzierter.

In einem ersten Schritt (Modell 1) wird das Ersetzungspotenzial/die Routine zusammen mit den übrigen erklärenden Variablen in das Modell aufgenommen. Damit verlieren die Unterschiede zwischen den Berufsfeldern an Erklärungskraft, nur noch 10,6 Prozent werden über sie erklärt. Der Einfluss des Ersetzungspotenzials ist hoch signifikant und liegt bei  $-0,03$ . Allerdings gibt es dabei noch die Unterschiede zwischen den Berufsfeldern, die in diesem Modell noch konstant gehalten sind.

Im nächsten Schritt wird die Information über die durchschnittlichen Routinewerte in den Berufsfeldern aufgenommen (Modell 3). Alle verfügbaren Merkmale zeigen auch hier signifikante Einflüsse, allerdings ohne zum vorherigen Modell zu variieren. Betrachtet man zusätzlich die Information der Interaktion zwischen der Routine am Arbeitsplatz und im Berufsfeld, unter der Annahme, dass individuelle Erwerbstätige ihre Routine unterschiedlich einschätzen und diese auch jeweils unterschiedliche Einflüsse auf den Lohn hat (Stichwort: Erfahrung(swissen)), sinkt der Anteil der durch Unterschiede zwischen den Berufsfeldern erklärten Varianz auf 6,3 Prozent.

Im vierten Modell ist auch die Restriktion auf konstante Effekte innerhalb der Berufsfelder aufgehoben. Hier finden 6,8 Prozent der Varianzaufklärung auf der Ebene der Berufsfelder statt. Die Merkmale auf der Individualebene haben einen dementsprechend deutlich höheren Anteil an der Erklärungskraft. Die einzelnen Merkmale folgen dem bekannten Muster: Das Alter hat einen positiven Effekt auf den Lohn. Die individuelle Qualifikation hat insoweit einen positiven Einfluss auf den Stundenlohn, als dass dieser mit dem Qualifikationsniveau steigt, jeweils im Vergleich zu Ungelernten. Die Firmengröße hat ebenfalls einen positiven Einfluss, und weibliche Erwerbstätige haben einen geringeren Stundenlohn als männliche. Je aktueller der Erhebungszeitpunkt, umso höher ist der Lohn.

**Tabelle 2.5**  
 Mehrebenenanalyse zum Einfluss von Routine auf den logarithmierten Stundenlohn

	Modell 0	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4
	Effekt	Effekt	Effekt	Effekt	Effekt
	Std.err.	Std.err.	Std.err.	Std.err.	Std.err.
Fixed Effects					
Intercept	4.22 ***	3.443 ***	3.440 ***	3.453 ***	3.457 ***
Routine		-0.033 ***	-0.033 ***	-0.036 ***	-0.034 ***
Alter (zentriert)		0.007 ***	0.007 ***	0.007 ***	0.007 ***
Qualifikation (Ref.: ohne berufliche Ausbildung)					
Berufliche Qualifikation		0.117 ***	0.117 ***	0.113 ***	0.109 ***
Fortbildung		0.184 ***	0.184 ***	0.178 ***	0.175 ***
Akademische Qualifikation		0.233 ***	0.233 ***	0.230 ***	0.230 ***
Firmengröße (Ref.: 0 bis 4 Mitarbeiter)					
5 bis 9		0.076 ***	0.076 ***	0.077 ***	0.077 ***
10 bis 49		0.128 ***	0.128 ***	0.129 ***	0.129 ***
50 bis 99		0.153 ***	0.153 ***	0.154 ***	0.156 ***
100 bis 499		0.179 ***	0.180 ***	0.181 ***	0.183 ***
500 bis 999		0.208 ***	0.209 ***	0.210 ***	0.211 ***
1000 und mehr		0.238 ***	0.239 ***	0.240 ***	0.242 ***
Weiblich		-0.119 ***	-0.119 ***	-0.117 ***	-0.115 ***
Erhebung (Ref.: 1979)					
1986		0.309 ***	0.309 ***	0.304 ***	0.303 ***
1992		0.680 ***	0.680 ***	0.679 ***	0.678 ***
1999		0.885 ***	0.885 ***	0.883 ***	0.883 ***
2006		0.906 ***	0.906 ***	0.904 ***	0.902 ***
2012		0.969 ***	0.969 ***	0.966 ***	0.966 ***
Routine (Mittelwert im Berufsfeld)			-0.175 ***	-0.182 ***	-0.188 ***
Interaktion Routine (Individuell) mit Routine (Berufsfeld)				-0.040 ***	-0.052 ***
Random Effects					
Standardabweichung Random Slope			0.098	0.097	0.034
Standardabweichung Random Intercept		0.129			0.101
ICC	0.1752	0.1062	0.0645	0.0632	0.0681
AIC	189258.7	99400.1	99377.9	99097.3	98533.3

Quelle: BIBB/IAB, BIBB/BAuA Erwerbstätigenbefragungen 1979-2012, eigene Berechnungen, N = 113591; 54 Gruppen

In diesem Modell ist der Einfluss des Ersetzungspotenzials zwar auf der individuellen Ebene noch negativ, in den einzelnen Berufsfeldern aber hat es teilweise einen positiven Einfluss. Dies korrespondiert mit der Öffnung der Einschränkung auf konstante Unterschiede auf der Berufsfeldebene. Mit anderen Worten: Es gibt Unterschiede im Einfluss des Ersetzungspotenzials auf den Stundenlohn zwischen den Berufsfeldern. Gerade dort sind Routineaufgaben positiv korreliert mit dem Stundenlohn (werden also Routineaufgaben goutiert), wo entweder hohe qualifikatorische Anforderungen gestellt werden (Ingenieure/-innen, Gesundheitsberufe mit Approbation) oder besonders Erfahrungen oder besondere Erfahrungen von Bedeutung sind (Künstler/-innen).

Allerdings zeigt eine weitere Öffnung der Restriktionen (hier nicht abgedruckt, Ergebnisse auf Anfrage), dass diese Effekte durch die Erhebungszeitpunkte modelliert werden. Dabei wird eine Interaktion von individueller Routine und Querschnitt aufgenommen sowie zufällige Steigungen in den Querschnitten zugelassen. In dieser Spezifikation liegt der Erklärungsanteil an der Varianz durch Unterschiede zwischen Berufsfeldern bei 9,9 Prozent. Es zeigt sich damit, dass über die Zeit die Routineanteile zwar sinken, aber nicht in allen Berufsfeldern gleichermaßen dieser Rückgang negative Wirkungen auf den Lohn hat. Die Anpassungen an Umgestaltungen in den Arbeitsaufgaben innerhalb von Berufsfeldern liefen dementsprechend nicht überall gleichgewichtet und auch nicht gleichzeitig.

## 2.6 Polarisierung seit 1979

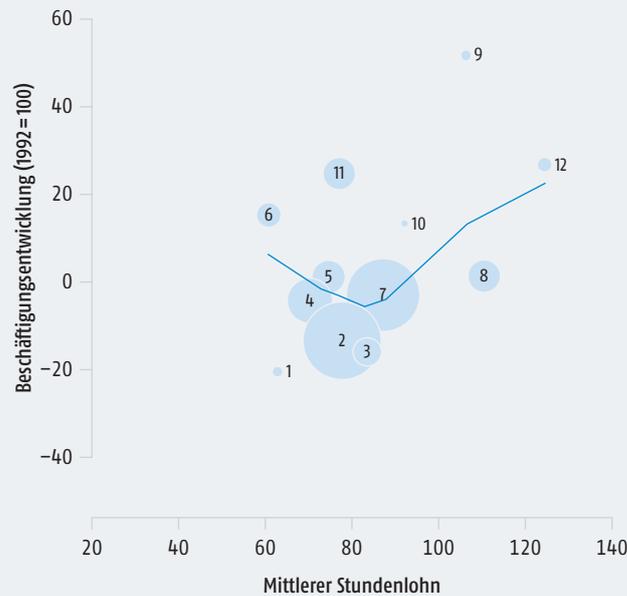
Im Kern der aktuellen Polarisierungsdiskussionen steht das Phänomen, dass Erwerbstätige mit mittleren Qualifikationen weniger hohe – oder sogar negative – Lohn- und auch Beschäftigungszuwächse und -entwicklungen erfahren als diejenigen mit niedrigen oder hohen Qualifikationen. Aktuell zeigen beispielsweise auch EICHHORST u. a. (2015, S. 8) eine solche polarisierte Entwicklung zwischen 1995 und 2010. Dabei nutzen sie Daten des SIAB und aggregieren Berufe auf der Ebene von Zweistellern der ISCO-Klassifikation von 1988. In Anlehnung an diese Darstellung, die wie schon zuvor auch AUTOR u. a. (2003) und viele danach den Lohn als Proxy für das Qualifikationsniveau nutzt, soll hier mit den Daten der BIBB/IAB- und BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragungen von 1979 bis 2012 noch einmal genauer diesen Entwicklungen in Deutschland nachgegangen werden.

Dabei dienen die BIBB-Berufsfelder auf der Basis der KlDb92 als Berufsaggregate, die teilweise zu Berufshauptfeldern zusammengezogen werden. Mit den Daten der Erwerbstätigenbefragungen ist es möglich, die jeweiligen Bruttostundenlöhne zu berechnen, die hierfür auf das Niveau von 2012 angepasst wurden. In der Gegenüberstellung von mittlerem Stundenlohn und Beschäftigungsentwicklung zwischen den jeweiligen Erhebungen zeigt sich, dass von einer Polarisierungsentwicklung nur zwischen 1992 und 1999 gesprochen werden kann (Abbildung 2.6). Das ist vor dem Hintergrund interessant, dass in dieser Zeitspanne die Preise für Industrieroboter dramatisch (um teilweise mehr als die Hälfte) gefallen sind (MICHAELS/GRAETZ 2015).

Während auf der Aggregierungsebene von Berufshauptfeldern für diesen Zeitpunkt eine Polarisierung zu erkennen ist, verschwimmt das Bild wieder, wenn man es genauer untersucht. Schon auf der Ebene der Berufsfelder ist keine Polarisierung mehr erkennbar. Im mittleren Lohnbereich gibt es Berufsfelder, die Beschäftigungszuwächse wie auch -verluste zeigen, gleichzeitig verzeichnen fast alle Berufsfelder im unteren Lohnbereich Beschäftigungsverluste. Deutlich macht dies die Abbildung 2.7, in der zum Vergleich neben der für die Berufsfelder (in blau) auch noch einmal die lokal gewichtete, angepasste Kernelregressionsgrade (LOWESS-Curve) für die Berufshauptfelder (hier in grün) eingezeichnet ist.

Abbildung 2.6

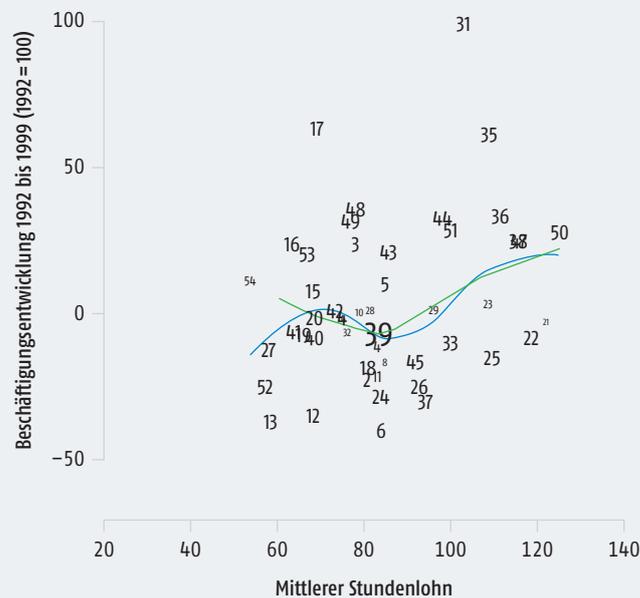
Bruttostundenlöhne 1992 und Beschäftigungsentwicklung bis 1999 (1992=100)



Quelle: BIBB/IAB-, BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragungen 1979–2012, gewichtete Werte, eigene Berechnungen.

Abbildung 2.7

Bruttostundenlöhne 1992 und Beschäftigungsentwicklung bis 1999 (1992=100) auf Berufsfeldebene



Quelle: BIBB/IAB-, BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragungen 1979–2012, gewichtete Werte, eigene Berechnungen.

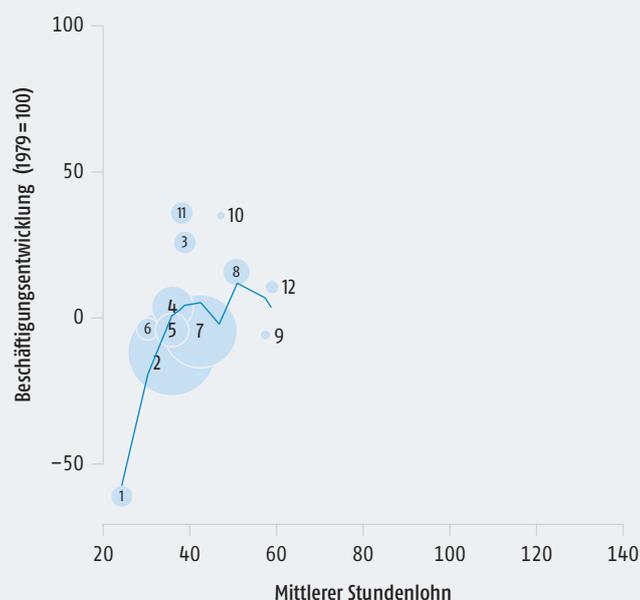
Die Polarisierungsthese geht davon aus: Bei hohen Anteilen an Routineaufgaben in einem Beruf zu einem Zeitpunkt  $t_1$  zeigt dieser Beruf zum nächsten Zeitpunkt  $t_2$  unterdurchschnittliche oder negative Beschäftigungsentwicklungen wie auch Lohnentwicklungen. Das soll mit einem „Berufsfeldpanel“ überprüft werden. Die mittleren Ersetzungspotenziale, die mittleren Stundenlöhne, die Anteile weiblicher Erwerbstätiger sowie Erwerbstätiger ohne berufliche Qualifikation und mit akademischer Qualifikation und auch die gewichteten Besetzungszahlen (also die

Beschäftigung) wurden auf der Ebene von Berufsfeldern aggregiert. Damit konnten die Veränderungen in diesen Variablen auf der Aggregatebene gebildet werden. Eine Reihe simpler Regressionen, bei denen die Veränderungen zwischen den Erhebungszeitpunkten der Erwerbstätigenbefragungen erklärt werden sollten durch die Höhe der Routinewerte/des Ersetzungspotenzials zum Erhebungszeitpunkt davor, liefert aber keine signifikanten Ergebnisse in dieser Richtung. Nur zu zwei Zeitpunkten war der Routineanteil ein signifikanter Faktor, beide Male aber war sein Vorzeichen positiv, genau wie die mittlere Veränderung in der Beschäftigung (Intercept). Mit der Hinzunahme weiterer Erklärender änderte sich das nur in einem Fall, das Vorzeichen allerdings blieb unverändert. Zwar zeigt sich so, wie zentral die jeweilige Wahl der Zeitpunkte und auch der Aggregationsebenen ist, aber zwingende Beweise für eine Polarisierung lassen sich nicht finden.

Für die Vergleiche der anderen Erhebungen auf der Ebene der Berufshauptfelder zeigt sich keine Polarisierung. Beispielhaft sollen daher die Entwicklungen zwischen 1979 und 1992 (Abbildung 2.8) und zwischen 1992 und 2012 (Abbildung 2.9) dargestellt werden. Für den ersten Vergleichszeitraum ist eher ein Upgrading zu erkennen, indem Berufshauptfelder wie be-, verarbeitende und instand setzende Berufe (BHF 2) schon negative Beschäftigungsentwicklungen zeigen, aber Berufshauptfelder wie Maschinen und Anlagen steuernde und wartende Berufe (BHF 3) schon Zuwächse aufweisen und damit die Löhne im mittleren Segment mit steigender Beschäftigung verbinden. Im nächsten Vergleichszeitraum verliert dann auch dieses Berufshauptfeld (BHF 3) an Beschäftigung, dafür finden sich aber Zuwächse beim Berufshauptfeld der Gesundheits- und Sozialberufe (BHF 11), sowie bei den Verkehrs-, Lager-, Transport-, Sicherheits- und Wachberufen (BHF 5). Insbesondere die Lehrberufe (BHF 12) haben bei den höchsten Löhnen auch noch Beschäftigungszuwächse; allerdings zeigen andere Berufshauptfelder (Rechts-, Management- und wirtschaftswissenschaftliche Berufe (BHF 9) und Künstler, Medien, Geistes- und Sozialwissenschaftliche Berufe (BHF 10)) die größten Beschäftigungszuwächse, sind aber nicht mit ähnlich hohen Löhnen verbunden.

**Abbildung 2.8**

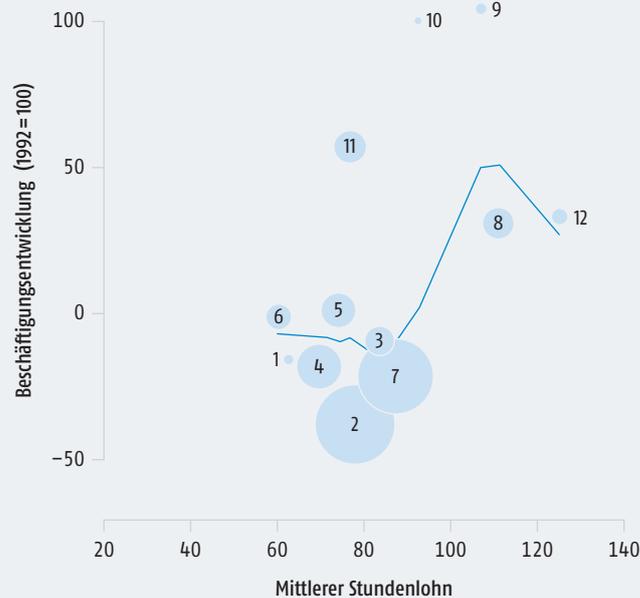
Bruttostundenlöhne 1979 und Beschäftigungsentwicklung bis 1992 (1979=100)



Quelle: BIBB/IAB-, BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragungen 1979–2012, gewichtete Werte, eigene Berechnungen.

Abbildung 2.9

Bruttostundenlöhne 1992 und Beschäftigungsentwicklung bis 2012 (1992=100)



Quelle: BIBB/IAB-, BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragungen 1979–2012, gewichtete Werte, eigene Berechnungen.

Sieht man sich die Entwicklungen detaillierter an (sprich: zwischen den einzelnen Erhebungszeitpunkten), fällt auf, dass sie durchaus volatil verlaufen. Der oben angedeutete konstante Beschäftigungsrückgang für das BHF 2 zeigt sich nur bis 2006, zwischen 2006 und 2012 steigt hier die Beschäftigung wieder. Ebenso erfährt das Berufshauptfeld Maschinen und Anlagen steuernde und wartende Berufe (BHF 3) nur zwischen 1992 und 1999 sowie 2006 und 2012 jeweils Beschäftigungsrückgänge, ansonsten verzeichnet es Aufwüchse. Es kann demnach kein durchgehender Rückgang der Beschäftigung in Berufen festgestellt werden, die durch Tätigkeiten geprägt sind, die nach dem Ansatz von AUTOR u. a. (2003) eher als Routinetätigkeiten zu bezeichnen wären.

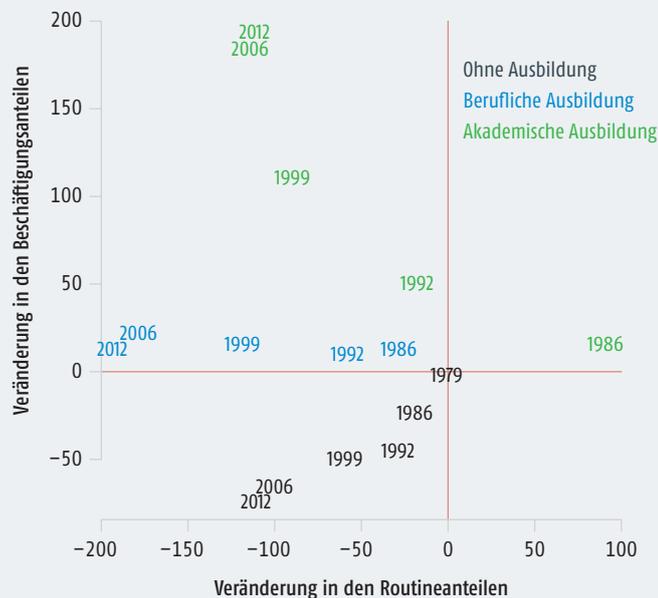
Gerade die Entwicklung in den Routineanteilen ist ja für die Frage der Polarisierung zentral. Folgt man den Argumenten der aktuellen Diskussion, sollte sich bei einer Gegenüberstellung der relativen Veränderungen von Routineanteilen (nach der hier vorgelegten Definition und Operationalisierung) und den relativen Veränderungen in der Beschäftigung vor allem bei Erwerbstätigen mit mittlerem Qualifikationsniveau auf diesen beiden Dimensionen ein Rückgang zeigen. Für Erwerbstätige mit höherer Qualifikation (besonders akademischer Qualifikation) sollte sich ein Zuwachs bei der Beschäftigung zeigen, neben einem möglicherweise weniger starken Rückgang bei Routine. Für Erwerbstätige mit niedrigerer Qualifikation (besonders denen ohne berufliche Ausbildung) sollte sich ebenfalls ein Zuwachs bei der Beschäftigung zeigen und ebenfalls ein weniger starker Rückgang bei der Routine, vielleicht sogar ein Zuwachs.

Abbildung 2.10 zeigt diese Entwicklungen mit den Daten der BIBB/IAB- und BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragungen seit 1979. Entgegen der Annahmen verzeichnen zunächst einmal Erwerbstätige auf allen Qualifikationsniveaus Rückgänge bei den Routineanteilen – mit Ausnahme der akademisch Qualifizierten zwischen 1986 und 1979. Des Weiteren erkennt man, dass für diejenigen mit mittleren Qualifikationen (also berufsbildenden Qualifikationen) eher ein kontinuierlicher Beschäftigungszuwachs die Entwicklung geprägt hat. Einzig die niedrig Qualifizierten (also die Erwerbstätigen ohne berufliche Qualifikation) erfuhren Beschäftigungsrückgänge.

Wenn überhaupt, hat also eine „klassische“ Polarisierung zwischen niedrig und hoch Qualifizierten stattgefunden, die womöglich besser als „Upgrading“ bezeichnet werden kann.

**Abbildung 2.10**

Relative Veränderungen in Ersetzungspotenzial/Routine und Beschäftigung seit 1979 für Qualifikationsniveaus



Quelle: BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragungen 1979–2012, gewichtete Werte, eigene Berechnungen

## 2.7 Zusammenfassung

In diesem Kapitel sollte geprüft werden, welche Entwicklung die Beschäftigung und die Löhne in der Vergangenheit hatten – insbesondere vor dem Hintergrund der Entwicklungen von Routineinhalten oder -aufgaben. Diese werden auch als Ersetzungspotenziale gesehen: Ihnen wird ein Einfluss insoweit zugeschrieben, als dass hohe Routineanteile mit sinkender Beschäftigung und sinkenden Löhnen verknüpft sind. Über die Zeit sollten dann gerade in Berufen mit „mittlerem“ Qualifikationsniveau (in Deutschland also berufliche Qualifikationen) Ersetzungspotenziale realisiert werden beziehungsweise Routineaufgaben entfallen, was für diese Gruppe zu sinkender Beschäftigung und sinkenden oder weniger stark steigenden Löhnen führt. Auf der anderen Seite würden dann zusätzlich Routineaufgaben von niedrig und auch von akademisch Qualifizierten übernommen, diese beiden Gruppen erfahren Beschäftigungszuwächse und höhere Lohnsteigerungen. Diese Polarisierung sollte für die Zeit von 1979 bis 2012 nachvollzogen werden.

Dabei zeigte sich, dass in Berufshauptfeldern und Berufsfeldern mit höheren Anteilen Erwerbstätiger ohne berufliche Qualifikation eher höhere Routineanteile/Ersetzungspotenziale bestehen. Die im Mittel höchsten Anteile an Routine haben primäre Dienstleistungsberufe, die niedrigsten weisen sekundäre Dienstleistungsberufe auf. Bei der Frage danach, ob bestimmte Erwerbstätige eher höhere oder niedrigere Ersetzungspotenziale an ihren Arbeitsplätzen erwarten, stellten sich als bestärkende Faktoren das Geschlecht (weiblich), das Alter, die nicht erfolgte Einführung neuer Technologien oder neuer Maschinen in den vergangenen zwei Jahren, keine Vorgesetztenfunktion zu haben sowie Unterforderung und formaler Mismatch (eher bei Unter- aber auch bei Überqualifikation) heraus. Eine Tätigkeit in Büro- und kaufmännischen Dienstleistungsberufen ist ebenfalls mit höheren Routinewerten assoziiert. Abschwächend wirken das An-

forderungsniveau des Arbeitsplatzes, die Arbeitszeit (je mehr, desto weniger Routine), die Art der Computernutzung, wenn sie über reine Anwendung hinausgeht. Eine Tätigkeit in Lehrberufen ist mit niedrigeren Routinewerten verknüpft.

In Bezug auf die Arbeitszufriedenheit konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Ersetzungspotenzial und der Arbeitszufriedenheit gefunden werden. Es scheint, als wäre das Ersetzungspotenzial eher als „übergeordnetes Phänomen“ wahrgenommen. Im Zuge der hier zur Überprüfung durchgeführten Strukturgleichungsmodelle konnte in einer konfirmatorischen Faktorenanalyse die Indexbildung für die Routinewerte/das Ersetzungspotenzial bestätigt werden.

Insgesamt sinken die Werte für das Ersetzungspotenzial/die Routine über die Zeit. In einigen Berufsfeldern konnten „typische“ Verläufe festgestellt werden, die aber nicht alle mit den Annahmen einer Polarisierung zur Deckung gebracht werden können: Im Berufsfeld „Technischer Zeichner ...“ (BF 24) führte die Computerisierung der Arbeitsplätze beispielsweise nicht zu einem überdurchschnittlichen Beschäftigungsrückgang. Bei „kaufmännischen Büroberufen“ (BF 39) fallen deutliche Beschäftigungsverluste und leicht sinkende Routineanteile mit konstanten Rangplätzen der Routine im Vergleich zu allen anderen Berufsfeldern auf. Im Berufsfeld „Soziale Berufe“ (BF 49) finden sich konstant niedrige Rangplätze und steigende Beschäftigung. Im Berufsfeld „Textilhersteller/-innen“ (BF 12) zeigt sich ein Beschäftigungsrückgang, der allerdings durch Outsourcing zu erklären ist.

