WISSENSCHAFTLICHE DISKUSSIONSPAPIERE

Marc Ingo Wolter | Anke Mönnig | Christian Schneemann | Enzo Weber | Gerd Zika | Robert Helmrich | Tobias Maier | Stefan Winnige

Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie

Szenario-Rechnungen im Rahmen der fünften Welle der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsprojektionen

Bundesinstitut für Berufsbildung BIBB
Forschen
Beraten
Zukunft gestalten

WISSENSCHAFTLICHE DISKUSSIONSPAPIERE

Heft 200

Marc Ingo Wolter | Anke Mönnig | Christian Schneemann | Enzo Weber | Gerd Zika | Robert Helmrich | Tobias Maier | Stefan Winnige

Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie

Szenario-Rechnungen im Rahmen der fünften Welle der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsprojektionen

Bundesinstitut für Berufsbildung BIBB

Forschen
Beraten
Zukunft gestalten

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.

Zitiervorschlag:
Wolter, Marc Ingo u. a.: Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie – Szenario-Rechnungen im Rahmen der fünften Welle der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsprojektionen. Bonn 2019

1. Auflage 2019

Herausgeber:
Bundesinstitut für Berufsbildung
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
Internet: www.bibb.de

Publikationsmanagement:
Stabsstelle „Publikationen und wissenschaftliche Informationsdienste"
E-Mail: publikationsmanagement@bibb.de
www.bibb.de/veroeffentlichungen

Herstellung und Vertrieb:
Verlag Barbara Budrich
Stauffenbergstraße 7
51379 Leverkusen
Internet: www.budrich.de
E-Mail: info@budrich.de

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

Weitere Informationen finden Sie im Internet auf unserer Creative-Commons-Infoseite www.bibb.de/cc-lizenz.

ISBN 978-3-8474-2358-4 (Print)
ISBN 978-3-96208-116-4 (Open Access)
urn:nbn:de:0035-0790-6

Bestell-Nr.: 14.200

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.dnb.de abrufbar.

Gedruckt auf PEFC-zertifiziertem Papier

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis 5

Das Wichtigste in Kürze 7

1 Die vielfältigen Änderungen durch eine Wirtschaft 4.0 8

2 Methoden und Annahmen 10
2.1 Methoden: Szenariotechnik und Modellierung 10
2.2 Annahmen 13

3 Ergebnisse und Diskussion der Szenario-Analyse 20
3.1 Vergleich mit der QuBe-Basisprojektion 20
3.2 Diskussion 30

4 Die Arbeitswelt einer Wirtschaft 4.0 34

5 Schlussfolgerungen 37

Anhang 39

Literaturverzeichnis 41

Über die Autorinnen und Autoren 45

Abstract 46

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Abbildung 1: Teilschritte zur Umsetzung einer Wirtschaft 4.0 13
Abbildung 2: Komponenten des Bruttoinlandsprodukts im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion 20
Abbildung 3: Primärinputs und Vorleistungen im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion 21
Abbildung 4: Entwicklung der kumulierten Gewinne der Landwirtschaft und des Produzierenden Gewerbes sowie des Dienstleistungsgewerbes im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion 22
Abbildung 5: Branchenspezifische Veränderung der Erwerbstätigenanzahl des Wirtschaft-4.0-Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion 23
Abbildung 6: Berufshauptgruppen mit den betragsmäßig größten Abweichungen an Erwerbstätigen im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion im Jahr 2035 29
Abbildung 7: Zahl der Erwerbstätigen nach Anforderungsniveaus im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion 30
Abbildung 8: Einfluss der Teilschritte auf das Bruttoinlandsprodukt 31
Abbildung 9: Zerlegung der Auswirkung der einzelnen Teilszenarien auf die Zahl der Erwerbstätigen 32
Abbildung 10: Nicht mehr vorhandene und neu entstandene Arbeitsplätze im Vergleich zum Jahr 2018 36

Tabellen

Tabelle 1: Die 20 Berufsgruppen mit der stärksten Erhöhung des Fachkräfteindikators im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion (vereinfachte Rekrutierungssituation für Arbeitgeber) 27
Tabelle 2: Die 20 Berufsgruppen mit der stärksten Verringerung des Fachkräfteindikators im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion (erschwerte Rekrutierungssituation für Arbeitgeber) 28
Tabelle 3: Entwicklung der Verwendungsseite des Bruttoinlandsprodukts (BIP) und ausgewählter Arbeitsmarktgrößen 2005–2035 35
Tabelle 4: Zuordnung der Wirtschaftszweige zu den Branchengruppen 39

Methodenkästen

Methodenkasten 1: QuBe-Projekt 11
Methodenkasten 2: Digitalisierungsgrad, Investitionen in digitale Technologien und Ausschöpfung des Ersetzbarkeitspotenzials 16
Methodenkasten 3: Das BIBB-Ersetzbarkeitspotenzial 18
Methodenkasten 4: Indikatoren zur Bestimmung der Fachkräftesituation 25
Methodenkasten 5: QuBe-Datenportal (www.qube-data.de) 29

Abkürzungsverzeichnis

AGB	Ausschließlich geringfügig Beschäftigte
BA	Bundesagentur für Arbeit
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMVg	Bundesministerium für Verteidigung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
CVTS	Continuing Vocational Training Survey
Destatis	Statistisches Bundesamt
DL	Dienstleistung
DV	Datenverarbeitung
EPR	Enterprise-Ressource-Planning
ESVG 1995	Europäisches System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen des Jahres 1995
ETB	Erwerbstätigenbefragung
FKI	Fachkräfteindikator
GWS	Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung
IAB	Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung
KldB 2010	Klassifikation der Berufe 2010
QuEst	Quality in Establishment Surveys
SVB	sozialversicherungspflichtig Beschäftigte
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung
ZEW	Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung

Das Wichtigste in Kürze

Dieser Forschungsbericht zeigt die dritte modellbasierte Wirkungsabschätzung einer Wirtschaft 4.0 auf den Arbeitsmarkt und die Gesamtwirtschaft in Deutschland. In Bezug zu den vorherigen Berichten (vgl. Wolter u. a. 2016; Wolter u. a. 2015) sind einige Änderungen und Aktualisierungen notwendig gewesen, um die Auswirkungen der zunehmenden Digitalisierung und Automatisierung besser abbilden zu können. Um den Detailgrad zu erhöhen, werden nun anstelle von 50 Berufsfeldern des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB) 141 Berufsgruppen nach der Klassifikation der Berufe 2010 (KldB 2010) betrachtet (Maier u. a. 2018).[1] Die Umsetzungsphase der Digitalisierung wird von 2025 um fünf Jahre auf 2030 verlängert. Die einzelnen Wirtschaftszweige wurden in sechs Branchengruppen mit unterschiedlichem Digitalisierungsgrad eingeteilt, und anstelle des Automatisierbarkeitsmaßes von Dengler/Matthes (2015) wird auf ein Ersetzbarkeitsmaß des BIBB (vgl. Lewalder u. a. im Erscheinen) umgestellt.

In einer fünfstufigen Szenario-Analyse werden zunächst die Auswirkungen von erhöhten *Investitionen in Ausrüstungen (1)* und den *Bau für ein schnelles Internet (2)* auf die Gesamtwirtschaft und den Arbeitsmarkt dargestellt. Darauf aufbauend werden die daraus folgenden *Kosten- und Gewinnstrukturen der Unternehmen (3)* und eine veränderte *Nachfragestruktur nach Berufen und Qualifikationen (4)* modelliert. Darüber hinaus werden in einem weiteren Teilszenario Arbeitsmarkteffekte einer möglicherweise steigenden *Nachfrage nach Gütern (5)* in den Blick genommen. Die kumulativen Effekte der fünf Teilszenarien werden mit einem Referenz-Szenario verglichen, das keinen fortgeschrittenen Entwicklungspfad zur Wirtschaft 4.0 enthält.

Die getroffenen Annahmen wirken zugunsten der ökonomischen Entwicklung. Das bedeutet aber auch, dass sich bei einer verzögerten oder gar verschleppten Umsetzung die Annahmen gegen den Wirtschaftsstandort Deutschlands wenden: Deutschland würde weniger exportieren und mehr „neue“ Güter im Ausland nachfragen, da sich seine Wettbewerbsfähigkeit verschlechtern würde. Im Ergebnis zeigt sich, dass eine Wirtschaft 4.0 den Strukturwandel hin zu einem größeren Dienstleistungssektor beschleunigen wird. Dabei sind Veränderungen im Charakter der Arbeitswelt zwischen Branchen, Berufen und Anforderungsniveaus 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 größeren volkswirtschaftlichen Gewinnen, sondern aufgrund höherer Anforderungen an die Arbeitskräfte auch zu höheren Lohnsummen führt.

Werden sämtliche Annahmen in die Betrachtung miteinbezogen und eine im Jahr 2030 bzw. 2035 digitalisierte Arbeitswelt mit dem Jahr 2018 verglichen, dann zeigt sich, dass sich die beiden Arbeitswelten „Wirtschaft 4.0“ und „QuBe-Basisprojektion“ (BIBB 2018) hinsichtlich ihrer Branchen-, Berufs- und Anforderungsstruktur deutlich voneinander unterscheiden. In der digitalisierten Welt wird es im Jahr 2030 einerseits 2.542.000 Arbeitsplätze, die 2018 noch vorhanden sind, nicht mehr geben. Andererseits werden im Wirtschaft-4.0-Szenario ebenfalls 2.768.000 Arbeitsplätze entstanden sein, die 2018 noch nicht existieren. Zusammengefasst unterscheidet sich der Charakter der Arbeitslandschaft im Wirtschaft-4.0-Szenario mit 5,3 Millionen von 45,2 Millionen Arbeitsplätzen um rund 11,7 Prozent von der Arbeitslandschaft im Jahr 2018.

1 Die KldB 2010 weist 144 Berufsgruppen aus. Die Angehörigen der regulären Streitkräfte werden in den Projektionsergebnissen jedoch nicht nach ihrem Rang unterschieden, sodass nur Ergebnisse für 141 Berufe ausgewiesen werden.

1 Die vielfältigen Änderungen durch eine Wirtschaft 4.0

Mit der Digitalisierung der Wirtschaft sind tiefgreifende Übergänge und Umbrüche verbunden, deren Folgen für den Arbeitsmarkt subsumiert unter dem Schlagwort Wirtschaft 4.0 kontrovers diskutiert werden. Dabei wird die Automatisierung einerseits als Chance gesehen, die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands zu verbessern (vgl. z. B. BDI 2017; Bitkom 2014; 2018; Heng 2014; Koch/Geissbauer 2014), andererseits bestehen Befürchtungen, dass die Ersetzung von Tätigkeiten durch Maschinen und Algorithmen mit gravierenden Beschäftigungsverlusten einhergehen könnten. In Anlehnung an Frey/Osborne (2013) entstanden daher eine Reihe von Studien, die das Ersetzbarkeitspotenzial von Menschen nach Berufen durch maschinelle Prozesse untersuchen (vgl. z. B. Bonin u. a. 2015; Brzeski/Burk 2015; Dengler/Matthes 2015; Helmrich u. a. 2016; Pfeiffer/Suphan 2015; Tiemann 2016).[2]

Ein Teil der genannten Studien ermittelt zwar das Potenzial der Ersetzbarkeit von Berufen, kann aber keine Aussagen darüber treffen, inwieweit dieses Potenzial in der Zukunft auch tatsächlich ausgeschöpft wird bzw. bereits in der näheren Vergangenheit ausgeschöpft wurde. Zudem vernachlässigen sie potenzielle positive Arbeitsmarkteffekte, die durch die Umsetzung der Digitalisierung entstehen. Es können somit keine Aussagen über die zu erwartenden Arbeitsmarkteffekte aus beiden Wirkungskreisen gemacht werden, die die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt einbeziehen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass technologische Innovationen Folgewirkungen haben. So verändern sich nicht nur der Einsatz von Kapitaltypen auf die Produktion, sondern auch die Nachfrage nach Inputfaktoren, die für diesen Kapitaltyp benötigt werden. Gleichzeitig verändert sich die Wettbewerbsfähigkeit durch Technologievorteile, was Folgewirkungen auf die Gewinne und Löhne hat (vgl. Arntz u. a. 2018).

Bei einer so vielschichtigen und allumfassenden Veränderung der Wirtschaft sind somit eine Vielzahl komplexer und ambivalenter Wirkungen zu berücksichtigen, wie etwa Einkommensentstehung und -verwendung oder Lohn- und Preisanpassungen (vgl. Weber 2016). Das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), das Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) und die Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) greifen hierfür erstmals auf ein makroökonomisches Input-Output-Model (QINFORGE) mit vollständiger Integration zurück, um den zusammenhängenden branchenübergreifenden Sachverhalt darzustellen (vgl. Wolter u. a. 2015). In einer fünfstufigen Szenarioanalyse untersuchen sie die Auswirkungen einer Transformation hin zu einer Industrie 4.0 im Produzierenden Gewerbe und der Landwirtschaft. In einer Nachfolgepublikation erweitern Wolter u. a. (2016) das Konzept auf die Wirtschaftsbereiche im Dienstleistungsbereich.

Hieran schließt sich der vorliegende Beitrag an, indem die bisherigen Annahmen von Wolter u. a. (2016) vor dem Hintergrund neu gewonnener Erkenntnisse aus Betriebsbefragungen und Literaturrecherchen einer Überprüfung unterworfen werden. Dabei ergeben sich im Vergleich zu Wolter u. a. (2016) folgende methodische Änderungen:

2 Für eine ausführliche Darstellung der Literatur zu den Auswirkungen der Digitalisierung auf Lohn- und Beschäftigungsstruktur vgl. Arntz u. a. 2018.

- Um den fachlichen Detailgrad zu erhöhen, werden anstelle von 50 BIBB-Berufsfeldern nun 141 Berufsgruppen nach der Klassifikation der Berufe 2010 (KldB 2010) betrachtet (vgl. Maier u. a. 2018).[3]
- Die Umsetzungsphase der Digitalisierung wird von 2025 um fünf Jahre auf 2030 verlängert, um die erkennbaren Verzögerungen in der Umsetzung zu berücksichtigen.
- Die 63 Wirtschaftszweige des ökonometrischen Modells QINFORGE werden aufgrund neuer Informationen von 7.000 befragten Betrieben im BIBB-Qualifizierungspanel 2016 in sechs Branchengruppen eingeteilt. Diese Branchengruppen unterscheiden sich in ihrem bereits erfolgten Digitalisierungsgrad und ihrem Anteil von Investitionen in digitale Technologien. Es wird unterstellt, dass die weniger digitalisierten Branchen vergleichsweise mehr investieren müssen, um die Produktionsprozesse ausreichend zu digitalisieren.
- Anstelle des Automatisierbarkeitsmaßes von Dengler/Matthes (2015) wird auf ein Ersetzbarkeitsmaß des BIBB (vgl. Lewalder u. a. im Erscheinen) umgestellt. Während Dengler/Matthes (2018) über die Tätigkeiten im Beruf erfassen, wie hoch der Tätigkeitsanteil ist, der bereits heute von Robotern und digitalen Systemen erledigt werden kann, legt das BIBB-Ersetzbarkeitsmaß einen stärkeren Fokus auf die mögliche zukünftige Programmierbarkeit und ist in der Lage, dieses Potenzial auf Berufsebene zwischen Branchen zu unterscheiden.

Um die Folgen eines Übergangs zu einer Wirtschaft 4.0 abzubilden, wird die Szenariotechnik eingesetzt. Hierbei werden für zwei Szenarien Projektionen errechnet, die für in der Zukunft liegende Zeitpunkte miteinander verglichen werden. Als Referenzszenario wird die fünfte Welle des QuBe-Projekts (vgl. Maier u. a. 2018; www.qube-projekt.de) gewählt, da sie eine einfache Interpretierbarkeit der Ergebnisse erlaubt. Das Vorgehen wird im folgenden Abschnitt vorgestellt.

3 Die KldB 2010 weist 144 Berufsgruppen aus. Die Angehörigen der regulären Streitkräfte werden in den Projektionsergebnissen jedoch nicht nach ihrem Rang unterschieden, sodass nur Ergebnisse für 141 Berufe ausgewiesen werden.

2 Methoden und Annahmen

Die Analysen werden mit dem Modell QINFORGE durchgeführt. Bei QINFORGE handelt es sich um ein nach Wirtschaftszweigen, Produktionsbereichen und Gütergruppen tief disaggregiertes ökonometrisches Prognose- und Simulationsmodell für die Bundesrepublik Deutschland, das von der GWS entwickelt worden ist (vgl. Maier u. a. 2014a; Maier u. a. 2017; Meyer u. a. 2007; Schnur/Zika 2009). Es gehört zu der Gruppe der INFORUM Modelle (vgl. Almon 1991). Seine besondere Leistungsfähigkeit beruht auf der Integration in einen internationalen Modellverbund. Das Modell beruht auf den Konstruktionsprinzipien „bottom-up“ und „vollständige Integration“. „Bottom-up“ besagt, dass die einzelnen Branchen und Sektoren der Volkswirtschaft sehr detailliert modelliert werden und die gesamtwirtschaftlichen Ergebnisse durch Aggregation im Modellzusammenhang gebildet werden. „Vollständige Integration“ steht für eine komplexe und simultane Modellierung der interindustriellen Lieferverflechtung sowie der Entstehung und Verteilung der Einkommen, der Umverteilungstätigkeit des Staates und der Einkommensverwendung der privaten Haushalte.

Das Modell QINFORGE bildet den ökonomischen Kern der Qualifikations- und Berufsprojektionen (vgl. Methodenkasten 1). Die Darstellung der genannten Zusammenhänge stellt hohe Anforderungen an den Dateninput. Hierfür wird auf die Input-Output-Rechnung und die Inlandsproduktsberechnung der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) und die Mikrozensen des Statistischen Bundesamtes zurückgegriffen. Des Weiteren werden die Prozessdaten der Bundesagentur für Arbeit (BA) verwendet, um die berufsspezifischen Tageslöhne sowie die Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (SVB) und der ausschließlich geringfügig Beschäftigten (AGB) zu erhalten. Die Harmonisierung der verschiedenen Datenquellen erlaubt eine Ergebnisausweisung nach 63 Wirtschaftszweigen, 141 Berufsgruppen und vier Anforderungsniveaus.

2.1 Methoden: Szenariotechnik und Modellierung

Die Folgen eines Übergangs in eine Wirtschaft 4.0 werden mit Hilfe von Szenarien dargelegt. Bei der sogenannten Szenariotechnik werden die Projektionsergebnisse zweier Szenarien verglichen. Die Unterschiede in den Ergebnissen ausgewählter Größen sind entsprechend auf die unterschiedlichen Annahmen beider Szenarien zurückzuführen (vgl. Helmrich u. a. 2013). Daraus lassen sich zwei wesentliche Anforderungen an die Modellierung ableiten: Zum einen müssen die Eingriffe überschaubar sein, um die entsprechenden Wirkungsweisen auch auf die veränderten Parameter zurückführen zu können. Zum anderen bedarf es zur Deutung des Alternativszenarios eines Referenz-Szenarios, das eine aktuell plausible und konsistente Entwicklung der Zukunft beschreibt. Beide Szenarien beschreiben zwar mögliche zukünftige Arbeitswelten, unterscheiden sich jedoch in Bezug auf ihre Annahmen zu exogenen Größen (z. B. Bevölkerungsentwicklung oder Export) und/oder endogenen Verhaltensweisen (z. B. Produktionsweisen).