Man kann allerdings nicht annehmen, dass beispielsweise die Beschäftigten aus den Büroberufen in die sozialen Berufe gewechselt seien. Allerdings wäre möglich, dass Teile der Aufgaben der Erwerbstätigen in Büroberufen übertragen wurden auf die in den sozialen Berufen Tätigen – was jedoch den dortigen Beschäftigungszuwachs nicht erklärt. Insgesamt nimmt die Beschäftigung in Berufen mit interaktiven Aufgaben zu, in denen ein eher höheres Qualifikationsniveau vorherrscht. Da aber auf der anderen Seite in Berufsfeldern mit mittleren Qualifikationen (die Büroberufe sind nur ein Teil davon, und hier finden sich eine Reihe von Berufen, die sowohl produktionsbezogene als auch sekundäre Dienstleistungsberufe sind) nicht durchgehend Beschäftigungsrückgänge zu finden sind, kann auch hier eher von einem Upgrading gesprochen werden. Die Mediane der Routine/Ersetzungspotenziale steigen in den jüngsten zwei bis drei Erhebungen (seit 1999) für Erwerbstätige ohne berufliche und mit akademischer Qualifikation. Für beruflich qualifizierte sinken sie. Allerdings liegen die mittleren 50 Prozent der Verteilungen für alle Qualifikationsniveaus nah beieinander und überlappen sich.

Es gibt Unterschiede des Ersetzungspotenzials zwischen Berufsfeldern auf den Lohn der Erwerbstätigen, die allerdings durch die Zeit moderiert sind und alle negative Vorzeichen haben. In keinem Berufsfeld sind Routineaufgaben mit vergleichsweise höheren Löhnen assoziiert. Dennoch können diese Unterschiede in der Routine zu bestimmten Zeitpunkten auf Berufsfeldenebene zehn Prozent der Unterschiede in den Löhnen von Erwerbstätigen erklären.

Eine Polarisierung konnte schließlich nur für den Zeitraum zwischen 1992 und 1999 auf der Ebene von Berufshauptfeldern gefunden werden (in Bezug auf durchschnittliche Löhne und Veränderungen in der Beschäftigung) – die aber für den gleichen Zeitraum mit anderen Berufsgruppierungen (hier Berufsfeldern) schon nicht mehr gezeigt werden konnte. Die Wahl der Vergleichszeiträume und der Aggregationsebenen scheint also hier entscheidend zu sein. Zwischen 1979 und 1992 erkennt man eher ein Upgrading, von 1992 bis 2012 tendenziell auch. Eine Polarisierung im engeren Sinne zeigt sich im Grund genommen nur zwischen den Erwerbstätigen mit akademischer Qualifikation auf der einen und denen ohne berufliche Qualifikation auf der anderen Seite – was aber der derzeit diskutierten Polarisierungsthese widerspricht, die Erwerbstätige mit mittleren Qualifikationen als die Verlierer sieht.

Zwingende Belege für eine andauernde Polarisierung der Beschäftigten in Deutschland seit 1979 konnten, insgesamt betrachtet, also nicht gefunden werden. Allerdings gibt es einen negativen Einfluss von Routineinhalten auf das Lohnniveau von Beschäftigten, und auch ein Upgrading der Erwerbstätigen ließ sich zeigen. Wenn viele Faktoren – von den Preisen für computerisierte Maschinen oder Industrieroboter über Reorganisierungen von Unternehmen bis hin zu bestimmten Möglichkeiten und Eigenschaften der Beschäftigten – zusammenkommen, dann kann unter Umständen auch eine Polarisierung stattfinden. Ob diese aber dauerhaft ist, bleibt wiederum fraglich.

Was zu diesem Zeitpunkt noch nicht geprüft werden konnte, war der Zusammenhang zwischen den eingesetzten und genutzten Arbeitsmitteln und den Entwicklungen der Beschäftigung und der Löhne. Denkt man an das von HELMRICH und TIEMANN (2015) beschriebene dreidimensionale Modell zur Beschreibung beruflicher Inhalte, könnte eine Erklärungslinie – wie im Folgenden (Kapitel XYZ) beschrieben entlang der Dimensionen der Routine, der Kognition und des Objektbezuges der Tätigkeiten – eher signifikante Erklärungszusammenhänge liefern. Dabei ist zu prüfen, ob der Objektbezug durch die genutzten Arbeitsmittel auch auf die Veränderungen durch neue Technologien zurückgeführt werden kann, was durch eine Taxonomie von Arbeitsmitteln leistbar wird. Damit könnten dann „Gewinner“ und „Verlierer“ von Digitalisierungs- und Automatisierungsprozessen unter Umständen treffsicherer vorausgesagt werden: Je höher der Objektbezug einer Tätigkeit, desto eher werden dort Tätige „Verlierer“; je höher die kognitiven Anforderungen, desto eher werden sie „Gewinner“. Um dies zu prüfen, sollte nicht mehr nur alleine auf das Ersetzungspotenzial abgehoben werden, sondern auf alle Dimensionen im 3D-Modell. Damit werden die enge Definition von Routine, die kognitiven Anforderungen und der Objektbezug in den Tätigkeiten abgebildet.

Schon in der Einleitung zu diesem Kapitel wurde darauf aufmerksam gemacht, dass die Einführung neuer Technologien und daraus resultierende strukturelle Veränderungen bei den Erwerbstätigen nicht allein vor einer ökonomischen Hintergrundfolie betrachtet werden sollten. Die Einführung neuer Technologien wird begleitet von Rationalisierungsfragen, mit ihnen sollen in fast jedem Fall Rationalisierungspotenziale erschlossen werden. Damit geht es aber gleichzeitig um Kontroll- und Machtstrukturen, denn Rationalisierungspotenziale beziehen sich immer auf bestimmte (Aspekte der) Unternehmensziele, die beispielsweise in der Erreichung von Renditezielen oder bestimmter Marktpositionen liegen. Innerbetriebliche Machtpolitiken bestimmen dann die Prozesse der Einführung neuer Technologien (oder etwaiger Alternativen). Diese Machtpolitiken dürften umso zentralistischer und wirkungsvoller sein, je größer der Betrieb ist, und man könnte Betriebe entsprechend typisieren. Diese Typen korrespondieren voraussichtlich mit bestimmten Strategien der Einführung und des Umgangs mit neuen Technologien, was wiederum bedeutet, dass es aus ihnen heraus typische Folgen für die Erwerbstätigen in diesen Betrieben gibt. Damit ist eine solche Typisierung eine weitere hilfreiche Verknüpfungsmöglichkeit zwischen Erwerbstätigen und Betrieben über Betriebsgrößen, Branchen und Regionen hinaus. Fragen nach betrieblichen wie auch überbetrieblichen Machtstrukturen, die gleichermaßen Entwicklungen wie eine Polarisierung oder ein Upgrading verhindern, verlangsamen oder beschleunigen können, versprechen hier interessante Ansätze.

## 3 Perspektive der Betriebe (BIBB-Qualifizierungspanel)

Im dritten Kapitel geht es um die Untersuchung, ob es in der deutschen Wirtschaft und unter den Betrieben und Unternehmen Polarisierungstendenzen in den Beschäftigungsstrukturen gibt, ob diese polaren Entwicklungen – falls vorhanden – durch die Einführung neuerer digitaler Technologien in den Betrieben bedingt sind und welche Mechanismen dazu führen, dass Tätigkeiten in ihrer Gesamtheit oder in Teilen substituierbar werden.

Dies ist aufgrund der zentralen Studien von FREY/OSBORNE (2013) und AUTOR (2003) die zu untersuchende Ausgangshypothese zum sogenannten „skill-biased technological change“. In diesen ersten, auf die Untersuchung des Stands von Polarisierung und Digitalisierung in Unternehmen und Betrieben bezogenen Analysen werden auf Grundlage der bisherigen Erhebungswellen des BIBB-Qualifizierungspanels verschiedene deskriptive Analysen durchgeführt.

Im Kapitel 3.1 werden die Datengrundlagen des BIBB-Qualifizierungspanels erläutert. Beschrieben werden ebenso die für die Auswertungen verwendeten Variablen, die grundlegenden Auswertungsoptionen wie Quer- und Längsschnittanalysen sowie die Operationalisierung verschiedener Indikatoren zur Untersuchung der Polarisierungsthese.

In Kapitel 3.2 werden Auswertungen zur Polarisierungsthese auf Betriebsebene präsentiert, Kapitel 3.3 untersucht Fragen im Zusammenhang mit der Digitalisierung in Betrieben und Unternehmen, in Kapitel 3.4 geht es um die Nutzung digitaler Technologien durch Beschäftigte, und in Kapitel 3.5 wird auf Basis eines neu entwickelten Indikators die These zur Substituierbarkeit von Tätigkeiten untersucht.

### 3.1 BIBB-Qualifizierungspanel als Datenbasis für Untersuchungen zu technologiebedingten Polarisierungseffekten auf Betriebsebene

Das BIBB-Betriebspanel zu Qualifizierung und Kompetenzentwicklung ist eine jährliche, repräsentative Wiederholungsbefragung von Betrieben in Deutschland, die seit 2011 durchgeführt wird und über die Quer- und Längsschnittdaten zu betrieblichen Qualifizierungs- und Rekrutierungspraktiken erhoben werden.<sup>10</sup> Seit 2014 nehmen jährlich 3.500 Betriebe an den Befragungen teil. Die Auswahl der Betriebe erfolgt über eine disproportional geschichtete Zufallsstichprobe aus der Grundgesamtheit aller Betriebe mit sozialversicherungspflichtig Beschäftigten. Die Betriebsangaben werden über computergestützte persönlich-mündliche Interviews (CAPI) erhoben. Neben dem sich jährlich wiederholenden Erhebungsprogramm zu den Themengebieten Aus- und Weiterbildung, Personalbewegung und -struktur sowie allgemeinen Betriebsmerkmalen umfasst die Befragung variierende Themenschwerpunkte, die sich aktuellen bildungspolitisch und wissenschaftlich relevanten Fragen widmen. 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 in Form computergestützter telefonischer Interviews (CATI) befragt. Die vorliegenden Ergebnisse beziehen sich auf die in den Jahren 2014 und 2015 durchgeführten CAPI-Erhebungen sowie die Zusatzerhebung von 3.500 CATI-Fällen im Jahr 2016.

<sup>10</sup> Seit 2015 werden die verschiedenen Basis- und Sondererhebungen von infas – Institut für angewandte Sozialwissenschaften GmbH (Bonn) durchgeführt.

### 3.1.1 Konzepte zur Messung von Polarisierung

Im BIBB-Qualifizierungspanel wurde von Anfang an Wert darauf gelegt, Betriebsangaben zu den **Beschäftigten in der Differenzierung nach Tätigkeitsanforderungen** abzufragen. Diese für die Betriebe zum Teil sehr aufwändige Abfrage stellt gerade für Untersuchungen zur Polarisierung und Digitalisierung eine sehr gute Datenbasis dar, um Effekte der Digitalisierung auf Betriebsebene zu messen.

Folgende Unterscheidungen wurden implementiert:

- ▶ **Beschäftigte mit einfachen Tätigkeiten**, die üblicherweise keine Berufsausbildung erfordern. Unter einfachen Tätigkeiten werden Tätigkeiten verstanden,
  - ▶ die z. B. einfache Reinigungs-, Abfallbeseitigungs-, Lager-, Transportarbeiten oder einfache Verkaufstätigkeiten umfassen und
  - ▶ die üblicherweise keine Berufsausbildung erfordern und z. B. von un- und angelernten Arbeitskräften ausgeübt werden.
- ▶ **Beschäftigte mit qualifizierten Tätigkeiten**, die üblicherweise eine abgeschlossene Berufsausbildung oder entsprechende Berufserfahrung erfordern. Qualifizierte Tätigkeiten umfassen Tätigkeiten,
  - ▶ bei denen z. B. Waren und Güter produziert oder Reparatur- und Instandhaltungsarbeiten in qualifizierter Weise durchgeführt werden, aber auch qualifizierte Dienstleistungen wie kaufmännische Tätigkeiten oder IT-Arbeiten bedeuten, und
  - ▶ die üblicherweise, aber nicht zwangsläufig eine abgeschlossene betriebliche oder schulische Berufsausbildung oder eine entsprechende Berufserfahrung erfordern und z. B. von Facharbeitern, Gesellen oder Fachkaufleuten ausgeübt werden.
- ▶ **Beschäftigte mit hochqualifizierten Tätigkeiten**, die üblicherweise einen Hochschul- oder Fachhochschulabschluss oder einen Meister-, Techniker- oder vergleichbaren Abschluss erfordern. Unter hochqualifizierten Tätigkeiten verstehen wir Tätigkeiten,
  - ▶ die z. B. Forschungs-, Entwicklungs-, Analyse-, Beratungs-, Konstruktionsarbeiten sowie Leitungs-, Ausbildungs- und Organisationsaufgaben umfassen und
  - ▶ die üblicherweise, aber nicht zwangsläufig einen Hochschul- oder Fachhochschulabschluss oder einen Meister-, Techniker- oder vergleichbaren Abschluss erfordern und z. B. von Meistern/Meisterinnen, Fachwirten und -wirtinnen, Gruppenleitern und -leiterinnen, Wissenschaftlern/Wissenschaftlerinnen oder Managern und Managerinnen ausgeübt werden.

### 3.1.2 Konzepte zur Messung von Digitalisierung

Auch für Fragen der Digitalisierung wurden von Anfang an sogenannte Proxies zur Einführung digitaler Technologien aufgenommen. In diesem Sinne wurden die Betriebe seit 2011 gefragt, ob sie im jeweiligen Vorjahr oder in den beiden jeweiligen Vorjahren **neue Informations- und Kommunikationstechnologien** und **neue Produktions- und Steuerungstechnologien** eingeführt haben. Hier lassen sich einschließlich von Interaktionseffekten über eine längere Zeitreihe hinweg Effekte digitaler Technologien auf betriebliche Beschäftigtenbestände untersuchen.

Da diese Form der Erfassung nur ein erster Schritt zur Untersuchung von Polarisierungseffekten und zur Messung des Niveaus der betrieblichen Digitalisierung darstellt, wurden im Rahmen der vom BMBF geförderten Sondermodule zur Digitalisierung weitere Differenzierungen vorgenommen. Als Kategorisierung wurden hierfür folgende Bereiche gewählt:

- ▶ Informations- und kommunikationsbezogene digitale Arbeitsgeräte oder Anwendungen, z. B. Computer, Laptops, Notebooks, Smartphones oder Handys
- ▶ Digitale Netzwerktechnologie wie z. B. Internet, Intranet, E-Mail, Content-Management-Systeme

- ▶ Computergesteuerte Arbeitsmittel oder Technologien zur Erstellung von Produkten und Dienstleistungen, wie z. B. Werkzeugmaschinen, CNC-Maschinen, CAD, Mess-, Analyse- und Diagnosegeräte
- ▶ Auf die Vernetzung mit Kunden bezogene digitale Technologien, z. B. betriebseigene Internetseiten mit Produktübersichten oder Dienstleistungsangeboten, Online-Bestell- oder Buchungssysteme, Social Media
- ▶ Auf Vernetzung mit Lieferanten bezogene digitale Technologien, z. B. Enterprise-Ressourcen-Management (ERP)
- ▶ Personal- oder arbeitsorganisationsbezogene Technologien, wie z. B. Personal-Management-Tools, Gebäude-Anlagen-Management-Tools
- ▶ Digitale Technologien, die sich auf Sammlung, Speicherung und Verarbeitung großer Datenmengen beziehen, z. B. Big Data, Cloud Computing
- ▶ Digitale Technologien, die sich auf Datensicherheit und Datenschutz beziehen, z. B. Firewall

Ein weiteres Messkonzept im BIBB-Qualifizierungspanel bezieht sich auf die **Operationalisierung digitaler Arbeitsmittel**, die sowohl auf Beschäftigten- als auch auf Betriebsebene erhoben werden und zur Vernetzung der vier Untersuchungsebenen beitragen. Hierfür wird auf die im Rahmen der Analysen der Stellenanzeigen entwickelten Konzepte zurückgegriffen. Zum Konzept digitaler Arbeitsmittel vgl. Abschnitt 3.5.1.

### 3.1.3 Konzepte zur Messung von Tätigkeitsanforderungen (TASKS) und Substituierungspotenzialen

Forschungsarbeiten im Rahmen des „skill-biased technological change“-Ansatzes gehen von der zentralen Hypothese aus, dass vor allem Tätigkeiten und Tätigkeitscluster aufgrund der zunehmenden Computerisierung substituiert werden, die einen hohen Routineanteil in den Tätigkeiten aufweisen und Betriebe daher durch Investitionen in digitale Technologien diese Tätigkeiten ersetzen. Um diese Einflussfaktoren auf Betriebsebene messen zu können, wurden in Analogie zu den Items der BIBB-BAuA-Erwerbstätigenbefragungen entsprechende **TASKS-Items** für das BIBB-Qualifizierungspanel übernommen. Abgebildet werden sollten damit die TASKS-Dimensionen „Routine“, „Kognition“, „Interaktivität/Subjektbezug“ und „Manualität/Objektbezug“. Bei der Auswahl handelt es sich im Einzelnen um Tätigkeiten bzw. Tätigkeitsanforderungen,

- ▶ bei denen alle Einzelheiten vorgeschrieben sind
- ▶ bei denen sich Abläufe bis in alle Einzelheiten wiederholen
- ▶ bei denen die Beschäftigten Werkzeuge benutzen oder Maschinen, wie z. B. Steuerungs- oder Computeranlagen, bedienen
- ▶ bei denen die Beschäftigten Fingerfertigkeit und handwerkliches Geschick anwenden
- ▶ bei denen die Beschäftigten Kunden oder Patienten informieren oder beraten
- ▶ bei denen die Beschäftigten andere überzeugen und Kompromisse aushandeln
- ▶ bei denen die Beschäftigten Abläufe organisieren oder forschen
- ▶ bei denen die Beschäftigten Verfahren und Prozesse verbessern oder neu erproben

Für diese verschiedenen TASKS-Items sollten Betriebe Einschätzungen für die oben beschriebenen Beschäftigten nach Tätigkeitsanforderungen machen.

## 3.2 Auswertungen zum aktuellen Stand betrieblicher Beschäftigungs- und Tätigkeitsstrukturen – Erhebungswelle 2015

### 3.2.1 Anteil polarer Entwicklungen in den Tätigkeitsstrukturen auf Betriebsebene

In diesem Abschnitt werden unterschiedliche Entwicklungstrends in den betrieblichen Tätigkeitsstrukturen betrachtet. Als Datenbasis wird die vierte und fünfte Erhebungswelle des BIBB-

Qualifizierungspanels verwendet. An diesem aktuellen Rand wird für die Jahre 2014 und 2015 untersucht, welchen Anteil polare Betriebe unter allen Betrieben mit sozialversicherungspflichtig Beschäftigten festgestellt werden kann (vgl. Abbildung 3.1). Definiert werden die Entwicklungsmuster durch die Veränderung im Prozentanteil der ungelerten, qualifizierten und hochqualifizierten Beschäftigten im Vorjahresvergleich. Daraus ergeben sich unterschiedliche Entwicklungsmuster (vgl. Abb. 3. 1)<sup>11</sup>:

- ▶ Ein großer Teil der Betriebe deckt seinen Ersatz- oder Zusatzbedarf an Fachkräften proportional zu den Vorjahresbeständen an Beschäftigten, und das heißt, ohne dass sich die Anteile in den Tätigkeitsstrukturen dieser Betriebe im gewählten Vorjahresvergleich verändern. Hierfür soll im Folgenden der Begriff „**Updating**<sup>U.Q.H<sup>c</sup></sup>“ verwendet werden.
- ▶ Ein weiterer Teil an Betrieben weist eine Zunahme in den Anteilen der beruflich qualifizierten und/oder akademisch qualifizierten Fachkräfte auf. Für diese Art an Entwicklungsmustern, bei denen der Anteil ungelerner Beschäftigter abnimmt, wird der Begriff „**Upgrading**“ verwendet. Dabei sind verschiedene Untervarianten zu unterscheiden. Die insbesondere für die Berufsbildungsforschung interessanteste Betriebsgruppe ist diejenige, bei der die Anteile an beruflich qualifizierten und hochqualifizierten Beschäftigten parallel zunehmen: „**Upgrading**<sup>Q.H<sup>c</sup></sup>“. Als Upgrading sind aus unserer Sicht zwei weitere Entwicklungsmuster zu bezeichnen, die nur eine einzelne Beschäftigtengruppe betrifft, auf der einen Seite qualifizierte Beschäftigte („**Upgrading**<sup>Q</sup>“), auf der anderen Seite hochqualifizierte Beschäftigte („**Upgrading**<sup>H<sup>c</sup></sup>“), die beide mit in die Analysen einbezogen werden sollen.
- ▶ „**Downgrading**<sup>H<sup>c</sup></sup>“ bedeutet, dass in den untersuchten Betrieben ein Teil der Betriebe ihren Bestand an hochqualifizierten Beschäftigten zurückgefahren haben und dieser Anteil im Vorjahresvergleich gesunken ist.
- ▶ Im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen Betriebe mit „**polarer Entwicklung**“. Auch hier sind unterschiedliche Entwicklungsverläufe in den Beschäftigtenstrukturen zu unterscheiden.
  - ▶ Das im Rahmen der Polarisierungsthese zu untersuchende zentrale Entwicklungsmuster ist die parallele Zunahme des Anteils ungelerner und hochqualifizierter Beschäftigter auf Kosten der beruflich ausgebildeten Fachkräfte, mit dem Kürzel „**polar**<sup>U.H<sup>c</sup></sup>“ versehen.
  - ▶ Daneben ergeben sich noch weitere Veränderungen von betrieblichen Beschäftigtenstrukturen, die im weitesten Sinne Polarisierungseffekte in den Beschäftigtenbeständen aufweisen, die allerdings nicht dem klassischen Polaritätsbegriff entsprechen. Hier hat entweder nur der Anteil hochqualifizierter „**polar**<sup>H<sup>c</sup></sup>“ oder nur der Anteil gering qualifizierter Beschäftigter „**polar**<sup>U</sup>“ zugenommen, in beiden Fällen allerdings auf Kosten der qualifizierten Beschäftigten.

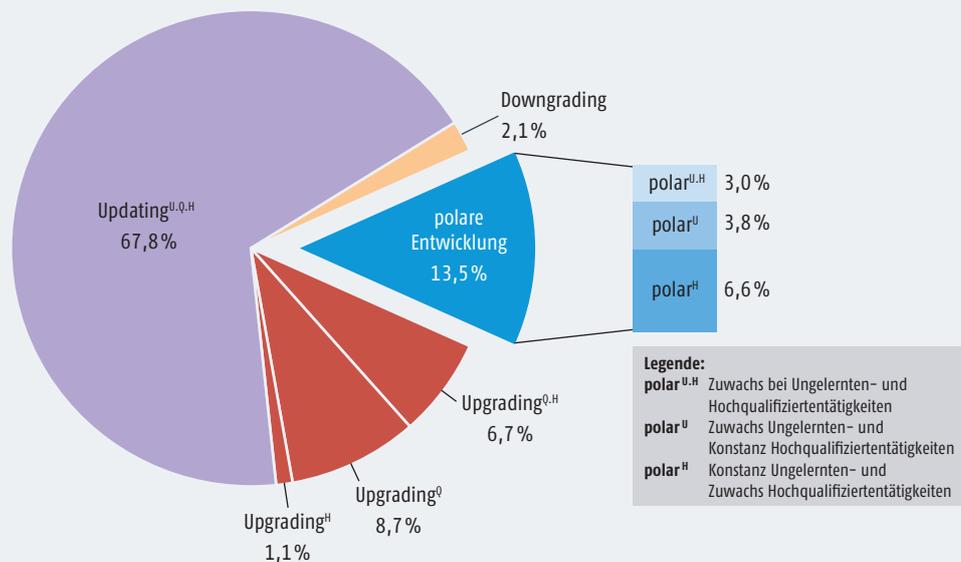
Polare Entwicklungsmuster weisen nach den oben getroffenen Definitionen im Untersuchungszeitraum insgesamt 13,5 Prozent der Betriebe auf (vgl. Abbildung 3.1). Das sind von den insgesamt 2,12 Mio. Betrieben mit sozialversicherungspflichtig Beschäftigten hochgerechnet 284.000 Betriebe, auf die polare Entwicklungsmuster zutreffen.

Im engeren Sinne polar mit zunehmendem Anteil an Tätigkeiten für einfache und für hochqualifizierte Beschäftigte sind 3,0 Prozent oder 64.000 Betriebe in der Grundgesamtheit. Bei 3,8 Prozent bzw. 80.000 Betrieben weisen steigende Anteile an Ungelerntentätigkeiten bei gleichzeitig konstanten Anteilen an Tätigkeiten für hochqualifizierte Fachkräfte auf. Charakteristisch für 6,6 Prozent der Betriebe mit polaren Strukturmerkmalen ist der Anstieg im Anteil an Tätigkeiten für hochqualifizierte Beschäftigte bei gleichzeitig konstantem Anteil an Tätigkeiten für an- oder ungelernete Arbeitskräfte. Diese Betriebsgruppe umfasst insgesamt 140.000 Betriebe mit sozialversicherungspflichtig Beschäftigten.

<sup>11</sup> Für weitere Analysen zur Typologie der Entwicklungsmuster verweisen wir Sie auf LUKOWSKI (2016).

Abbildung 3.1

Entwicklung betrieblicher Tätigkeitsstrukturen zwischen 2014/2015 (Anteil an Betrieben in %)



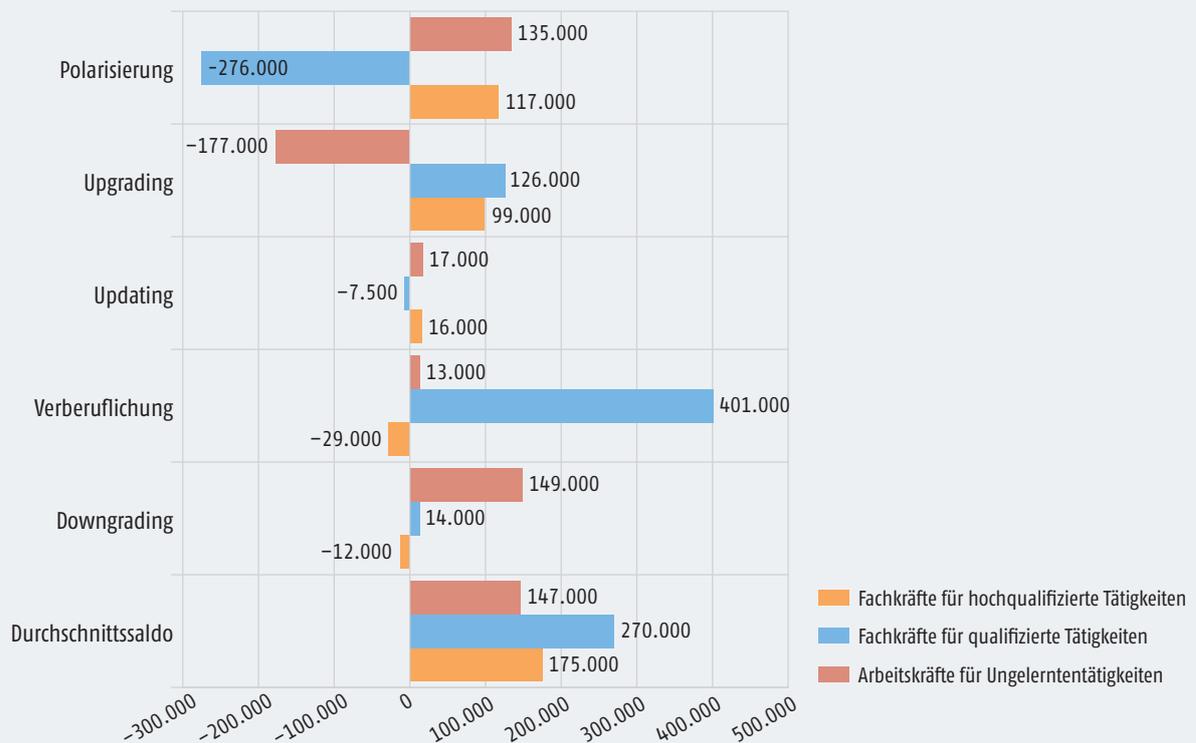
Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel, fünfte Erhebungswelle 2015; querschnittsgewichtete Ergebnisse; n = 3.589

Ein Upgrade in den Tätigkeitsstrukturen – und das heißt, dass ein Zuwachs in den Prozentanteilen bei den Tätigkeiten für qualifizierte und hochqualifizierte Beschäftigte (Upgrading<sup>Q,H</sup>) oder nur bei den Tätigkeiten für qualifizierte Beschäftigte (Upgrading<sup>Q</sup>) bzw. nur bei Tätigkeiten für hochqualifizierte Beschäftigte (Upgrading<sup>H</sup>) erfolgte – umfasst insgesamt 16,5 Prozent aller Entwicklungsmuster. Dieser Anteil repräsentiert in der Grundgesamtheit aller Betriebe mit sozialversicherungspflichtig Beschäftigten insgesamt 350.000 Betriebe. Festgestellt werden kann mit 67,8 Prozent zudem ein Entwicklungsmuster (Updating<sup>U,Q,H</sup>), das keine Zuwächse in einzelnen Tätigkeitsgruppen aufweist. Hier ist davon auszugehen, dass zwar Einstellungen und Abgänge von Beschäftigten stattfanden, durch die Deckung dieses Ersatzbedarfs an Beschäftigten allerdings in der prozentualen Verteilung keine Änderungen entstanden. In Zahlen ausgedrückt umfasst dieser Entwicklungstypus insgesamt 1,44 Mio. Betriebe. Als weitere Entwicklungsmuster im Untersuchungszeitraum kann noch eine Art von Veränderung festgestellt werden, bei der sich negative Folgen für höher qualifizierte Beschäftigte ergeben (Downgrading<sup>H</sup>). Hintergrund ist der prozentual starke Zuwachs bei Tätigkeiten für an- und ungelernete und von qualifizierten Beschäftigten, der auf Kosten hochqualifizierter Beschäftigter geht. Mit insgesamt 2,1 Prozent trifft dies auf 45.000 Betriebe in der Grundgesamtheit aller Betriebe mit sozialversicherungspflichtig Beschäftigten zu.