Als Referenz-Szenario dient die QuBe-Basisprojektion der fünften Welle des QuBe-Projektes (vgl. Methodenkasten 1). Ziel der QuBe-Basisprojektion ist es, in einer dynamischen Modellierung Bestände, Übergänge, Trends und Verhaltensweisen im Bildungssystem, auf dem Arbeitsmarkt und in der ökonomischen Entwicklung zu identifizieren sowie entweder fortzuschreiben (Trends) oder beizubehalten (Verhaltensweisen), um mögliche und in sich konsistente Entwicklungspfade sichtbar zu machen. Die Ergebnisse können entsprechend einer Wenn-Dann-Aussage interpretiert werden und zeigen den Entwicklungspfad des Arbeits-

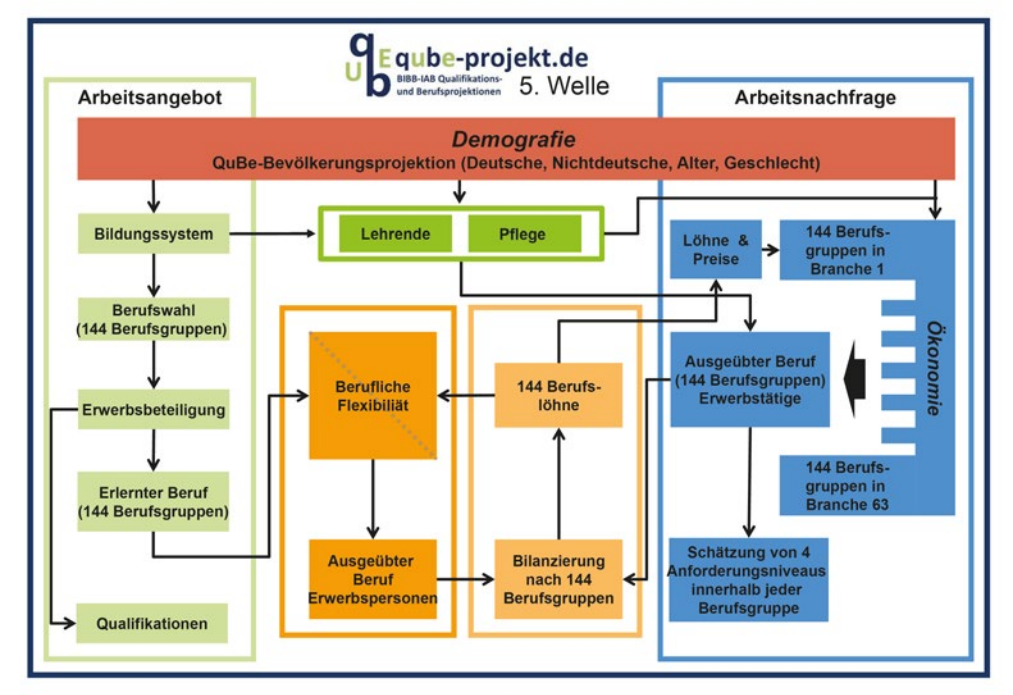
Methodenkasten 1: QuBe-Projekt

Die BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsprojektionen (QuBe-Projekt), die in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) entstanden sind, zeigen anhand von Modellrechnungen, wie sich Angebot und Nachfrage nach Qualifikationen und Berufen langfristig entwickeln können. Als Datengrundlage werden mehrere Datenquellen aufeinander abgestimmt. Der Mikrozensus (letztes Erhebungsjahr 2015), an dem ein Prozent aller Haushalte in Deutschland beteiligt ist, liefert als amtliche Repräsentativstatistik des Statistischen Bundesamts Informationen über die Bevölkerung und den Arbeitsmarkt. Die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (in der vorliegenden Projektion berücksichtigt bis zum Jahr 2016) ist Grundlage für die Projektion der Gesamtwirtschaft. Die Registerdaten der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (SVB) und der ausschließlich geringfügig Beschäftigten (AGB) der Bundesagentur für Arbeit (BA) liefern zusätzliche Informationen zu den Erwerbstätigen nach Beruf und den entsprechend gezahlten Löhnen (in der vorliegenden Projektion bis zum Jahr 2015). Die Ergebnisse werden nach bis zu 144 Berufsgruppen bzw. Dreistellern der KldB 2010 differenziert.

Das Alleinstellungsmerkmal des QuBe-Projekts liegt in der Verknüpfung des Arbeitsangebots nach einem erlernten Beruf mit der berufsspezifischen Arbeitsnachfrage durch die Verwendung beruflicher Flexibilitätsmatrizen. Hierdurch kann eine fachliche Bilanzierung des Arbeitsmarkts durch den Vergleich von Erwerbspersonen und Erwerbstätigen nach Berufsgruppen erfolgen.

Die Ergebnisse basieren auf der Basisprojektion der fünften Projektionswelle. Diese baut auf den Methoden der vorherigen Wellen auf (vgl. Helmrich/Zika 2010; Maier u. a. 2014b; Maier u. a. 2016; Zika u. a. 2012) und nimmt weitere Neuerungen vor. Für die Ermittlung des Personalbedarfs in Pflege, Erziehung und Unterricht sind die detaillierten Module „Pflege" und „Lehrende" entwickelt worden, die nicht nur die Nachfrage nach Arbeitskräften, sondern auch die ökonomischen Folgen für das Gesundheits- und Sozialwesen berücksichtigen. Wie das überarbeitete Haushaltsmodul, das die Anzahl der Haushalte mit deutschem und nichtdeutschem Vorstand ermittelt, basieren diese Module auf der QuBe-Bevölkerungsprojektion.

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 gibt einen groben Überblick über die Funktionsweise des Modells.



Quelle: QuBe-Projekt, fünfte Welle, Wirtschaft-4.0-Szenario.

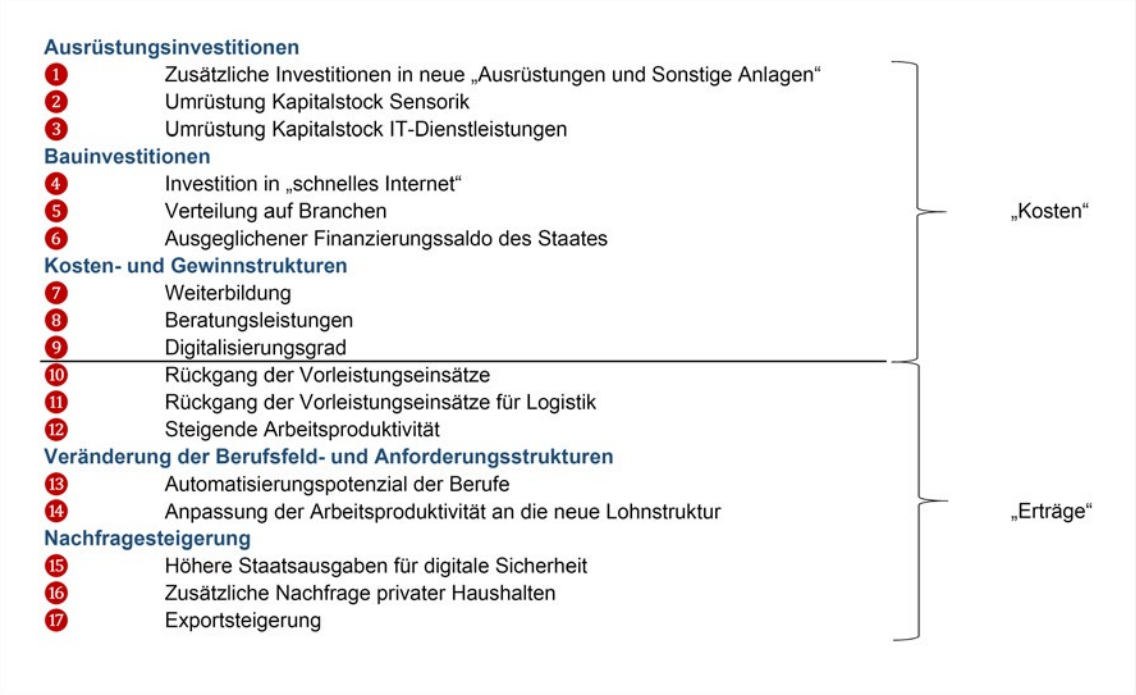
Weitere Informationen finden sich unter www.qube-projekt.de sowie Ergebnisse unter www.qube-data.de.

marktes auf, wenn sich an den bislang erkennbaren Verhaltensweisen nichts ändert. Damit beinhaltet die in der Basisprojektion beschriebene Entwicklung bereits einen technologischen Fortschritt, allerdings orientiert sich diese Fortschrittsrate an der aus der Empirie abgeleiteten Entwicklung. Konkret bedeutet dies, dass angenommen wird, dass insbesondere Betriebe in Branchen mit hohen Investitionen in neue Technologien auch in Zukunft verstärkt in technische Innovationen investieren.

Das Wirtschaft-4.0-Szenario weicht bewusst von der empiriebasierten Entwicklung ab. So wird angenommen, dass zusätzliche Anstrengungen bzw. Investitionen notwendig sind, damit Deutschland beim Wandel zur Wirtschaft 4.0 weltweit eine Vorreiterrolle übernimmt bzw. behaupten kann. Die Operationalisierung des Wirtschaft-4.0-Szenarios beruht auf Annahmen, die neben den dafür notwendigen Investitionen sowohl den Konsum der privaten Haushalte und des Staates sowie die Exporte als Komponenten der Endnachfrage und die Kostenstruktur einzelner Branchen als auch die Größen des Arbeitsmarktes in Art und Umfang betreffen. Die Komplexität dieses Szenarios erfordert daher eine Vielzahl an Eingriffen in das Modell QINFORGE (vgl. Wolter u. a. 2016, S. 18). Dieses zeichnet sich vor allem durch die detaillierte Modellierung der Branchen mit ihren Kostenstrukturen auf Basis der Input-Output-Rechnung des Statistischen Bundesamtes und die feingliederige Darstellung der 141 Berufsgruppen nach 63 Wirtschaftszweigen und vier Anforderungsniveaus auf Basis von Mikrozensus-Daten aus. Dadurch lassen sich Veränderungen der Produktionsweise in den Branchen wie auch der Berufs- und Anforderungsstruktur nach Branchen abbilden.

Die Annahmen des Alternativszenarios folgen Überlegungen eines volkswirtschaftlichen Investitionszyklus (vgl. Abbildung 1): Zunächst werden von privatwirtschaftlicher wie auch staatlicher Seite die Ausrüstungs- und Bauinvestitionen erhöht. Zudem werden Weiterbildungen und Beratungsleistungen notwendig. Nach den Kostenaufwendungen werden Erträge erwartet. Dies äußert sich in den bezogenen Gütern und Leistungen sowie im Personal- und Kapitaleinsatz der Produktionsbereiche. Hinzu kommen die Anpassungen der Berufsstruktur innerhalb der investierenden Branchen sowie abschließend die Auswirkungen auf die übrigen Nachfragekomponenten in Folge der Digitalisierung. Sind diese „Stellschrauben“ festgezogen, erlaubt der Modellierungsansatz des QuBe-Projektes eine simultane dynamische Abschätzung der Wirkungen auf die Gesamtwirtschaft und den Arbeitsmarkt. Der folgende Abschnitt beschreibt die von der QuBe-Basisprojektion abweichenden Annahmen im Detail.

Abbildung 1: Teilschritte zur Umsetzung einer Wirtschaft 4.0



Quelle: QuBe-Projekt, fünfte Welle, Wirtschaft-4.0-Szenario.

2.2 Annahmen

Die nachfolgenden Auflistungen beschreiben die von der QuBe-Basisprojektion abweichenden Eingriffe in das Modell, welche zum Erreichen einer weltweiten Vorreiterrolle Deutschlands beim Wandel hin zu einer Wirtschaft 4.0 notwendig sind. Abbildung 1 gibt überblicksartig die Teilschritte wieder. Eine detaillierte Begründung der einzelnen Annahmen findet sich in Wolter u. a. (2016). Aufgrund des mangelhaften Forschungsstandes zu den Wirkungen von Wirtschaft 4.0 insbesondere in Bezug auf die notwenigen Investitionen und deren möglichen Auswirkungen können nicht alle Annahmen mit empirischen Nachweisen belegt werden. Sofern keine Quelle genannt ist, handelt es sich um eine Annahme, die aufgrund mehrerer Informationen wie z. B. qualitativen Leitfadeninterviews[4] plausibilisiert wurde.

Wie in allen vorliegenden Veröffentlichungen zum Thema Industrie 4.0 bzw. Wirtschaft 4.0 wird auch hier davon ausgegangen, dass Wirtschaft 4.0 nicht ad hoc eingeführt wird, sondern der Übergang ein langfristiger Prozess ist, der bis 2030 anhält.[5] Ab diesem Zeitpunkt gilt Wirtschaft 4.0 im Modell als vollständig realisiert und wird bis zum Ende des Projektionshorizontes 2035 bestehen bleiben. Zudem wird nicht von einer Rückkehr von Produktionsstätten nach Deutschland („Repatriierung“) ausgegangen.

Ausrüstungsinvestitionen

Unter dem Stichwort **„Ausrüstungsinvestitionen“** werden drei Modelleingriffe vorgenommen. Sie beinhalten die erforderlichen Aufwendungen, um die bestehenden Ausrüstungsgüter um- bzw. aufzurüsten, indem die Kontrollpläne ausgetauscht und die dazu notwendigen IT-Dienstleistungen bezogen werden.

4 Im Rahmen von Leitfadeninterviews wurden vom BIBB und vom IAB sechs Unternehmen sowie zwei Branchen- bzw. Berufsverbände aus dem Bereich Software, Elektrotechnik, Elektronik, Logistik und Fahrzeugbau zum Thema Digitalisierung befragt.

5 In der Literatur werden verschiedene Zeitpunkte für eine Umsetzung genannt.

❶ **Zusätzliche Investitionen in neue „Ausrüstungen und Sonstige Anlagen“:** Ausgehend davon, dass der Transformationsprozess durch gesteigerte Investitionsanstrengungen der Unternehmen geprägt ist, wird unterstellt, dass die Ausrüstungsinvestitionen um 0,5 Prozent im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion zulegen können. Das entspricht pro Jahr ca. 1,7 Milliarden Euro. Die Gütergruppen, denen diese zusätzlichen Investitionen zugewiesen werden (Elektrische Ausrüstungen, Maschinen, Installation von Maschinen sowie IT und Informationsdienstleistungen), haben einen Anteil an den Ausrüstungsinvestitionen und sonstigen Ausrüstungen von 33 Prozent laut Input-Output-Tabelle 2014 und erhalten damit einen Aufschlag von 1,5 Prozent. Dieser Zuschlag entspricht dem durchschnittlichen Wachstum der **„Ausrüstungen und Sonstigen Anlagen“** der Jahre 2000 bis 2015. Die Jahresspanne umfasst zwei konjunkturelle Abschwünge. Es wird für die ausgewählten Güter somit eine zusätzliche Konjunktur unterstellt.

❷ **Umrüstung Kapitalstock Sensorik:** Die Umrüstung für den bestehenden Kapitalstock erfolgt nur für einen Teil der Maschinen. Aus den zehn Investitionsjahrgängen vor 2017 werden 50 Prozent der Anlagen in den Jahren 2017 bis 2024 mit neuer Sensorik ausgerüstet (vgl. Wolter u. a. 2015, S. 26f.). Vorausgesetzt, dass dieser Prozess unverändert fortschreitet, verbleiben für das vorliegende Szenario noch fünf Jahre (2019 bis 2024), in denen Umrüstungen stattfinden. Ausgehend von der Struktur des Jahres 2010 – dem ältesten Jahrgang, der noch nachgerüstet wird – gemäß dem Datenstand der Input-Output-Tabelle 2010[6] und des Europäischen System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen des Jahres 1995 (ESVG 1995) entfallen rund vier Prozent des Investitionsjahrgangs 2010 auf die Gütergruppe „Mess-, Kontroll- u. ä. Instrumente und Einrichtungen, elektromedizinische Geräte, Datenträger“. Der Anteil der Sensorik an dieser Gütergruppe wird auf 25 Prozent geschätzt, da keine weiteren Informationen – z. B. aus der Produktionsstatistik – vorliegen. Da nur 50 Prozent eines Investitionsjahrganges ersetzt werden und der Anteil der Sensorik an der Gütergruppe nur 25 Prozent beträgt, ergibt sich ein Anteil am gesamten Investitionsjahrgang 2010 von 0,5 Prozent oder einer Milliarde Euro.

❸ **Umrüstung Kapitalstock IT-Dienstleistungen:** Für die IT-Dienstleistungen gelten die gleichen Überlegungen, die unter Annahme ❷ für die Sensorik dargelegt wurden. Allerdings mit einem Unterschied: Der Anteil der IT-Dienstleistungen in der Güterstruktur der Input-Output-Tabelle 2010 ist dreimal größer. Es werden also rund drei Milliarden Euro zusätzlich investiert.

Bauinvestitionen

Wenn der Übergang zu einer Wirtschaft 4.0 gelingen soll, dann müssen auch Investitionen im Netzausbau getätigt werden (vgl. **„Bauinvestitionen“** in Abbildung 1). Die politischen Absichten sowie die damit verbundenen Kosten werden im Folgenden aufgelistet.

❹ **Investition in „schnelles Internet“:** Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) rechnet damit, dass jährlich fast vier Milliarden Euro in den Netzausbau investiert werden (vgl. BMVI 2017). Ab dem Jahr 2025 soll ein rechtlich verankerter Anspruch auf „schnelles Internet“ bestehen. Die Ausbaumaßnahmen verliefen in den letzten Jahren schleppend, sodass im Szenario davon ausgegangen wird, dass bis 2025 weiterhin jährlich vier Milliarden Euro mehr in den Netzausbau investiert werden.

6 Die Input-Output Matrix des Jahres 2010 ist nach dem Europäischen System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen des Jahres 1995 (ESVG 1995) untergliedert und gibt die Struktur zum Zeitpunkt der bereits getätigten Investitionen wieder.

❺ **Verteilung auf Branchen:** In der Regel werden kabelgebundene Technologien eingesetzt (vgl. TÜV Rheinland 2013). Demzufolge werden im Modell Tiefbauarbeiten und der Einsatz von elektronischen Ausrüstungen wie u. a. Kabel betroffen sein. Die elektronischen Ausrüstungen stellen nur einen geringen Anteil der Bauinvestitionen dar. Daher wird angenommen, dass dieser Teil der Investitionen bereits in der Vergangenheit zu großen Teilen für den Leitungsausbau eingesetzt worden ist und auf ca. eine Milliarde Euro pro Jahr steigt. Die übrigen drei der vier Milliarden Euro an Zusatzinvestitionen werden für Tiefbauleistungen ausgegeben. Die Gegenbuchung erfolgt vollständig bei den Investitionen des Staates.