Abschließend wird in Abbildung 3.2 und in Ergänzung von Abbildung 3.1 der zahlenmäßige Saldo aus den Zu- und Abgängen von Beschäftigten nach Tätigkeitsanforderungen und nach betrieblichem Entwicklungstypus in der Verteilung der Tätigkeitsstrukturen berichtet. Anhand der Verteilung über die drei Beschäftigtengruppen (Beschäftigte mit einfachen, qualifizierten und hochqualifizierten Tätigkeiten) wurde wiederum eine Kategorisierung von unterschiedlichen Rekrutierungsstrategien vorgenommen.

Abbildung 3.2

Saldo aus Zu- und Abgängen der Beschäftigten nach Tätigkeitsstrukturen zwischen 2014 und 2015



Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel, fünfte Erhebungswelle 2015; querschnittsgewichtete Ergebnisse; n = 3.589

### 3.2.3 Arbeitsplatzaufbau und -abbau durch Einführung digitaler Technologien

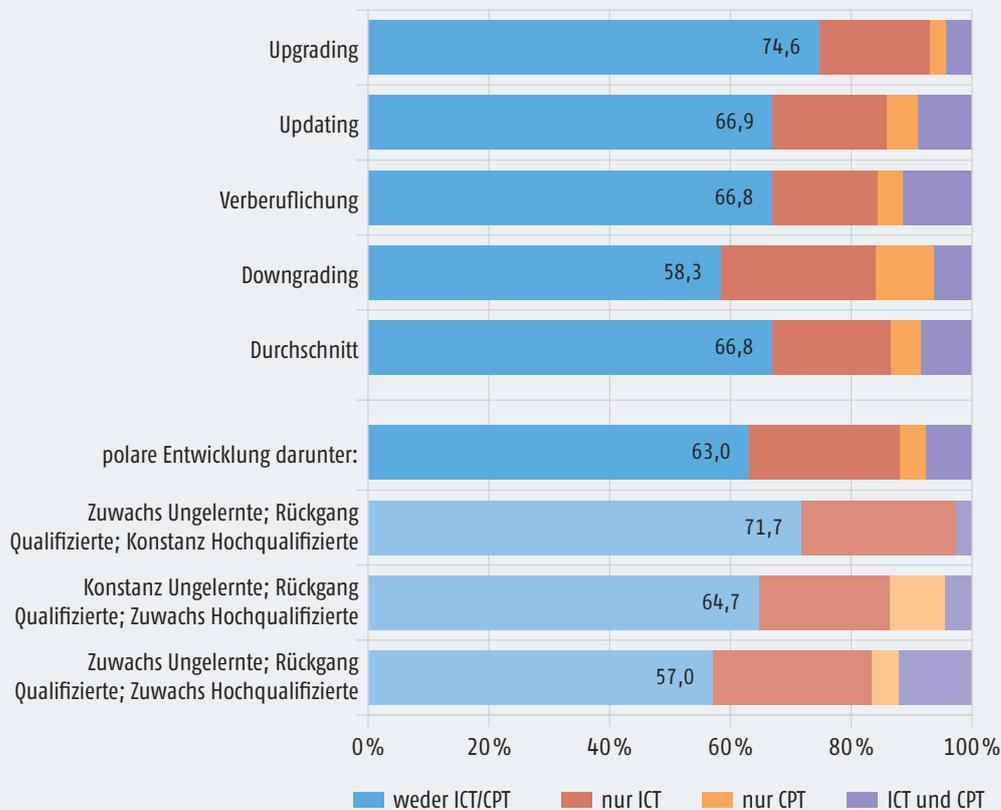
In diesem Abschnitt soll dargestellt werden, welcher betriebliche technologiebedingte Arbeitsplatz-Turnover nach Tätigkeitsgruppen, Branchen und Betriebsgrößenklassen entsteht. Zur Darstellung werden verschiedene einschlägige Indikatoren verwendet.

Polare Entwicklungsmuster in den betrieblichen Tätigkeitsstrukturen sind nicht gleichzusetzen mit technologiegetriebenen Entwicklungsmustern (vgl. TROLTSCH 2016). Nach Identifikation unterschiedlicher Arten von polaren Entwicklungsmustern geht es um die Frage, ob diese Polarisierung in den Tätigkeitsstrukturen technologiebedingt oder von anderen Einflussfaktoren bedingt ist. Um diese Frage zu beantworten, wurde untersucht, ob sich Unterschiede bei der Einführung neuer Technologien unter den identifizierten Entwicklungsmustern erkennen lassen.

In Abbildung 3.3 ist der Anteil an Betrieben in den jeweiligen Entwicklungsmustern nach Art der Technologieeinführung ausgewiesen. Haben Betriebe ihren Anteil an Beschäftigten, die sie für Ungelerntentätigkeiten einsetzen, zwischen 2014 und 2015 erhöht, so ist in Abbildung 3.3 relativ schnell zu erkennen, dass es sich hier offensichtlich in diesen Fällen um eine substitutive Beziehung zum betrieblichen technologischen Wandel handelt. Mit 71,7 Prozent gehört diese Betriebsgruppe zu denjenigen, die keinerlei neue Technologien eingeführt haben und damit überdurchschnittlich hoch liegen, gleichzeitig aber Ungelernte eingestellt haben. Parallel hierzu bleibt zudem festzuhalten, dass es in diesen Betrieben auch zu einer Komplementarität zwischen Anteilswachsen bei den Ungelernten und der Einführung neuer Informations- und Kommunikationstechnologie gekommen zu sein scheint, während ein Abbau des Bestands an Tätigkeiten für qualifizierte Beschäftigte erfolgte und damit in dieser Beziehung eine substitutive Entwicklung vorliegt.

Abbildung 3.3

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



Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel, vierte und fünfte Erhebungswelle 2014/2015; querschnittsgewichtete Ergebnisse; n = 3.589

Das Interessante am nächsten polaren Entwicklungstypus ist im Unterschied zu allen anderen Entwicklungen der überdurchschnittlich hohe Anteil an Betrieben, die mit 9,2 Prozent ausschließlich neue Produktions- und Steuerungstechnologien und mit 4,4 Prozent in Kombination mit Informations- und Kommunikationstechnologien spezifische Technologien eingeführt haben. Möglicherweise liegen – soweit dies auf Basis deskriptiver Auswertungen behauptet werden kann – 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, da sie nur in Kombination beider Tätigkeitsgruppen implementiert werden können.

Weiterhin lässt sich feststellen, dass in Betrieben mit steigenden Zuwächsen an Beschäftigten für hochqualifizierte Tätigkeiten der Anteil an neu eingeführten Technologien mit 43 Prozent überdurchschnittlich hoch ausgefallen ist. Das ist ein wichtiges Indiz für die Komplementarität neuer Technologien und dem Qualifikationsgrad der Beschäftigten und legt nahe, dass in diesen Fällen für die Annahmen des „skill-biased technological change“-Ansatzes eine erste empirische Evidenz vorliegt. Es ist zudem darauf hinzuweisen, dass diese Komplementarität sich offensichtlich besonders auf Informations- und Kommunikationstechnologien bezieht. Auch in der Kombination mit neu eingeführten Produktions- und Steuerungstechnologien macht dies keinen Unterschied. Das heißt: Infolge technologischer Veränderungen in Betrieben scheint es bei kon-

stantem Anteil an Beschäftigten für Ungelerntentätigkeiten zur technologiebedingten Substitution von Beschäftigten gekommen zu sein, die für qualifizierte Tätigkeiten vorgesehen sind und deren Anteil an allen Beschäftigten im Vorjahresvergleich zurückgegangen ist. Allerdings scheint dies zumindest im Untersuchungszeitraum kein genereller Trend zu sein, sondern betrifft etwa jeden zehnten Betrieb in Deutschland.

### 3.3 Auswertungen zum aktuellen Stand, den Beweggründen sowie zu den Auswirkungen der Digitalisierung aus Sicht der Betriebe – Erhebungswelle 2016

#### 3.3.1 Stand des betrieblichen Digitalisierungsniveaus

Um einen Eindruck vom aktuellen Digitalisierungsniveau deutscher Betriebe zu geben, wird in Abbildung 3.4 die Nutzung verschiedener Hard- und Softwarekomponenten gezeigt. Dabei werden unterschiedliche Betriebsgrößenklassen gemessen an der Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (SVB)<sup>12</sup> gegenübergestellt. Zunächst lässt sich feststellen, dass es im Bereich der informations- und kommunikationsbezogenen Arbeitsgeräte wie Computern und der häufig damit einhergehenden Anwendung von Netzwerktechnologien, wie dem Internet und E-Mail-Programmen, eine nahezu hundertprozentige Durchdringung gibt. Sie sind somit als technologischer Standard anzusehen. Ähnliches gilt für Technologien für Datensicherheit und Datenschutz, wenngleich hier die Betriebsgröße eine Rolle spielt. So nehmen bei zunehmender Betriebsgröße die Datenschutzvorkehrungen zu.

Generell lässt sich feststellen, dass bei sämtlichen untersuchten Kategorien die Nutzung digitaler Technologien stufenweise mit der Betriebsgrößenklasse steigt, das heißt die Großbetriebe mit 200 und mehr Beschäftigten weisen den höchsten Digitalisierungsgrad auf. Hier zeigen sich die höheren Investitionsmöglichkeiten sowie leichter zu realisierende Skaleneffekte bei der Anschaffung von Maschinen. So nutzen nur 32 Prozent der Kleinstbetriebe mit weniger als 20 Beschäftigten computergesteuerte Arbeitsmittel, wie zum Beispiel CNC-Maschinen, während bei den kleineren mittelständischen Betrieben mit 20 bis 99 Beschäftigten 40,9 Prozent, bei den größeren mittelständischen Betrieben mit 100 bis 199 Beschäftigten 44,3 Prozent und bei den Großbetrieben sogar 58,4 Prozent diese Maschinen nutzen.

Auch bei der Vernetzung mit Kunden/Kundinnen durch einen Internetauftritt, Online-Bestellsysteme und Nutzung von Social Media wird der Unterschied zwischen den Betriebsgrößenklassen deutlich. So nutzen 92,1 Prozent der Großbetriebe diese Möglichkeit der Vernetzung mit Kunden, während dies auf nur 64 Prozent der Kleinstbetriebe zutrifft. Insgesamt nutzen rund zwei Drittel aller deutschen Betriebe Online-Vertriebs- und Kommunikationskanäle.<sup>13</sup> Bei der Vernetzung mit Lieferanten, zum Beispiel durch ERP-Systeme, ist ebenfalls eine höhere Nutzungsrate bei steigender Betriebsgrößenklasse zu beobachten. Insgesamt nutzt rund ein Viertel der Betriebe die Möglichkeit, sich digital mit Lieferanten zu vernetzen. Der Gebrauch personal- oder arbeitsorganisationsbezogener Technologien, wie zum Beispiel Software für Personal- oder Anlagenmanagement, weist große betriebsgrößen-spezifische Unterschiede auf. Nur 21,5 Prozent der Kleinstbetriebe nutzt diese Art von Software. Dahingegen wird sie von 46,6 Prozent der kleineren mittelständischen Betriebe, von 65,8 Prozent der größeren mittelständischen und von 76,6 Prozent der Großbetriebe genutzt. Auch bei Cloud Computing und anderen Verfahren zur Sammlung, Speicherung und Verarbeitung nimmt die Nutzung mit der Betriebsgröße zu. Während 30,7 Prozent der Betriebe mit weniger als 20 Beschäftigten derartige Technologien verwen-

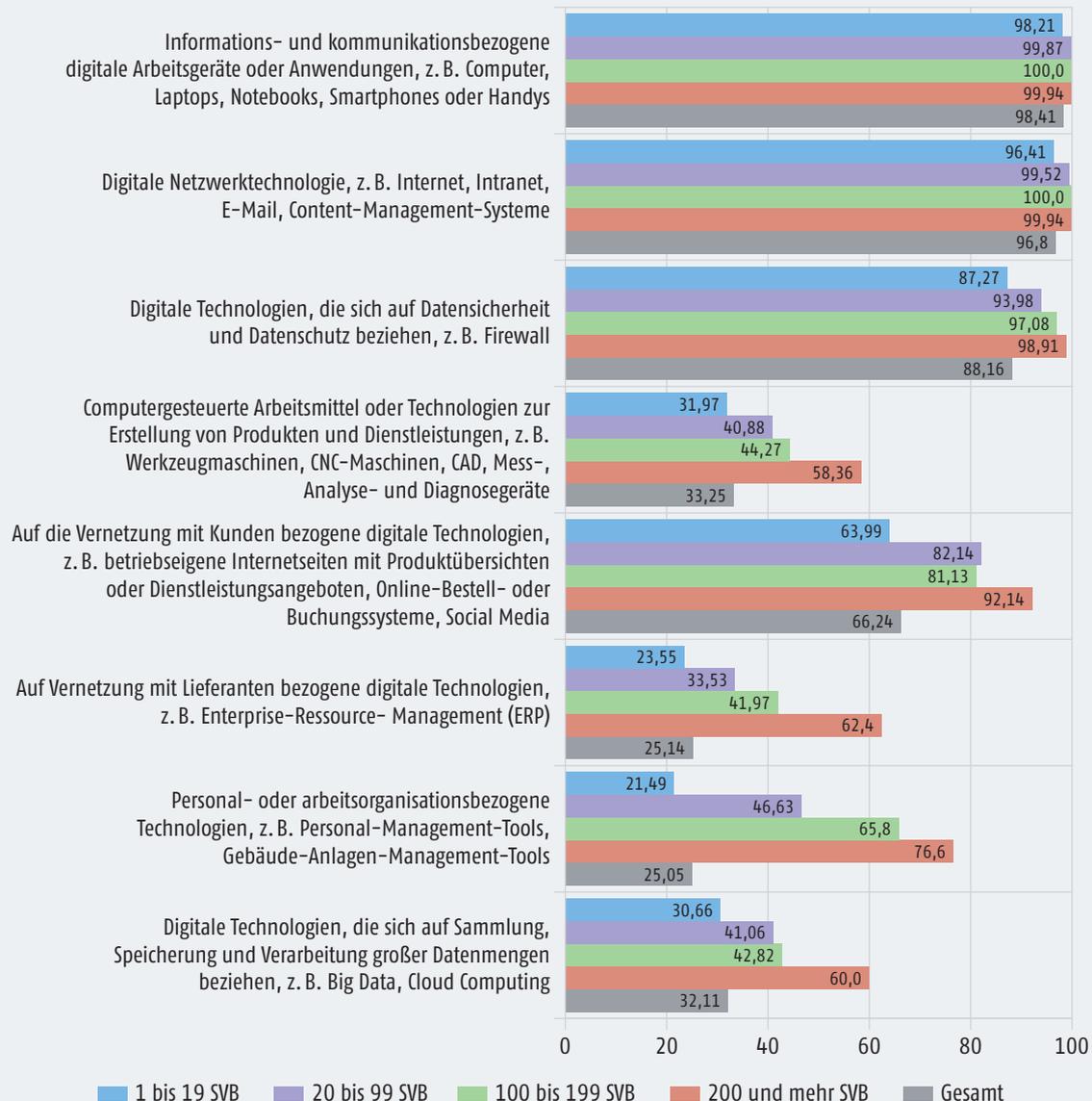
<sup>12</sup> Im Folgenden wird verkürzend von Beschäftigten gesprochen. Gemeint ist damit die Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (SVB).

<sup>13</sup> 88 Prozent der Betriebe haben weniger als 20 Beschäftigte. Daher liegt der Wert für diese Betriebsgrößenklasse nahe dem Gesamtwert für die Gesamtzahl deutscher Betriebe.

den, sind es bei Betrieben mit 20 bis 199 Beschäftigten rund 40 Prozent und bei Betrieben mit mehr als 200 Beschäftigten 60 Prozent. Zusammenfassend lässt sich also ein positiver Zusammenhang zwischen Betriebsgröße und Digitalisierungsgrad konstatieren.

**Abbildung 3.4**

Nutzung digitaler Technologien nach Betriebsgrößenklassen (in %)



Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel 2016; n = 3.509; gewichtete Daten

### 3.3.2 Betriebliche Investitionen in digitale Technologien und deren Entwicklung

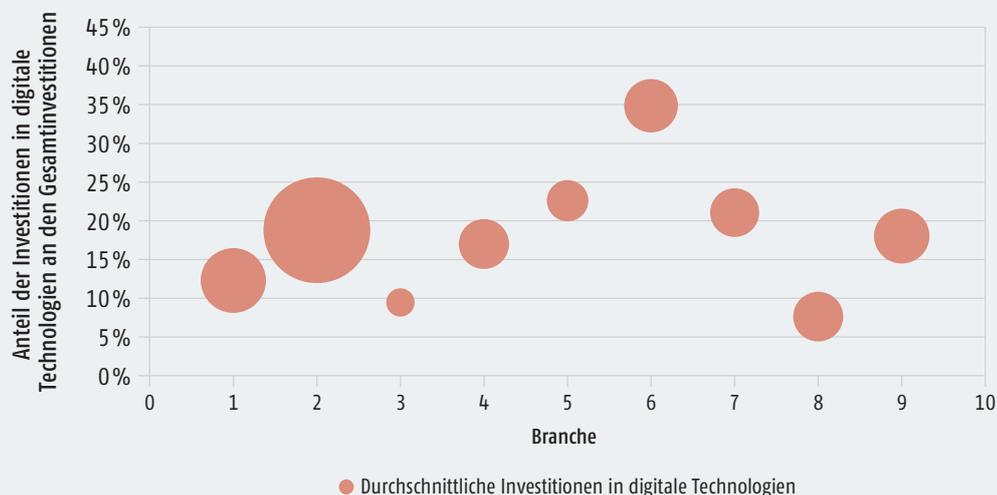
Im Folgenden wird untersucht, welche Bedeutung digitale Technologien im Rahmen der betrieblichen Investitionen besitzen. Abbildung 3.5 zeigt das durchschnittliche Investitionsvolumen in digitale Technologien sowie den Anteil an den Gesamtinvestitionen differenziert nach Branchen. Insgesamt haben deutsche Betriebe in 2015 18 Prozent der Gesamtinvestitionen in digitale Technologien investiert. Vorreiter ist hierbei der Dienstleistungssektor. Den mit Abstand höchsten Anteil an Investitionen in digitale Technologien an den Gesamtinvestitionen weisen mit rund 35 Prozent die sonstigen, überwiegend persönlichen Dienstleistungen auf. Den zweit-

und dritthöchsten Anteil an Investitionen in digitale Technologien besitzen mit 23 Prozent und 21 Prozent die unternehmensnahen und medizinisch/pflegerischen Dienstleistungen.

Das absolut gesehen höchste Investitionsvolumen weist das verarbeitende Gewerbe auf, gefolgt von der Land-/Forstwirtschaft und dem Bergbau. Dies ist nicht verwunderlich, da in diesen Branchen hohe Maschineninvestitionen getätigt werden müssen. Allerdings entspricht dies im verarbeitenden Gewerbe einem Anteil der Investitionen in digitale Technologien von nur 19 Prozent der Gesamtinvestitionen und in der Land-/Forstwirtschaft und dem Bergbau einem Anteil von 12 Prozent. Der öffentliche Dienst investiert mit acht Prozent den geringsten Anteil in digitale Technologien. Ebenfalls einen geringen Anteil an Investitionen in digitale Technologien von unter zehn Prozent ist in der Bauwirtschaft zu beobachten. Im Gegensatz zum öffentlichen Dienst fallen hier allerdings auch die Gesamtinvestitionen im Vergleich zu anderen Branchen eher gering aus.

**Abbildung 3.5**

Anteil der Investitionen in digitale Technologien an den Gesamtinvestitionen nach Branchen in 2015



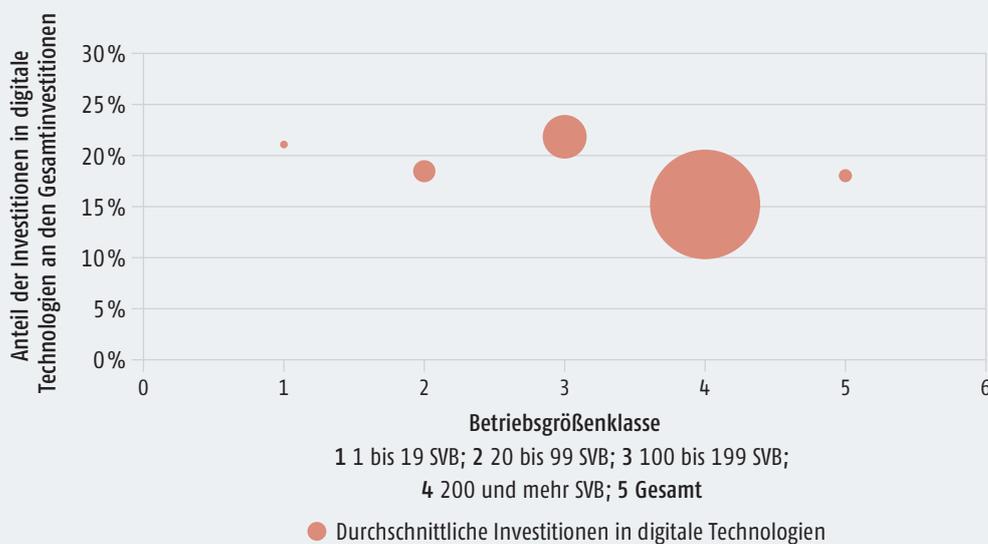
Branchen: 1 Land-/Forstwirtschaft, Bergbau; 2 Verarbeitendes Gewerbe; 3 Bauwirtschaft; 4 Handel & Reparatur; 5 Unternehmensnahe Dienstleistungen; 6 Sonstige, überwiegend persönliche Dienstleistungen; 7 Medizinische/pflegerische Dienstleistungen; 8 Öffentlicher Dienst, Erziehung und Unterricht, Interessenvertretung 9 Gesamt

Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel 2016; n=1.875; gewichtete Daten

In Abbildung 3.6 werden die durchschnittlichen Investitionen nach unterschiedlichen Betriebsgrößenklassen dargestellt. Auffällig ist, dass zwar das Investitionsvolumen in digitale Technologien mit steigender Betriebsgröße zunimmt, jedoch bei Großbetrieben mit 15 Prozent der relative Anteil der Investitionen in digitale Technologien am geringsten ist. Dahingegen liegt er bei Kleinstbetrieben und größeren mittelständischen Unternehmen bei über 20 Prozent. Es lässt sich also feststellen, dass das absolute Investitionsvolumen von der Betriebsgröße und den damit einhergehenden finanziellen Rahmenbedingungen abhängt, dies sich aber nicht auf den Anteil der digitalen Investitionen auswirkt. Allerdings sollten dabei auch die Ergebnisse aus 3.1 berücksichtigt werden, die zeigen, dass Großbetriebe aufgrund des höheren, absoluten Investitionsvolumens in digitale Technologien insgesamt einen höheren Digitalisierungsgrad aufweisen.

Abbildung 3.6

Anteil der Investitionen in digitale Technologien an den Gesamtinvestitionen nach Betriebsgrößenklassen in 2015



Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel 2016; n = 1.875; gewichtete Daten

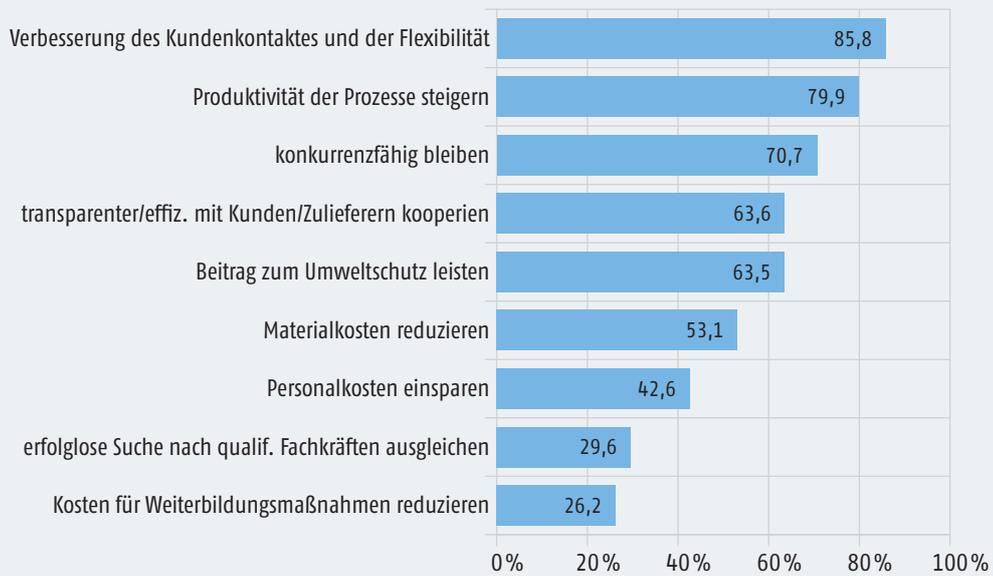
### 3.3.3 Beweggründe für die Einführung digitaler Technologien

Es gibt eine Vielzahl an Gründen, warum digitale Technologien in Betrieben genutzt werden. Ein Überblick wird in Abbildung 3.7 gegeben. Der wichtigste Grund, den 86% der Betriebe anführen, ist die Verbesserung des Kundenkontaktes und der Flexibilität. Dies könnte ein Indiz dafür sein, dass Betriebe insbesondere von der besseren Vernetzung mit Kunden sowie neuen Kommunikationswegen profitieren wollen, welche der Einsatz digitaler Technologien ermöglicht. Darüber hinaus geben 80 Prozent der Betriebe an, durch den Einsatz digitaler Technologien die Produktivität der Prozesse zu steigern und 71 Prozent konkurrenzfähig bleiben zu wollen. Interessanterweise spielt für 64 Prozent der Betriebe auch der Umweltschutz eine wichtige Rolle beim Einsatz digitaler Technologien, da sie angeben, auf diese Weise einen Beitrag leisten zu wollen.