❻ **Ausgeglichener Finanzierungssaldo des Staates:** Es wird davon ausgegangen, dass die **„Bauinvestitionen“** nicht über Schulden finanziert werden. Stattdessen könnten für die Finanzierung beispielsweise im Zeitverlauf entstehende zusätzliche Steuereinnahmen verwendet werden. Wenn allerdings im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion nicht genügend zusätzliche Steuereinnahmen erzielt werden, müssen Steuern erhöht oder geplante Senkungen verschoben werden. Eine Belastung des Haushaltes der Gebietskörperschaften wird vermieden.

Kosten- und Gewinnstrukturen

Die Investitionen in Ausrüstungen ziehen zum einen neue Bedarfe an Weiterbildungs- und Beratungsdienstleistungen nach sich, um das für die Anwendung der neuen Technologien benötigte Wissen in den Betrieb zu transferieren. Zum anderen werden aber auch Einsparungen durch die Investitionen erwartet (vgl. **„Kosten- und Gewinnstrukturen“** in Abbildung 1).

❼ **Weiterbildung:** Die Teilnahmequote an Lehrveranstaltungen in Betrieben im Produzierenden Gewerbe lag bei 40 Prozent und im Dienstleistungsbereich bei ca. 35 Prozent (vgl. Destatis 2017). Es wird davon ausgegangen, dass bis 2030 rund 80 Prozent der Beschäftigten an einer zusätzlichen Weiterbildung im Kontext der Digitalisierung teilnehmen werden. Bei einer gleichmäßigen Verteilung dieser Weiterbildungsmaßnahmen auf den Zeitraum von 2018 bis 2030 würde die Teilnahmequote in diesem Zeitraum um rund sechs Prozentpunkte über der derzeitigen Teilnahmequote liegen. Laut den Ergebnissen der fünften Europäische Erhebung über die berufliche Weiterbildung in Unternehmen (CVTS5) betrugen die direkten und indirekten Kosten einer Lehrveranstaltung pro Mitarbeiterin und Mitarbeiter im Produzierenden Gewerbe ca. 718 Euro und im Dienstleistungsgewerbe 663 Euro (vgl. Destatis 2017).

❽ **Beratungsleistungen:** Es sind zusätzliche Beratungsleistungen in Höhe von 1,5 Prozent notwendig, um die neue Produktionsweise im Unternehmen zu implementieren. Die Beratungsleistungen gehen mit dem Investitionsgeschehen (vgl. Annahme ❶) einher. Bei ähnlichen Szenarien (z. B. Veränderungen der Kostenstrukturen bezogen auf Material- und Energieverbrauch, vgl. Fischer u. a. 2005) wird ebenfalls von steigenden Aufwendungen aufgrund von nachfolgenden Kosteneinsparungen ausgegangen.

❾ **Digitalisierungsgrad:** In allen Branchen erhöht sich der Inputkoeffizient 48 („IT- und Informationsdienstleister“) gemäß gegebenen Digitalisierungsgraden und derzeitigen Anteilen von Investitionen in digitale Technologien (vgl. Methodenkasten 2). Die Informationen zum Digitalisierungsgrad und den Investitionsanteilen entstammen aus 7.000 befragten Betrieben des BIBB-Qualifizierungspanels 2016 (vgl. Gerhards/Friedrich 2018). Die Branchen werden nach den Kennzahlen in sechs Gruppen eingeteilt. Betriebe in Branchen mit einem geringen Digitalisierungsgrad und geringen Anteilen von Investitionen in digitale Technologien müssen entsprechend mehr investieren, um zu den bereits jetzt höher digitalisierten Branchen aufzuschließen.

Methodenkasten 2: Digitalisierungsgrad, Investitionen in digitale Technologien und Ausschöpfung des Ersetzbarkeitspotenzials

Der verwendete Digitalisierungsgrad im Wirtschaft-4.0-Szenario stützt sich auf vier Fragen des BIBB-Qualifizierungspanels 2016, die 7.000 repräsentativ ausgewählten Betrieben gestellt wurden (vgl. Gerhards/Friedrich 2018). Dabei wurde abgefragt, ob der Betrieb folgende Technologien nutzt:

- auf die Vernetzung mit Kunden bezogene digitale Technologien wie z. B. betriebseigene Internetseiten mit Produktübersichten oder Dienstleistungsangeboten, Online-Bestell- oder Buchungssysteme sowie Social Media,
- digitale Technologien, die sich auf die Sammlung, Speicherung und Verarbeitung großer Datenmengen beziehen wie z. B. Big Data und Cloud-Computing,
- auf Vernetzung mit Lieferanten bezogene digitale Technologien wie z. B. Enterprise-Ressource-Planning (ERP),
- personal- oder arbeitsorganisationsbezogene Technologien wie z. B. Personal-Management-Tools und Gebäude-Anlagen-Management-Tools.

Für jede genutzte Technologie erhält der befragte Betrieb einen Punkt. D. h. es werden minimal null und maximal vier Punkte vergeben. Der Digitalisierungsgrad einer Branche berechnet sich aus der durchschnittlichen (gewichteten) Punktzahl an Betrieben in der Branche bzw. dem Anteil an genutzten Technologien (plus eins, da auch keine Technologie genutzt werden kann) im Verhältnis zu den maximal möglichen fünf Antworten.

Die nachfolgende Tabelle gibt den durchschnittlichen Digitalisierungsgrad nach sechs Branchengruppen wieder. Die Aufteilung der Branchen in die Branchengruppen findet sich in Tabelle 4 im Anhang. Die erste Branchengruppe, welche u. a. die Wirtschaftszweige (62-63) IT- und Informationsdienstleister und (72) Forschung und Entwicklung enthält, nutzt im Durchschnitt 2,35 der oben genannten Technologien. Nimmt man mindestens drei genutzte Technologien als Maßstab, so ist der anteilige Digitalisierungsgrad an den Antworten 67 Prozent, d. h. die Summe aus 2,35 plus eins geteilt durch fünf. Es fehlen somit noch 13 Prozentpunkte um einen Digitalisierungsgrad von 80 Prozent zu erreichen. Mit einem Anteil der Investitionen in digitale Technologien von 53 Prozent liegen die bereits getätigten Investitionen dieser Branchen zudem weit über den Investitionsanteilen in den anderen Branchen.

Digitalisierungsgrad, Anteil der Investitionen in digitale Technologien, Erhöhung der Inputkoeffizienten und Ausschöpfungsgrad

	Gruppe					
	1	2	3	4	5	6
Digitalisierungsgrad (Punkte)	2,35	1,75	1,70	1,47	1,30	1,06
Digitalisierungsgrad (anteilig an möglichen Antworten)	67%	55%	54%	49%	46%	41%
Wie viele Prozentpunkte fehlen, bis 80% erreicht sind?	13	25	26	31	34	39
Anteil der Investitionen in digitale Technologien	53	36	32	22	20	17
Differenz zur Gruppe 1	0	17	21	31	33	36
Erhöhung der Vorleistungseinsätze der Branche *(62-63) IT- und Informationsdienstleister* bis 2030 gemessen am Stand von 2018 (Annahme ❾)	1,15	1,40	1,70	2,00	2,30	2,70
Unterstellter Ausschöpfungsfaktor/Umfang der Umwälzung (Annahme ⓭)	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35

Quelle: QuBe-Projekt, fünfte Welle, Wirtschaft-4.0-Szenario.

Für die Erhöhung der Vorleistungseinsätze der Branche *(62–63) IT- und Informationsdienstleister* (vgl. Annahme ❾) werden die Unterschiede im Digitalisierungsgrad und in den Investitionsanteilen gleichermaßen approximativ berücksichtigt.

Der Ausschöpfungsgrad bzw. der Umfang der Umwälzung der Berufe innerhalb einer Branchengruppen verhält sich entsprechend zur Erhöhung der Vorleistungseinsätze (vgl. Annahme ⓭). In der ersten Gruppe werden lediglich weitere zehn Prozent des Ersetzbarkeitspotenzials bis 2030 ausgeschöpft, in der sechsten Gruppe sind es 35 Prozent.

❿ **Rückgang der Vorleistungseinsätze:** In der Landwirtschaft und im Produzierenden Gewerbe sinkt der Materialeinsatz im Vergleich zur Basisprojektion bis zum Jahr 2030 um 0,72 Prozent und im Dienstleistungsgewerbe um 1,2 Prozent. Die Annahmen werden wie in der Vorgängerstudie aus den differenzierten Renditeüberlegungen von annähernd acht Prozent aus einzelwirtschaftlicher Sicht des Produzierenden Gewerbes bzw. der Dienstleistungsbereiche abgeleitet.

⓫ **Rückgang der Vorleistungseinsätze für Logistik:** In der Landwirtschaft, im Produzierenden Gewerbe und den Dienstleistungsbereichen sinken die Vorleistungseinsätze für Logistik im Vergleich zur Basisprojektion bis zum Jahr 2030 um 0,8 Prozent. Die Annahmen werden wie in der der Vorgängerstudie aus den differenzierten Renditeüberlegungen aus einzelwirtschaftlicher Sicht des Produzierenden Gewerbes bzw. der Dienstleistungsbereiche abgeleitet. Von den Eingriffen zur Logistik sind die Wirtschaftszweige von *WZ2008-49 Landverkehr und Transport in Rohrfernleitungen* bis *WZ2008-53 Post-, Kurier- und Expressdienste* betroffen.

⓬ **Steigende Arbeitsproduktivität:** Es wird unterstellt, dass Unternehmen nur dann investieren, wenn mit einer Rendite von acht Prozent bis zum Jahr 2030 zu rechnen ist. Für jede Branche werden also zunächst sämtliche Kosten, erwartete Einsparungen und die erwarteten zusätzlichen Umsatzsteigerungen ermittelt und gegenübergestellt. Die zusätzliche Steigerung der Arbeitsproduktivität wird anschließend so dimensioniert, dass acht Prozent Rendite erreicht werden. Aus diesen Überlegungen folgt, dass die Arbeitsproduktivität im Verarbeitenden Gewerbe um 0,4 Prozent und im Dienstleistungsbereich um 1,3 Prozent bis 2030 steigen muss. Die acht Prozent sind geringer als der Anteil des Nettobetriebsüberschusses relativ zum Produktionswert im Jahr 2016, weil der Nettobetriebsüberschuss Selbstständigeneinkommen enthält, die wie Lohneinkommen zur Lebensführung eingesetzt werden und daher herausgerechnet werden. Ohne die Selbstständigeneinkommen wird ein Anteil von gerundet acht Prozent erreicht.

Veränderung der Berufsfeld- und Anforderungsstrukturen

⓭ **Automatisierbarkeitspotenzial:** Die Verdrängung menschlicher Tätigkeiten durch technische Innovationen wird durch zwei wesentliche Faktoren bestimmt: Das Ersetzbarkeits- oder Programmierbarkeits*potenzial*, das eine Tätigkeit bietet (vgl. Methodenkasten 3), und das Ausmaß, mit dem dieses *Potenzial ausgeschöpft* wird. Hindernisse für eine volle Ausschöpfung des Potenzials können vielfältiger Natur sein. So können beispielsweise betriebswirtschaftliche oder rechtliche Gründe den Nutzen durch eine Programmierung beschränken.

Methodenkasten 3: Das BIBB-Ersetzbarkeitspotenzial

Das BIBB-Ersetzbarkeitspotenzial (vgl. Lewalder u. a. im Erscheinen) basiert auf Information aus der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung (ETB) aus dem Erhebungszeitraum 2017/2018. Hierzu wurden 20.000 Kernerwerbstätige (d. h. Personen, die mindestens zehn Arbeitsstunden in der Woche gegen Bezahlung tätig sind) in Deutschland nach ihrer subjektiven Einschätzung hinsichtlich ihrer Arbeitsaufgaben und der von ihnen durchgeführten Tätigkeiten befragt. Die Perspektive ist also eine individuelle und die Antworten auf die Fragen sind subjektive Einschätzungen. Dies hat den Vorteil, dass aktuelle, konkrete Informationen zu Bedingungen und Anforderungen am Arbeitsplatz vorliegen.

Die Berechnung des BIBB-Ersetzbarkeitspotenzials orientiert sich eng an der Definition von Ersetzungspotenzial in der Literatur (vgl. Frey/Osborne 2013) und bildet ein Spektrum von monotonen, programmierbaren Tätigkeiten bis hin zu kreativen Tätigkeiten mit hohen kognitiven Anforderungen ab.

Programmierbar sind Tätigkeiten, die bis ins letzte Detail vorgeschrieben sind. Auf der anderen Seite stehen Ausbildungsaufgaben, Reparaturaufgaben und Anforderungen, neue Lösungen zu finden. Diese werden auf einen Faktor reduziert und jede(r) Befragte bekommt einen Faktorwert, der ihre oder seine individuelle Einordnung auf diesem Spektrum anzeigt.

Im Anschluss wurden auf der Ebene von Berufen (Dreisteller der KldB 2010) gewichtete Durchschnittswerte für die jeweiligen Berufe ermittelt. Diese zeigen, wie sehr ein Beruf im Durchschnitt eher programmierbare oder eher kreative oder interaktive Aufgaben beinhaltet.

Im letzten Schritt wurde ein Schwellenwert (obere 30 Prozent) für den Index angenommen. Der Anteil der Erwerbstätigen in einem Beruf, der über diesem Schwellenwert liegt, wird als das durch Digitalisierung ausschöpfbare Ersetzungspotenzial bezeichnet.

Während mit der IAB/ZEW-Befragung zur Arbeitswelt 4.0 und der Quality in Establishment Surveys (QuEst) Befragung betriebliche Auskünfte zu den erwarteten Materialeinsparungen vorliegen, kann das Ausmaß der Ersetzbarkeit von Tätigkeiten in Folge einer Digitalisierung nur angenähert werden. Dabei existieren eine Reihe von Ansätzen (vgl. z. B. Bonin u. a. 2015; Brzeski/Burk 2015; Dengler/Matthes 2015; Pfeiffer/Suphan 2015; Tiemann 2016), die sich der möglichen Substituierbarkeit von Tätigkeiten durch Digitalisierung im Sinne von Frey/Osborne 2013 annehmen. Während in Wolter u. a. (2016) auf das Automatisierbarkeitsmaß von Dengler/Matthes (2015) zurückgegriffen wurde, wird in dem hier vorgestellten Szenario auf ein Ersetzbarkeitsmaß des BIBB umgestellt (vgl. Methodenkasten 3, Lewalder u. a. im Erscheinen). Dieses Maß legt den Fokus auf die mögliche zukünftige Programmierbarkeit von empirisch ermittelten berufstypischen Aufgaben und ist in der Lage, sowohl dieses Potenzial auf Berufsebene zwischen Branchen zu unterscheiden als auch dieses mit dem Digitalisierungsgrad der Branche zu verbinden. Dengler/Matthes (2015) erfassen über die Tätigkeiten im Beruf die Anteile der Tätigkeiten, die bereits heute von Robotern und digitalisierten Systemen erledigt werden können.

Im Wirtschaft-4.0-Szenario der fünften Welle des QuBe-Projektes wird die Ausschöpfung des Ersetzbarkeitspotenzials an die branchenspezifischen Investitionen in digitale Technologien geknüpft (vgl. Annahme ❾). Gemäß dem unterstellten Ausschöpfungsfaktor (vgl. Methodenkasten 2) wird erwartet, dass das nach Berufen und Branchen variierende Ersetzbarkeitsmaß gemäß der sechs Branchengruppen unterschiedlich, aber nie vollständig, ausgeschöpft wird. In Branchen, welche nach Annahme ❾ stärker investieren, wird eine höhere Ausschöpfung und damit eine höhere Umwälzung der Berufsstruktur erreicht als in Branchen, die bereits jetzt einen hohen Digitalisierungsgrad aufweisen. Je weiter eine Branche bereits heute digitalisiert ist, umso geringer wirkt sich die Abweichung des Ersetzbarkeitspotenzials eines Berufes vom branchenspezifischen Ersetzbarkeitspotenzial aus. Im Ergebnis wird ein Beruf mit einem hohen Anteil an potenziell ersetzbaren Arbeitsaufgaben relativ zu den anderen einge-

setzten Berufen der Branche besonders stark abgebaut, wenn die Branche selbst bislang wenig oder gar nicht digitalisiert ist.

⓮ **Anpassung der Arbeitsproduktivität an die neue Lohnstruktur:** Die Berücksichtigung der empirisch ermittelten Ersetzbarkeitspotenziale (vgl. Annahme ⓭) in jedem Wirtschaftszweig führt zu einer neuen Berufsstruktur. Da Berufe mit einer geringen Ersetzbarkeit tendenziell besser entlohnt werden als Berufe mit hoher, steigt die Lohnsumme infolge der neuen Berufsstruktur an. Unter der Prämisse einer produktivitätsorientierten Entlohnung steigt dementsprechend auch die durchschnittliche Arbeitsproduktivität in den Branchen.

Nachfragesteigerung

Zuletzt werden Multiplikatoren-Effekte erwartet, da mit einem steigenden Einkommen der Konsum zunimmt und der internationale Wettbewerbsvorteil Deutschlands durch die Investitionen gesichert werden kann („**Nachfragesteigerung**“).

⓯ **Höhere Staatsausgaben für digitale Sicherheit:** Die Konsumausgaben des Staates werden im Bereich der Cyber-Kriminalitätsbekämpfung bzw. Cyber-Abwehr um fünf Prozent bis 2021 erhöht, um den neuen Gefahren infolge der Digitalisierung zu begegnen (vgl. Biermann/Klormann 2017; BMVg 2018). Danach bleiben sie auf diesem Niveau. Für die Bundespolizei (Tätigkeitsbereich öffentliche Sicherheit) wird eine äquivalente Aufstockung von fünf Prozent unterstellt. Beides wird nach Aufgabenbereichen laut der Classification of the Functions of Government (COFOG) bei den Konsumausgaben des Staates verbucht.

⓰ **Zusätzliche Nachfrage privater Haushalte:** Die Nachfrage nach Gütern steigt bis 2030 um zwei Prozent und nach Dienstleistungen um drei Prozent. Die privaten Haushalte haben Interesse an den neuen Konsummöglichkeiten, die sich nach der Umstellung auf Wirtschaft 4.0 ergeben. Produkte können individuell zugeschnitten werden, das Interesse an Neuem und einer Beschleunigung der Vernetzung bisheriger Endgeräte z. B. mit der Wohnung oder dem Auto können dafür Ursachen sein. Die Dynamik und der Umfang dieser zusätzlichen Nachfragen sind kaum abzuschätzen. Ein weiteres Resultat der bereits erwähnten Betriebsbefragungen war jedoch, dass die Betriebe durch Investitionen in neuere Technologien auch Umsatzzuwächse durch neue Güter bzw. Dienstleistungen erwarten. Da diese Erwartungshaltung bei Betrieben aus Dienstleistungsbranchen größer ist als bei solchen aus dem Produzierenden Gewerbe, wurde angenommen, dass die Nachfrage der privaten Haushalte nach neuen Gütern um zwei Prozent steigt und nach Dienstleistungen um drei Prozent. Dies ist nicht als Mengensteigerung bei bestehenden Produkten zu verstehen, sondern als Nachfrage nach neuen – d. h. weiterentwickelten – Produkten und Leistungen, welche die Unternehmen aufgrund ihrer Investitionen in 4.0-Technologien anbieten können.