Eine weitaus geringere Rolle spielen digitale Technologien bei Personalentscheidungen. So geben weniger als die Hälfte der Betriebe (43%) an, durch ihren Einsatz Personalkosten einzusparen zu wollen. 30 Prozent nutzen digitale Technologien, um die erfolglose Suche nach qualifizierten Fachkräften auszugleichen, und 26 Prozent, um die Kosten für Weiterbildungsmaßnahmen zu reduzieren. Hieran wird deutlich, dass die Substitution von Fachkräften sowie die Vereinfachung von Arbeitsschritten zwar nicht das Hauptziel bei der Nutzung digitaler Technologien zu sein scheint, aber für die Planung eines Teils der Betriebe durchaus relevant ist. Ein Blick auf branchenspezifische Unterschiede offenbart, dass der Grund, Personalkosten einzusparen, in der Land-/Forstwirtschaft und dem Bergbau (66%) sowie im verarbeitenden Gewerbe (55%) öfter angegeben wird als in anderen Branchen, was auf ein höheres Ersetzbarkeitspotenzial bzw. eine höhere Gefährdung der Arbeitsplätze in diesen Branchen hindeuten könnte. Die Angaben zu den betrieblichen Gründen für die Nutzung digitaler Technologien nach Branchen sind Abbildung A1 im Anhang zu entnehmen.

**Abbildung 3.7**

Betriebliche Gründe für die Nutzung digitaler Technologien in 2015 (in %)



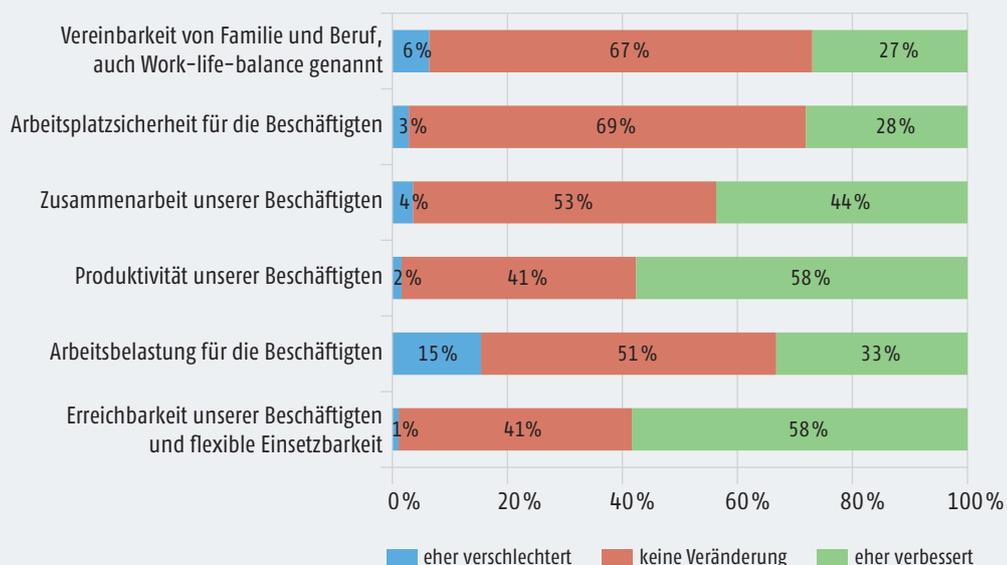
Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel 2016; n=3.448; gewichtete Daten

### 3.3.4 Auswirkungen der Digitalisierung auf die innerbetriebliche Arbeitswelt

Eine der großen Fragen, die das Thema Wirtschaft 4.0 aufwirft, sind die Konsequenzen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Wie Abbildung 3.8 zu entnehmen ist, fällt die Sicht der Betriebe auf die Auswirkungen der Digitalisierung überwiegend neutral bis positiv aus.

**Abbildung 3.8**

Veränderung verschiedener Bereiche der Arbeitswelt durch digitale Technologien (in %)



Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel 2016; n=3.500; gewichtete Daten

58 Prozent der Betriebe sehen eine Verbesserung der Produktivität sowie der Erreichbarkeit und flexiblen Einsetzbarkeit der Beschäftigten, während 41 Prozent keine Veränderung feststellen

und nur 1–2 Prozent von einer Verschlechterung ausgehen. Die Bereiche, in denen der geringste Anteil der Betriebe eine Verbesserung beobachtet, sind die Vereinbarkeit von Beruf und Familie (27%) und die Arbeitsplatzsicherheit der Beschäftigten (28%). Allerdings sehen jeweils nur sechs Prozent und drei Prozent eine Verschlechterung und circa zwei Drittel keine Veränderung. Was die Arbeitsbelastung der Beschäftigten betrifft, konstatieren 15 Prozent eine Verschlechterung, wohingegen ein Drittel der Betriebe eine Verbesserung beobachtet. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass aus betrieblicher Perspektive die positiven Auswirkungen der Digitalisierung die negativen deutlich überwiegen.

### 3.4 Deskriptive Auswertungen zur Nutzung digitaler Technologien nach Tätigkeitsgruppen

Wie eingangs beschrieben, soll eine Möglichkeit zur Verlinkung der verschiedenen Untersuchungsebenen zur Messung polarer Effekte auf Beschäftigungsstrukturen als Arbeitsmittelkonzept verwendet werden.

#### 3.4.1 Exkurs: Stellenanzeigen der BA und das Konzept der Arbeitsmittel

##### ► Stellenanzeigen der BA

Bereits seit einigen Jahren führt das BIBB im Rahmen der Qualifikationsentwicklungsforschung Analysen von Stellenanzeigen der Bundesagentur für Arbeit (BA) durch. Diese Analysen erlauben es, Struktur und Umfang der Fachkräftenachfrage, Beschäftigungsfelder, Tätigkeitsstrukturen, Veränderung von Anforderungen, Veränderungen der Relevanz spezifischer Bildungsabschlüsse und die Nachfrage nach bestimmten Kompetenzen einzelner Berufe zu identifizieren und über mehrere hinweg zu vergleichen.

Da die Datengrundlage jedoch ausschließlich diese Stellenanzeigen umfasst, die zum Stichtag 15. Oktober eines jeden Jahres gemeldet sind, und die Einschaltquote der BA bei der Stellenbesetzung von Arbeitgebern nur bei ca. 50 Prozent<sup>14</sup> liegt, sind die Stellenanzeigen nicht repräsentativ für alle vakanten Stellen in Deutschland. Offene Stellen für Akademiker oder für Personen ohne formale Qualifikation werden vergleichsweise selten über die BA besetzt, so liegt der Anteil an offenen Stellen für Personen mit gewerblichem, kaufmännischem oder sonstigem Ausbildungsabschluss (inkl. Fachschulabschluss) bei 60 Prozent und ist somit überrepräsentiert. Dennoch erlaubt die breite Datenbasis der gelieferten Stellenanzeigen (ca. 400.00 pro Jahr, davon ca. ein Viertel Stellenanzeigen für Auszubildende) umfangreiche Analysen.

##### ► Das Arbeitsmittelkonzept

Um die Veränderung der beruflichen Tätigkeiten im Hinblick auf eine größere Durchdringung von digitalen Geräten und Werkzeugen zu untersuchen, wurde das Konzept der Arbeitsmittel gewählt. Dieses hat zum einen den Vorteil, ein übergreifendes Auswertungskriterium der unterschiedlichen Datenquellen zu haben, und zum anderen macht es die Auswertung der Stellenanzeigen der BA handhabbar. Hierzu wurden zunächst in den Stellenanzeigen nach spezifischen Kriterien gefundene Wörter (z. B. Nomen in einem bestimmten Abschnitt der Anzeige, im nächsten Durchlauf dann ein weiteres Nomen, das nach einem bereits als Arbeitsmittel qualifizierten Nomen steht usw.) eindeutig als Arbeitsmittel oder als Nicht-Arbeitsmittel qualifiziert. Es wurde auf folgende Definition zurückgegriffen:

Arbeitsmittel sind Geräte, die eine Person oder eine Maschine zur Verrichtung einer Arbeit benötigen. DIN EN ISO 6385:2004–05 definiert Arbeitsmittel als Werkzeuge, einschließlich Hard-

<sup>14</sup> Stellenerhebung IAB, für IV/2013

und Software, Maschinen, Fahrzeuge, Geräte, Möbel, Einrichtungen und andere im Arbeitssystem benutzte (System-)Komponenten.

Zu unterscheiden sind weiterhin Arbeitsmittel materieller und immaterieller Art. Als materiell werden u. a. Grundstücke, Gebäude, Maschinen und maschinelle Anlagen, Fuhrpark, Betriebs- und Geschäftsausstattung, Werkzeuge aufgefasst, immateriell hingegen sind betriebliche Konzessionen, Patente, Lizenzen, Schutzrechte, Firmenwert, Information und Wissen.

Um das Auftreten entsprechender Begriffe in den Stellenanzeigen der Bundesagentur für Arbeit (siehe Ausblick) kontrollieren und analysieren zu können, wurde ein restriktives Vorgehen bei der Zuordnung von Begriffen zu der Kategorie Arbeitsmittel gewählt.

- ▶ Sprachen sind i. u.S. keine Arbeitsmittel, da sie eher kognitive Fertigkeiten sind und somit eher im Bereich der Kompetenzen liegen.
- ▶ Rechtliche Normen, Verordnungen und Nachschlagewerke sind i. u.S. Arbeitsmittel, da sie das „Handwerkszeug“ für bestimmte Berufsstände sind und i. S. der betriebswirtschaftlichen Definition immaterielle Arbeitsmittel darstellen. Hierbei geht es nicht um die verstofflichte Ausgabe eines Gesetzestextes als Buch oder digitales Sammelwerk, sondern um die Norm und die einzelnen Paragraphen und Bestimmungen an sich. Eine solche Definition wird nach sich ziehen, dass dieses Arbeitsmittel nicht digitalisiert werden kann. Es ist aber sehr wohl möglich, dass eine juristische Entscheidungsfindung, Argumentation und Beratung auf Grundlage des Arbeitsmittels Recht digitalisiert und automatisiert wird.
- ▶ Ebenso werden Standards, Modelle und Konzepte als Arbeitsmittel angesehen, da diese häufig die Grundlage für weitere Arbeitsschritte bilden und in bestimmten Berufen ebenso zum „Handwerkszeug“ zählen.

Das Vorgehen zur weiteren Klassifizierung der gefundenen Begriffe war iterativ. Auf Grundlage von TROLL (2002) und ULRICH (1968) wurde ein Kategorienschema erarbeitet, in welches die gefundenen Begriffe einsortiert wurden. Es hat sich gezeigt, dass die Kategorien um eine Kategorie „Anwendungssoftware“ erweitert werden müssen, somit wurden insgesamt acht Oberkategorien gebildet. Da diese Oberkategorien für weitergehende Analysen allerdings zu grob sind, wurden innerhalb der Oberkategorien weitere Kategorien gebildet (Unterkategorien). Ziel war es, eine prägnante Unterscheidung und einfache Zuordnung der gefundenen Arbeitsmittel zu erlauben.

Insgesamt sind die Arbeitsmittel einzuordnen in 63 Unterkategorien (vgl. Tabelle A1 im Anhang). Die Trennschärfe ist bei einigen Kategorien ein Problem, an dem noch weiter gearbeitet wird, das sich aber nicht vollständig lösen lässt. Einige Kategorien mussten weit gefasst werden, damit es nicht insgesamt zu viele Unterkategorien werden, teilweise aber auch, weil sich gezeigt hat, dass die Funde entsprechender Arbeitsmittel in den Stellenanzeigen sehr gering sind.

Im weiteren Verlauf der Arbeiten wird das Kategoriensystem stetig angepasst und überarbeitet. Dies ist zum einen nötig, da immer wieder neue Arbeitsmittel in den Stellenanzeigen gefunden werden, die u. U. in keine der bereits vorhandenen Kategorien passen, und zum anderen, da sich zeigen kann, dass ein System mit 63 Kategorien für bestimmte Arbeiten nicht handhabbar ist.

Ziel ist, am Ende der Arbeiten und der Auswertungen mit den Stellenanzeigen, Aussagen darüber treffen zu können, wie hoch der Digitalisierungsgrad und das Automatisierungspotenzial der einzelnen Arbeitsmittelkategorien ist.

### 3.4.2 Kategorisierung digitaler Arbeitsmittel im BIBB-Qualifizierungspanel

Auf dieser konzeptionellen Basis wurden die zur Analyse von betrieblichen Stellenanzeigen entwickelten Kategorienschemata zur Vercodung der Betriebsangaben verwendet, die die Befrag-

ten für ihre Beschäftigten mit einfachen, qualifizierten und hochqualifizierten Tätigkeiten getrennt gemacht hatten. Gefragt wurden die Betriebe nach der Nutzung der wichtigsten digitalen Arbeitsmittel und diese Angaben den verschiedenen Kategorien zugeordnet. Dabei handelt es sich um

#### Hardwarebezogene Arbeitsmittel:

- ▶ automatisierte/computergesteuerte Maschinen/Anlagen
- ▶ elektronische Messgeräte und Hilfsmittel
- ▶ computergesteuerte Analysesysteme, Diagnosegeräte mit Daten-/Bildspeicherung und Ergebnisausdruck
- ▶ PC, Laptop, Notebook, Tablet
- ▶ Peripheriegeräte (Bildschirm, Drucker, Kopierer, Plotter, Scanner)
- ▶ Handy, Funkgerät, Personenrufgerät
- ▶ sonstige Hardware

#### Softwarebezogene Arbeitsmittel:

- ▶ Verwaltungs-Software (z. B. Buchhaltung, Geschäftsprozesse, Ausschreibungs- Software)
- ▶ computerintegrierte Produktion (z. B. CAD, PPS, CAQ, CAE, CAM)
- ▶ gängige Büroanwendungen/Office-Pakete (Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, E-Mail Clients, Präsentationsprogramme, Internet-Browser)
- ▶ Grafik/Multimedia-Software (z. B. Bild- und Videobearbeitung)
- ▶ Planung und Steuerung der Unternehmensressourcen (z. B. Enterprise-Ressource-Planning (ERP))
- ▶ Pflege der Kundenbeziehungen (z. B. Customer-Relationship-Management (CRM))
- ▶ Erfassung und Steuerung der Warenströme (z. B. Warenwirtschaftssystem, Einkauf)
- ▶ Content-Management-Systeme/Redaktionssysteme (z. B. Verwaltung von Websites, Dokumentenmanagement)
- ▶ Softwareentwicklung (z. B. Programmiersprachen)
- ▶ Datenbanken
- ▶ Analyse-Software, mathematische Software (z. B. Statistik-Software)
- ▶ sonstige Software

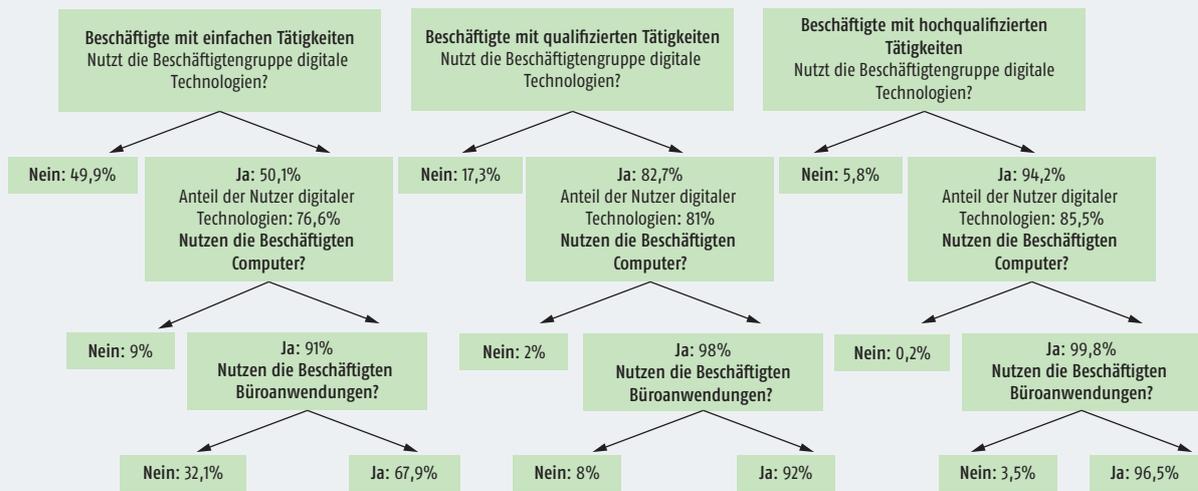
### 3.4.3 Überblick über die Nutzung digitaler Arbeitsmittel nach betrieblichen Tätigkeitsgruppen

Einen wichtigen Baustein für die Beurteilung der Folgen der Digitalisierung auf die Arbeitswelt stellen demnach die Arbeitsmittel der Beschäftigten dar. Anhand dieser kann analysiert werden, welche Veränderungen sich in den Anforderungsprofilen für unterschiedliche Beschäftigtengruppen ergeben. In Abbildung 3.9 wird zunächst ein genereller Überblick gegeben. Daraus geht hervor, dass nur in der Hälfte der Betriebe, in denen Beschäftigte mit einfachen Tätigkeiten (die üblicherweise keine Berufsausbildung erfordern), arbeiten, digitale Technologien von dieser Beschäftigtengruppe genutzt werden. Innerhalb dieser Beschäftigtengruppe nutzen dann circa drei Viertel der Beschäftigten digitale Technologien. Davon nutzen wiederum 91 Prozent auch Computer, wovon wiederum zwei Drittel gängige Büroanwendungen, wie zum Beispiel Office-Pakete, nutzen. Die verbleibenden neun Prozent nutzen ausschließlich andere digitale Arbeitsmittel, wie zum Beispiel Scanner, elektronische Messgeräte oder auch Steuerungstechnik für Maschinen.

Vergleicht man nun die Beschäftigten mit einfachen Tätigkeiten mit den Beschäftigten mit qualifizierten Tätigkeiten (die üblicherweise eine abgeschlossene Berufsausbildung oder ent-

Abbildung 3.9

## Überblick über die generelle Nutzung digitaler Technologien nach Beschäftigtengruppen



Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel 2016; n = 3.078; gewichtete Daten

sprechende Berufserfahrung erfordern) und den Beschäftigten mit hochqualifizierten Tätigkeiten (die üblicherweise einen Hochschul- oder Fachhochschulabschluss oder einen Meister-, Techniker- oder vergleichbaren Abschluss erfordern), wird deutlich, dass mit steigenden Tätigkeitsanforderungen der Anteil der Nutzer/-innen digitaler Technologien deutlich zunimmt. Darüber hinaus steigt unter den Nutzern/Nutzerinnen digitaler Technologien ebenfalls der Anteil der Computernutzer/-innen sowie der Nutzer von Büroanwendungen, sodass sich diese den 100 Prozent nähern.

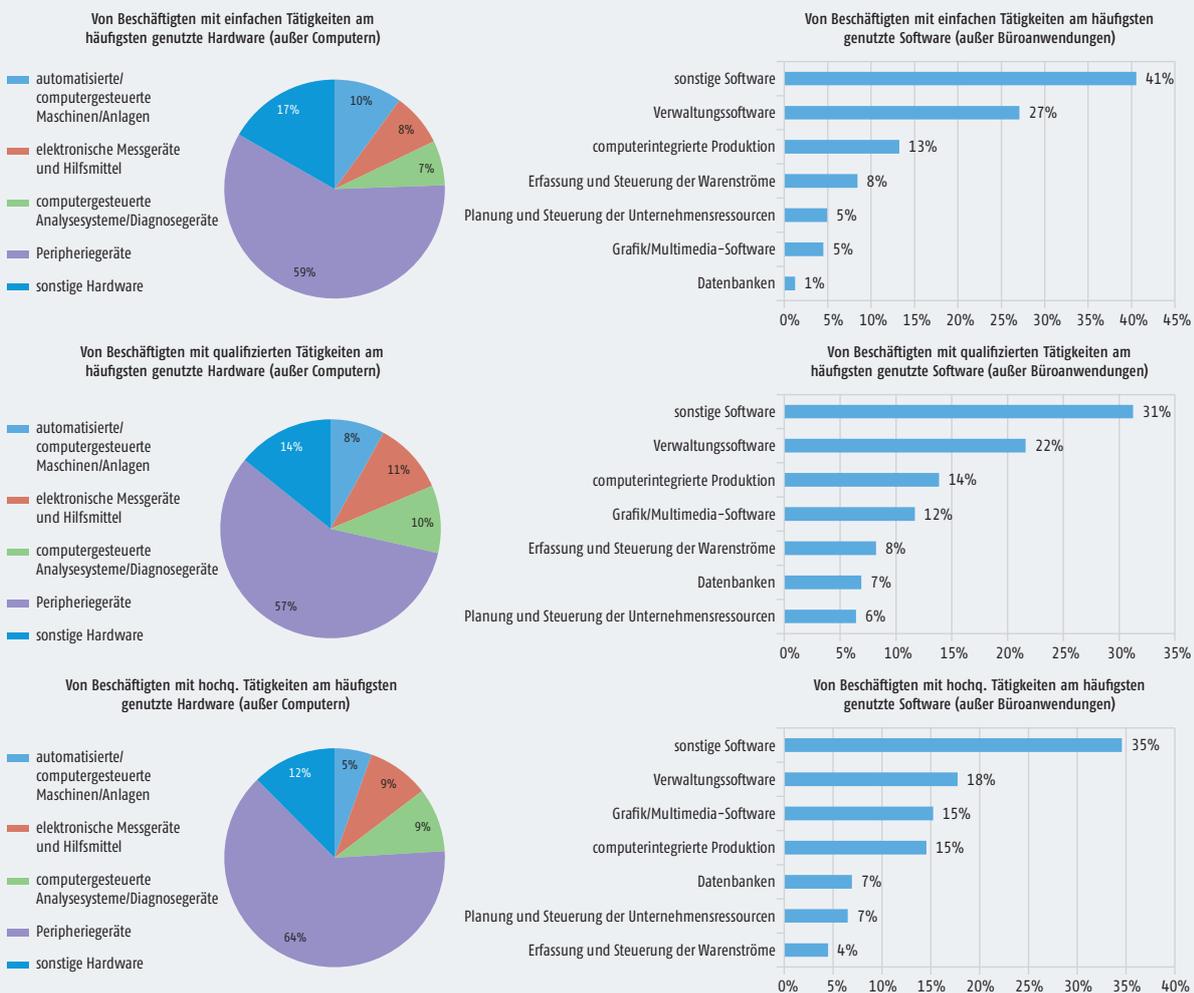
### 3.4.4 Nutzungsprofile digitaler Hard- und Softwarekomponenten nach betrieblichen Tätigkeitsgruppen

Um einen tieferen Einblick in die Arbeitsmittel der Beschäftigten zu bekommen, ist es wichtig, die über Computer und Büroanwendungen hinausgehenden Arbeitsmittel zu betrachten. In Abbildung 3.10 wird ein Überblick über die von den drei Beschäftigtengruppen am häufigsten genutzten digitalen Arbeitsmittel gegeben.<sup>15</sup> Bei der Betrachtung der Hardwarekomponenten fällt zunächst auf, dass über alle drei Beschäftigtengruppen hinweg die am häufigsten genutzte Hardware Peripheriegeräte, wie Drucker, Plotter oder Scanner, sind. Dies ist angesichts der hohen Computernutzungsrate plausibel, da diese Art von Geräten häufig mit der Computernutzung einhergeht. Interessanter ist die Nutzungshäufigkeit der anderen Hardwarekategorien. So ist zu beobachten, dass die Nutzung computergesteuerter Maschinen und Anlagen mit steigendem Anforderungsniveau abnimmt und diese Kategorie für Beschäftigte mit einfachen Tätigkeiten doppelt so oft das häufigste Arbeitsmittel darstellt wie für Beschäftigte mit hochqualifizierten Tätigkeiten. Dies zeigt, dass das Bedienen von automatisierten Maschinen zu den Helfertätigkeiten zu zählen ist, die auch ohne abgeschlossene Berufsausbildung ausgeführt werden können und die für Angelernte eine Möglichkeit bieten, von der Digitalisierung zu profitieren.

<sup>15</sup> Sowohl bei Hardware als auch bei Software unterliegen die Arbeitsmittel einer relativ großen Streuung. Aus diesem Grund werden die Arbeitsmittel, die insgesamt über alle Beschäftigtengruppen eine Nutzung von unter 5% aufweisen, unter „sonstige“ zusammengefasst.

Abbildung 3.10

## Nutzung von digitalen Hardware- und Softwarekomponenten nach Beschäftigtengruppen im Jahr 2015



Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel 2016; n = 2.892; gewichtete Daten

Da ein Großteil der Beschäftigten für die tägliche Arbeit Computer nutzt, können die Anforderungen der Tätigkeiten am besten über die genutzte Software herausgearbeitet werden. Zunächst lässt sich beobachten, dass der Anteil der Beschäftigten, die Verwaltungssoftware (z. B. Buchhaltung, Geschäftsprozesse, Ausschreibungs-Software) nutzt, mit zunehmenden Tätigkeitsanforderungen sinkt. Das heißt für die Nutzung dieser Art von Software ist häufig ein Anlernen der Beschäftigten möglich. Darüber hinaus ist Verwaltungssoftware die von allen drei Tätigkeitsgruppen am häufigsten genutzte Software. Betrachtet man dahingegen Grafik/Multimedia-Software (z. B. Bild- und Videobearbeitung), wird ein großer Anstieg von den Beschäftigten mit einfachen Tätigkeiten (5%) zu den Beschäftigten mit qualifizierten (12%) und hochqualifizierten (15%) Tätigkeiten deutlich, das heißt die Nutzung dieser Software erfordert häufig eine bestimmte Qualifikation, die z. B. durch eine Ausbildung oder ein Studium erworben wird. Gleiches gilt für Datenbankanwendungen.

### 3.5 Der Qualifizierungspanel-Ersetzbarkeitsindex (QPE) des BIBB-Qualifizierungspanels

#### 3.5.1 Umsetzung des tätigkeitsbasierten Ansatzes im BIBB-Qualifizierungspanel

Die Ersetzbarkeit von Beschäftigten ist komplex und setzt sich aus mehreren Einflussfaktoren zusammen. Faktoren- und Hauptkomponentenanalysen bieten eine Möglichkeit, solche schwer messbaren und latenten Merkmale aus mehreren erklärenden Variablen zu extrahieren. Ähnlich der Vorgehensweise von TIEMANN (2016) auf Basis einer Erwerbstätigenbefragung beschreiben wir im Folgenden die Berechnung des Qualifizierungspanel-Ersetzbarkeitsindex (QPE) auf Basis einer Unternehmensbefragung. Konzeptionell greift die Konstruktion dieses Ersetzbarkeitsmaßes den tätigkeitsbasierten Ansatz von AUTOR/LEVY/MURNANE (2003) auf. Dieser Ansatz geht davon aus, dass jeder Beruf aus einem Bündel von Tätigkeiten besteht und somit das Ersetzungspotenzial eines Berufs über die den Beruf definierenden Tätigkeiten bestimmt werden kann. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass Routine nicht nur als Repetition von Arbeitsschritten verstanden werden kann, sondern dass weitere Eigenschaften die Routinehaftigkeit einer Tätigkeit beschreiben. Dabei verwenden wir die theoretische Einteilung von FREY und OSBORNE (2013) der Routinehaftigkeit einer Beschäftigung in die Dimensionen Programmierbarkeit, Wahrnehmung und Handhabung des Arbeitsgegenstands, Kreativität und soziale Intelligenz (Übersetzung nach TIEMANN 2016). Für die Analyse wurden Daten der fünften Erhebungswelle (Jahr 2015) des BIBB-Qualifizierungspanels verwendet, in der Eigenschaften von Tätigkeiten verschiedener Beschäftigtengruppen abgefragt wurden. Das Besondere an der Nutzung dieser Datenquelle ist, dass die Angaben zu den Tätigkeiten der Beschäftigten von Inhabern oder Gesellschaftern bzw. in größeren Betrieben Personen der Leitungsebene der befragten Betriebe gemacht wurden. Somit bildet das QPE das Ersetzbarkeitsrisiko aus Sicht des Arbeitsgebers ab. Dies kann natürlich auch Verzerrungen bedingen, wenn die Wahrnehmung der Tätigkeitscharakteristiken von Arbeitgeber und Arbeitnehmer auseinandergehen. Dies kann mit der Informationslage des Arbeitgebers oder auch seiner Wertschätzung der Beschäftigten zu tun haben. Jedoch ist der Arbeitgeber letztendlich die Instanz, die über die Ersetzung durch Maschinen entscheidet. Somit bietet das QPE einen wichtigen Hinweis darauf, mit welchen Ersetzungspotenzialen Unternehmer unter Umständen planen.

Das BIBB-Qualifizierungspanel beinhaltet für drei Beschäftigtengruppen – Beschäftigte mit einfachen, qualifizierten und hochqualifizierten Tätigkeiten – jeweils zwei Fragen zu vier Kategorien von Tätigkeiten. Unternehmensvertreter wurden gefragt, wie häufig bestimmte Tätigkeiten von unterschiedlichen Beschäftigtengruppen ausgeführt werden. Die Skala reicht dabei von 1 „Nie“ bis 5 „Sehr häufig“. Dabei gaben sie an, wie häufig repetitive, manuelle, subjektbezogene und wissensintensive Tätigkeiten (Kognition) ausgeführt wurden. Übertragen auf die Wortwahl von FREY und OSBORNE können diese Kategorien auch als Programmierbarkeit, Wahrnehmung und Handhabung, soziale Intelligenz bzw. Kreativität übersetzt werden. Repetitive Tätigkeiten sind Tätigkeiten, die nach einem sich wiederholenden, gleichen Ablaufschema ausgeführt werden. Sie werden in der Befragung mit den beiden Items „Tätigkeiten, bei denen alle Einzelheiten vorgeschrieben sind“ und „Tätigkeiten, bei denen sich Abläufe bis in alle Einzelheiten wiederholen“ erfasst.

Tätigkeiten, die mit der Hand ausgeführt werden, werden als manuelle Tätigkeiten bezeichnet. Im Rahmen der Befragung dienen die Items „Tätigkeiten, bei denen sie Werkzeuge benutzen oder Maschinen, wie z. B. Steuerungs- oder Computeranlagen, bedienen“ und „Tätigkeiten, bei denen sie Fingerfertigkeit und handwerkliches Geschick anwenden“ der Erhebung manueller Tätigkeiten. In der Analyse wird die Häufigkeit der Ausführung von „Tätigkeiten, bei denen Werkzeuge benutzt oder Maschinen, wie z. B. Steuerungs- oder Computeranlagen, bedient werden“ nicht berücksichtigt, da keine klare Richtung des Einflusses auf die Routinehaftigkeit einer Beschäftigung vorliegt. Das Bedienen von Maschinen wird häufig als routiniert wahrgenommen,

PFEIFFER/SUPHAN (2015) argumentieren jedoch, dass diese Tätigkeit in vielen Fällen durchaus komplex ist. Der Fokus liegt daher auf manuellen Tätigkeiten, die „Fingerfertigkeit“ erfordern.

Tätigkeiten, bei denen die Interaktion mit anderen Menschen im Vordergrund steht, werden als subjektbezogene Tätigkeiten bezeichnet. In der Befragung erfasst werden diese mit den Items „Tätigkeiten, bei denen sie Kunden oder Patienten informieren oder beraten“ und „Tätigkeiten, bei denen sie andere überzeugen und Kompromisse aushandeln“. Wissensintensive Tätigkeiten sind Tätigkeiten, die kognitive Fähigkeiten und Kreativität erfordern. Die korrespondierenden Items lauten: „Tätigkeiten, bei denen sie Abläufe organisieren oder forschen“ und „Tätigkeiten, bei denen sie Verfahren und Prozesse verbessern oder neu erproben“.

### 3.5.2 Berechnung des QPE für unterschiedliche Wirtschaftszweige

Auf Basis dieser Informationen wurde eine Hauptkomponentenanalyse durchgeführt. Die Hauptkomponentenanalyse ist ein Dimensionsreduktionsverfahren, das dazu verwendet wird, den Informationsgehalt verschiedener Items (i. e. Variablen) auf eine oder mehrere gemeinsame Informationskomponenten, die sogenannten Hauptkomponenten, zu verdichten.<sup>16</sup>

In dieser Analyse wurden die sieben beschriebenen Items auf vier Komponenten verdichtet, wobei die erste Komponente, deren Komponentenladungen in der Tabelle 3.1 dargestellt werden, den Informationsgehalt der Items in Bezug auf das Ersetzbarkeitsrisiko der Beschäftigtengruppen bündelt. Die zugrunde liegende Annahme ist, dass routinemäßige Tätigkeiten relativ leicht von Maschinen übernommen werden können. Je häufiger eine Beschäftigtengruppe also repetitive Tätigkeiten ausübt, desto höher ist ihr Ersetzungspotenzial. Für Tätigkeiten, die mit Fingerfertigkeit ausgeführt werden müssen, die subjektbezogen oder wissensintensiv sind, wird hingegen angenommen, dass diese nur relativ schwer von Maschinen übernommen werden können. Daher wirkt sich eine häufige Ausübung dieser Tätigkeiten negativ auf das Ersetzungspotenzial aus.

**Tabelle 3.1**

Komponentenladungen der Tätigkeitsmerkmale

Item	Komponentenladung	KMO-Kriterium
„Tätigkeiten, bei denen alle Einzelheiten vorgeschrieben sind“	0.082	0.808
„Tätigkeiten, bei denen sich Abläufe bis in alle Einzelheiten wiederholen“	0.104	0.812
„Tätigkeiten, bei denen sie Fingerfertigkeit und handwerkliches Geschick anwenden“	-0.075	0.929
„Tätigkeiten, bei denen sie Kunden oder Patienten informieren oder beraten“	-0.494	0.931
„Tätigkeiten, bei denen sie andere überzeugen und Kompromisse aushandeln“	-0.526	0.928
„Tätigkeiten, bei denen sie Abläufe organisieren oder forschen“	-0.512	0.935
„Tätigkeiten, bei denen sie Verfahren und Prozesse verbessern oder neu erproben“	-0.441	0.930

Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel 2015, eigene Berechnung.

Mit Blick auf das KMO-Kriterium (Kaiser-Meyer-Olkin-Test, siehe Tabelle 3.1), lässt sich feststellen, dass jedes Item eine mindestens „lobenswerte“ Eignung für die Hauptkomponentenanalyse aufweist. Der durchschnittliche KMO-Wert für diese Analyse ist 0,896. Hier zeigt sich auch, dass die Items des Subjektbezugs und der Wissensintensität der Tätigkeit besonders stark auf die ex-

<sup>16</sup> Für ausführlichere Erläuterungen zu dem Verfahren verweisen wir Sie auf JOLLIFFE (2002).

trahierte Komponente laden. Dies gibt einen Hinweis darauf, dass diesen Tätigkeiten bei der Bestimmung des Ersetzbarkeitspotenzials eine hervorgehobene Bedeutung zukommt.

Tabelle 3.2 stellt die berechneten Werte des resultierenden QPE für die verschiedenen Wirtschaftszweige dar als gewichteter Durchschnitt über alle Beschäftigtengruppen. Hierbei entspricht der QPE der Summe der Produkte der standardisierten Item-Antworten ( $z$ ) und der dazugehörigen Komponentenladungen ( $\lambda$ ).

$$[1] QPE = \sum_{i=1}^{n=7} z_i \lambda_i$$

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. Das höchste Risiko, durch einen automatisierten Prozess ersetzt zu werden, besteht in dem Wirtschaftszweig „Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden“ (Tabelle 3.2). Der Wirtschaftszweig „Land- und Forstwirtschaft, Fischerei“ weist ebenfalls ein relativ hohes Ersetzungspotenzial auf. In diesen Berufen folgt der Großteil der Beschäftigten einem vorgeschriebenen Protokoll und führt hauptsächlich repetitive Tätigkeiten aus. Dazu passt die Erkenntnis aus Abschnitt 3.4.4, wo rund zwei Drittel der Betriebe aus der Land-/Forstwirtschaft und dem Bergbau angeben, durch die Nutzung digitaler Technologien Personalkosten einsparen zu wollen. Demgegenüber stehen die Beschäftigten in der Branche der „Reparatur von Datenverarbeitungsgeräten und Gebrauchsgütern“, die mit dem niedrigsten Wert dem geringsten Risiko der Ersetzbarkeit ausgesetzt sind. Dies liegt hier vor allen Dingen an der Häufigkeit, mit der Beschäftigte dieser Branche Probleme lösen müssen und im Kundenkontakt stehen. Hierbei ist zu beachten, dass es zum Teil starke Differenzen in den Komponentenwerten für die Wirtschaftszweige je nach untersuchter Beschäftigtengruppe gibt. So ist zum Beispiel im Wirtschaftszweig „Krankenhäuser und Kliniken“ der Komponentenwert für Beschäftigte mit hochqualifizierten Tätigkeiten wesentlich negativer als der Branchendurchschnitt, während der der Beschäftigten mit einfachen Tätigkeiten viel höher ist.

Tabelle 3.2

## Das Spektrum des QP-Ersetzbarkeitsmaßes nach Wirtschaftszweigen

Wirtschaftszweig	QPE
42. Reparatur von Datenverarbeitungsgeräten und Gebrauchsgütern	-1,60
32. Werbung und Marktforschung, Design, Fotografie, Übersetzung	-1,19
24. Audiovisuelle Medien, Rundfunk, Telekommunikation und Informationsdienstleistungen	-1,02
27. Grundstücks- und Wohnungswesen	-0,75
26. Finanz- und Versicherungsdienstleistungen	-0,74
41. Kunst, Unterhaltung, Erholung, Sport, Lotterie	-0,69
40. Heime, ambulante soziale Dienste	-0,64
21. Großhandel und Handelsvermittlung	-0,50
28. Rechts- und Steuerberatung, Wirtschaftsprüfung	-0,39
30. Architektur- und Ingenieurbüros; technische, physikalische und chemische Untersuchung	-0,38
43. Sonstige, überwiegend persönliche Dienstleistungen	-0,35
38. Krankenhäuser und Kliniken	-0,33
37. Erziehung und Unterricht	-0,33
16. Herstellung von Möbeln und sonstigen Waren	-0,30
18. Hoch- und Tiefbau	-0,23
12. Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen	-0,22
17. Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen	-0,21
8. Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	-0,20
33. Veterinärwesen	-0,04
22. Einzelhandel, Tankstellen	-0,03
14. Maschinenbau	0,07
34. Vermietung von beweglichen Sachen	0,11
9. Herstellung von Glas und Keramik; Verarbeitung von Steinen und Erden	0,14
7. Herstellung von chemischen und pharmazeutischen Erzeugnissen, Kokerei und Mineralölverarbeitung	0,16
20. Kraftfahrzeughandel und -reparatur	0,21
4. Herstellung von Nahrungs- und Genussmitteln	0,22
31. Forschung und Entwicklung	0,22
13. Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	0,28
44. Interessenvertretungen, Verbände, religiöse Vereinigungen	0,29
15. Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen, sonstiger Fahrzeugbau	0,40
10. Metallerzeugung und -bearbeitung	0,43
6. Herstellung von Holzwaren, Papier, Pappe und Druckerzeugnissen	0,45
11. Herstellung von Metallerzeugnissen, Stahl- und Leichtmetallbau	0,58
45. Öffentliche Verwaltung, Verteidigung; Sozialversicherung	0,59
25. Beherbergung und Gastronomie	0,60
23. Verkehr und Lagerei	0,67
36. Reisegewerbe, Wach- und Sicherheitsdienste, sonstige Dienstleistungen	0,73
1. Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	0,78
35. Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften	1,13
5. Herstellung von Textilien, Bekleidung, Lederwaren und Schuhen	1,16
3. Ver- und Entsorgung	1,35
2. Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	2,28

Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel 2015, eigene Berechnung.

### 3.6 Zusammenfassung

Die seit Anfang des neuen Jahrhunderts aufgrund internationaler Forschungsarbeiten verstärkte Beschäftigung mit technologiebedingten Entwicklungen im Beschäftigungssystem hat sich mittlerweile weltweit zu einem wachsenden Forschungsfeld entwickelt. In Deutschland existieren im Vergleich zu den USA und anderen europäischen Ländern aktuell noch sehr heterogene Entwicklungsmuster im Beschäftigungssystem, und das heißt:

- ▶ Weder ein hoher Anteil an polaren Betrieben mit überdurchschnittlichen Anteilen sowohl von Beschäftigten in Tätigkeiten für Un- und Angelernte als auch überdurchschnittlichen Anteilen von Beschäftigten in Tätigkeiten für hochqualifizierte Fachkräfte noch ein globaler Trend zu polaren Mustern in den Tätigkeitsstrukturen kann festgestellt werden.
- ▶ Es dominieren Entwicklungen in den betrieblichen Beschäftigungssystemen, bei denen es eher um ein qualifikatorisches Upgrading geht, von dem weiterhin besonders beruflich qualifizierte Beschäftigte des mittleren Qualifikationssegments und akademisch ausgebildete Fachkräfte profitieren.

Polarisierungstrends in den Tätigkeitsstrukturen sind nicht gleichzusetzen mit technologiebedingten Polarisierungsentwicklungen. Zum einen führen Betriebe neue Technologien ein und stocken gleichzeitig die Anteile ihrer qualifizierten und hochqualifizierten Beschäftigten auf, „Upgrading“ im klassischen Sinne. Zum anderen weisen Betriebe ohne Einführung neuer Technologien polare Tätigkeitstrends auf. Selbst bei einer einfachen Unterscheidung zwischen Informations- und Kommunikationstechnologien auf der einen Seite und Produktions- und Steuerungstechnologien auf der anderen Seite zeigen sich unterschiedliche Polarisierungseffekte auf die betrieblichen Tätigkeitsstrukturen. Die Einführung von Informations- und Kommunikationstechnologien scheint – als Hypothese für weitere Analysen – vor allem Beschäftigte in hochqualifizierten Tätigkeiten zu begünstigen. Produktions- und Steuerungstechnologien scheinen insofern „skill-biased“ zu wirken, als hierdurch für ungelernete oder anzulernende Beschäftigte komparative Vorteile entstehen.

Ausgangsthese für weitere Untersuchungsschritte im Rahmen des zweiten Kapitels ist, dass

- ▶ die Entwicklung in den Tätigkeitsstrukturen in Deutschland zwar derzeit noch durch eine hohe Heterogenität in den Entwicklungen gekennzeichnet ist,
- ▶ sich zwar Effekte von Polarisierungstendenzen zeigen, die aber (noch) keinen globalen Trend darstellen,
- ▶ die Polarisierung eher arbeitsmarktgetrieben aufgrund fehlender Fachkräfte im mittleren Qualifikationssegment zu sein scheint, und dass
- ▶ die Technologisierung durch fehlende Fachkräfte mit einem mittleren berufsqualifizierenden Berufsabschluss behindert zu werden scheint.

Zudem lassen sich deutliche Asymmetrien im Digitalisierungsniveau in der deutschen Wirtschaft beobachten. Zwar hat die Nutzung digitaler und hardwarebezogener Technologien in der deutschen Wirtschaft schon ein betriebsübergreifend durchgängig hohes Niveau erreicht, in der Nutzung softwarebezogener Technologien, die z. B. zur Vernetzung mit Kunden und Lieferanten oder zur Sammlung, Speicherung und Verarbeitung von Daten genutzt werden können, ergeben sich immer noch deutliche Asymmetrien. Das heißt, dass

- ▶ Großunternehmen und der gesamte Bereich der größeren mittelständischen Betriebe hier aktuell schon einen höheren, allerdings noch ausbaufähigen, technologischen Durchdringungsgrad aufweisen, während Kleinbetriebe und kleinere Mittelständler der digitalen Entwicklung und den Möglichkeiten zur Nutzung digitaler Technologien weiterhin hinterhinken.

- ▶ branchenspezifisch Anreize zu Investitionen in Digitalisierung fehlen. Im Durchschnitt investieren Betriebe etwas weniger als jeden fünften Euro ihrer Gesamtinvestitionen in den Ausbau ihrer digitalen Infrastruktur.
- ▶ der Dienstleistungssektor hinsichtlich des Anteils an den Gesamtinvestitionen in digitale Technologien führend ist. Deutlich unter dem Durchschnitt liegen Betriebe aus der Bauwirtschaft und der öffentliche Sektor. Hier liegt der Investitionsanteil unter 10 Prozent. Auch der Bereich des produzierenden Gewerbes weist im Vergleich zum Durchschnitt niedrigere Investitionsquoten auf.

Durch die Analyse der von unterschiedlichen Beschäftigtengruppen ausgeübten Tätigkeiten kann ein Ersetzbarkeitsindex nach Wirtschaftszweigen berechnet werden, der sogenannte Qualifizierungspanel-Ersetzbarkeitsindex (QPE). Aus dem QPE wird deutlich, dass

- ▶ „Interaktivität/Subjektbezug“ und „Kognition“ bei der Berechnung der Ersetzbarkeit von Tätigkeiten eine hervorgehobene Rolle spielen, „Routine“ dahingegen eine geringere Bedeutung besitzt.
- ▶ sich eine große Heterogenität zwischen den einzelnen Wirtschaftszweigen zeigt. So lässt sich zum Beispiel in der „Reparatur von Datenverarbeitungsgeräten und Gebrauchsgütern“ das geringste und im Wirtschaftszweig „Bergbau und Gewinnung von Steinen“ das höchste Ersetzbarkeitspotenzial beobachten.

## 4 Beschäftigtenstruktur in der Wirtschaft 4.0 (QuBe-Szenario)

In diesem Abschnitt soll näher beleuchtet werden, inwiefern die Modellierung einer Transformation der deutschen Wirtschaft und des Arbeitsmarktes hin zu einer digitalisierten Welt – „Wirtschaft 4.0“ – eine Polarisierung des Arbeitsmarktes in die Zukunft projiziert. Zu diesem Zweck stellen wir den Aufbau und die Ergebnisse des Wirtschaft-4.0-Szenarios der BIBB/IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen vor (Abschnitt 4.1) und zeigen, dass „Wirtschaft 4.0“ weniger eine Polarisierung bedeuten könnte als eine Verstärkung des bereits präsenten Strukturwandels von einer produzierenden hin zu einer dienstleistenden Gesellschaft. Doch neben Entwicklungen auf der Ebene der Wirtschaftszweige ist auch der zukünftige Berufe- und Anforderungsmix dafür ausschlaggebend, inwiefern sich eine Polarisierung abzeichnen könnte. Im dargestellten Szenario wird eine Veränderung der Berufsstruktur in den Wirtschaftszweigen gemäß der Logik einer voranschreitenden Programmierbarkeit von Routinetätigkeiten und dem daraus resultierenden Wegfall dieser über die Substituierbarkeitspotenziale nach DENGLER und MATTHES (2015) simuliert. Wir zeigen, dass die Wahl dieser Annahme über die Ersetzbarkeit von Berufen durchaus die Ergebnisse der Projektion verändern und andere Ersetzbarkeitsmaße eine geringere Tendenz der Polarisierung im Projektionsmodell implizieren (Abschnitt 4.2).

### 4.1 Die Modellierung und Auswirkungen von Wirtschaft 4.0 im QuBe-Projekt

Die BIBB/IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen der vierten Welle (QuBe-Projekt; MAIER u. a. 2016, [www.qube-projekt.de](http://www.qube-projekt.de)) zeigen auf, wie sich, sofern die Trends in den Verhaltensweisen aller Akteure am Arbeitsmarkt sich weiter fortsetzen, der Bedarf an und das Angebot von Beschäftigten nach 50 Berufsfeldern (TIEMANN 2016), 63 Wirtschaftszweigen und vier Anforderungs- bzw. Qualifikationsniveaus bis 2035 entwickeln könnten (siehe Methodenkasten). An der Entwicklung dieses Basisszenarios lassen sich andere Szenarien mit alternativen Entwicklungsannahmen spiegeln, um ihre Effekte und Wirkungskanäle veranschaulichen zu können.

#### Methodenkasten: QuBe-Projekt

Die BIBB/IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen (QuBe-Projekt), die in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) und dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik (FIT) entstanden sind, zeigen anhand von Modellrechnungen auf, wie sich das Angebot und die Nachfrage nach Qualifikationen und Berufen langfristig entwickeln können. Datengrundlage ist hierbei der Mikrozensus (in der vorliegenden Projektion bis zum Jahre 2013): eine amtliche Repräsentativstatistik des Statistischen Bundesamtes über die Bevölkerung und den Arbeitsmarkt, an der jährlich ein Prozent aller Haushalte in Deutschland beteiligt ist, angepasst an die Eckwerte der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (in der vorliegenden Projektion bis zum Jahre 2014). Die Lohninformationen entstammen aus der Beschäftigtenhistorik der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (in der vorliegenden Projektion bis zum Jahre 2013). Für die Berufsdifferenzierung wurde seitens des BIBB eine einheitliche Berufsfeldsystematik entwickelt, welche die Berufe auf der Dreisteller-Ebene der Klassifikation der Berufe entsprechend ihrer Tätigkeiten gruppiert (TIEMANN u. a. 2008). Zur einfacheren Darstellung werden diese 50 Berufsfelder auf 20 Berufshauptfelder aggregiert.

Die vorliegenden Ergebnisse basieren auf der Basisprojektion der vierten Projektionswelle. Diese baut auf den Methoden der ersten (HELMRICH/ZIKA 2010, MAIER u. a. 2014), zweiten Welle (HELMRICH u. a. 2012, ZIKA u. a. 2012) und dritten (MAIER u. a. 2014) auf und nimmt zudem weitere Erneuerungen mit auf. Auf der Bedarfsseite wird das berufsspezifisch zur Verfügung stehende Arbeitskräfteangebot in Köpfen und Stunden bei der Lohnbestimmung für die Berufsfelder mitberücksichtigt. Hier wird innerhalb eines jeden Wirtschaftszweiges die Entwicklung nach 50 Berufsfeldern mit jeweils vier Anforderungsniveaus geschätzt. Auf der Angebotsseite werden Lohnabhängigkeiten der beruflichen Flexibilität

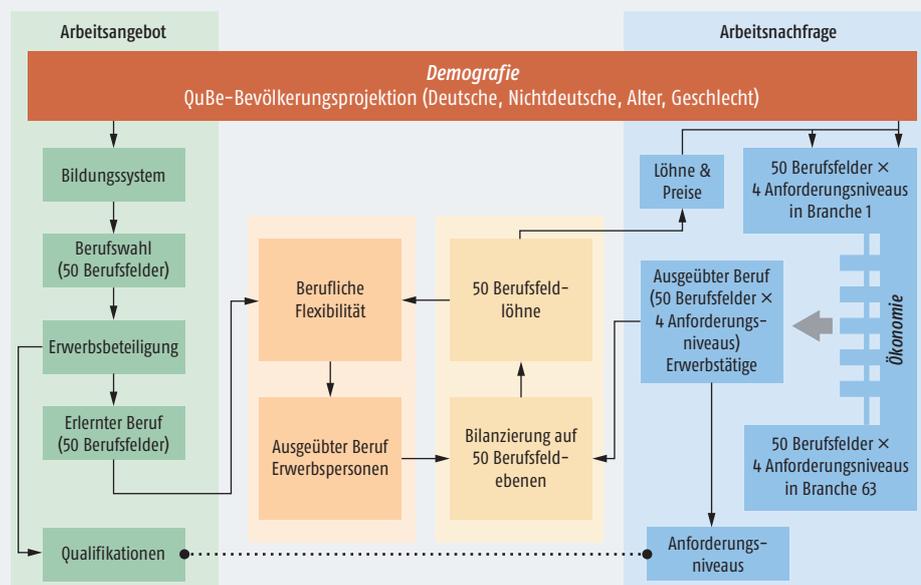
modelliert, die eine Reaktion des Arbeitsangebots auf die sich veränderten Löhne in den Berufsfeldern ermöglichen. Eine Bilanzierung des Arbeitsmarktes kann somit sowohl in fachlicher Hinsicht durch den Vergleich von Erwerbspersonen und Erwerbstätigen nach Berufsfeldern als auch in qualifikatorischer Hinsicht stattfinden, indem das formale Qualifikationsniveau der Erwerbspersonen mit dem Anforderungsniveau an die Erwerbstätigen verglichen wird.

Mit dem QuBe-Projekt wird in der Basisprojektion ein empiriebasiertes Konzept verfolgt: Es werden nur bislang nachweisbare Verhaltensweisen in die Zukunft projiziert. In der Vergangenheit nicht feststellbare Verhaltensänderungen sind somit nicht Teil der Basisprojektion. Dies gilt auch für die modellierten Marktanpassungsmechanismen. Die nachfolgende Abbildung 4.1 gibt einen groben Überblick über die Funktionsweise des Modells.

Weitere Informationen unter [www.QuBe-Projekt.de](http://www.QuBe-Projekt.de).

#### Abbildung 4.1

##### Modellstruktur der BIBB/IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen



WOLTER u. a. (2015) zeigen, wie sich der Effekt auf die Volkswirtschaft und dem Arbeitsmarkt einer Umrüstung des Verarbeitenden Gewerbes zur „Industrie 4.0“ abschätzen lassen kann. Dabei wurde ein Szenario einer alternativen Entwicklung modelliert, welches mit den derzeit beobachtbaren Trends in den Verhaltensweisen bricht und stufenweise eine Umsetzung der „Industrie 4.0“ mimit. Dabei geht es im Einzelnen um Annahmen bezüglich der Investitionen in Ausrüstung für die Umrüstung des Maschinenparks und für den Ausbau des „schnellen Internets“, Ausgaben in Weiterbildung, Beratung und IT-Dienstleistungen für die Nutzung von digitalen Technologien, Einsparungen durch Materialeffizienz und Arbeitsproduktivität, die Generierung neuer Geschäftsfelder und eben die Umstrukturierung der Berufsstruktur in den Wirtschaftszweigen durch einen Wegfall von Routinetätigkeiten, die von Maschinen übernommen werden. Diese letztere soll im Folgenden näher beleuchtet werden. Eine weitere essentielle Annahme ist, dass Deutschland ein Vorreiter in der Umsetzung der Digitalisierung ist und dass der Digitalisierungsprozess – zumindest die revolutionäre Phase – mit dem Jahr 2025 abgeschlossen sein wird.