⓱ **Exportsteigerung:** Deutschland hat bei der Umstellung auf eine Wirtschaft 4.0 weltweit eine Vorreiterrolle inne. Das Ausland reagiert mit einer Verzögerung von fünf Jahren (temporäre Monopolgewinne). Auch wenn Deutschland aktuell zwar schwach digitalisiert ist, wird hier aber Wirtschaft-4.0-Technologie wie z. B. Sensortechnik hergestellt. Die Nachfrage nach neuen Gütern und Dienstleistungen steigt weltweit und dementsprechend auch die deutschen Exporte. Diese Annahme kann zu einer Überschätzung der tatsächlichen Folgen führen, durch eine schnellere Realisierung der Wirtschaft 4.0 im Ausland können sich die Importstruktur und das Importvolumen in Deutschland verändern.

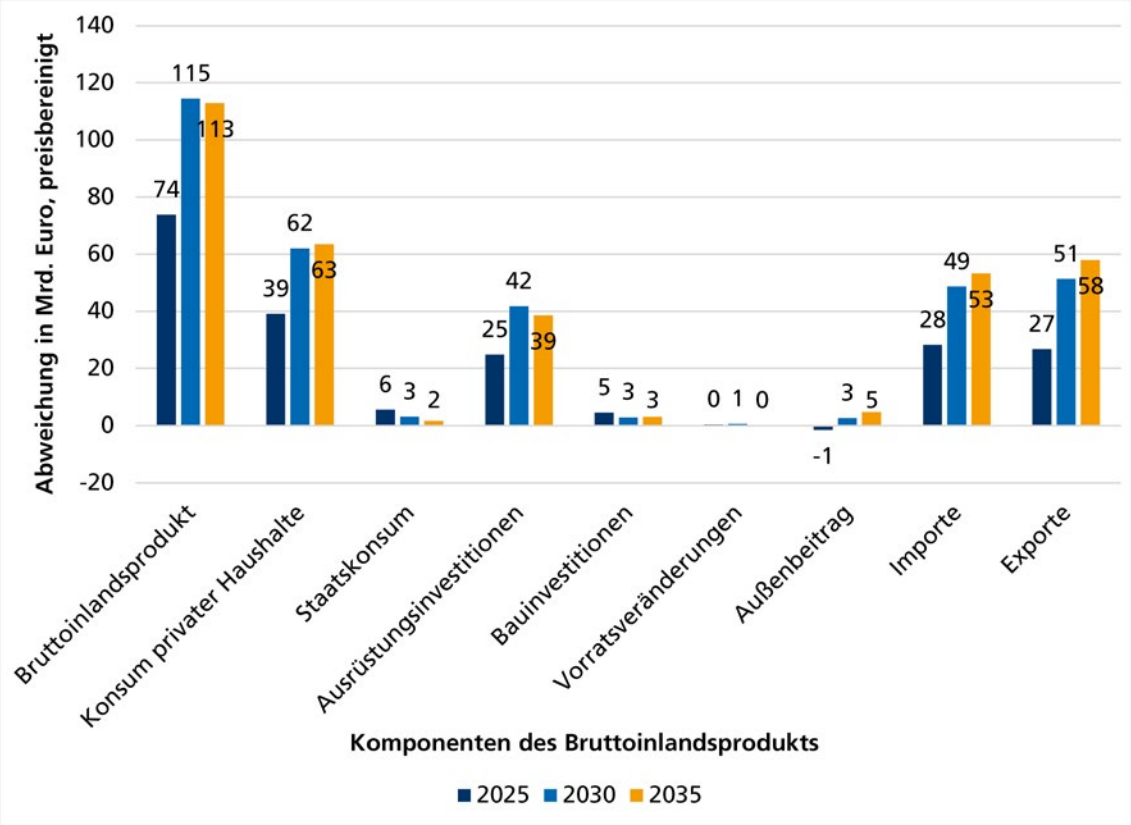
3 Ergebnisse und Diskussion der Szenario-Analyse

3.1 Vergleich mit der QuBe-Basisprojektion

Das Ergebnis des Wirtschaft-4.0-Szenarios wird durch die Wirkungen sämtlicher Annahmen (1–17) auf die wirtschaftliche Entwicklung und den Arbeitsmarkt bestimmt. Dabei können die einzelnen Annahmen durchaus konträre Wirkungen auf die betrachteten Größen haben. Die die hier dargestellten Ergebnisse beziehen sich jedoch auf eine gemeinsame Betrachtung aller Auswirkungen. Die Einzeleffekte sowie alternative Entwicklungen werden in Abschnitt 3.2 dieses Beitrages diskutiert.

Abbildung 2 stellt die Entwicklung der Komponenten des Bruttoinlandsprodukts (BIP) im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion dar. Deutschlands unterstellte Vorreiterrolle bei der Umstellung auf eine Wirtschaft 4.0 spiegelt sich in den gestiegenen Exporten wider, da weltweit die Nachfrage nach neuen Dienstleistungen und Gütern steigt. Zwar steigen im Beobachtungszeitraum auch die Importe deutlich an, dennoch wirkt sich der Anstieg der Exporte deutlich positiv auf den Außenbeitrag aus. Durch die verlangsamte Umstellung auf eine Wirtschaft 4.0 steigen im Vergleich zu Wolter u. a. (2016) die Ausrüstungsinvestitionen bis 2030 an. Nach 2030 bleiben preisbedingte Wettbewerbsvorteile bestehen.

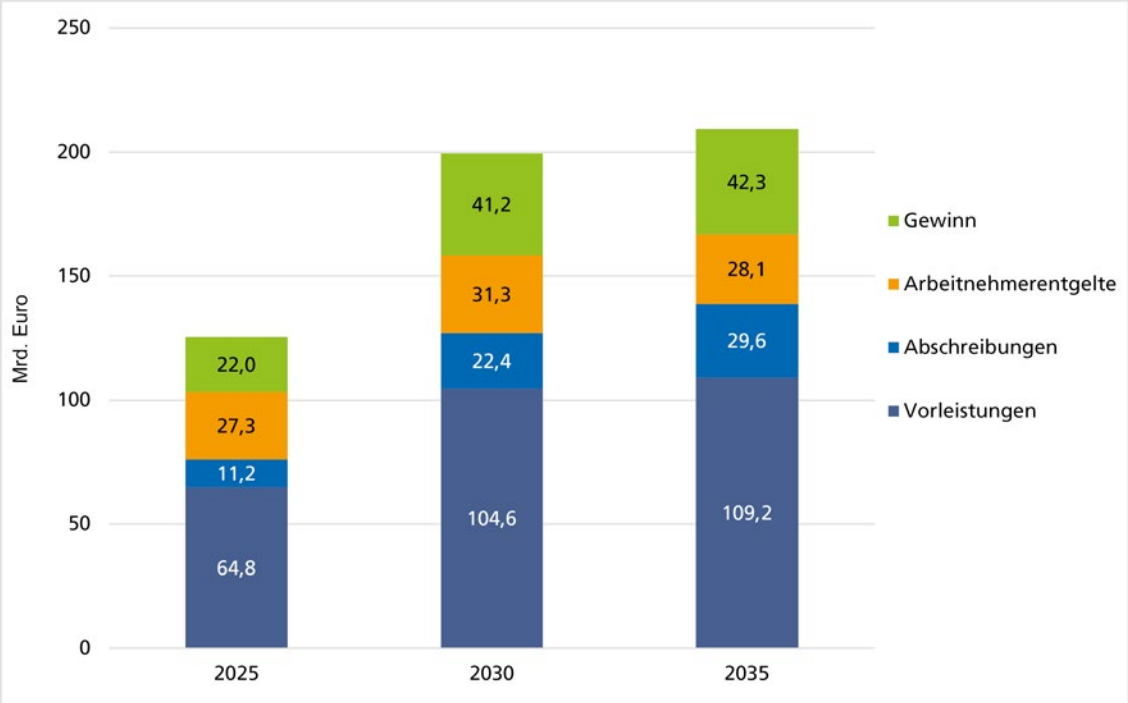
Abbildung 2: Komponenten des Bruttoinlandsprodukts im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion



Quelle: QuBe-Projekt, fünfte Welle, Wirtschaft-4.0-Szenario.

Abbildung 3 zeigt die Wirkung auf die Produktion. Die Produktion besteht definitionsgemäß aus dem Vorleistungseinsatz und der Wertschöpfung. Diese wiederum kann zerlegt werden in Arbeitnehmerentgelte, Abschreibungen und Nettobetriebsüberschüsse (vereinfacht: dem Gewinn). Die Produktion insgesamt steigt über die Jahre an. Im Jahr 2025 liegt sie ca. 125 Milliarden Euro über der Basisprojektion und in den Jahren 2030 sowie 2035 sogar um ca. 200 bzw. 210 Milliarden Euro. Die Umstrukturierungen des Arbeitseinsatzes aufgrund der Realisierung von bestehenden Ersetzbarkeitspotenzialen und die steigende Arbeitsproduktivität begünstigt Berufe mit höheren Löhnen. Die angenommene Steigerung der Arbeitsproduktivität führt bei einer produktivitätsorientierten Lohnpolitik der Unternehmen zu Lohnsteigerungen der Erwerbstätigen. Die Steigerungen der Arbeitnehmerentgeltzahlungen tragen ebenfalls zu steigenden Konsumausgaben bei (vgl. Abbildung 2). Auch die Abschreibungen werden bedingt durch die gestiegenen Investitionen in Umrüstung im Zeitverlauf zunehmen. In der Folge sind die Abschreibungen auch nach vollständiger Umsetzung von Wirtschaft 4.0 auf einem höheren Niveau.

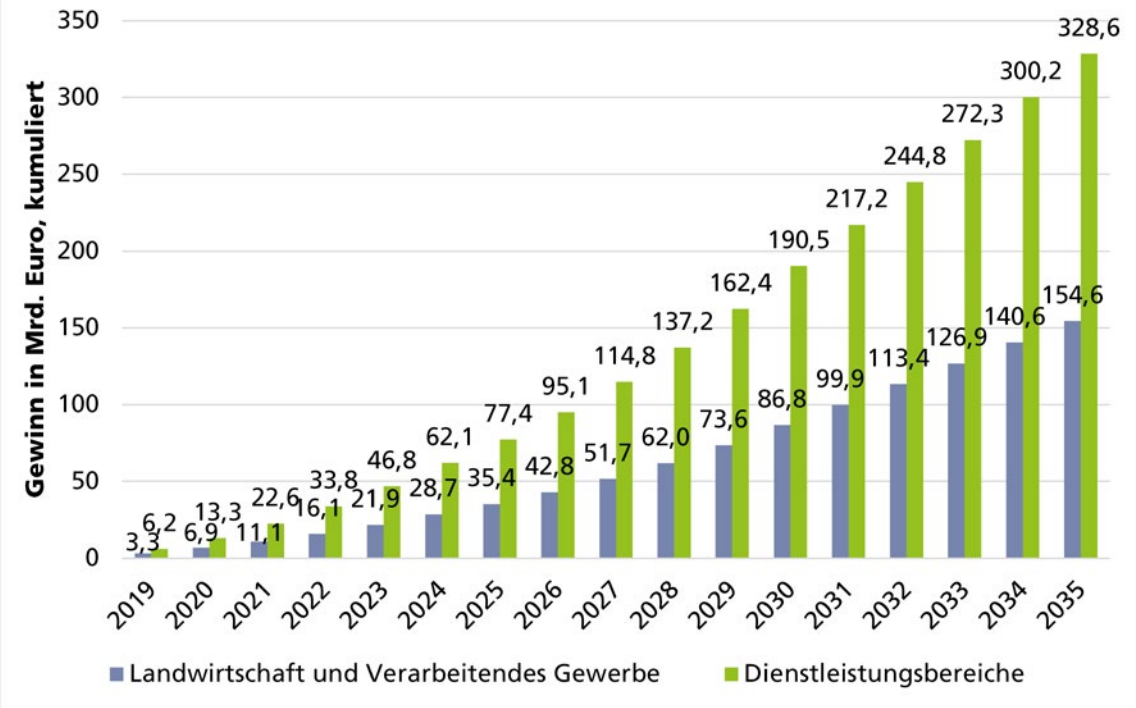
Abbildung 3: Primärinputs und Vorleistungen im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion



Quelle: QuBe-Projekt, fünfte Welle, Wirtschaft-4.0-Szenario.

Die zusätzlichen Gewinne sehen auf den ersten Blick gering aus. Allerdings sind gesamtwirtschaftlich die Gewinne auch in der Vergangenheit weniger als halb so groß wie die Arbeitnehmerentgelte. Die Gewinnentwicklung wird deshalb gesondert in Abbildung 4 betrachtet. Hier sind über den gesamten Zeitraum durchgehend positive Gewinne im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion feststellbar. Werden die Gewinne über sämtliche Jahre des Szenariozeitraums 2019 bis 2035 addiert, dann wird bis 2035 ein kumulierter Gewinnzuwachs von rund 329 Milliarden Euro im Dienstleistungsgewerbe und von 154 Milliarden Euro in den restlichen Branchen erreicht. In den Jahren nach 2030 können die Gewinne stärker gesteigert werden, da der Umbau zu diesem Zeitpunkt bereits stattgefunden hat und die Nachfrageimpulse bestehen bleiben.

Abbildung 4: Entwicklung der kumulierten Gewinne der Landwirtschaft und des Produzierenden Gewerbes sowie des Dienstleistungsgewerbes im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion



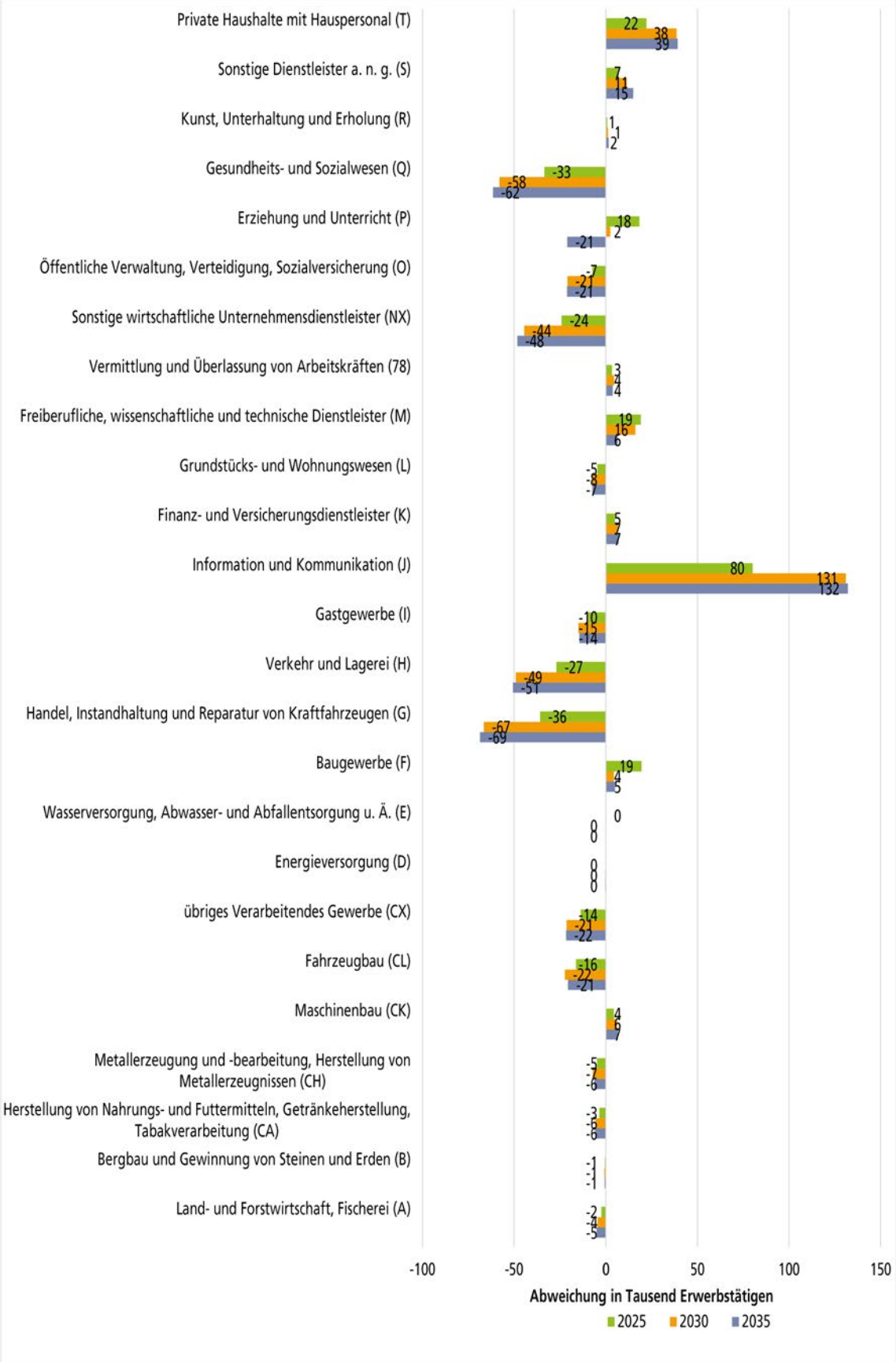
Quelle: QuBe-Projekt, fünfte Welle, Wirtschaft-4.0-Szenario.

Vergleicht man die Arbeitslandschaft im Wirtschaft-4.0-Szenario auf der Ebene von 63 Wirtschaftszweigen und 141 Berufen mit der QuBe-Basisprojektion, zeigt sich für das Jahr 2030 bzw. 2035, dass die Auswirkungen der Digitalisierung auf das Gesamtniveau der Arbeitsnachfrage mit 100.000 bzw. 140.000 weniger Arbeitsplätzen relativ zur Gesamtzahl der Arbeitsplätze verhältnismäßig gering ausfallen. Allerdings unterscheiden sich die beiden Arbeitswelten „Wirtschaft 4.0“ und „QuBe-Basisprojektion“ hinsichtlich ihrer Branchen- und Berufsstruktur deutlich voneinander. In der digitalisierten Welt wird es im Jahr 2030 einerseits 670.000 Arbeitsplätze nicht mehr geben, die nach der Basisprojektion noch vorhanden sein werden. Andererseits werden im Wirtschaft-4.0-Szenario ebenfalls 570.000 Arbeitsplätze entstanden sein, die in der Basisprojektion nicht existieren werden. Im Nachfolgenden werden die Veränderungen nach Branchen, Berufen und Anforderungsniveaus im Einzelnen dargestellt. Zusammengefasst unterscheidet sich der Charakter der Arbeitslandschaft im Wirtschaft-4.0-Szenario um 1,24 Millionen von 45,2 Millionen Arbeitsplätzen und somit rund 2,7 Prozent von der QuBe-Basisprojektion im Jahr 2030.[7]

Bei einer branchenspezifischen Betrachtung kann die Branche *Information und Kommunikation (J)* deutlich an Erwerbstätigen zulegen (vgl. Abbildung 5).

7 Die hier vorgestellten Ergebnisse sind nicht mit denen aus Wolter u. a. (2016) vergleichbar, da sich zum einen die Zellenanzahl der beiden Szenariorechnungen unterscheidet (9.072 Zellen, d. h. 63 Wirtschaftsbranchen mal 144 Berufe) gegenüber 12.600 Zellen d. h. 63 Wirtschaftsbranchen mal 50 Berufsfelder mal vier Anforderungsniveaus). Zum anderen wurde 2016 von einem Ausschöpfungsgrad von 50 Prozent ausgegangen, während sich hier der Ausschöpfungsgrad je nach Branchen zwischen zehn und 35 Prozent bewegt.

Abbildung 5: Branchenspezifische Veränderung der Erwerbstätigenanzahl des Wirtschaft-4.0-Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion



Quelle: QuBe-Projekt, fünfte Welle, Wirtschaft-4.0-Szenario.

Zur Beurteilung der Rekrutierungssituation für einen Betrieb – d. h. zur Abschätzung der möglichen Konkurrenzsituation von Arbeitnehmern für eine Arbeitsstelle im Beruf – wurde mit der fünften Welle des QuBe-Projektes ein Fachkräfteindikator (FKI) geschaffen (vgl. Maier 2018; Zika u. a. 2018). Dieser ermöglicht einen Überblick über die mögliche Fachkräftesituation sowohl im Berufs- als auch im Zeitvergleich und ist insbesondere für die detaillierteren 141 Berufsgruppen bzw. Dreisteller der KldB 2010 geeignet, da auch die Arbeitsplatzsituation in den tätigkeitsähnlichen Berufshauptgruppen bzw. Zweistellern der KldB 2010 mitberücksichtigt wird (vgl. Methodenkasten 4). Der Fachkräfteindikator setzt sich gleichgewichtet aus einer berufsspezifischen Bilanzierung nach Arbeitsvolumen (Volumenindikator) und einem Strukturindikator zusammen. Der Strukturindikator bildet zum einen ab, wie groß die Anzahl der berufsspezifisch qualifizierten Personen aus dem Bildungssystem im Vergleich zu den nachgefragten Erwerbstätigen ist, d. h., ob eine Ausbildung über oder unter Bedarf stattfindet. Zum anderen berücksichtigt er, inwieweit Personen mit fachfremden Qualifikationen für die Tätigkeitsausübung in einem Beruf infrage kommen (Substituierbarkeit).

Die mögliche Wertespanne des FKI reicht prinzipiell von eins bis 100. In einer ausgeglichenen Arbeitsmarktsituation schwankt der Fachkräfteindikator um den Wert 50. Im Jahr 2015 lagen 80 Prozent der 141 in der Projektion betrachteten Berufsgruppen in einem Wertebereich zwischen 43 und 57. Werte ober- oder unterhalb dieser Werte deuten somit auf einen stärkeren Handlungsbedarf hin. Werte unter 20 oder über 80 werden auch in den Projektionen bislang nicht erreicht. Dabei gestaltet sich die Fachkräftesituation und damit die Rekrutierung für Betriebe umso einfacher, je mehr Punkte ein Beruf aufweist. Aus Sicht der Beschäftigten verhält es sich genau umgekehrt: Je niedriger der Fachkräfteindikator ausfällt, umso geringer ist die Konkurrenz für die Arbeitnehmer.

Methodenkasten 4: Indikatoren zur Bestimmung der Fachkräftesituation

Der Indikator zur Fachkräftesituation (FKI) berechnet sich gleichgewichtet aus den Volumenindikatoren VI = (VAI + VRI), und den strukturellen Indikatoren (SKI = QI + SI):

$$\mathrm{FKI} = \underbrace{\mathrm{VAI} + \mathrm{VRI}}_{\mathrm{VI}} + \underbrace{\mathrm{Qi} + \mathrm{SI}}_{\mathrm{SKI}}$$

Je höher die jeweiligen Werte sind, desto besser ist die Fachkräftesituation aus Sicht der Arbeitgeber und umgekehrt umso schwieriger aus Sicht der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer. Um Veränderungen im zeitlichen Verlauf und zwischen Berufen darstellen zu können, werden die metrischen Werte des Volumens in absoluten (VA) und relativen (VR) Größen, des beruflichen Qualifikationsangebotes (Q) und der Substitutionsmöglichkeit (S) in ein Punkteschema übertragen. Dabei erfolgt die Berechnung und die Punktevergabe für die 37 Berufshauptgruppen (bhg) und 141 Berufsgruppen (bg). So wird bei der Berechnung von QI und SI auch das Arbeitsangebot aus der übergeordneten Berufshauptgruppe berücksichtigt. Folgende Größen werden für die Berechnung verwendet (das Subskript beruf steht platzhaltend für bhg und bg) und entsprechend einem Punktesystem für VAI, VRI, QI und SI zugeordnet:

$$VA_{beruf} = Arbeitsvolumenpotenzial\ (in\ Mio.\ Stunden)_{beruf} - Arbeitsvolumen\ (in\ Mio.\ Stunden)_{beruf}$$

Ist $VA_{beruf} < -100$ Mio. Stunden, wird in VAI_{beruf} ein Punkt vergeben.
Ist $VA_{beruf} \geq 350$ Mio. Stunden, werden 20 Punkte vergeben.
Zwischen den beiden festgelegten Extremwerten werden die Punkte in Intervallen von 25 Millionen Stunden (ca. 17.000 Vollzeitkräfte) aufsummiert.

$$VR_{beruf} = \left(\left(\frac{Arbeitsvolumenpotenzial\ (in\ Mio.\ Stunden)_{beruf}}{Arbeitsvolumen\ (in\ Mio.\ Stunden)_{beruf}}\right)\right) - 1 \times 100$$

Wenn $VR_{beruf} < -14\,\%$ ist, erhält VRI_{beruf} den Wert 1.
Alle 1,5 Prozentpunkte wird VRI_{beruf} um einen Punkt erhöht.
Bei Werten $VR_{beruf} \geq 28\,\%$ ist $VRI_{beruf} = 30$.
Bei der Punktevergabe der Volumenindikatoren wird somit der relativen Betrachtung (VRI_{beruf}) eine höhere Bedeutung beigemessen als der absoluten (VRI_{beruf}) da sie eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den Berufen ermöglicht. Durch das Hinzuziehen der absoluten Betrachtungsweise werden beschäftigungsstarke Berufe aber stärker gewichtet.

$$Q_{beruf} = \frac{Anzahl\ Erwerbspersonen\ mit\ berufsspezifischem\ Abschluss_{beruf}}{Anzahl\ Erwerbstätige_{beruf}}$$

Für QI_{beruf} wird Q_{beruf} in 25 Intervalle mit dem Faktor 0,08 unterteilt, denen jeweils ein Punkt zugeschrieben wird. $QI_{beruf} = 1$, wenn $Q_{beruf} < 0{,}08$. $QI_{beruf} = 25$, wenn $Q_{beruf} \geq 12{,}5$.

$$S_{beruf} = \left(\left(1 - \frac{Anzahl\ Erwerbspersonen\ mit\ berufsspezifischem\ Abschluss\ im\ Beruf_{beruf}}{Anzahl\ Erwerberspersonen_{beruf}}\right)\right) \times 100$$

S_{beruf} liegt zwischen 0 % und 100 %. Dieser Wertebereich wird in 25 Intervalle mit einer Spanne von jeweils vier Prozentpunkten unterteilt. Jedem Intervall wird ein Punkt in SI_{beruf} zugeschrieben. $SI_{beruf} = 1$, wenn $S_{beruf} < 4\,\%$. $SI_{beruf} = 25$, wenn $S_{beruf} \geq 96\,\%$.

Bei der Berechnung auf Berufsgruppenebene berechnet sich $QI^*_{bg} = \left(\frac{1}{3}\right) QI_{bg} + \left(\frac{2}{3}\right) QI_{bhg}$ und $SI^*_{bg} = \left(\frac{1}{3}\right) SI_{bg} + \left(\frac{2}{3}\right) SI_{\left(\frac{bhg}{bg}\right)}$.

Eine detaillierte Beschreibung der Berechnungsweisen mit Begründung findet sich unter www.bibb.de/dokumente/pdf/qube_welle5_Indikatoren_Methodenbericht_DE_V1.pdf.

Tabelle 1 stellt die 20 Berufsgruppen dar, für die sich die Fachkräftesituation aus Arbeitgebersicht im Wirtschaft-4.0-Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion im Jahr 2035 am stärksten entspannt bzw. für die sich aus Arbeitnehmersicht die Konkurrenz erhöht. Zudem werden die Veränderungen für 2025 und 2030 sowie die Werte des FKI für die jeweiligen Jahre im Wirtschaft-4.0-Szenario aufgeführt.

Die Fachkräftesituation für Arbeitgeber wird sich in Folge der Digitalisierung vor allem in den Berufsgruppen *(512) Überwachung, Wartung, Verkehrsinfrastruktur, (531) Objekt-, Personen-, Brandschutz-, Arbeitssicherheit* und in der *(732) Verwaltung* entspannen (vgl. Tabelle 1). Bei der *(512) Überwachung, Wartung, Verkehrsinfrastruktur, (112) Tierwirtschaft* (FKI = 39) und *(732) Verwaltung* (FKI = 41) deutet der Fachkräfteindikator im Jahr 2035 aber weiterhin auf Fachkräfteengpässe hin. Hervorzuheben ist die Situation zudem in *(831) Erziehung, Sozialarbeit, Heilerziehungspflege*. Denn hier handelt es sich keineswegs um Berufe, die ein hohes Ersetzbarkeitspotenzial aufweisen. Im Gegenteil: Die Nachfrage nach Erwerbstätigen in diesen Berufen steigt im Wirtschaft-4.0-Szenario sogar leicht an. Aufgrund der in QINFORGE modellierten Lohnanpassungen bei Engpässen und daraus folgenden Anpassungen der beruflichen Mobilität nimmt das Arbeitsangebot in dieser Berufsgruppe stärker zu als der Bedarf.

Tabelle 2 enthält umgekehrt die 20 Berufsgruppen, für die sich die Fachkräftesituation aus Arbeitgebersicht erschwert bzw. aus Arbeitnehmersicht mit weniger Konkurrenz zu rechnen ist. Die Werte aller Berufsgruppen finden sich unter www.qube-data.de.

Die Rekrutierung von Fachkräften erschwert sich für Arbeitgeber infolge der Digitalisierung insbesondere in Berufen, die direkt mit der Umsetzung derselben verbunden sind. So wird sich durch den steigenden Bedarf an IT-Dienstleistungen die Rekrutierung in den Berufsgruppen *(434) Softwareentwicklung und Programmierung, (432) IT-Systemanalyse, Anwenderberatung IT-Vertrieb, (433) IT-Netzwerktechnik-Koordination, -Administration, -Organisation* sowie *(431) Informatik* im Vergleich zur Basisprojektion schwieriger gestalten. Insbesondere die Berufsgruppe *(432) IT-Systemanalyse, Anwenderberatung IT-Vertrieb* spielt in diesem Diffusionsprozess eine bedeutende Rolle. Hier deutet ein FKI von 40 auf Fachkräfteengpässe hin. Weitere Engpässe sind im Jahr 2035 in *(816) Psychologie, nicht ärztl. Psychotherapie* und *(823) Körperpflege* (jeweils FKI = 37) sowie in der *(271) Technischen Forschung und Entwicklung* (FKI = 44) erkennbar.

Die Branchen *Gesundheits- und Sozialwesen (Q)*, *Verkehr und Lagerei (H)* sowie *Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen (G)* haben den deutlichsten Rückgang an Erwerbstätigen. Das *Verarbeitende Gewerbe (CA bis CX)* und die *Landwirtschaft (A)* verlieren ebenfalls an Arbeitsplätzen. Der *Maschinenbau (CK)* verzeichnet hingegen einen leichten Zuwachs.

Tabelle 1: Die 20 Berufsgruppen mit der stärksten Erhöhung des Fachkräfteindikators im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion (vereinfachte Rekrutierungssituation für Arbeitgeber)

Nr.	Berufsgruppe der KldB 2010	FKI 2035 (W4.0 – Basis)	FKI 2030 (W4.0 – Basis)	FKI 2025 (W4.0 – Basis)	FKI 2035 (W4.0-Szenario)	FKI 2030 (W4.0-Szenario)	FKI 2025 (W4.0-Szenario)
512	Überwachung, Wartung der Verkehrsinfrastruktur	6	7	4	39	43	44
531	Objekt-, Personen-, Brandschutz, Arbeitssicherheit	4	3	1	46	48	48
732	Verwaltung	4	3	2	41	45	46
115	Tierpflege	3	3	1	50	52	53
116	Weinbau	3	2	1	40	41	45
623	Verkauf von Lebensmitteln	3	1	0	53	53	53
912	Geisteswissenschaften	3	2	0	69	67	64
821	Altenpflege	3	1	1	50	47	50
112	Tierwirtschaft	2	1	1	39	41	49
621	Verkauf (ohne Produktspezialisierung)	2	2	2	59	62	63
241	Metallerzeugung	2	1	2	58	59	59
714	Büro und Sekretariat	2	3	2	54	59	60
831	Erziehung, Sozialarbeit, Heilerziehungspflege	2	1	–1	40	41	43
914	Wirtschaftswissenschaften	2	3	1	57	56	54
113	Pferdewirtschaft	2	2	1	56	56	56
633	Gastronomie	2	3	3	61	64	65
121	Gartenbau	2	1	0	54	54	53
513	Lagerwirtschaft, Post, Zustellung, Güterumschlag	2	3	3	58	62	64
733	Medien-, Dokumentations-, Informationsdienste	2	1	1	51	53	53
832	Hauswirtschaft und Verbraucherberatung	2	5	2	60	65	66

Quelle: QuBe-Projekt, fünfte Welle, Wirtschaft-4.0-Szenario.

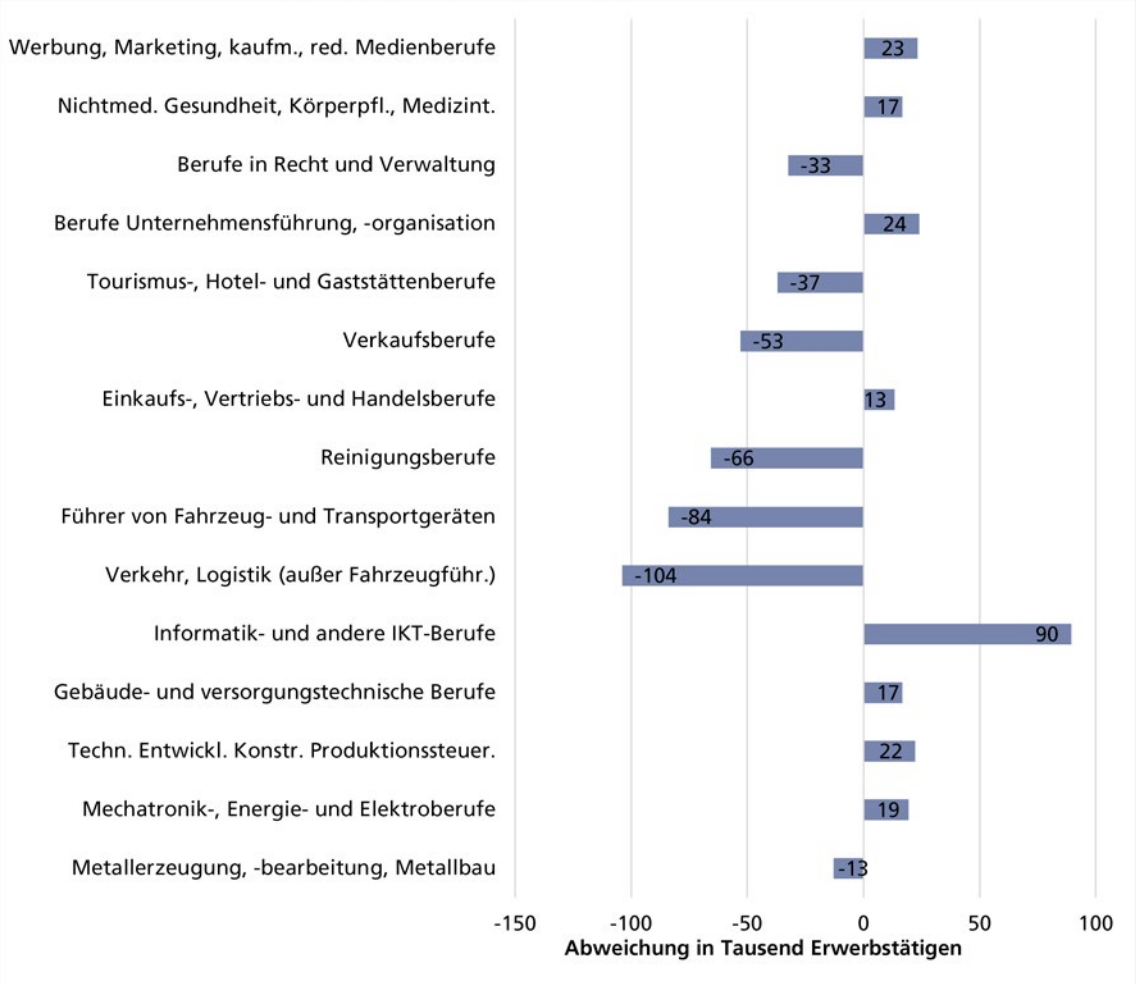
Tabelle 2: Die 20 Berufsgruppen mit der stärksten Verringerung des Fachkräfteindikators im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion (erschwerte Rekrutierungssituation für Arbeitgeber)

Nr.	Berufsgruppe der KldB 2010	FKI 2035 (W4.0 – Basis)	FKI 2030 (W4.0 – Basis)	FKI 2025 (W4.0 – Basis)	FKI 2035 (W4.0-Szenario)	FKI 2030 (W4.0-Szenario)	FKI 2025 (W4.0-Szenario)
434	Softwareentwicklung und Programmierung	-7	-8	-5	48	48	49
432	IT-Systemanalyse, Anwenderberatung, IT-Vertrieb	-7	-8	-4	40	41	45
431	Informatik	-6	-6	-3	48	48	50
936	Musikinstrumentenbau	-6	-6	-5	59	59	60
433	IT Netzwerktechnik, Koordination, Administration, Organisation	-5	-6	-4	48	47	49
712	Angeh. Gesetzgeb. Körperschaften, Interessenorganisationen	-5	-5	-2	56	53	53
211	Berg-, Tagebau und Sprengtechnik	-4	-4	-3	60	58	57
921	Werbung und Marketing	-3	-3	-2	52	53	53
933	Kunsthandwerk und bildende Kunst	-3	-5	-3	53	54	57
271	Technische Forschung und Entwicklung	-3	-3	-2	44	45	47
291	Getränkeherstellung	-2	-3	-1	57	55	56
816	Psychologie, nicht ärztl. Psychotherapie	-2	-1	-1	37	38	39
923	Verlags- und Medienwirtschaft	-2	-4	-1	54	53	54
711	Geschäftsführung und Vorstand	-2	-3	-2	49	50	52
823	Körperpflege	-2	-2	-2	37	40	42
922	Öffentlichkeitsarbeit	-2	-3	-2	49	50	50
924	Redaktion und Journalismus	-2	-3	-1	56	53	52
945	Veranstaltungs-, Kamera-, Tontechnik	-2	-1	-1	56	56	56
931	Produkt- und Industriedesign	-2	-1	-2	50	53	55
232	Technische Mediengestaltung	-2	-3	-1	51	51	52

Quelle: QuBe-Projekt, fünfte Welle, Wirtschaft-4.0-Szenario.