#### ► Ergebnisse des Wirtschaft-4.0-Szenarios

Das aktuellen Szenario für die „Wirtschaft 4.0“ (WOLTER u. a. 2016) beinhaltet auch die Umstrukturierung der Dienstleistungsbranchen. Dabei wird eine im Jahr 2025 vollständig digitalisierte Arbeitswelt in fünf Teilszenarien mit einer Welt verglichen, in der sich der technische Fort-

schritt bis zum Jahr 2025 am Entwicklungspfad der vergangenen 25 Jahre orientiert (QuBe-Basisprojektion). Bei diesem Vergleich zeigt sich, dass sich die Zahl der Erwerbstätigen in beiden Arbeitswelten von rund 43 Millionen auf 43,4 Millionen Erwerbstätige erhöht. In der Arbeitswelt 2025 werden rund 2,5 Millionen Arbeitsplätze neu hinzukommen, aber zugleich 2,1 Millionen Arbeitsplätze wegfallen. Im „Szenario Wirtschaft 4.0“ würden im gleichen Zeitraum knapp drei Millionen Arbeitsplätze wegfallen und 3,3 Millionen Arbeitsplätze hinzukommen. Somit gehen unter dem Strich insgesamt nur rund 30.000 Arbeitsplätze in einer digitalisierten Arbeitswelt verloren.

Zugleich unterscheiden sich beide Arbeitswelten hinsichtlich ihrer Branchen-, Berufs- und Anforderungsstruktur deutlich voneinander. In der digitalisierten Welt wird es im Jahr 2025 einerseits etwas mehr als 1,5 Millionen Arbeitsplätze nicht mehr geben, die in der Basisprojektion noch vorhanden sein werden. Andererseits werden im Wirtschaft-4.0-Szenario ebenfalls knapp 1,5 Millionen Arbeitsplätze entstanden sein, die in der Basisprojektion nicht existieren werden. Aber es verändern sich im digitalisierten Szenario rund sieben Prozent Arbeitsplätze mehr (= 3 Millionen von 43,4 Millionen Arbeitsplätzen) als in der QuBe-Basisprojektion.

Die „Wirtschaft 4.0“ beschleunigt den Strukturwandel hin zu mehr Dienstleistungen. Die Digitalisierung wird somit nicht eine neue Arbeitswelt schaffen, vielmehr beschleunigt sie den Weg hin zu diesem Strukturwandel. Landwirtschaft und Forstwirtschaft verlieren in der „Wirtschaft 4.0“ etwas an ihrem Beschäftigungsumfang, ganz im Gegensatz zum Basis-Szenario, in dem sogar noch ein geringer Anstieg an Beschäftigung entstehen könnte. Überlagert wird diese Entwicklung aber durch den Rückgang der Beschäftigung im Bergbau und der Gewinnung von Steinen und Erden. In dieser Branche besteht der Rückgang in beiden Arbeitswelten und führt insgesamt dazu, dass diese Branchen insgesamt in der „Wirtschaft 4.0“ etwas mehr an Beschäftigung verlieren als in der Basisentwicklung bis zum Jahr 2025.

Das weitere Produzierende und Verarbeitende Gewerbe (dieses umfasst Nahrungsmittel, Holz, Metall, Energie, Chemie, KFZ bis hin zur Bauwirtschaft) verliert in beiden Arbeitswelten zunehmend an Bedeutung (einzige Ausnahme ist die Herstellung von Nahrungsmitteln). In der „Wirtschaft 4.0“ wird diese Entwicklung durchgehend etwas beschleunigt.

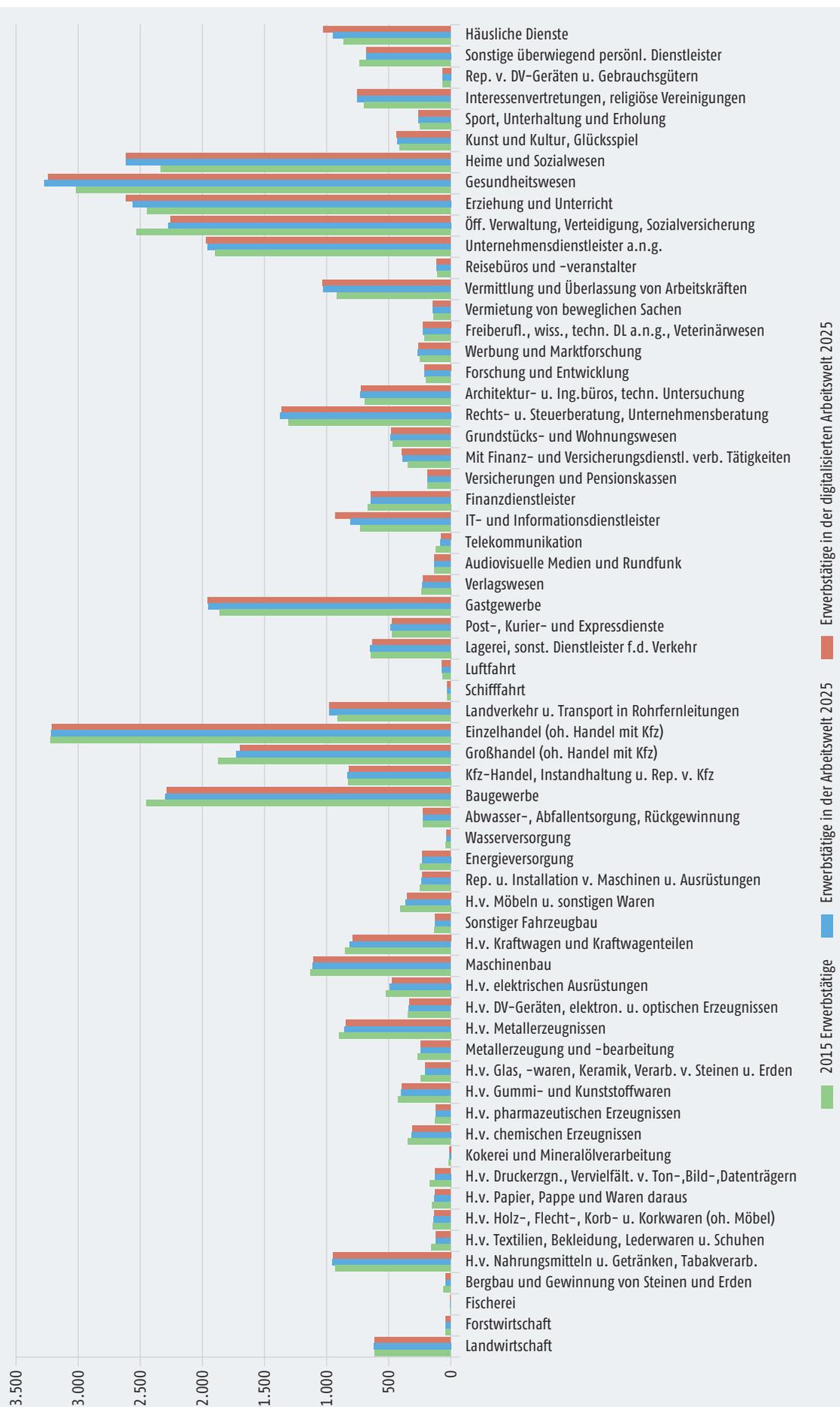
Der geringe Aufwuchs an Beschäftigung im primären Dienstleistungssektor erfolgt bis zum Jahr 2025 in beiden Arbeitswelten. Er ist in der „Wirtschaft 4.0“ etwas größer als in der Basisprojektion. Insgesamt bleibt der primäre Dienstleistungssektor nahezu unverändert und profitiert auch nicht von der Digitalisierung. Rückläufig ist die Beschäftigung in beiden Arbeitswelten in der „öffentlichen Verwaltung“.

Ganz anders ist die Situation im sekundären Dienstleistungssektor. Schon im Basis-Szenario nimmt die Beschäftigung in diesem Sektor zu. Zudem würde dieser von einer digitalen Arbeitswelt profitieren. Dies gilt insbesondere für die Branchen „Erziehung und Unterricht“, „Gesundheitswesen“, „Heime und Sozialwesen“ und „Häusliche Dienste“.

Aber nicht nur der branchenspezifischen Strukturwandel wird beschleunigt. Innerhalb jeder Branche hat die Digitalisierung durch den Abbau von Routinetätigkeiten und die veränderten Anforderungen auch einen großen Einfluss auf die zur Produktion eingesetzte Berufsstruktur. Hier verstärkt die Digitalisierung der Wirtschaft die Entwicklung ebenso.

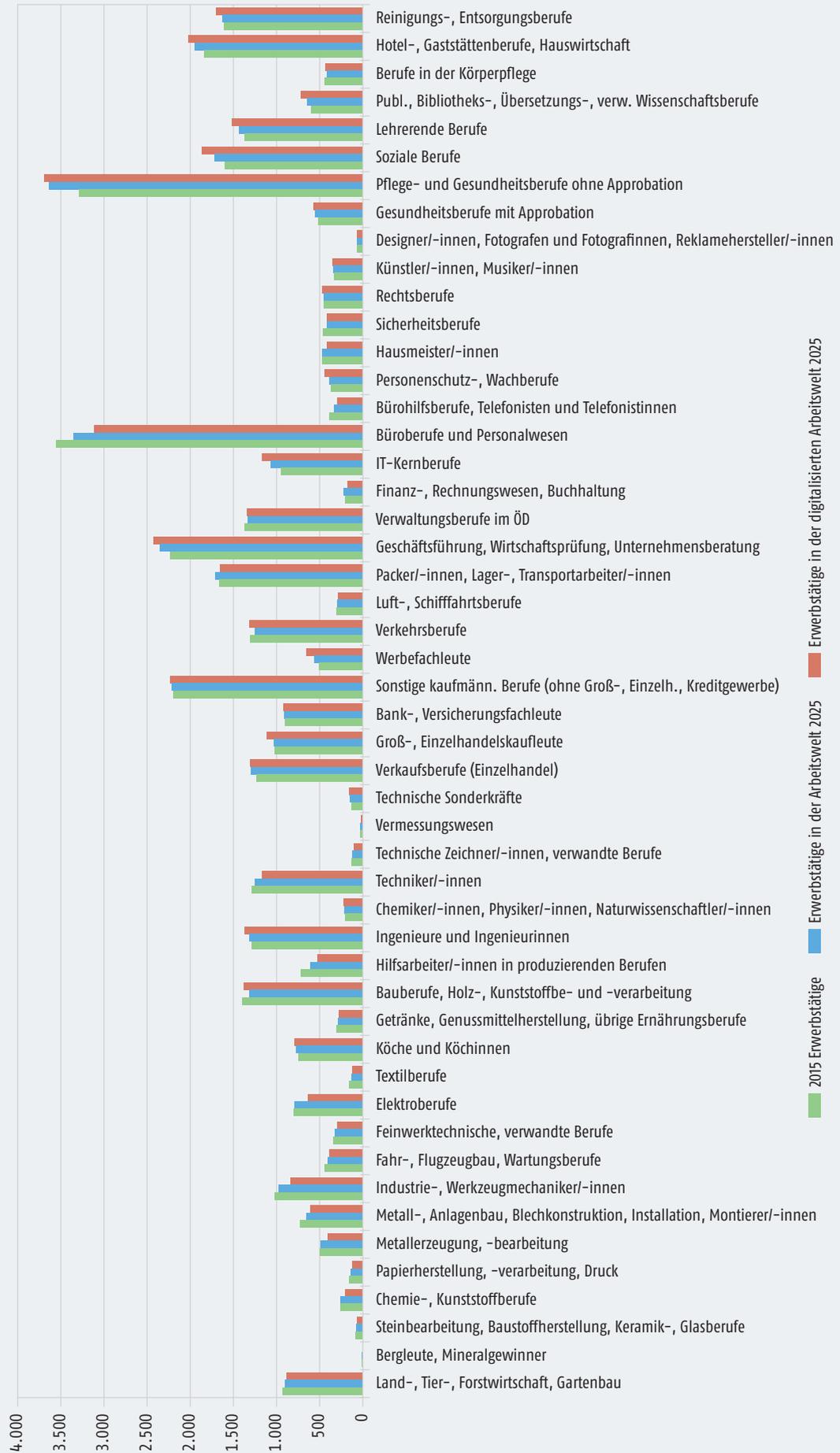
Nur in vier Berufsfeldern wirkt die Digitalisierung entgegen dem langfristig angelegten Trend und erhöht (Bauberufe, Holz-, Kunststoffbe- und -verarbeitung, Verkehrsberufe) bzw. verringert (Packer/-innen, Lager-, Transportarbeiter/-innen und Berufe in Finanz-, Rechnungswesen, Buchhaltung) die Zahl der Erwerbstätigen. Diese Entwicklung führt zu einem Rückgang von gewerblich-technischen Berufen zugunsten von Dienstleistungsberufen – in denen der Anteil an Experten und Spezialisten überwiegt.

Abbildung 4.2  
Veränderung der Zahl der Erwerbstätigen in den Branchen zwischen 2015 und 2025



Quelle: QuBe-Projekt, 4. Welle, eigene Darstellung

**Abbildung 4.3**  
Veränderung der Zahl der Erwerbstätigen in den Berufsfeldern zwischen 2015 und 2025



Quelle: QuBe-Projekt, 4. Welle, eigene Darstellung

Die Arbeitskräftebewegungen zwischen Branchen und Berufen sind somit weitaus größer als die Veränderung der Anzahl der Erwerbstätigen insgesamt. Mit den Umwälzungen auf dem Arbeitsmarkt geht eine zunehmende Wertschöpfung einher, die nicht nur zu mehr volkswirtschaftlichen Gewinnen, sondern – aufgrund höherer Anforderungen an die Arbeitskräfte – auch zu höheren Lohnsummen führt.

## 4.2 Änderung der Berufsfeldstruktur durch die Berücksichtigung von Ersetzungspotenzialen

Mit dem folgenden Abschnitt soll insbesondere die Diskussion der Wissenschaftsgemeinschaft zur Abschätzung des Risikos von Erwerbstätigen, durch eine Maschine langfristig ersetzt zu werden, aufgegriffen werden. Der hierzu beitragende Aufsatz von FREY und OSBORNE (2013), indem die Autoren durch Experteneinschätzungen Routineanteile für Berufe in den USA quantifizieren, wurde bereits von mehreren Autoren für den deutschen Arbeitsmarkt repliziert oder weiterentwickelt (DENGLER/MATTHES 2015, BRZESKI/BURK 2015, BONIN/ZIERHAHN 2015, TIEMANN 2016, PFEIFFER/SUPHAN 2015). Hierbei unterscheiden sich diese Arbeiten in der Definition der Routine und Programmierbarkeit einerseits und in der Datengrundlage andererseits. DENGLER und MATTHES (2015) folgen dem Vorgehen von FREY und OSBORNE (2013), in dem sie nach einer bestimmten Prämisse normativ setzen, ob eine Tätigkeit routiniert ist oder nicht. Sowohl PFEIFFER und SUPHAN (2015) als auch TIEMANN (2016) berechnen ein Maß auf Basis einer Befragung von Beschäftigten und stützen sich somit auf Selbsteinschätzungen von Erwerbstätigen. Im Kapitel 3 wird zudem ein Ersetzbarkeitsmaß vorgestellt, das auf einer Unternehmensbefragung und somit der Einschätzung von Führungspersonal basiert. 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.

Während die Frage, welches Vorgehen hierbei optimal ist, offen ist und auch im Folgenden offen bleiben soll, soll die folgende Analyse veranschaulichen, wie wichtig die Beurteilung der Ersetzbarkeitspotenziale von Berufen im Kontext der Abschätzung der Folgen von Digitalisierung für die Beschäftigung ist. Zu diesem Zweck stellen wir die Ergebnisse einer langfristigen Arbeitsmarktprojektion einer Umstrukturierung der beruflichen Zusammensetzung der Branchen als Resultat der Digitalisierung auf Grundlage von vier verschiedenen Maßen des Ersetzbarkeitsrisikos durch Maschinen dar. Wir vergleichen die Substituierbarkeit von DENGLER und MATTHES (2015), den Arbeitsvermögenindex von PFEIFFER und SUPHAN (2015), den Routineindex von Tiemann (2016) und ein Ersetzbarkeitsmaß auf Basis des BIBB-Qualifizierungspanels (QPE, siehe Kapitel 3) und diskutieren die Unterschiede der Ergebnisse im Kontext der Annahmen dieser Maße. Es zeigt sich, dass die Eigenschaften der betroffenen Berufe ausschlaggebend sind für den Gesamteffekt auf die Beschäftigung.

Bisher wurde für Alternativszenarien im QuBe-Projekt angenommen, dass die berufliche Struktur der Wirtschaftszweige sich gemäß der Routineanteile nach DENGLER und MATTHES (2015; siehe Infokasten) im Zuge einer Digitalisierung verändert (WOLTER u. a. 2015). Diese Wahl des Ersetzbarkeitsmaßes ist durchaus nicht trivial, wie eingangs bereits diskutiert. Um zu

veranschaulichen, dass Maße, welche auf Arbeitnehmer- bzw. Arbeitsgeberangaben basieren, zum Teil zu stark unterschiedlichen Ergebnissen kommen, stellen wir die Ergebnisse einer veränderten Berufsstruktur gemäß PFEIFFER und SUPHAN (2015; siehe Infokasten), TIEMANN (Kapitel 2) und des QPE (Kapitel 3) denen nach DENGLER und MATTHES (2015) gegenüber.

Die vier Ersetzbarkeitsmaße beruhen auf unterschiedlichen Berechnungsmethoden. Dies stellt die Schwierigkeit dar, dass die Werte unterschiedlich zu interpretieren sind und aus diesem Grund auch verschieden im QuBe-Modell berücksichtigt werden müssen. Die Substituierbarkeiten von DENGLER und MATTHES (2015) lassen sich als Anteile von Routinetätigkeiten im Beruf interpretieren. Daher kann hier durch ein Bonus/Malus-System über die relativen Abweichungen vom Branchendurchschnitt die Verschiebung der Beschäftigung nach Berufen erfolgen. Dabei wird angenommen, dass maximal 50 Prozent der Routineanteile von Beschäftigungsverhältnissen in einem Beruf in einer Branche zukünftig ersetzt werden können (WOLTER u. a. 2015). Das gleiche Vorgehen ist bei der Berücksichtigung des Arbeitsvermögenindex (PFEIFFER/SUPHAN 2015) möglich, da dieser als Anteil der Tätigkeiten in einem Beruf, die arbeitsvermögensintensiv sind, interpretiert werden kann. Entsprechend gilt hier die Annahme, dass maximal 50 Prozent der Tätigkeiten, die kein Arbeitsvermögen bedürfen, wegfallen.

Der Routineindex nach TIEMANN (2016) und der QPE sind nicht als Anteile oder Wahrscheinlichkeiten einer Ersetzung zu interpretieren, da sie als Faktorwerte einer Faktorenanalyse bzw. einer Hauptkomponentenanalyse nur den Abstand der Subgruppen zueinander veranschaulichen. Um diese Faktorwerte zu „übersetzen“, schätzen wir den linearen Zusammenhang der Maße mit der Beschäftigungsentwicklung der vergangenen Jahre. Dabei verwenden wir den Durchschnitt der Beschäftigungsentwicklung über drei Jahre, damit einerseits die Ergebnisse nicht stark von Ausreißern eines Jahres abhängen und andererseits die Finanzkrise nicht im Zeitrahmen aufgegriffen wird. Da der Routineindex von TIEMANN (2016) auf Basis der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012 berechnet wurde, verwenden wir hier den Durchschnitt der Jahre 2010 bis 2012. Für das QPE, das auf Daten aus dem Jahr 2015 basiert, wird der Durchschnitt über die Jahre 2011 bis 2013 verwendet, da das Jahr 2013 den aktuellsten Datenpunkt des Mikrozensus markiert. Bei der Schätzung wurde für konjunkturelle Schwankungen in den Wirtschaftszweigen kontrolliert. Im Ergebnis lässt sich so ein Faktorwert von  $-1,0$  des Routineindex mit einem Beschäftigungsrückgang von 1,37 Prozent jährlich beschreiben. Ein Faktorwert von  $1,0$  des QPE kann in dieser Form mit einem Rückgang von 0,85 Prozent „übersetzt“ werden. Beide Ergebnisse sind mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 1 Prozent signifikant verschieden von 0. Mit der Annahme, dass die bereits beobachtbare Umsetzung des Ersetzbarkeitspotenzials sich konstant in der Zukunft bis 2025 fortsetzt, lassen sich die übersetzten Indexwerte als jährlicher Impuls auf die Beschäftigung in das Modell einbauen. Zwar ist auch eine Annahme einer Beschleunigung der Umsetzung denkbar, jedoch ist die Konstanz wie eine untere Grenze der Umstrukturierung der beruflichen Zusammensetzung zu verstehen und ist außerdem besser mit der Einbindung der anderen zwei Maße zu vergleichen.

### Infokasten: Ersetzbarkeitsmaße

#### Die Substituierbarkeit von DENGLER und MATTHES (2015)

Das Substituierbarkeitspotenzial von DENGLER und MATTHES (2015) soll Auskunft über die Routinehaftigkeit eines Berufes geben. Zu diesem Zweck haben die Autoren eine normative Klassifizierung verschiedenster Tätigkeiten in Routine und Nicht-Routinetätigkeiten vorgenommen, wobei Routinehaftigkeit als „[...] bereits heute potenziell durch den Computer ersetzbar [...]“ (DENGLER/MATTHES 2015, S. 7) definiert wurde. Auf Grundlage von Tätigkeitsangaben zu einzelnen Berufsbeschreibungen aus der Datenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit konnte so der Anteil der Routinetätigkeiten im Beruf ermittelt werden. Ab einem Anteil von 70 Prozent schätzen die Autoren ein hohes Risiko der potenziellen Ersetzung für den Beruf ein.

### Routineindex von TIEMANN (2016)

TIEMANN (2016) setzt mit seinem Routineindex die erweiterte Definition von Routine nach FREY und OSBORNE (2013) um. Demnach ist für die Beurteilung der Routinehaftigkeit einer Beschäftigung nicht nur die Programmierbarkeit von Tätigkeiten ausschlaggebend, sondern auch die (Sinnes-)Wahrnehmung und Handhabung von Werkstücken und Gegenständen sowie die kreative und soziale Intelligenz, die bei der Arbeit aufgewandt werden muss. Um diese verschiedenen Dimensionen der Routinehaftigkeit aufzunehmen, berücksichtigt TIEMANN (2016) die Häufigkeit, dass die Arbeitsgänge und -durchführung bis ins Detail vorgeschrieben sind, etwas repariert oder instand gesetzt wird, Verfahren verbessert und Neues ausprobiert wird und die Arbeit das Ausbilden, Lehren oder Unterrichten beinhaltet. Auf Grundlage der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung von 2012 werden die benannten Merkmale mithilfe einer Faktorenanalyse auf einen Faktor verdichtet, dessen Faktorwerte die Routinehaftigkeit der Beschäftigung der befragten Personen beschreibt.

### Der Arbeitsvermögenindex von Pfeiffer und Suphan (2015)

Mit dem Arbeitsvermögenindex wollen PFEIFFER und SUPHAN (2015) eine Relation schaffen, um die für ein Beschäftigungsverhältnis benötigte berufliche Erfahrung zu beschreiben. Hierfür verwenden sie die Daten der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012 und bedienen sich somit Selbsteinschätzungen von Erwerbstätigen. AV-Index ist das Mittel von drei Indikatoren, die das jeweilige Level der sogenannten situativen und strukturellen Anforderungen durch Komplexität sowie der situativen Unwägbarkeit eines Jobs beschreiben. Hierbei beinhaltet der Index der situativen Anforderung durch Komplexität an den Beschäftigten die eingeschätzte Häufigkeit, dass der Befragte während der Arbeit Probleme lösen, schwierige Entscheidungen treffen und mit anderen Personen kommunizieren muss. Die situative Unwägbarkeit einer Beschäftigung hingegen umfasst die Häufigkeit von Störungen im Arbeitsprozess, Informations- und/oder Wissensmangel bei der Ausführung von Tätigkeiten, zeitgleichen Vorgängen, die es zu überwachen gilt, und ob Fehler große finanzielle Konsequenzen mit sich ziehen. Hier geht es ebenfalls um die Häufigkeit von Zeitdruck bei der Ausübung von Tätigkeiten. Der letzte Index über die strukturellen Anforderungen durch Komplexität erfasst Veränderungen am Arbeitsumfeld und des Stresslevels des Befragten. Der AV-Index multipliziert sich weiterhin durch die Einarbeitungszeit, die zur Ausübung der Beschäftigung benötigt wird. Zum Zwecke dieses Aufsatzes haben wir den AV-Index in der ETB gemäß PFEIFFER und SUPHAN (2015) rekonstruiert. Es ergeben sich marginale Abweichungen, die die Analyse jedoch nicht weiter verfälschen sollten.

Eine weitere Unterscheidung in der Modellierung war durch die Verschiedenheit der Datenquellen vonnöten. Der QPE liegt nur für zusammengefasste Wirtschaftszweige und Anforderungsniveaus vor. Aus diesem Grund musste hier die Annahme vertreten werden, dass Berufsfelder in einem Wirtschaftszweig sich in ihrem Ersetzbarkeitsrisiko nur insofern unterscheiden, als dass sie einen spezifischen Mix von Anforderungsniveaus aufweisen. Die Substituierbarkeiten von DENGLER und MATTHES (2015) liegen wiederum nur auf Berufs-Anforderungsniveau-Ebene vor und müssen als konstant über die Wirtschaftszweigdimension für die einzelnen Berufsgruppen betrachtet werden. Es ist zu erwarten, dass sowohl die Berufsebene als auch die Wirtschaftszweigebene wichtige Informationen über tatsächliche Tätigkeitsanteile einer bestimmten Beschäftigtengruppe liefern. Der Routineindex und der Arbeitsvermögenindex liegen für alle Beschäftigtengruppen nach Berufsfeld, Wirtschaftszweig und Anforderungsniveau vor und können so eine vollständigere Informationslage liefern. Allerdings bieten die anderen Maße, wie eingangs bereits diskutiert, Informationen über die Ersetzbarkeit aus anderen Perspektiven und sind somit nicht per se als unterlegen anzusehen.

Der Einsatz zweier unterschiedlicher Modellierungsarten im Modell liefert natürlich eine Quelle der Verzerrung in der Vergleichbarkeit der Ergebnisse von DENGLER/MATTHES (2015) und PFEIFFER/SUPHAN (2015) auf der einen und dem Index von Tiemann (2016) und dem QPE auf der anderen Seite. Ein Teil dieser Verzerrung wird dadurch reduziert, dass nach der Einbindung des Routineindex und des QPE die branchenspezifischen Arbeitsvolumen erneut angepasst werden, wodurch sich diese möglichst wenig verändern. Die Unterschiede in den Er-

gebnissen nach Branchen, Berufen und Anforderungsniveaus entstehen hauptsächlich durch Unterschiede in den durch Ersetzung und durch den Stellenaufbau betroffenen Berufen sowie den jeweiligen Jahresarbeitszeiten.

Letzteres bestimmt im besonderen Maße, inwiefern der Stellenaufbau dem -abbau in anderen Berufen in Köpfen begegnen kann. Wenn die Jahresarbeitszeit in den neugeschaffenen Arbeitsplätzen höher ist als in den aufgelösten Beschäftigungsverhältnissen, ist der Nettorückgang der Beschäftigung größer, da in den neuen Jobs weniger Personen für die Verrichtung der Arbeit benötigt werden als in den wegfallenden Jobs. Aussagen über die Unterschiede des Nettoeffekts auf die Erwerbstätigkeit lassen sich jedoch nur eingeschränkt veranschaulichen und sollten stets im Vergleich mit dem jeweiligen Maß betrachtet werden, das auf gleiche Weise in das Modell eingebunden wurde.

Die Berufsstrukturveränderung wird im QuBe-Wirtschaft-4.0-Szenario im vierten Schritt vorgenommen. Im Folgenden werden immer die Abweichungen (relativ, absolut) zum jeweils gleichen Ausgangsszenario, dem dritten Schritt des Gesamtszenarios, dargestellt; insofern sind die Abweichungen vergleichbar. Der vierte Schritt beinhaltet normalerweise eine Anpassung der Arbeitsproduktivität der Beschäftigten, um die Lohnsummen konstant zu halten. Der Hintergrund ist hier, dass durch die Veränderung der Berufsstruktur mehr Beschäftigte in höheren Anforderungsniveaus arbeiten, die dementsprechend auch besser entlohnt werden. Der Umfang dieser Anpassung würde sich je nach angewendetem Ersetzbarkeitsmaß unterscheiden. Dies liefert einen weiteren Grund, warum an dieser Stelle Absolutzahlen nicht direkt vergleichbar sind. Es wird das Jahr 2025 als Vergleichsjahr herangezogen, da in diesem Jahr die Ausprägungen des Übergangs am stärksten sind.

### ► Ergebnisse

Im Folgenden stellen wir die grundlegenden Ergebnisse des Vergleichs der vier verschiedenen Maße über das Risiko der Ersetzbarkeit durch Maschinen vor. Für die Lesbarkeit kürzen wir die Substituierbarkeit von DENGLER und MATTHES (2015) mit *D&M* ab, den Arbeitsvermögenindex von PFEIFFER und SUPHAN (2015) mit *AV*, den Routineindex von TIEMANN (2016) mit *TM* und den Qualifizierungspanelersetzbarkeitsindex weiterhin mit *QPE*.

**Tabelle 4.1**

Veränderung der Beschäftigung in den Berufshauptfeldern in 1.000 Personen unter Verwendung verschiedener Ersetzbarkeitsmaße

Veränderungen in Tsd. Personen		D&M	AV	TM	QPE
Rohstoff gewinnende Berufe	BHF1	-12	-21	0	-8
Hilfskräfte/Hausmeister	BHF2	-127	-120	-70	-65
Metall-, Anlagenbau, Blechkonstruktion, Installation, Montierer, Elektroberufe	BHF3	-198	7	27	-37
Bauberufe, Holz-, Kunststoffbe- und -verarbeitung	BHF4	65	-14	5	1
Sonstige be-, verarbeitende und instand setzende Berufe	BHF5	-45	4	8	-13
Maschinen und Anlagen steuernde und wartende Berufe	BHF6	-288	8	-4	-44
Berufe im Warenhandel: Verkaufsberufe (Einzelhandel)	BHF7	12	-23	-20	-11
Berufe im Warenhandel: Kaufleute	BHF8	105	51	19	31
Verkehr, Lager, Transportberufe	BHF9	12	-193	-194	-93
Sicherheits- und Wachberufe	BHF10	58	3	-11	-6
Gastronomieberufe	BHF11	69	-87	-47	-35
Reinigungs- und Entsorgungsberufe	BHF12	67	-301	-156	-112

(Fortsetzung Tab. 4.1)

Veränderungen in Tsd. Personen		D&M	AV	TM	QPE
Büro-, kaufm. Dienstleistungsberufe	BHF13	-305	-4	-195	-50
IT- und naturwissenschaftliche Berufe	BHF14	107	98	113	80
Technische Berufe	BHF15	-80	63	52	54
Rechts-, Management- und wirtschaftswissenschaftliche Berufe	BHF16	79	109	75	93
Medien-, geistes- und sozialwissenschaftliche, künstlerische Berufe	BHF17	143	-7	20	28
Gesundheitsberufe	BHF18	101	53	27	5
Sozialberufe	BHF19	123	34	99	11
Lehrende Berufe	BHF20	65	23	46	16

Quelle: QuBe-Projekt, 4. Welle, eigene Berechnungen.

Tabelle 4.1 zeigt die Nettobeschäftigungseffekte nach Berufshauptfeldern, die auf die Einbindung des jeweiligen Ersetzbarkeitsmaßes in das „Wirtschaft-4.0-Szenario“ zurückzuführen sind. Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Magnitude der Effekte bei D&M und AV wesentlich größer sind als bei TM und QPE, was nicht zuletzt an der unterschiedlichen Modellierung der Szenarien liegen kann. Der stärkste Effekt lässt sich mit einem Verlust von 305 Erwerbstätigen im Jahr 2025 nach diesen Ergebnissen für die Büro- und kaufmännischen Berufe unter D&M feststellen, wobei hier im besonderen Maße die kaufmännischen Büroberufe betroffen sind (vgl. Tabelle A2 im Anhang). Ein vergleichbar hoher Rückgang wird mit dem AV in den Reinigungs- und Entsorgungsberufen projiziert.

Es ergeben sich einige Berufshauptfelder, die in allen Szenarien gleichermaßen betroffen sind, wie z. B. Hilfskräfte und Hausmeister, IT- und naturwissenschaftliche Berufe, Rechts-, Management- und wirtschaftswissenschaftliche Berufe oder auch die lehrenden Berufe (Tabelle 4.1). Dennoch lassen sich auch durchaus gravierende Unterschiede feststellen. Jedoch sind diese aus den Absolutzahlen der Tabelle 4.1 nur bedingt herauszulesen, da sie zwar auch durch die Unterschiede der Ersetzbarkeitsmaße, aber auch durch die Anwendung zweier unterschiedlicher Modellierungsweisen verursacht werden. Dennoch wollen wir hier an dieser Stelle darauf hinweisen, dass ein wesentlicher Faktor, der die Magnitude der Ergebnisse beeinflusst, die Jahresarbeitszeit der unterschiedlich betroffenen Berufsfelder ist. Bei AV, TM und QPE ist im Gegensatz zu D&M zu beobachten, dass besonders Berufe mit unterdurchschnittlichen Jahresarbeitszeiten von Beschäftigungsrückgängen betroffen sind. Die durchschnittliche Arbeitszeit betrug im Jahr 2013 knapp 1400 Stunden im Jahr pro Beschäftigtem. Die „Gastronomieberufe“ und die „Reinigungs- und Entsorgungskräfte“ beispielsweise erreichten besonders wegen der relativen Häufigkeit von geringfügigen Beschäftigtenverhältnissen im Gegensatz nur 1050 bzw. 790 Stunden pro Jahr. Dem Beschäftigungsabbau in solchen Berufsfeldern stehen bei AV, TM und QPE ein Gewinn in Berufsfeldern wie „Geschäftsführung, Wirtschaftsprüfung, Unternehmensberatung“ und „IT-Kernberufen“ gegenüber (vgl. Tabelle A2 im Anhang), welche mit 1600 bzw. 1550 Stunden im Jahr eine vergleichsweise hohe Arbeitszeit aufweisen. Ein Anstieg der Nachfrage in Stunden in diesen Berufen kann somit mit vergleichsweise wenigen Personen bedient werden.

Tabelle 4.2

Rang der relativen Veränderung der Erwerbstätigenzahlen in den Berufshauptfeldern im Jahr 2025

Rang der relativen Abweichungen nach Szenarien		D&M	AV	TM	QPE
Rohstoff gewinnende Berufe	BHF1	14	16	12	13
Hilfskräfte/Hausmeister	BHF2	18	19	19	19
Metall-, Anlagenbau, Blechkonstruktion, Installation, Montierer, Elektroberufe	BHF3	20	8	6	17
Bauberufe, Holz-, Kunststoffbe- und -verarbeitung	BHF4	4	14	11	9
Sonstige be-, verarbeitende und instand setzende Berufe	BHF5	17	9	8	15
Maschinen und Anlagen steuernde und wartende Berufe	BHF6	19	10	13	16
Berufe im Warenhandel: Verkaufsberufe (Einzelhandel)	BHF7	12	15	15	12
Berufe im Warenhandel: Kaufleute	BHF8	8	6	10	6
Verkehr, Lager, Transportberufe	BHF9	13	18	18	18
Sicherheits- und Wachberufe	BHF10	2	11	14	10
Gastronomieberufe	BHF11	10	17	16	14
Reinigungs- und Entsorgungsberufe	BHF12	6	20	20	20
Büro-, kaufm. Dienstleistungsberufe	BHF13	15	12	17	11
IT- und naturwissenschaftliche Berufe	BHF14	7	3	2	3
Technische Berufe	BHF15	16	1	3	1
Rechts-, Management- und wirtschaftswissenschaftliche Berufe	BHF16	9	2	5	2
Medien-, geistes- und sozialwissenschaftliche, künstlerische Berufe	BHF17	1	13	7	4
Gesundheitsberufe	BHF18	11	7	9	8
Sozialberufe	BHF19	3	4	1	7
Lehrende Berufe	BHF20	5	5	4	5

Quelle: QuBe-Projekt, 4. Welle, eigene Berechnungen.

Um die Unterschiede zwischen den Maßen trotz der fehlenden direkten Vergleichbarkeit offenzulegen, stellen wir in Tabelle 4.2 die Ränge der relativen Abweichungen der vier Szenarien vom vorangegangenen Szenario-Bild im „Wirtschaft-4.0-Szenario“. Hierbei weist ein Rang von 1 auf die schwächste relative Abweichung unter den Berufsfeldern hin und ein Rang von 20 auf die stärkste. Hieraus ist abzulesen, dass besonders große Divergenzen zwischen den Szenarien in fünf Berufshauptfeldern zu finden sind, nämlich bei den Berufen in „Metall-, Anlagenbau, Blechkonstruktion, Installation, Montierer, Elektroberufe“, in den „Bauberufen, Holz-, Kunststoffbe- und -verarbeitung“, den „Sicherheits- und Wachberufen“, „Reinigungs- und Entsorgungsberufen“ und den „Technischen Berufen“.

Außer bei den Berufen in „Metall-, Anlagenbau, Blechkonstruktion, Installation, Montierer, Elektroberufe“ werden die Unterschiede zwischen den Szenarien von D&M verursacht, während die Ergebnisse der anderen Szenarien in relativen Maßstäben ähnlich sind. Unter D&M wird eine deutlich positivere Entwicklung für die „Bauberufe, Holz-, Kunststoffbe- und -verarbeitung“, die „Sicherheits- und Wachberufe“ und die „Reinigungs- und Entsorgungsberufe“ aufgezeigt. Hierbei profitieren unter den „Sicherheits- und Wachberufen“ vor allen Dingen die „Persönenschutz-, Wachberufe“ (siehe Tabelle A2 im Anhang). Hingegen schneiden die „Technischen Berufe“ und hier vor allen Dingen die „Techniker/-innen“ und „Technischen Zeichner/-innen“ (siehe Tabelle 4.3) schlechter ab. Die Unterschiede in diesen vier Berufshauptfeldern deuten besonders auf die verschiedenen Konzeptionierungen der Ersetzbarkeitsmaße hin: Während AV,

TM und QPE ein erweitertes Konzept von Routine abbilden und auch kreative und kognitive Anforderungen berücksichtigen, stellen D&M die Programmierbarkeit in der Zukunft dar. Weiterhin basieren AV, TM und QPE auf Einschätzungen über die derzeitigen Tätigkeitsmuster, während D&M normative Vorhersagen über die Zukunft treffen. Diese unterschiedlichen Konzepte scheinen den Kern der Unterschiede in den Ergebnissen zu manifestieren. Hier zeigt sich bereits, dass die Frage, inwiefern diese unterliegenden Konzepte adäquat sind, Aussagen über die Ersetzbarkeit durch Maschinen zu treffen, eine wichtige Frage der zukünftigen Forschung sein muss.

Im Falle der Berufe in „Metall-, Anlagenbau, Blechkonstruktion, Installation, Montierer, Elektroberufe“ oder den „Sonstige be-, verarbeitenden und instand setzenden Berufen“ lassen sich auch Divergenzen zwischen Arbeitnehmer- und Arbeitgeberperspektive ablesen, im Vergleich des QPE einerseits und AV und TM andererseits. Dies könnte auf eine Verzerrung der Wahrnehmung der Tätigkeiten auf Arbeitgeberseite in diesen Fällen hindeuten.

**Tabelle 4.3**

Rang der relativen Veränderung der Erwerbstätigenzahlen in den Wirtschaftsabschnitten im Jahr 2025

Rang der relativen Abweichungen nach Szenarien	D&M	AV	TM	QPE
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei (A)	14	22	17	18
Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden (B)	15	4	4	2
Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, Getränkeherstellung, Tabakverarbeitung (CA)	6	23	16	5
Metallerzeugung und -bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen (CH)	12	8	7	17
Maschinenbau (CK)	22	7	13	15
Fahrzeugbau (CL)	21	1	3	21
Übriges Verarbeitendes Gewerbe (CX)	23	13	20	23
Energieversorgung (D)	13	5	6	7
Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung u.Ä. (E)	11	14	8	3
Baugewerbe (F)	16	10	10	11
Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen (G)	17	19	19	13
Verkehr und Lagerei (H)	19	9	11	8
Gastgewerbe (I)	2	24	24	24
Information und Kommunikation (J)	24	21	22	20
Finanz- und Versicherungsdienstleister (K)	18	2	9	4
Grundstücks- und Wohnungswesen (L)	20	15	2	12
Freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleister (M)	25	12	18	19
Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften (78)	7	20	23	22
Sonstige wirtschaftliche Unternehmensdienstleister (NX)	3	25	25	25
Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung (O)	9	11	5	6
Erziehung und Unterricht (P)	10	3	12	9
Gesundheits- und Sozialwesen (Q)	8	6	14	10
Kunst, Unterhaltung und Erholung (R)	4	16	21	16
Sonstige Dienstleister a. n. g. (S)	5	17	15	14
Private Haushalte mit Hauspersonal (T)	1	18	1	1

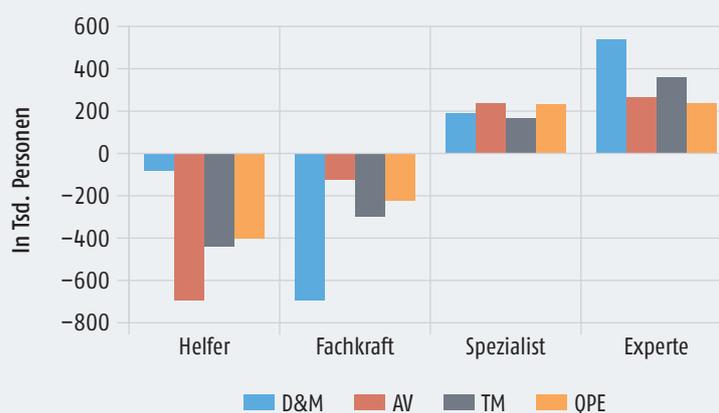
Quelle: QuBe-Projekt, 4. Welle, eigene Berechnungen.

Die Gesamteffekte nach Wirtschaftszweigen sind im Vergleich zu den Effekten nach Berufen in allen Szenarien deutlich geringer, da durch die Modellierung der Szenarien die Branchen nur einer indirekten Wirkung ausgesetzt werden. Die Branchen sind wie eingangs dargestellt im Gesamtszenario der „Wirtschaft 4.0“ hauptsächlich durch Investitionen und Konsumveränderungen betroffen. So ist der größte Effekt eine Reduktion der Erwerbstätigkeit um 4.000 Arbeitsplätze in den „Sonstigen wirtschaftlichen Unternehmensdienstleistern“. Um trotz der geringen Effekte ein Muster in den Unterschieden der vier Szenarien feststellen zu können, bilden wir auch hier in Tabelle 4.3 die Ränge der relativen Veränderungen für die einzelnen Szenarien ab. Hier zeigen sich einerseits Ähnlichkeiten zwischen den Szenarien in z. B. „Information und Kommunikation“, „Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen“ oder dem „Baugewerbe“. Andererseits gibt es größere Unterschiede z. B. im Verarbeitenden Gewerbe, im „Maschinenbau“, „Fahrzeugbau“ und im Dienstleistungsgewerbe, im „Gastgewerbe“, bei den „Finanz- und Versicherungsdienstleistern“ und den „Sonstigen wirtschaftlichen Unternehmensdienstleistern“. Bei den letzteren dreien manifestieren sich wieder die Ähnlichkeiten in der Konzeption von AV, TM und QPE. In einigen Wirtschaftszweigen, wie z. B. im „Fahrzeugbau“ besonders, sind aber auch D&M und QPE sich im Gegensatz zu den anderen zwei Maßen ähnlich. Dies könnte wieder auf Unterschiede der Arbeitnehmer- und Arbeitgeberperspektive hinweisen.

Überdies ergeben sich Unterschiede in den Nettoeffekten auf die Beschäftigung nach Anforderungsniveaus. So ist der Abbildung 4.4 zu entnehmen, dass bei D&M einerseits große Verluste hauptsächlich bei Stellen für Fachkräfte und weniger bei Helfern/Helferinnen entstehen, andererseits auch ein großer Anstieg der Beschäftigtenverhältnisse besonders für Experten und Expertinnen zu beobachten ist. Bei den anderen drei Szenarien werden vor allen Dingen Positionen für Helfer/-innen, zudem Fachkräfte abgebaut, denen gleichzeitig ein vergleichsweise geringer Ausbau der Beschäftigung für Spezialisten sowie Spezialistinnen und Experten/Expertinnen begegnet. Insgesamt wird die Polarisierungsthese also mehr mit D&M in ein Projektionsmodell übertragen, während AV, TM und QPE eher eine gradlinige Wissensintensivierung in der Projektion vornehmen.

**Abbildung 4.4**

Veränderung der Beschäftigung in den Anforderungsniveaus in 1.000 Personen unter Verwendung verschiedener Ersetzbarkeitsmaße im Jahr 2025



Quelle: QuBe-Projekt, 4. Welle, eigene Berechnungen.

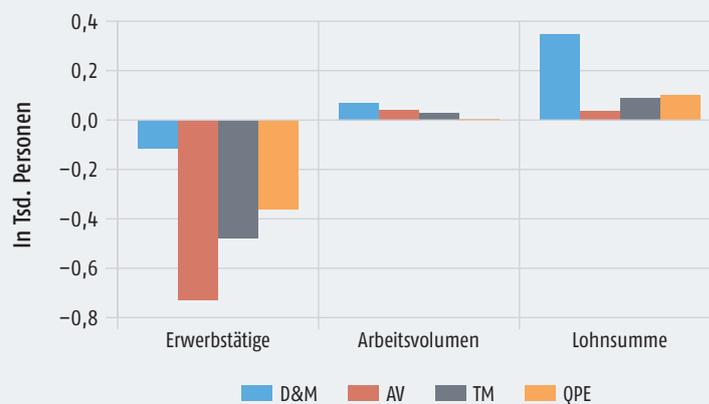
Insgesamt führen die Ergebnisse der Szenarien zu gleichgerichteten Wirkungen: Durch die Umstrukturierung des Berufe- und Anforderungsmixes in den Wirtschaftszweigen hin zu solchen mit geringeren Routineanteilen, höherem Arbeitsvermögen oder mit geringerer Ersetzungswahrscheinlichkeit nimmt die Zahl der Erwerbstätigen ab – wobei der Nettoeffekt am höchsten

mit AV und am geringsten mit D&M ist. Darin spiegeln sich zum einen die höheren Lohnzahlungen, die unterschiedlichen Jahresarbeitszeiten der Berufe mit einem höheren Anforderungsniveau nach Branchen wider, aber natürlich auch die Unterschiede in der Modellierung zwischen D&M und AV einerseits und TM und QPE andererseits.

Die Lohnsteigerungen entstehen durch eine Umverteilung der Beschäftigung hin zu Arbeitsplätzen mit einem höheren Anforderungsniveau, die dann auch mit höheren Arbeitsentgelten versehen sind. Die höheren Lohnkosten führen zu Kosten- und damit Preissteigerungen, welche die Nachfrage (der Konsumenten oder Unternehmen) dämpfen. Bei fast unveränderten Arbeitsvolumen insgesamt kann der Rückgang auch durch die unterschiedlichen branchenspezifischen Jahresarbeitszeiten nach Berufen entstehen. Bei gleichem Arbeitsvolumen werden weniger Personen gebraucht, weil Arbeitsplätze mit einem hohen Anforderungsniveau in der Regel auch mit einer höheren Jahresarbeitszeit verbunden sind. Bei D&M steigt die Lohnsumme kräftig um 3,5 Prozent (siehe Abbildung 4.5), da der Anteil von komplexen und hochkomplexen Tätigkeiten relativ stärker steigt als unter Einbindung der anderen Maße. Hier sei zu beachten, dass Arbeitgeber eine Veränderung der beruflichen Struktur wahrscheinlich nur umsetzen, wenn sich diese rentiert. Es ist also durchaus plausibel, dass ein technologieinduzierter großer Anstieg der Löhne mit einer Steigerung der Arbeitsproduktivität einhergeht. Tatsächlich wäre so ein höherer Beschäftigungsrückgang bei D&M zu erwarten, aber im geringeren Maße auch bei den anderen Maßen.

**Abbildung 4.5**

Veränderung der Beschäftigung, des Arbeitsvolumens und der Löhne in 1.000 Personen unter Verwendung verschiedener Ersetzbarkeitsmaße im Jahr 2025

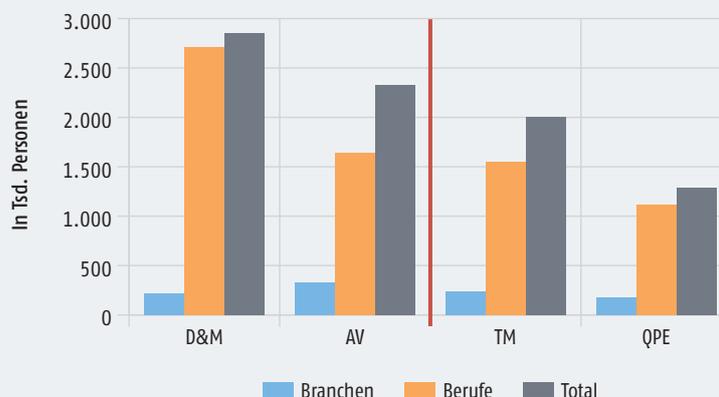


Quelle: QuBe-Projekt, 4. Welle, eigene Berechnungen.

Ferner ist die Gesamtveränderung, i. e. die Gesamtzahl an Stellen, die in einem Beruf, Anforderungsniveau und Wirtschaftszweig abgebaut werden, und diejenigen, die andernorts wieder aufgebaut werden, bei D&M mit 2,85 Millionen Arbeitsverhältnissen im Jahr 2025 am höchsten (siehe Abbildung 4.6). Mit einer Anpassung der Arbeitsproduktivität wäre die Gesamtveränderung hier noch höher. Hingegen ist die Dynamik bei QPE mit 1,3 Millionen betroffenen Stellen am geringsten. Bemerkenswert ist, dass die Gesamtveränderung bei AV und TM besonders nach Berufen relativ ähnlich ist, was wiederum vermuten lässt, dass die unterschiedlichen Modellierungsweisen durchaus vergleichbar sein könnten.

Abbildung 4.6

Gesamtzahl der geänderten Beschäftigungsverhältnisse in 1.000 Personen unter Verwendung verschiedener Ersetzbarkeitsmaße im Jahr 2025



Quelle: QuBe-Projekt, 4. Welle, eigene Berechnungen.

### 4.3 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich keine Polarisierung der Arbeitswelt in der Projektion des Wirtschaft-4.0-Szenarios im QuBe-Modell feststellen. Vielmehr zeigen die Ergebnisse des Szenarios, dass der Berufs- und Arbeitsplatzwandel und vor allem der Branchenwandel hin zu einer Dienstleistungsgesellschaft gegenüber den Basisannahmen über die zukünftige Entwicklung beschleunigt werden.

Da die Entwicklung der Berufs- und Anforderungsstruktur des Arbeitsmarktes von besonderer Relevanz ist, um die Frage nach einer zukünftigen Polarisierung zu beantworten, untersuchen wir ferner den Einfluss verschiedener Indizes über die Ersetzbarkeit von Beschäftigtengruppen auf die Projektionsergebnisse. Hierbei stellen wir die Effekte des derzeit für die Projektion des Wirtschaft-4.0-Szenarios verwendeten Substituierbarkeitspotenzials nach DENGLER/MATTHES (2015) denen einer Einbindung des Arbeitsvermögenindex nach PFEIFFER/SUPHAN (2015), des Routineindex nach TIEMANN (2016) und des QPE auf Basis des BIBB-Qualifizierungspanels (Kapitel 3.5) gegenüber.

Im Ergebnis zeigt sich, dass häufiger Unterschiede zwischen dem Substituierbarkeitspotenzial und den anderen drei alternativen Maßen festzustellen sind und somit, dass Einschätzungen von Arbeitgebern und Arbeitnehmern häufiger als erwartet dieselbe Richtung einschlagen und sich im Gegensatz zum Teil stark von den Ergebnissen auf Basis normativer Setzungen abheben. Auf der Ebene der Berufsfelder ergeben sich zum Teil starke Differenzen darüber, welche Berufe eher verlieren und welche gewinnen. Dies liegt zum Großteil daran, dass die alternativen Maße ein breiteres Konzept von Routine abbilden als DENGLER und MATTHES (2015) und die Anteile von kreativen und kognitiven Tätigkeiten in den Berufen mitberücksichtigen. So schneiden zum Beispiel die „Techniker/-innen“ mit dem Substituierbarkeitspotenzial deutlich schlechter ab als mit den anderen Indizes. Die Unterschiede beim Aspekt, welche Berufe betroffen sind, schlagen sich auch in der Magnitude der Effekte nieder, die maßgeblich durch die Jahresarbeitszeiten in den Berufsfeldern beeinflusst werden. Durch den Abbau insbesondere von Berufen mit häufiger geringfügiger Beschäftigung und dem gleichzeitigen Ausbau von Stellen in Berufen mit hohen Arbeitszeiten sind die Nettoeffekte bei den alternativen Indizes deutlich höher.

Auf der Ebene der Anforderungsniveaus zeigt sich, dass das Substituierbarkeitsmaß in der Projektion eher die Polarisierungsthese stützt: Es werden hauptsächlich Stellen für Fachkräfte

abgebaut und für Experten geschaffen, wobei allerdings ein kleiner Rückgang auch bei den Helfern zu verorten ist. 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.