Abbildung 6 stellt die 15 Berufshauptgruppen mit den betragsmäßig höchsten Abweichungen in der Erwerbstätigenanzahl zwischen der QuBe-Basisprojektion und dem Wirtschaft-4.0-Szenario im Jahr 2035 dar. Die Abweichungen sowie die insgesamt benötigte Anzahl an Erwerbstätigen nach Berufshauptgruppen bzw. Zweistellern oder Berufsgruppen bzw. Dreistellern der KldB 2010 finden sich online im QuBe-Datenportal (www.qube-data.de, vgl. auch Methodenkasten 5).

Abbildung 6: Berufshauptgruppen mit den betragsmäßig größten Abweichungen an Erwerbstätigen im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion im Jahr 2035



Quelle: QuBe-Projekt, fünfte Welle, Wirtschaft-4.0-Szenario.

Methodenkasten 5: QuBe-Datenportal (www.qube-data.de)

Das QuBe-Datenportal ist eine interaktive Datenbankanwendung. Sie veranschaulicht die Ergebnisse der QuBe-Basisprojektion sowie des Wirtschaft-4.0-Szenarios und zeigt mögliche Entwicklungspfade von Arbeitsangebot und -nachfrage auf.

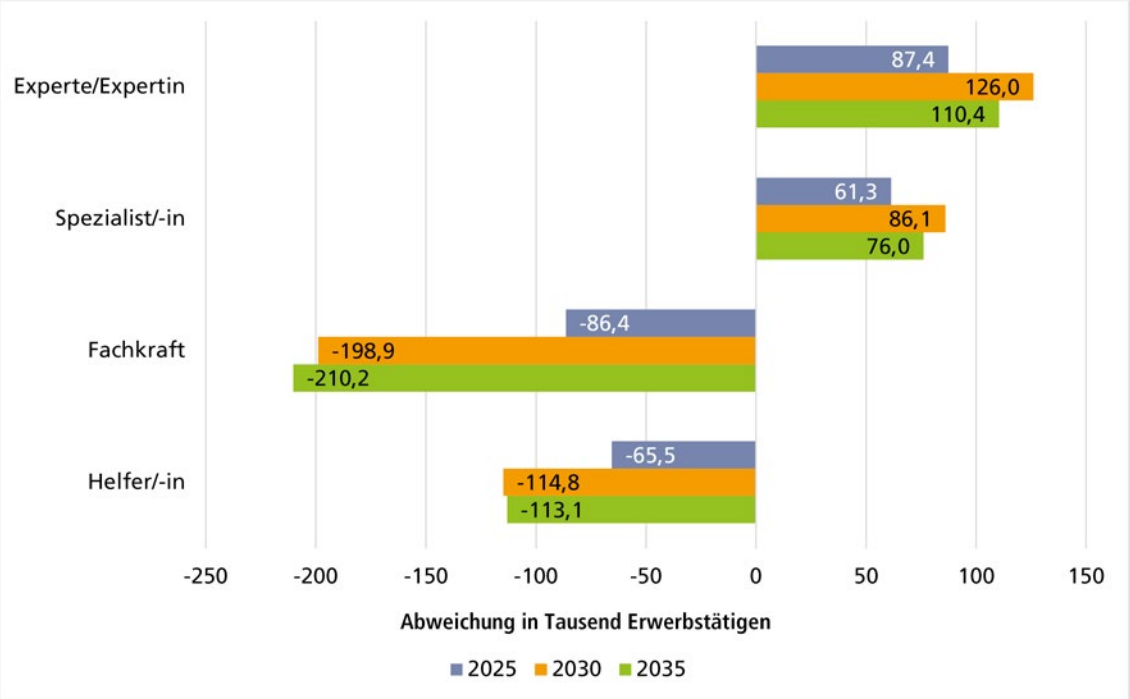
Die Ergebnisse der Basisprojektion können disaggregiert nach Berufsgruppen, Berufshauptgruppen oder Qualifikationen bzw. Anforderungsniveaus abgerufen werden. Auf der Angebotsseite wird auf der Personenebene die Zahl der Erwerbspersonen und auf der Stundenebene das Arbeitsvolumenpotenzial ausgewiesen. Auf der Nachfrageseite wird der Bedarf an Erwerbstätigen bzw. der Bedarf an Arbeitsvolumen aufgeführt, der für die Produktion der nachgefragten Güter bzw. die Bereitstellung der nachgefragten Dienstleistungen benötigt wird. Auch ist es möglich, die beiden Arbeitsmarktseiten gegenüberzustellen und die möglichen berufsspezifischen Fachkräftesituationen anhand des Fachkräfteindikators zu vergleichen.

Die Ergebnisse der Datenbank-Abfragen werden in Tabellen, Diagrammen und Karten dargestellt. Sie können in den Datei-Formaten SVG, PNG, HTML und CSV heruntergeladen sowie weiterverwendet werden.

Zum stärksten Rückgang an Arbeitsplätzen kommt es vor allem in den Berufshauptgruppen „Verkehr und Logistik“, „Führer von Fahrzeug und Transportgeräten“ sowie bei den „Reinigungsberufen“. In diesen Berufshauptgruppen finden vergleichsweise monotone Tätigkeiten statt, die gemäß des BIBB-Ersetzbarkeitsmaßes ein hohes Ersetzbarkeitspotenzial durch digitale Innovationen aufweisen (vgl. Abschnitt 2). Die Berufshauptgruppe, die am stärksten von der Transformation der deutschen Wirtschaft zu einer Wirtschaft 4.0 profitiert, ist die Berufshauptgruppe Informatik und andere IKT-Berufe. Sowohl die Zugewinne als auch der Abbau von Arbeitsplätzen wird sich vornehmlich in der zweiten Projektionshälfte niederschlagen.

Infolge des branchen- und berufsspezifischen Strukturwandels ergeben sich auch neue Anforderungen am Arbeitsplatz, die sich auf die Nachfrage nach Anforderungsniveaus insgesamt auswirken. So wirkt sich der Effekt der Digitalisierung am stärksten negativ auf die Nachfrage nach fachlich ausgebildeten Arbeitskräften aus. Hingegen steigt der Bedarf an Spezialistinnen und Spezialisten sowie Expertinnen und Experten an (vgl. Abbildung 7).

Abbildung 7: Zahl der Erwerbstätigen nach Anforderungsniveaus im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion



Quelle: QuBe-Projekt, fünfte Welle, Wirtschaft-4.0-Szenario.

Die dargestellten Ergebnisse kommen aufgrund der getroffenen Annahmen ❶–⓱ zustande und bilden einen in sich konsistenten Entwicklungspfad ab. Sofern Forschungserkenntnisse vorliegen sind sie empirisch abgeleitet oder wurden unter Einbeziehung einer Vielzahl an Informationen plausibilisiert. Dennoch wären für die Modellierung auch andere Parametereinstellungen denkbar. Diese werden im folgenden Abschnitt diskutiert.

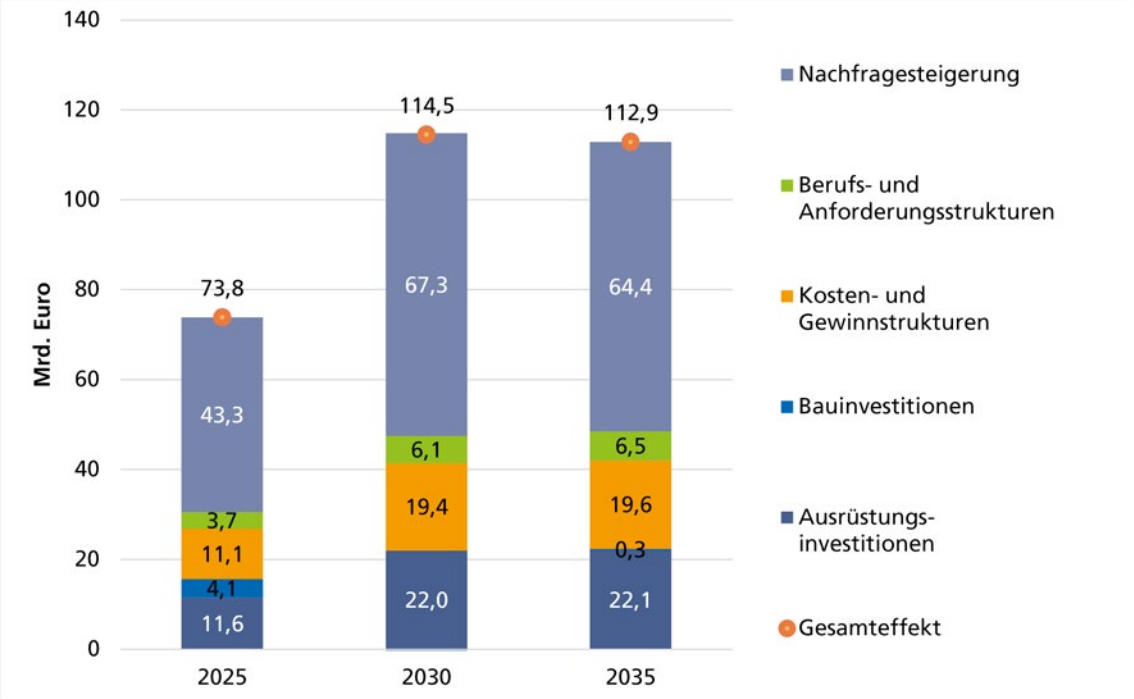
3.2 Diskussion

Die im vorangehenden Abschnitt 3.1 vorgestellten Ergebnisse sind entscheidend durch die zugrunde gelegten Annahmen bedingt. Um die Sensitivität der Ergebnisse hinsichtlich dieser Annahmen besser beurteilen zu können, werden die Auswirkungen der einzelnen Annahmen auf das Gesamtergebnis in diesem Abschnitt näher beleuchtet. Dazu erfolgt zunächst eine Darstellung der Ergebnisse getrennt nach einzelnen Annahmebündeln bzw. Teilschritten (vgl. Abbil-

dung 1). Daran anschließend werden zentrale Annahmen variiert und die Auswirkung dieser Variation auf das Gesamtergebnis diskutiert.

Abbildung 8 gibt den Einfluss der einzelnen Teilschritte (Annahmenbündel) auf das Bruttoinlandsprodukt wieder. Dabei zeigt sich, dass alle Teilschritte das Bruttoinlandsprodukt erhöhen, da sie die Konjunktur beschleunigen. Die Bauinvestitionen in ein „schnelles Internet" haben nur einen mittelfristigen Effekt. Die Veränderung der Berufs- und Anforderungsstruktur ebenfalls. Obwohl in diesem Teilschritt die Lohnsummen insgesamt nicht steigen, verändert sich die Einkommensstruktur hin zu tendenziell höher qualifizierten und damit besser entlohnten Berufen. Dadurch verändert sich die Einkommens- und Konsumstruktur der privaten Haushalte, die die Produktnachfrage erhöht.

Abbildung 8: Einfluss der Teilschritte auf das Bruttoinlandsprodukt



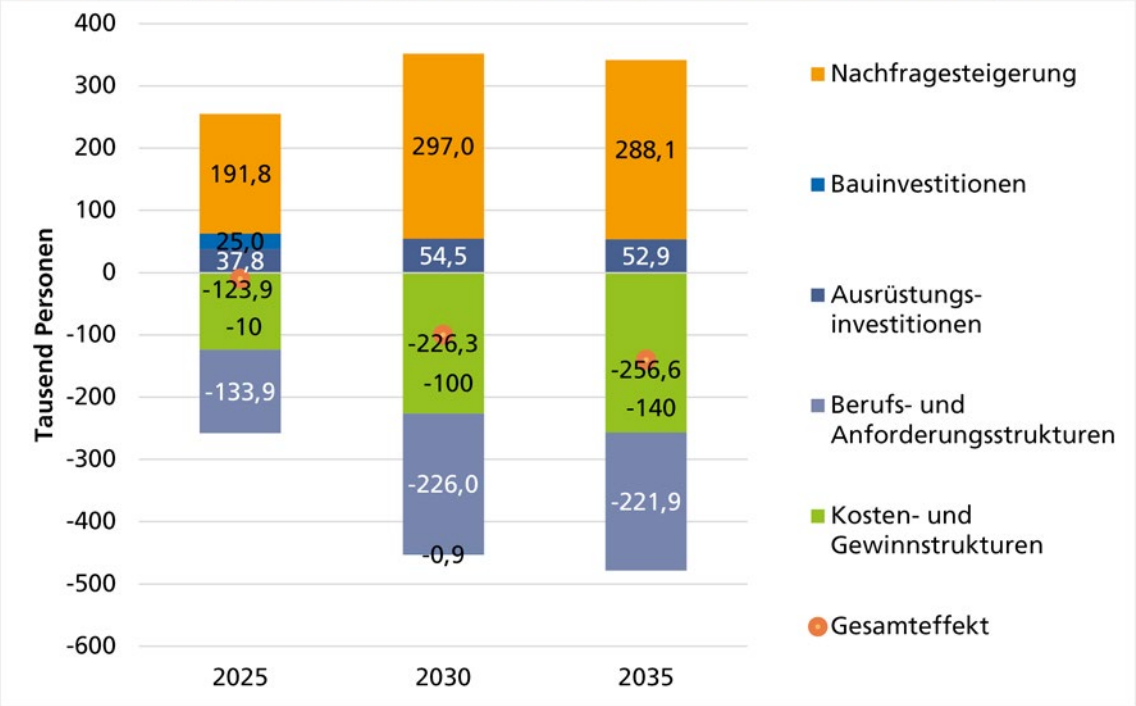
Quelle: QuBe-Projekt, fünfte Welle, Wirtschaft-4.0-Szenario.

Die postulierte Nachfragesteigerung im letzten Teilschritt zeigt den mit Abstand größten Effekt auf das Bruttoinlandsprodukt. Damit zeigt sich, dass mit dieser Annahme auch eine stärkere Unsicherheit verbunden ist. Sollte es Deutschland nicht gelingen, eine Vorreiterrolle beim Wandel hin zu einer Wirtschaft 4.0 einzunehmen, und dadurch an internationaler Wettbewerbsfähigkeit einbüßen, fallen die Wachstumseffekte einer zunehmenden Digitalisierung geringer aus als im Szenario dargestellt.

Wie Abbildung 9 zeigt, wirken sich die durchweg positiven Effekte der Teilszenarien unterschiedlich auf die Erwerbstätigkeit aus. In der Investitionsphase werden zunächst mehr Erwerbstätige benötigt, um die notwendige Technik und Infrastruktur bereitzustellen. Im Rahmen der nachfolgenden Veränderungen der Kosten- und Gewinnstruktur sowie der Anpassungen der Berufs- und Anforderungsstruktur werden hingegen Arbeitsplätze abgebaut. Allein die zunehmende Arbeitsproduktivität verringert die Anzahl an Arbeitsplätzen im Szenario um rund 230.000 im Jahr 2030 bzw. 260.000 im Jahr 2035. Die veränderte Berufsstruktur hin zu Berufen mit höheren Kreativitäts- und Interaktionsanforderungen und weniger monotonen Arbeitsabläufen verringert die Arbeitsnachfrage um weitere 230.000 Personen im Jahr 2030

bzw. 220.000 Personen im Jahr 2035. Ab 2025 übersteigen die negativen Effekte der Veränderung der Berufs- sowie der Kosten- und Gewinnstruktur die positiven Arbeitsmarkteffekte der anderen Teilschritte. Wie ersichtlich hat auch hier die unterstellte Nachfragesteigerung den stärksten Effekt. Gelingt es durch einen Wandel hin zu einer Wirtschaft 4.0, eine internationale Vorreiterrolle einzunehmen und dadurch den nationalen und internationalen Konsum zu steigern, können rund 300.000 Arbeitsplätze im Jahr 2030 bzw. 290.000 Arbeitsplätze im Jahr 2035 hinzugewonnen werden. Nimmt man somit an, dass es zu keinen Nachfragesteigerungen kommt, würde sich der gesamtwirtschaftliche Verlust an Arbeitsplätzen im Vergleich zur Basisprojektion nicht auf 140.000, sondern auf rund 430.000 Stellen im Jahr 2035 belaufen.

Abbildung 9: Zerlegung der Auswirkung der einzelnen Teilszenarien auf die Zahl der Erwerbstätigen



Quelle: QuBe-Projekt, fünfte Welle, Wirtschaft-4.0-Szenario.

Die vorgelegte Studie geht davon aus, dass Berufe unterschiedlich stark durch Maschinen und Algorithmen ersetzt werden können. Zur Ermittlung, welche Berufe ersetzbar sind und damit besonders von der Digitalisierung betroffen sein könnten, wird auf ein vom BIBB ermitteltes Ersetzbarkeitspotenzial zurückgegriffen (vgl. Methodenkasten 3). Dabei gibt es unterschiedliche Ansätze, sich der Programmier- und Ersetzbarkeit von beruflichen Aufgaben anzunähern (vgl. z. B. Bonin u. a. 2015; Brzeski/Burk 2015; Dengler/Matthes 2015; Pfeiffer/Suphan 2015; Tiemann 2016). In Wolter u. a. (2016) wurde für das Wirtschaft-4.0-Szenario das Automatisierungspotenzial von Dengler/Matthes (2015) in die Berechnungen eingebunden und ausgewiesen. Dieses Maß gibt Auskunft darüber, welcher Anteil der in einem Beruf typischerweise zu erledigenden Aufgaben 2013 bereits durch Computer hätte erledigt werden können. Dazu wurde recherchiert, ob Tätigkeiten, die in der Expertendatenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit für die Beschreibung der zu erledigenden Arbeitsaufgaben verwendet werden, vollständig von Maschinen, Robotern oder Computerprogrammen übernommen werden könnten. Dieser Desk Research wurde für das Jahr 2016 wiederholt (vgl. Dengler/Matthes 2018).

Nimmt man unter sonst gleichen Annahmen das von Dengler/Matthes (2018) ausgewiesene Ersetzbarkeitspotenzial anstelle des BIBB-Ersetzbarkeitspotenzials, zeigt sich eine größere berufliche Umwälzung am Arbeitsmarkt. So würden durch die Digitalisierung der

Wirtschaft im Jahr 2030 rund 850.000 Arbeitsplätze (im Vergleich zu 570.000) neu entstehen und 930.000 Arbeitsplätze (im Vergleich zu 670.000) wegfallen, womit es zu einer Verschiebung von 1,78 Millionen von 45,2 Millionen Arbeitsplätzen und somit rund 3,9 Prozent (der Arbeitsplätze kommen würde (im Vergleich zu 1,24 Millionen bzw. 2,7 Prozent im dargestellten Szenario). Der Netto-Arbeitsplatzrückgang beläuft sich hingegen „nur" auf 80.000 Arbeitsplätze im Jahr 2030 und auf 120.000 Arbeitsplätzen im Jahr 2035. Dieser Unterschied kann – sehr stark verkürzt – auf die Berufsgruppe „(521) Fahrzeugführung im Straßenverkehr" zurückgeführt werden. Das BIBB-Ersetzbarkeitsmaß geht hier aufgrund der Monotonie und geringen Kreativitäts- und Interaktionsanforderungen von einer höheren Ersetzbarkeit aufgrund z. B. selbstfahrender Fahrzeuge aus als das Automatisierungspotenzial von Dengler/Matthes (2018). In der Tendenz zeigt sich bei Dengler/Matthes (2018) auch ein stärkerer Rückgang in den Produktionsberufen und den fachlichen Tätigkeiten im Bürobereich. Obwohl beide Ansätze zur Erfassung des Potenzials an Programmierbarkeit ähnliche Entwicklungen aufzeigen, unterscheiden sie sich im Ergebnis hinsichtlich der Menge an Arbeitsplätzen, die durch einen Wandel hin zu einer Wirtschaft 4.0 betroffen sind. Wie die Projektion kann auch die Abschätzung eines Ersetzbarkeitspotenzials durch Roboter und digitale Innovationen nur eine Annäherung an die tatsächliche zukünftige Arbeitswelt darstellen. Diese Annäherung kann nur unter dem derzeit bekannten Wissen erfolgen. Durch die Kenntnis des technologisch Möglichen können zwar Hinweise über die Veränderung der Tätigkeitsnachfrage, nicht aber über das Ende der Arbeit abgeleitet werden.