Die doch zum Teil starken Unterschiede unterstreichen, dass die Ersetzbarkeit von Berufen immer noch ein zukünftiges Forschungsfeld sein sollte. Inwiefern die Indizes, die bereits zur Verfügung stehen, auch ein tatsächliches Ersetzungspotenzial abbilden und woher genau die Unterschiede in ihrer Aussage über betroffene Berufe und Anforderungsbereiche herrühren, sollte tiefer erforscht werden. Dies kann zum einen das Verständnis über die Tätigkeiten und ihre Stellung im Wertschöpfungsprozess erweitern und zum anderen die Abschätzungen über das Ausmaß der Digitalisierung der Wirtschaft verbessern.

# Literatur

- ABRAHAM, Katharine G.; SPLETZER, James R.; HARPER, Michael J. (Hrsg.): *Labor in the New Economy: Studies in Income and Wealth*, vol. 71. Chicago and London 2010
- AUTOR, David H.: The „task approach“ to labor markets: an overview. In: *Journal for labour market research* 46 (2013) 3, S. 185–199
- AUTOR, David H.; LEVY, Frank; MURNANE, Richard J.: „Computer-based technological change and skill demands: Reconciling the perspectives of economists and sociologists.“ *Low-wage America: How employers are reshaping opportunity in the workplace*. New York: Russell Sage Foundation 2003
- AUTOR, David H.; KATZ, Lawrence F.; KEARNEY, Melissa S.: The Polarization of the U.S. Labor Market. In: *American Economic Review* 96 (2006) 2, S. 189–194
- AUTOR, David H.; LEVY, Frank; MURNANE, Richard J.: The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. In: *The Quarterly Journal of Economics* 118 (2003) 4, S. 1279–1333
- BAUER, Wilhelm: Sven Astheimer im Gespräch: Wilhelm Bauer, Fraunhofer-Institut: „Ich bin überzeugt, dass uns die Arbeit nicht ausgeht“. *Machen Algorithmen und Roboter den Menschen in der Arbeitswelt bald ersetzbar?* In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, Ausgabe 218, 19./20. September 2015, S. C2
- BEN-NER, Avner; URTASUN, Ainhoa (2013): Computerization and Skill Bifurcation: The Role of Task Complexity in Creating Skill Gains and Losses. In: *Industrial & Labor Relations Review* 66 (2013) 1, S. 225–267
- BLINDER, Alan S. (2009). How Many US Jobs Might be Offshorable? *World Economics*, 10/2, S. 41–78
- BONIN, Holger; GREGORY, Terry; ZIERAHN, Ulrich: Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. ZEW – Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung/Center for European Economic Research. Mannheim 2015. (Kurzexpertise des ZEW, 57). Online verfügbar unter <http://www.zew.de/de/publikationen/7937>
- BOWLES, Jeremy (2014): The computerisation of European jobs. Online verfügbar unter: <http://bruegel.org/2014/07/the-computerisation-of-european-jobs/>
- BRZESKI, Carten; BURK, Inga (2015): Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt. ING DiBa Economic Research. Frankfurt 2015. Online verfügbar unter <https://www.ing-diba.de/pdf/ueber-uns/presse/publikationen/ing-diba-economic-research-die-roboter-kommen.pdf>
- BRYNJOLFSSON, Erik; MCAFEE, Andrew: *The second machine age. Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. Norton, New York 2014
- DENGLER, Katharina; MATTHES, Britta: Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt \* Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland. IAB-Forschungsbericht 11/2015, Nürnberg 2015
- EICHHORST, Werner; ARNI, Patrick; BUHLMANN, Florian; ISPHORDING, Ingo E.; TOBSCH, Verena (2015): Report No.68: Wandel der Beschäftigung: Polarisierungstendenzen auf dem deutschen Arbeitsmarkt (No. 68). Institute for the Study of Labor (IZA). Bonn 2015
- FORSCHUNGSUNION, ACATECH (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. ohne Ort 2013. Online verfügbar unter: [https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen\\_Industrie4\\_0.pdf](https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf)

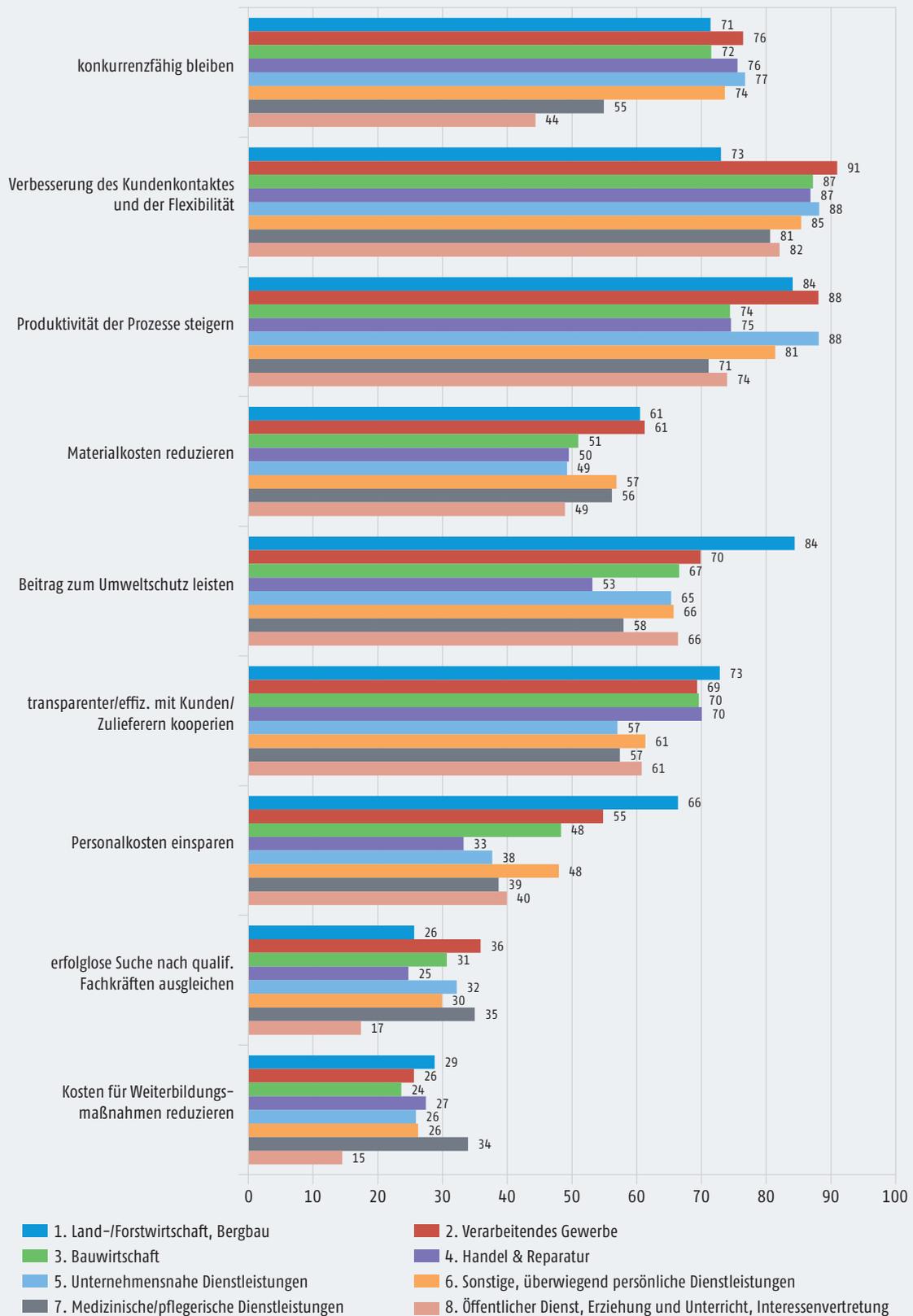
- FREY, Carl Benedikt; OSBORNE, Michael A.: The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation. 2013. Online verfügbar unter [http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The\\_Future\\_of\\_Employment.pdf](http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf).
- GOOS, Maarten; MANNING, Alan: Lousy and Lovely Jobs: the Rising Polarization of Work in Britain, *The Review of Economics and Statistics*, 89 (2007) 1, S. 118–133
- HALL, Anja; SIEFER, Anke; TIEMANN, Michael: BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012 – Arbeit und Beruf im Wandel. Erwerb und Verwertung beruflicher Qualifikationen. *suf\_2.0*; Forschungsdatenzentrum im BIBB (Hrsg.); GESIS Köln (Datenzugang); Bonn 2014. doi: 10.7803/501.12.1.1.20
- HELMRICH, R., TIEMANN, M. (2015). Ein Modell zur Beschreibung beruflicher Inhalte. In: *bwp@29/2015*
- HELMRICH, Robert; ZIKA, Gerd: Beruf und Qualifikation in der Zukunft. BIBB-IAB-Modellrechnungen zu den Entwicklungen in Berufsfeldern und Qualifikationen bis 2025. Bonn 2010
- HELMRICH, Robert u. a.: Engpässe auf dem Arbeitsmarkt: Geändertes Bildungs- und Erwerbsverhalten mildert Fachkräftemangel. Bonn 2012
- HIRSCH-KREINSEN, Hartmut: Welche Auswirkungen hat „Industrie 4.0“ auf die Arbeitswelt? Bonn 2014a (WISO direkt – Analysen und Konzepte zur Wirtschafts- und Sozialpolitik)
- HIRSCH-KREINSEN, Hartmut: Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“. In: *WSI-Mitteilungen* 67 (2014b) 6, S. 421–429. Online verfügbar unter [http://www.boeckler.de/wsi-mitteilungen\\_50856\\_50869.htm](http://www.boeckler.de/wsi-mitteilungen_50856_50869.htm).
- HUFBAUER, Gary; SUOMINEN, Kati (Hrsg.): *The Economics of Free Trade. Volume 1: Elgar Research Collection. The International Library of Critical Writings in Economics*, vol. 262. Cheltenham 2012
- JENSEN, J. Bradford; KLETZER, Lori G.: *Tradable services: Understanding the Scope and Impact of Services Outsourcing*. Institute for International Economics. Washington DC 2005 (Working Paper Series, 05–9). Online verfügbar unter <http://www.piie.com/publications/wp/wp05-9.pdf>
- JENSEN, J. Bradford; KLETZER, Lori G.: *Measuring Tradable Services and the Task Content of Offshorable Services Jobs*. In: ABRAHAM, Katharine G.; SPLETZER, James R.; HARPER, Michael J. (Hg.): *Labor in the New Economy: Studies in Income and Wealth*, vol. 71. Chicago and London 2010, S. 309–335
- JENSEN, J. Bradford; KLETZER, Lori G.: 'Fear' and Offshoring: The Scope and Potenzial Impact of Imports and Exports of Services. In: HUFBAUER, Gary; SUOMINEN, Kati (Hg.): *The Economics of Free Trade. Volume 1: Elgar Research Collection. The International Library of Critical Writings in Economics*, vol. 262. Cheltenham 2012, S. 489–507
- JOLLIFFE, Ian: *Principal component analysis*. Springer, New York 2002
- KERN, Horst; SCHUMANN, Michael: *Industriearbeit und Arbeiterbewußtsein*. Europäische Verlagsanstalt, Frankfurt am Main 1970
- LUKOWSKI, Felix: *Führt die Einführung neuer Technologien zu einer Polarisierung der Beschäftigung in Deutschland? Präsentation zur Fachtagung „Berufsbildung: Automatisierung – Digitalisierung – Polarisierung“ vom 10. November 2016*. Online verfügbar unter [https://www.bibb.de/dokumente/pdf/lukowski\\_praesentation\\_digitalisierung\\_2016.pdf](https://www.bibb.de/dokumente/pdf/lukowski_praesentation_digitalisierung_2016.pdf)
- MAIER, Tobias u. a.: Löhne und berufliche Flexibilitäten als Determinanten des interaktiven QuBe-Arbeitsmarktmodells. Ein Methodenbericht zur Basisprojektion der 3. Welle der BIBB-IAB Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. *Wissenschaftliche Diskussionspapiere Heft 148*, Bonn 2014
- MAIER, Tobias u. a.: *Die Bevölkerung wächst – Engpässe bei fachlichen Tätigkeiten bleiben aber dennoch bestehen*, BIBB-Report 3/2016
- MAASEN, Sabine (2009): *Wissenssoziologie*. transcript Verlag, Bielefeld 2009
- MICHAELS, Guy; GRAETZ, Georg: *Robots at Work*. CEP Discussion Paper 1335, London 2015

- OEVERMANN, Ulrich (1973): Zur Analyse der Struktur von sozialen Deutungsmustern. Online verfügbar unter: [publikationen.ub.uni-frankfurt.de/files/4951/Struktur-von-Deutungsmuster-1973.pdf](http://publikationen.ub.uni-frankfurt.de/files/4951/Struktur-von-Deutungsmuster-1973.pdf) (Abruf: 30.11.2016)
- PFEIFFER, Sabine; SUPHAN, Anne: Der AV-Index. Lebendiges Arbeitsvermögen und Erfahrung als Ressourcen auf dem Weg zu Industrie 4.0. Working Paper 2015, 1 (draft v1. 0 vom 13.04. 2015) Internet: <http://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2015-Pfeiffer-Suphan-draft.pdf> [zuletzt abgerufen am 28.11. 2015].
- R CORE TEAM: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013. URL: <http://www.R-project.org/> (06.10.2016).
- ROHRBACH-SCHMIDT, Daniela; TIEMANN, Michael: Changes in workplace tasks in Germany – evaluating skill and task measures. In: *Journal for Labour Market Research* 46 (2013) 3, S.215–237
- SPATH, Dieter; GANSCHAR, Oliver; GERLACH, Stefan; HÄMMERLE, Moritz; KRAUSE, Tobias; SCHLUND, Sebastian (Hrsg.): *Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0*. Stuttgart. Fraunhofer-Verlag 2013
- SPITZ-OENER, Alexandra: Technical Change, Job Tasks, and Rising Educational Demands: Looking outside the Wage Structure, in: *Journal for Labour Market Economics* 24 (2006) 4, S.235–270
- TIEMANN, Michael: Routine bei der Arbeit. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis* 45 (2016) 2, S. 18–22
- TIEMANN, Michael u. a.: *Berufsfeld-Definitionen des BIBB auf Basis der KldB1992*. Bonn 2008.
- TROLL, Lothar (2002): Das „Arbeitsmittel“-Konzept – Ein Instrument zur Beobachtung des beruflichen und technischen Wandels. In: KLEINHENZ, Gerhard: *IAB-Kompendium Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung*, BeitrAB 250, S.277–290
- TROLTSCH, Klaus: Polarisierung in Beschäftigung und Ausbildung? Analysen zu den Folgen des technologischen Wandels auf Grundlage des BIBB-Qualifizierungspanels. In: *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis* (2016) 2, S. 28–32
- ULRICH, Erhard (1968): *Stufung und Messung der Mechanisierung und Automatisierung, Teil 1: Stufung des Technisierungsprozesses*. Sonderdruck aus: *Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung*
- VOLKHOLZ, Volker; KÖCHLING, Annegret: *Lernen und Arbeiten*. In: ANGRESS, Alexandra, BERGMANN, B., DEHNPOSTEL, P.: *Kompetenzentwicklung 2001. Tätigsein – Lernen – Innovation*. Münster 2001
- WEITZMAN, Martin L.: Recombinant Growth. In: *The Quarterly Journal of Economics*, May 1998, 113(2), pp. 331–360
- WELTZ, Friedrich; LULLIES, Veronika: Die Einführung der Textverarbeitung und ihr Stellenwert in der Verwaltungsrationalisierung. In: SCHMIDT, Gert; BRACZYK, Hans-Joachim; KNESEBECK, Jost von dem: *Materialien zur Industriesoziologie*, Sonderheft 24 der Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, 1982, S. 157–165
- WOLTER, Marc Ingo u. a.: *Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft. Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen*. IAB-Forschungsbericht 8/2015
- WOLTER, Marc Ingo u. a.: *Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie \* Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen*. IAB-Forschungsbericht 13/2016
- ZIKA, Gerd u. a.: In der Arbeitszeit steckt noch eine Menge Potenzial. *Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen bis 2030*. In: *IAB-Kurzbericht* 18/2012, S. 1–12

# Anhang

Abbildung A1

## Betriebliche Gründe für die Nutzung digitaler Technologien nach Branchen in 2015



Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel 2016; n=3.448; gewichtete Daten.

**Tabelle A1**  
**Taxonomie der Arbeitsmittel, eigene Darstellung 2016**

1 Werkzeuge, Geräte	2 Maschinen, Anlagen	3 Messgeräte, Diagnosegeräte	4 Computer, EDV-Geräte	5 Anwendungssoftware	6 Büro- und Kommunikationsgeräte	7 Fahrzeuge, Transportmittel	8 andere Geräte, Hilfsmittel
(A) einfaches Handwerkzeug	(A) handgesteuerte Maschinen	(A) einfache Messgeräte und Hilfsmittel	(A) PC, Laptop, Notebook, Tablet	(A) Buchhaltungs-SW	(A) einfaches Schreibzeug	(A) einfache Transportmittel (Fahrrad, Karren, Hubwagen etc.)	(A) therapeutische Hilfsmittel, Sportgeräte, Spielzeug, Musikinstrumente
(B) feinmechanische oder Spezial-Handwerkzeuge und Instrumente	(B) automatische/computergesteuerte Maschinen	(B) elektronische Messgeräte und Hilfsmittel	(B) Computer für die Steuerung von Maschinen und Anlagen	(B) computerunterstütztes Arbeiten (z. B. CAD, PPS, CAT, CAQ, CAE, CAM)	(B) Handy, Funkgerät, Personennrufgerät	(B) PKW, Taxi, Motorrad, Bus	(B) PSA (persönliche Schutzausrüstung)
(C) einfache Geräte	(D) automatische und computergesteuerte Anlagen	(C) computergesteuerte Analysegeräte, Diagnosegeräte mit Daten-/Bildspeicherung und Ergebnisausdruck	(C) Mikrocontroller/Mikroprozessor	(C) Browser	(C) Drucker, Kopierer	(C) LKW	(C) Gesetzestexte, Nachschlagewerk u. Ä.
(D) elektrische Geräte	(E) Anlagen zur Energieerzeugung und -umwandlung	(E) Anlagen zur Energieerzeugung und -umwandlung	(D) Server	(D) Entwicklerwerkzeuge	(D) Aufnahmegeräte (Diktiergerät, Videokamera etc.), Wiedergabegeräte (OHP, Beamer...)	(D) Baufahrzeuge/Landwirtschaftsfahrzeuge	(D) Bücher, Arbeitsblätter, Literatur, Texte, Akten
(E) angetriebene Handwerkzeuge	(F) Baumaschinen/Landwirtschaftsmaschinen		(E) Peripheriegeräte (Scanner, Plotter, Bildschirm)	(E) Branchen-SW	(E) Telefonanlagen/Fax	(E) angetriebene Hebehilfe, Lastenaufzug, Stapler	(E) Navigationsgeräte
			(F) Netzwerktechnik	(F) Geoinformationssysteme	(F) E-Mail Clients	(F) Eisenbahn, Bahn	(F) mechanische oder elektrische Registrierkassen
				(G) Grafik-SW		(G) Schiff	(G) Überwachungs-kamera, Geräte zur Radarkontrolle
				(H) CSCW & CCL (computer supported cooperative work & learning)		(H) Flugzeug	(H) Scannerkassen/Computerkassen, Strichcodelesegeräte
				(I) Unternehmenssteuerung & Management (u. a. ERP, CRM, Vertriebssoftware, Warenwirtschaftssystem)			(I) Standards, Modelle, Konzepte (v. a. IT bezogen)

(Fortsetzung Tab. A1)

1 Werkzeuge, Geräte	2 Maschinen, Anlagen	3 Messgeräte, Diagnosegeräte	4 Computer, EDV-Geräte	5 Anwendungssoftware	6 Büro- und Kommunikationsgeräte	7 Fahrzeuge, Transportmittel	8 andere Geräte, Hilfsmittel
				(J) Multimedia-SW			
				(K) Office Pakete			
				(L) content-management-Systeme/Redaktionssysteme (dtp, Dokumentenmanagement)			
				(M) Verwaltungs-SW (u. a. Geschäftsprozesse, Ausschreibungs-SW)			
				(N) Informationsverwaltung			
				(O) Projektmanagements-SW			
				(P) Betriebssysteme			
				(R) Simulation und Planung			
				(S) Security-Lösungen			
				(T) Datenbanken			
				(U) mathematische SW, Analyse-Software			

Hinweis: eine nicht fortlaufende alphabetische Gliederung der Arbeitsmittel ist durch eine Überarbeitung entstanden und wird in der nächsten Revision der Taxonomie behoben.

Quelle: Eigene Darstellung nach TROLL, Lothar (2002).

Tabelle A2

Veränderung der Beschäftigung in den Berufsfeldern in 1.000 Personen unter Verwendung verschiedener Ersetzbarkeitsmaße

Berufsfeld		Erwerbstätige			Entstehende Veränderungen in der Erwerbstätigkeit			
		2015	2025		D&M	AV	Tiemann	QPE
			Basis	Wirtschaft 4.0				
1	Land-, Tier-, Forstwirtschaft, Gartenbau	930	907	888	-12	-20	0	-4
2	Bergleute, Mineralgewinner	13	10	9	-1	-1	0	0
3	Steinbearbeitung, Baustoffherstellung...	88	76	70	-6	-3	-3	-2
4	Chemie-, Kunststoffberufe	265	257	205	-50	-1	-2	-2
5	Papierherstellung, -verarbeitung, Druck	161	139	125	-13	0	1	-2
6	Metallerzeugung, -bearbeitung	500	492	408	-78	2	-6	-5
7	Metall-, Anlagenbau, Blechkonstruktion...	733	656	609	-41	-7	8	-6
8	Industrie-, Werkzeugmechaniker/-innen	1020	974	843	-120	-7	-6	-10
9	Fahr-, Flugzeugbau, Wartungsberufe	441	413	387	-20	-4	0	-3
10	Feinwerktechnische, verwandte Berufe	345	321	299	-20	11	11	-1
11	Elektroberufe	807	798	637	-157	15	19	-10
12	Textilberufe	159	137	124	-12	0	1	-1
13	Köche/Köchinnen	744	774	796	24	-32	-20	-13
14	Getränke, Genussmittelherstellung...	305	293	276	-15	14	8	1
15	Bauberufe, Holz-, Kunststoffbe- und ...	1397	1320	1379	65	-14	5	-2
16	Hilfsarbeiter/-innen o. n.T.	724	607	531	-70	-96	-65	-31
17	Ingenieure/-innen	1294	1321	1371	55	50	57	26
18	Chemiker/-innen, Physiker/-innen, ...	209	216	226	10	7	14	4
19	Techniker/-innen	1290	1253	1173	-70	53	53	26
20	Technische Zeichner/-innen, ...	135	120	107	-12	3	-2	-2
21	Vermessungswesen	31	28	26	-2	-1	-1	-1
22	Technische Sonderkräfte	137	155	163	4	8	2	2
23	Verkaufsberufe (Einzelhandel)	1233	1298	1307	12	-23	-20	-5
24	Groß-, Einzelhandelskaufleute	1025	1034	1114	82	40	9	8
25	Bank-, Versicherungsfachleute	905	911	924	6	9	5	1
26	Sonstige kaufmänn. Berufe	2199	2214	2233	23	11	10	7
27	Werbefachleute	509	565	655	85	9	-4	5
28	Verkehrsberufe	1310	1251	1313	68	-33	-46	0
29	Luft-, Schifffahrtsberufe	308	303	287	-13	-3	-21	-8
30	Packer/-innen, Lager-, ...	1670	1709	1652	-43	-156	-127	-34
31	Geschäftsführung, Wirtschaftsprüfung, ...	2233	2352	2425	67	112	61	40
32	Verwaltungsberufe im ÖD	1370	1337	1343	11	32	-20	5
33	Finanz-, Rechnungswesen, Buchhaltung	207	222	177	-46	1	-9	-4
34	IT-Kernberufe	948	1066	1166	42	40	42	9
35	Kaufmännische Büroberufe	3558	3358	3119	-236	11	-124	-12
36	Bürohilfsberufe, Telefonisten/-innen	388	339	300	-40	-56	-47	-16

(Fortsetzung Tab. A2)

Berufsfeld		Erwerbstätige			Entstehende Veränderungen in der Erwerbstätigkeit			
		2015	2025		D&M	AV	Tiemann	QPE
			Basis	Wirtschaft 4.0				
37	Personenschutz-, Wachberufe	372	392	442	51	-10	-12	-1
38	Hausmeister/-innen	470	477	418	-58	-24	-4	-1
39	Sicherheitsberufe	459	418	422	7	13	0	-2
40	Rechtsberufe	451	456	469	12	-3	13	1
41	Künstler/-innen, Musiker/-innen	331	345	349	2	-5	5	2
42	Designer/-innen, Fotografen/-innen, ...	72	70	70	0	1	1	-1
43	Gesundheitsberufe mit Approbation	518	554	572	20	11	8	3
44	Gesundheitsberufe ohne Approbation	3288	3643	3691	60	37	11	0
45	Soziale Berufe	1604	1725	1870	123	34	99	3
46	Lehrberufe	1372	1433	1523	65	23	46	9
47	Publ., Bibliotheks-, Übersetzungs-, ...	603	650	716	56	-13	18	6
48	Berufe in der Körperpflege	446	417	432	21	5	8	1
49	Hotel-, Gaststättenberufe, ...	1843	1953	2021	45	-55	-27	-3
50	Reinigungs-, Entsorgungsberufe	1608	1625	1699	67	-301	-156	-52

Quelle: QuBe-Projekt, 4. Welle, eigene Berechnungen.

# Abstract

Welche Veränderungen bringen Digitalisierung und Automatisierung mit sich? Wird es auch in Deutschland zu einer Polarisierung des Arbeitsmarktes kommen, wie sie Frey/Osborne beschreiben? Gibt es dazu schon empirische Belege? Diese und andere Fragen hat das BIBB im Rahmen des Forschungsprojekts „Polarisierung von Tätigkeiten in der Wirtschaft 4.0“ analysiert.

Im Ergebnis wird sich der durch die Digitalisierung der Wirtschaft getriebene Wandel in den Berufen, Tätigkeiten und insbesondere in den Branchen hin zu stärker technologiegestützten Dienstleistungen beschleunigen. Die im Rahmen der Polarisierungsthese prognostizierten Arbeitsplatzverluste werden aber nicht eintreten, da es insbesondere auf den Tätigkeitsmix am Arbeitsplatz ankommt.

Die Studie des BIBB weist zwar auf drohende Arbeitsplatzverluste hin, zeigt aber auch, dass im gleichen Umfang Arbeitsplätze mit neuen Anforderungen entstehen werden.

What changes can we expect from digitalization and automation? Is Germany facing a job polarization like other countries, as proclaimed by Frey/Osborne? Is there empirical evidence? The BIBB-project “Task polarization in industry 4.0” has analyzed these and other questions.

As a result, digitalization accelerates technological change in jobs, tasks and especially in industries leading to a growing technology-enhanced service sector. Nevertheless, there will not be massive job losses as predicted by the polarization theory, since the mix of job tasks matters.

The study indicates the risk of job losses, but also points to jobs with new requirements being created to the same extent.



Bundesinstitut für Berufsbildung  
Robert-Schuman-Platz 3  
53175 Bonn

Telefon: (0228) 107-0  
Telefax: (0228) 107 2976/77

Internet: [www.bibb.de](http://www.bibb.de)  
E-Mail: [zentrale@bibb.de](mailto:zentrale@bibb.de)

Bundesinstitut  
für Berufsbildung **BIBB** ▶

- ▶ Forschen
- ▶ Beraten
- ▶ Zukunft gestalten