Eine Vielzahl an Faktoren wie z. B. betriebswirtschaftliche Überlegungen, die Gestaltung rechtlicher Rahmenbedingungen oder die menschliche Akzeptanz von neuen Technologien wird die Diffusion von Technologien und damit auch deren Komplementarität bzw. Substitution menschlicher Arbeit bestimmen. Aufgrund des Hinzuziehens betrieblicher Brancheninformationen für die Ersetzbarkeit von Arbeitsaufgaben durch Technologien bietet das BIBB-Ersetzbarkeitsmaß für die vorliegende Fragestellung eine differenzierte Annäherung an die mögliche zukünftige Ersetzbarkeit von Tätigkeiten.

Kritisch zu prüfen sind zudem Annahmen, die vor dem Hintergrund fehlender Erkenntnisse plausibilisiert werden mussten. Während von vielfältigen Seiten der Bedarf von Weiterbildungsleistungen bei neuen Technologien betont wird, ist es relativ unklar, wie viele Personen in den Betrieben tatsächlich eine zusätzliche Weiterbildung durchlaufen werden. Denkbar wäre z. B. auch, dass sich die Kosten und Teilnahmequoten an Weiterbildungen nicht verändern, die zur Verfügung stehenden Ressourcen für Weiterbildung aber anders eingesetzt werden. Um die Auswirkungen der Annahme, dass rund 80 Prozent der Beschäftigten bis 2030 an einer zusätzlichen Weiterbildung im Kontext der Digitalisierung teilnehmen werden (vgl. Erläuterungen zur Annahme ❼), besser beurteilen zu können, wird in einer Sensitivitätsanalyse angenommen, dass nur 40 Prozent der Beschäftigten zusätzlich geschult werden. Es zeigt sich, dass die gesamtwirtschaftliche Beschäftigung mit dieser Einstellung um rund 8.000 Erwerbstätige im Jahr 2030 zurückgeht. Der Einfluss der Weiterbildungsmaßnahmen auf das Gesamtergebnis ist somit gering. Mit rund 2.000 Erwerbstätigen ist die Auswirkung für die die Berufsgruppe *(844) Lehrtätigkeit an außerschulischen Bildungsreinrichtungen* hingegen etwas größer.

Die mit diesem Bericht vorgelegten Ergebnisse stellen bereits die dritte Berechnung eines Industrie-4.0- (vgl. Wolter u. a. 2015) bzw. Wirtschaft-4.0-Szenarios (vgl. Wolter u. a. 2016) im Rahmen des QuBe-Projekts dar. Aufgrund der neuen Datenquellen, veränderten Annahmen wie z. B. dem angestrebten Umsetzungszeitraum einer Wirtschaft 4.0 und der Modellierung der Ersetzbarkeiten sowie Änderungen an der Methodik (141 Berufsgruppen im Vergleich zu 50 BIBB-Berufsfeldern) sind die Ergebnisse dieses Berichts nicht direkt mit den vorherigen Ergebnissen vergleichbar. Dementsprechend ersetzen sie auch nicht die existierenden Studien. Zudem ist zu berücksichtigen, dass auch in der QuBe-Basisprojektion als Referenzszenario veränderte Rahmenbedingungen wie z. B. eine steigende Bevölkerungszahl erkennbar werden.

4 Die Arbeitswelt einer Wirtschaft 4.0

Tabelle 3 enthält die Kenngrößen der ökonomischen Entwicklung, die zu den Ergebnissen des Arbeitsmarkts in wechselseitiger Beziehung stehen.

Langfristig wird demnach das Wirtschaftswachstum in Deutschland auf unter ein Prozent zurückgehen. Mitverantwortlich für die schwächer werdende Wachstumsdynamik ist der einsetzende Rückgang des Arbeitskräfteangebots, der auch durch Produktivitätssteigerungen nicht gänzlich kompensiert werden kann.

Der Konsum der privaten Haushalte wird wegen der nach 2028 zurückgehenden Bevölkerungszahl an Dynamik verlieren. Verlangsamen wird sich zudem die Exportentwicklung entsprechend der Modellrechnungen mit TINFORGE[8] zur Entwicklung des Welthandels. Zwar kann der Außenhandel mittelfristig weiter positiv zum Gesamtwachstum beitragen, langfristig wird sich der positive Wachstumsbeitrag des Außenhandels aber nicht aufrechterhalten lassen und zum Ende der Projektion negativ werden. Diesen Trend mildert zwar die Annahme ab, dass Deutschland bei der Digitalisierung eine Vorreiterrolle einnimmt. Der Effekt reicht jedoch nicht aus, um den langfristigen Rückgang des Außenbeitrags zu verhindern. Dennoch bleibt der Außenbeitrag positiv und im Vergleich mit anderen Industrieländern auf einem hohen Niveau.

Die Bauinvestitionen werden nach der gegenwärtigen Phase des „Baubooms“ langfristig wieder zurückgehen. Zwar werden weiterhin viele neue Wohnungen gebaut, die Anzahl der Neubauten wird aber über die Jahre abnehmen. Wie bereits beschrieben, lässt das Wirtschaftswachstum zwar im Projektionszeitraum nach, die Wachstumsraten des Bruttoinlandsprodukts pro Kopf bleiben dennoch auf einem höheren Niveau, da sich das Bruttoinlandsprodukt auf eine abnehmende Bevölkerungszahl verteilt.

8 Zur Modellierung vgl. Wolter u. a. 2014.

Tabelle 3: Entwicklung der Verwendungsseite des Bruttoinlandsprodukts (BIP) und ausgewählter Arbeitsmarktgrößen 2005–2035

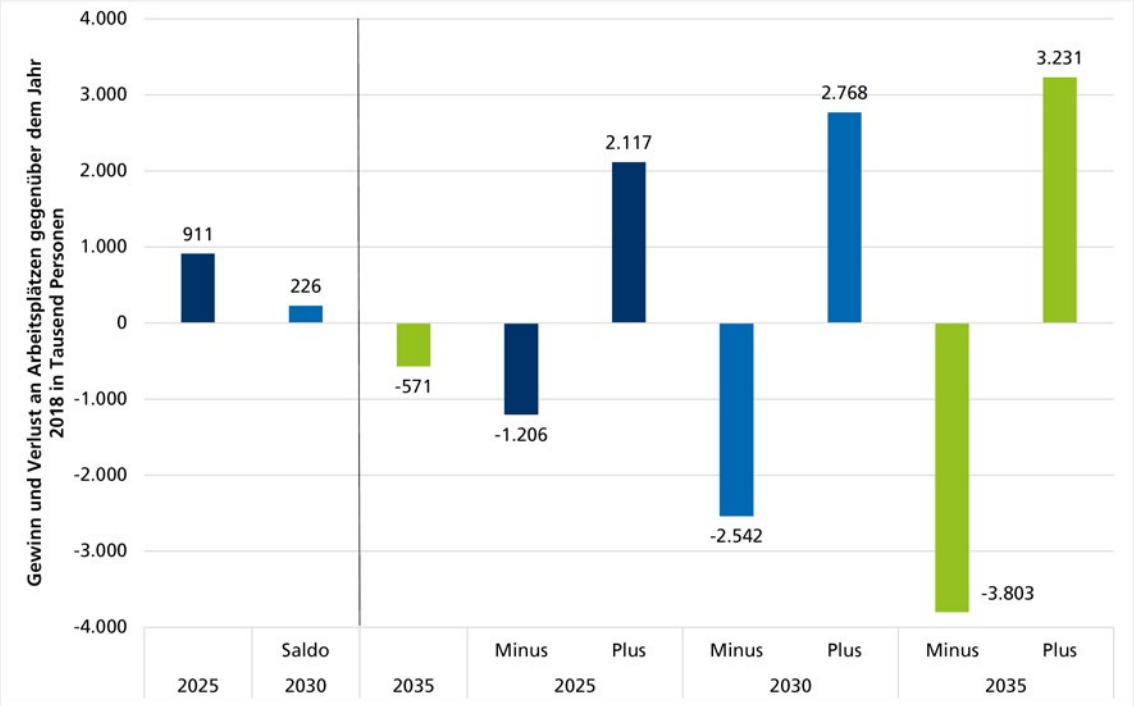
Verwendungsseite des BIP/Arbeitsmarkgrößen	Jahr						
	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
BIP in Milliarden Euro (preisbereinigt, Basis 2010)	2426,5	2580,1	2800,9	3105,6	3270,7	3431,5	3528,2
BIP pro Kopf (preisbereinigt, Basis 2010)	29.833,2	32.136,6	34.288,3	37.182,5	38.788,5	40.654,9	41.942,9
Konsum des Staates in Milliarden Euro (preisbereinigt, Basis 2010)	446,3	493,3	532,7	599,2	654,4	691,3	725,0
Konsum privater Haushalte in Milliarden Euro (preisbereinigt, Basis 2010)	1.332,7	1.372,9	1.452,9	1.587,4	1.682,1	1.780,9	1.859,0
Bauinvestitionen in Milliarden Euro (preisbereinigt, Basis 2010)	228,9	237,1	256,8	284,9	268,3	255,0	248,2
Exporte (preisbereinigt, Basis 2010)	866,5	1.067,0	1.333,1	1.588,9	1.824,2	2.102,5	2.367,1
Importe (preisbereinigt, Basis 2010)	719,0	898,8	1.087,9	1.335,5	1.569,8	1.851,1	2.147,5
Bevölkerung in Millionen Personen	81,3	80,3	81,7	83,5	84,3	84,4	84,1
Erwerbsbevölkerung in Millionen Personen[1]	59,5	57,4	57,8	58,9	58,5	57,3	55,4
Erwerbspersonen in Millionen Personen	43,7	43,8	44,9	46,5	46,8	46,3	45,5
Erwerbstätige in Millionen Personen	39,3	41,0	43,1	45,5	45,8	45,1	44,3
Erwerbstätigenquote[2]	66,1	71,4	74,5	77,3	78,3	78,7	80,0
Erwerbslose in Millionen Personen	4,506	2,8	1,9	1,1	1,1	1,3	1,3
Arbeitsvolumen in Milliarden Stunden	55,5	57,0	58,9	61,3	60,9	60,7	60,5
Arbeitsvolumenpotenzial[3] in Milliarden Stunden	70,7	64,9	63,4	65,7	66,2	65,5	64,6
Entwicklung des Stundenlohnes (Basis 2010)[4]	92	100	115	134	151	166	182
Jahresarbeitszeit in Stunden	1.323,5	1.309,6	1.301,5	1.275,2	1.259,5	1.275,1	1.295,3

[1] Bevölkerung im Alter von 15 bis unter 70 Jahre [2] Erwerbstätige bezogen auf die Erwerbsbevölkerung [3] Das Arbeitsvolumenpotenzial ist ein hypothetisches Konstrukt, das angibt, wie groß das Arbeitsangebot gemessen in Stunden tatsächlich ist. Zur Berechnung dieses Konstrukts wird die Anzahl der Erwerbspersonen mit den gewünschten jährlichen Arbeitsstunden multipliziert (vgl. Zika u. a. 2012). [4] Stundenlohn ist nicht preisbereinigt.

Quelle: QuBe-Projekt, fünfte Welle, Wirtschaft-4.0-Szenario.

Vergleicht man die Arbeitslandschaft im Wirtschaft-4.0-Szenario auf der Ebene von 63 Wirtschaftszweigen, 141 Berufsgruppen und vier Anforderungsniveaus mit der Arbeitslandschaft im Jahr 2018 (vgl. Abbildung 10), können die Umwälzungen auf Arbeitsplatzebene angenähert werden. Es zeigt sich, dass sich die beiden Arbeitswelten „Wirtschaft 4.0 im Jahr 2030“ und „Arbeitswelt 2018“ hinsichtlich ihrer Branchen-, Berufs- und Anforderungsstruktur deutlich voneinander unterscheiden. In der digitalisierten Welt wird es im Jahr 2030 einerseits 2.542.000 Arbeitsplätze nicht mehr geben, die nach der Basisprojektion noch vorhanden sein werden. Andererseits werden im Wirtschaft-4.0-Szenario ebenfalls 2.768.000 Arbeitsplätze entstanden sein, die in der Basisprojektion nicht existieren werden. Zusammengefasst unterscheidet sich der Charakter der Arbeitslandschaft im Wirtschaft-4.0-Szenario um 5,2 Millionen von 45,2 Millionen Arbeitsplätzen und somit rund 11,7 Prozent von der Arbeitslandschaft im Jahr 2018.

Abbildung 10: Nicht mehr vorhandene und neu entstandene Arbeitsplätze im Vergleich zum Jahr 2018



Quelle: QuBe-Projekt, fünfte Welle, Wirtschaft-4.0-Szenario.

5 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Studie untersucht die Wirkungen der Einführung einer Wirtschaft 4.0 auf die Gesamtwirtschaft und den Arbeitsmarkt in Deutschland. Dabei werden im Rahmen einer Szenarioanalyse unterschiedliche Arbeitswelten miteinander verglichen. Als Vergleichsgröße dient hierbei die QuBe-Basisprojektion der fünften Welle aus dem Jahr 2018. Das Wirtschaft-4.0-Szenario wurde auf Grundlage von (Wolter u. a. 2016) weiterentwickelt und an neu gewonnene Erkenntnisse angepasst (vgl. Abschnitt 1 und Abschnitt 2.2). So wird im Gegensatz zu den vorherigen Veröffentlichungen von einer längeren Umsetzungsphase einer „Wirtschaft 4.0“ ausgegangen (bis 2030 statt 2025), um eine verzögerte Umsetzung von Wirtschaft 4.0 zu berücksichtigen. Als weitere Neuerung konnte durch die Umstellung von 50 BIBB-Berufsfeldern auf 141 Berufsgruppen nach der KldB 2010 eine Erhöhung des fachlichen Detailgrades erreicht werden. Zudem erlaubt die Verwendung des empirisch basierten BIBB-Ersetzbarkeitspotenzials eine Differenzierung des Ersetzbarkeitspotenzials auf Berufsebene zwischen Branchen.

Werden sämtliche Annahmen in die Betrachtung miteinbezogen, wird sich eine im Jahr 2030 bzw. 2035 digitalisierte Arbeitswelt („Wirtschaft 4.0“) von einer Welt deutlich unterscheiden, die sich an historisch beobachtbaren Entwicklungen orientiert („QuBe-Basisprojektion“). Es zeigt sich, dass im Jahr 2030 rund 100.000 Erwerbstätige bzw. 140.000 im Jahr 2035 weniger als in der QuBe-Basisprojektion benötigt werden. Bezogen auf die 45,1 Millionen Erwerbstätige in der QuBe-Basisprojektion im Jahr 2030 bzw. 44,3 Millionen im Jahr 2035 erscheint dies gering. Zudem zeigt sich bei einem Vergleich der Arbeitslandschaft im Jahr 2030 bzw. 2035 mit der heutigen Situation im Jahr 2018, dass sich die Arbeitslandschaften sehr stark unterscheiden. Im Wirtschaft-4.0-Szenario werden auf der einen Seite 2.542.000 Arbeitsplätze wegfallen und gleichzeitig 2.768.000 Arbeitsplätze entstehen. Dies entspricht einer Gesamtveränderung der Arbeitslandschaft um 5,2 Millionen von 45,2 Millionen Arbeitsplätzen und somit 11,7 Prozent aller Arbeitsplätze.

Zwar zeigt sich, dass die ermittelten Effekte auf den Arbeitsmarkt zwischen verschiedenen Ersetzbarkeitspotenzialen variieren, dennoch bekräftigen die Ergebnisse die bereits in Wolter u. a. 2016 ermittelten Effekte der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt in Deutschland. Dabei geht die Digitalisierung vor allem mit einer Verschiebung der Berufsstruktur einher, die aus der Entstehung und dem Verschwinden von Arbeitsplätzen in Folge der Digitalisierung resultiert. Der Verlust an Arbeitsplätzen insgesamt fällt dagegen verhältnismäßig gering aus. Auch Warning/Weber (2018) kommen in einer Untersuchung der Digitalisierungswirkungen auf betrieblicher Ebene zu dem Ergebnis, dass Entlassungen zwar tendenziell zunehmen, der Beschäftigungsstand aber aufgrund ebenso erhöhter Einstellungen nicht sinkt. Genauso ergeben sich Verschiebungen hin zu höheren Qualifikationen. Zu einem mit der vorliegenden Studie vergleichbaren Ergebnis kommen auch Arntz u. a. (2018). Allerdings wirkt sich bei Arntz u. a. (2018) der Gesamteffekt der Digitalisierung schwach positiv auf die Erwerbstätigkeit aus. Der Grund hierfür kann in unterschiedlichen Annahmen hinsichtlich der Ersetzbarkeit von Tätigkeiten und einem kürzeren Projektionszeitraum in Arntz u. a. (2018) gesehen werden. In der mittleren Frist wirken sich dabei insbesondere die notwendigen Investitionen zur Umsetzung der Wirtschaft 4.0 positiv auf die Beschäftigung aus.

Die hier vorgestellten Ergebnisse zeichnen zwar gegenüber den in der öffentlichen Debatte häufig geäußerten Befürchtungen von massiven Arbeitsverlustverlusten in Folge der Digitalisierung ein optimistischeres Bild, sollten aber vor dem Hintergrund umfassender struktureller Veränderungen nicht darüber hinwegtäuschen, dass umfassende Anstrengungen notwendig

sind, um die Erwerbspersonen auf die neuen Herausforderungen vorzubereiten. Dies betrifft insbesondere Investitionen in die Weiterbildung.

Zudem basieren die hier vorgestellten Ergebnisse auf einer annahmengestützten Analyse. Beispielsweise wird davon ausgegangen, dass Deutschland eine Vorreiterrolle in der Umsetzung von Wirtschaft-4.0-Technologien einnimmt, womit eine Nachfragesteigerung aus dem Ausland aufgrund des Wettbewerbsvorteils verbunden ist. Die Sensitivitätsanalysen in Abschnitt 3.2 zeigen, dass diese Annahme den stärksten Einfluss auf das Bruttoinlandsprodukt entfaltet. Schreiten dagegen andere Länder in der Umsetzung der Wirtschaft 4.0 schneller voran, würde Deutschland an internationaler Wettbewerbsfähigkeit einbüßen und die positiven Nachfrageeffekte würden sich ins Gegenteil umkehren. Die Folge wären stärkere negative Effekte der Digitalisierung auf den deutschen Arbeitsmarkt. Es ist daher unerlässlich, die notwendigen Maßnahmen zur Sicherung der Vorreiterrolle Deutschlands bei der Digitalisierung wie den Ausbau des schnellen Internets zügig voranzutreiben. Darüber hinaus sollten sich nachfolgende Untersuchungen eingehender mit der Frage beschäftigen, wie sich die Umsetzung von Wirtschaft 4.0 in anderen Regionen der Welt auf die deutsche Wirtschaft auswirkt.

Die Umsetzung von Wirtschaft 4.0 befindet sich noch in der Anfangsphase und wird noch einige Jahre in Anspruch nehmen. Erst im Verlauf dieses Prozesses wird es möglich sein, Aussagen darüber zu treffen, inwieweit vorhandene Ersetzbarkeitspotenziale von den Betrieben auch tatsächlich genutzt werden. Mögliche Hemmnisse können beispielsweise rechtliche und betriebswirtschaftliche Beschränkungen sein. Es ist daher erforderlich, die hier vorgestellten Ergebnisse regelmäßig an neue Forschungserkenntnisse anzupassen und somit die Grundlage für ein steuerndes Eingreifen zu schaffen.

Anhang

Tabelle 4: Zuordnung der Wirtschaftszweige zu den Branchengruppen

WZ Zweisteller	Bezeichnung des Wirtschaftszweiges	Branchen-gruppe
1	Landwirtschaft	5
2	Forstwirtschaft	5
3	Fischerei	5
5–9	Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	5
10–12	H. v. Nahrungsmitteln und Getränken, Tabakverarb.	6
13–15	H. v. Textilien, Bekleidung, Lederwaren und Schuhen	6
16	H. v. Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (oh. Möbel)	2
17	H. v. Papier, Pappe und Waren daraus	2
18	H. v. Druckerzgn., Vervielfält. v. Ton-, Bild-, Datenträgern	3
19	Kokerei und Mineralölverarbeitung	3
20	H. v. chemischen Erzeugnissen	3
21	H. v. pharmazeutischen Erzeugnissen	3
22	H. v. Gummi- und Kunststoffwaren	3
23	H. v. Glas, -waren, Keramik, Verarb. v. Steinen und Erden	4
24	Metallerzeugung und -bearbeitung	3
25	H. v. Metallerzeugnissen	3
26	H. v. DV-Geräten, elektron. und optischen Erzeugnissen	2
27	H. v. elektrischen Ausrüstungen	2
28	Maschinenbau	2
29	H. v. Kraftwagen und Kraftwagenteilen	2
30	Sonstiger Fahrzeugbau	2
31–32	H. v. Möbeln und sonstigen Waren	5
33	Rep. und Installation v. Maschinen und Ausrüstungen	2
35	Energieversorgung	3
36	Wasserversorgung	3
37–39	Abwasser-, Abfallentsorgung, Rückgewinnung	3
41–43	Baugewerbe	6
45	Kfz-Handel, Instandhaltung und Rep. v. Kfz	3
46	Großhandel (oh. Handel mit Kfz)	3
47	Einzelhandel (oh. Handel mit Kfz)	4
49	Landverkehr und Transport in Rohrfernleitungen	5

Tabelle 4: Zuordnung der Wirtschaftszweige zu den Branchengruppen (Fortsetzung)

WZ Zweisteller	Bezeichnung des Wirtschaftszweiges	Branchen-gruppe
50	Schifffahrt	5
51	Luftfahrt	5
52	Lagerei, sonst. Dienstleister f. d. Verkehr	5
53	Post-, Kurier- und Expressdienste	5
55-56	Gastgewerbe	4
58	Verlagswesen	1
59-60	Audiovisuelle Medien und Rundfunk	1
61	Telekommunikation	1
62-63	IT- und Informationsdienstleister	1
64	Finanzdienstleister	2
65	Versicherungen und Pensionskassen	2
66	Mit Finanz- und Versicherungsdienstl. verb. Tätigkeiten	2
68	Grundstücks- und Wohnungswesen	5
69-70	Rechts- und Steuerberatung, Unternehmensberatung	2
71	Architektur- und Ing.büros, techn. Untersuchung	3
72	Forschung und Entwicklung	1
73	Werbung und Marktforschung	1
74-75	Freiberufl., wiss., techn. DL a. n. g., Veterinärwesen	4
77	Vermietung von beweglichen Sachen	4
78	Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften	2
79	Reisebüros und -veranstalter	4
80-82	Unternehmensdienstleister a. n. g.	4
84	Öff. Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	3
85	Erziehung und Unterricht	4
86	Gesundheitswesen	2
87-88	Heime und Sozialwesen	4
90-92	Kunst und Kultur, Glücksspiel	5
93	Sport, Unterhaltung und Erholung	5
94	Interessenvertretungen, religiöse Vereinigungen	3
95	Rep. v. DV-Geräten und Gebrauchsgütern	2
96	Sonstige überwiegend persönl. Dienstleister	6
97-98	Häusliche Dienste	6

Quelle: QuBe-Projekt, fünfte Welle, Wirtschaft-4.0-Szenario.

Literaturverzeichnis

Almon, Clopper: The Inforum Approach to Interindustry Modeling. In: Economic Systems Research 31 (1991), S. 1–8. URL: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09535319100000001 (Stand: 30.01.2019)

Arntz, Melanie; Gregory, Terry; Zierahn, Ulrich: Digitalisierung und die Zukunft der Arbeit: Makroökonomische Auswirkungen auf Beschäftigung, Arbeitslosigkeit und Löhne von morgen. Mannheim 2018. URL: https://www.zew.de/de/publikationen/digitalisierung-und-die-zukunft-der-arbeit-makrooekonomische-auswirkungen-auf-beschaeftigung-arbeitslosigkeit-und-loehne-von-morgen/?cHash=117762c87bbb21f0230a547d294dea02 (Stand: 30.01.2019)

Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI): Finanzierung von Industrie 4.0. 2017. URL: https://bdi.eu/artikel/news/finanzierung-von-industrie-40/ (Stand: 30.01.2019)

Biermann, Kai; Klormann, Sybille: Cyber-Kommando der Bundeswehr – Freiwillige und Nerds – was ist das für eine Truppe? 05.04.2017. URL: https://www.zeit.de/digital/internet/2017-04/cyber-armee-bundeswehr-ursula-von-der-leyen (Stand: 30.01.2019)

BITKOM: Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Studie. Berlin 2014. URL: https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Industrie-40-Volkswirtschaftliches-Potenzial-fuer-Deutschland.html (Stand: 30.01.2019)

BITKOM: Industrie 4.0: Jede vierte Maschine ist smart. 2018. URL: https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Industrie-40-Jede-vierte-Maschine-ist-smart.html (Stand: 30.01.2019)

Bundesministerium der Verteidigung (BMVg): Bundeswehr schützen und Fähigkeiten weiterentwickeln. 2018. URL: https://www.bmvg.de/de/themen/cybersicherheit/cyber-verteidigung/entwicklung-des-org-bereich-bei-der-bw/bundeswehr-schuetzen-und-faehigkeiten-weiterentwickeln-12050 (Stand: 30.01.2019)

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): Zukunftsoffensive Gigabit – Deutschland. Offensive der Netzallianz zum Ausbau gigabitfähiger konvergenter Netze bis 2025. 2017. URL: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/netzallianz-digitales-deutschland.html

Bonin, Holger; Gregory, Terry; Zierahn, Ulrich: Kurzexpertise Nr. 57. Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. Mannheim 2015. URL: https://www.zew.de/publikationen/uebertragung-der-studie-von-freyosborne-2013-auf-deutschland/

Brzeski, Carsten; Burk, Inga: Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt. In: ING DiBa Economic Research (2015). URL: https://www.ing-diba.de/binaries/content/assets/pdf/ueber-uns/presse/publikationen/ing-diba-economic-analysis-die-roboter-kommen.pdf

Dengler, Katharina; Matthes, Britta: Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland. In: IAB-Forschungsbericht 11/2015. Nürnberg 2015. URL: https://www.iab.de/de/publikationen/forschungsbericht/publikationendetails-forschungsbericht.aspx/Publikation/k151209302 (Stand: 30.01.2019)

Dengler, Katharina; Matthes, Britta: Substituierbarkeitspotenziale von Berufen. Wenige Berufsbilder halten mit der Digitalisierung Schritt. In: IAB-Kurzbericht 4/2018. Nürnberg 2018. URL: https://www.iab.de/de/publikationen/kurzbericht/publikationendetails-kurzbericht.aspx/Publikation/k180213301 (Stand: 30.01.2019)

Fischer, Hartmut; Lichtblau, Karl; Meyer, Bernd; cheelhase, Janina: Wachstums- und Beschäftigungsimpulse rentabler Dematerialisierung. In: Aachener Stiftung Kathy Beys (Hrsg.): Ressourcenproduktivität als Chance – Ein langfristiges Konjunkturprogramm für Deutschland, S. 31–48. Aachen 2005

Frey, Carl B.; Osborne, Michael A.: The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation? In: Technological Forecasting and Social Change 114 (2013), S. 254–280

Gerhards, Christian; Friedrich, Anett: BIBB-Qualifizierungspanel 2016. In: BIBB-FDZ – Daten- und Methodenberichte 1/2018. Bonn 2018. URL: https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/show/9562 (Stand: 30.01.2019)

Helmrich, Robert; Tiemann, Michael; Troltsch, Klaus; Lukowski, Felix; Neuber-Pohl, Caroline; Lewalder, Anna Christin; Güntürk-Kuhl, Betül: Digitalisierung der Arbeitslandschaften. Keine Polarisierung der Arbeitswelt, aber beschleunigter Strukturwandel und Arbeitsplatzwechsel. In: Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.): Wissenschaftliche Diskussionspapiere 180. Bonn 2016. URL: https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/show/8169 (Stand: 30.01.2019)

Helmrich, Robert; Wolter, Marc Ingo; Zika, Gerd; Maier, Tobias: Future Skilled-Labour Markets in Germany: From Model-Based Calculations to Scenarios. In: Statistika 93 3 (2013), S. 1–21. URL: https://www.czso.cz/documents/10180/23164307/180213q3070.pdf/cf20b49d-2a17-48bd-a02c-cf9a59afcd3c?version=1.0 (Stand: 30.01.2019)

Helmrich, Robert; Zika, Gerd (Hrsg.): Beruf und Qualifikation in der Zukunft. BIBB-IAB-Modellrechnungen zu den Entwicklungen in Berufsfeldern und Qualifikationen bis 2025. Bielefeld 2010

Heng, Stefan: Industrie 4.0. Upgrade des Industriestandorts Deutschland steht bevor. Frankfurt am Main 2014. URL: https://www.dbresearch.de/PROD/RPS_DE-PROD/Industrie_4_0%3A_Upgrade_des_Industriestandorts_Deut/RPS_DE_DOC_VIEW.calias?rwnode=PROD0000000000435628&ProdCollection=PROD0000000000444435 (Stand: 30.01.2019)

Koch, Volkmar; Geissbauer, Reinhard: Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. Studie. 2014. URL: https://www.pwc-wissen.de/pwc/de/shop/publikationen/Industrie+4+0+Chancen+und+Herausforderungen/?card=12820 (Stand: 30.01.2019)

Lewalder, Anna C.; Lukowski, Felix; Neuber-Pohl, Caroline; Tiemann, Michael: Operationalisierung von Ersetzungspotenzialen in Erwerbstätigkeiten durch Technologie (im Erscheinen).

Maier, Tobias; Zika, Gerd; Wolter, Marc Ingo; Kalinowski, Michael; Helmrich, Robert: Engpässe im mittleren Qualifikationsbereich trotz erhöhter Zuwanderung. Aktuelle Ergebnisse der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen bis zum Jahr 2030 unter Berücksichtigung von Lohnentwicklungen und beruflicher Flexibilität. In: BIBB-Report 23/14. Bonn 2014a. URL: https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/show/7213 (Stand: 30.01.2019)

Maier, Tobias; Neuber-Pohl, Caroline; Mönnig, Anke; Zika, Gerd; Kalinowski, Michael: Modelling Reallocation Processes in Long-Term Labour Market Projections. In: Journal for Labour Market Research (2017), S. 1–26. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s12651-017-0220-x (Stand: 30.01.2019)

Maier, Tobias; Zika, Gerd; Kalinowski, Michael; Mönnig, Anke; Wolter, Marc Ingo; Schneemann, Christian: Bevölkerungswachstum bei geringer Erwerbslosigkeit. Ergebnisse der fünften Welle der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsprojektionen bis zum Jahr 2035. In: BIBB-Report 7/2018. Bonn 2018. URL: https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/show/9376 (Stand: 30.01.2019)

Maier, Tobias; Zika, Gerd; Mönnig, Anke; Wolter, Marc Ingo; Kalinowski, Michael; Hänisch, Carsten; Helmrich, Robert; Schandock, Manuel; Neuber-Pohl, Caroline; Bott, Peter; Hummel, Markus: Löhne und berufliche Flexibilitäten als Determinanten des interaktiven QuBe-Arbeitsmarktmodells. Ein Methodenbericht zur Basisprojektion der 3. Welle der BIBB-IAB Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. In: Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.): Wissenschaftliche Diskussionspapiere 148. Bonn 2014b. URL: https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/show/7219 (Stand: 30.01.2019)

Maier, Tobias; Zika, Gerd; Wolter, Marc Ingo; Kalinowski, Michael; Neuber-Pohl, Caroline; Helmrich, Robert; Hummel, Markus; Mönnig, Anke; WINNIGE, Stefan; QUACK, Lara: Die Bevölkerung wächst – Engpässe bei fachlichen Tätigkeiten bleiben aber dennoch bestehen. In: BIBB-Report 3/2016. Bonn 2016. URL: https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/show/8147 (Stand: 30.01.2019)

Meyer, Bernd; Lutz, Christian; Schnur, Peter; Zika, Gerd: National Economic Policy Simulations with Global Interdependencies. A Sensitivity Analysis for Germany. In: Economic Systems Research 19 1 (2007), S. 37–55. URL: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09535310601164765 (Stand: 30.01.2019)

Pfeiffer, Sabine; Suphan, Anne: Der AV-Index. Lebendiges Arbeitsvermögen und Erfahrung als Ressourcen auf dem Weg zu Industrie 4.0. Working Paper 2015 #1 Finalfassung. 2015. URL: https://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2015-Pfeiffer-Suphan-final.pdf (Stand: 30.01.2019)

Schnur, Peter; Zika, Gerd: Das IAB/INFORGE-Modell. Ein sektorales makroökonomisches Projektions- und Simulationsmodell zur Vorausschätzung des längerfristigen Arbeitskräftebedarfs. Nürnberg 2009. URL: https://www.iab.de/651/section.aspx/Publikation/k090507f19 (Stand: 30.01.2019)

Statistisches Bundesamt (Destatis): Berufliche Weiterbildung in Unternehmen 2015. Fünfte Europäische Erhebung über die berufliche Weiterbildung in Unternehmen (CVTS5). Wiesbaden 2017. URL: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/BildungForschungKultur/Weiterbildung/WeiterbildungUnternehmen.html (Stand: 30.01.2019)

Tiemann, Michael: Routine bei der Arbeit. Eine Untersuchung zur Entwicklung von Routineinhalten auf Basis der Erwerbstätigenbefragungen seit 1979. In: BWP 02/2016, S. 18–22. URL: https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/bwp/show/7957 (Stand: 30.01.2019)

TÜV Rheinland: Szenarien und Kosten für eine kosteneffiziente flächendeckende Versorgung der bislang noch nicht mit mindestens 50 Mbit/s versorgten Regionen. Studie im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Zusammenfassung. 2013. URL: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/kostenstudie-zum-breitbandausbau.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (Stand: 30.01.2019)

Warning, Anja; Weber, Enzo: Digitalisation, Hiring and Personnel Policy: Evidence from a Representative Business Survey. In: IAB-Discussion Paper 10/2018. Nürnberg 2018. URL: https://www.iab.de/966/section.aspx/Publikation/k180326302 (Stand: 30.01.2019)

Weber, Enzo: Industrie 4.0: Wirkungen auf den Arbeitsmarkt und politische Herausforderungen. In: Zeitschrift für Wirtschaftspolitik 65 1 (2016), S. 66–74. URL: https://www.degruyter.com/view/j/zfwp.2016.65.issue-1/zfwp-2016-0002/zfwp-2016-0002.xml (Stand: 30.01.2019)

Wolter, Marc Ingo; Grossmann, Anett; Mönnig, Anke; Wiebe, Kirsten S.: TINFORGE – Trade for the INterindustry FORecasting GErmany Model. In: GWS Discussion Paper Series 14–1. Osnabrück 2014. URL: http://www.gws-os.com/discussionpapers/gws-paper14-1.pdf (Stand: 30.01.2019)

Wolter, Marc Ingo; Mönnig, Anke; Hummel, Markus; Schneemann, Christian; Weber, Enzo; Zika, Gerd; Helmrich, Robert; Maier, Tobias; Neuber-Pohl, Caroline: Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft. Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. In: IAB-Forschungsbericht 8/2015. Nürnberg 2015. URL: http://www.iab.de/185/section.aspx/Publikation/k151019301 (Stand: 30.01.2019)

Wolter, Marc Ingo; Mönnig, Anke; Hummel, Markus; Weber, Enzo; Zika, Gerd; Helmrich, Robert; Maier, Tobias; Neuber-Pohl, Caroline: Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie: Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. In: IAB-Forschungsbericht 13/2016. Nürnberg 2016. URL: http://iab.de/185/section.aspx/Publikation/k161108j05 (Stand: 30.01.2019)

Zika, Gerd; Helmrich, Robert; Kalinowski, Michael; Wolter, Marc Ingo; Hummel, Markus; Maier, Tobias; Hänisch, Carsten; Drosdowski, Thomas: In der Arbeitszeit steckt noch eine Menge Potenzial. Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen bis 2030. In: IAB-Kurzbericht 18/2012. Nürnberg 2012. URL: https://www.iab.de/de/publikationen/kurzbericht/publikationendetails-kurzbericht.aspx/Publikation/k121026j01 (Stand: 30.01.2019)

Über die Autorinnen und Autoren

Dr. Marc Ingo Wolter

Leiter des Bereichs „Wirtschaft und Soziales“ der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS), Osnabrück

wolter@gws-os.com

Anke Mönnig
Stellvertretende Leiterin des Bereichs „Wirtschaft und Soziales“ der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS), Osnabrück

moennig@gws-os.com

Christian Schneemann
Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsbereich „Prognosen und gesamtwirtschaftliche Analysen“ am Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg

christian.schneemann2@iab.de

Prof. Dr. Enzo Weber
Leiter des Forschungsbereichs „Prognosen und gesamtwirtschaftliche Analysen“ am Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg

enzo.weber@iab.de

Dr. Gerd Zika
Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsbereich „Prognosen und gesamtwirtschaftliche Analysen“ am Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg

gerd.zika@iab.de

Prof. Dr. Robert Helmrich
Leiter des Arbeitsbereichs „Qualifikation, berufliche Integration und Erwerbstätigkeit“ am Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Bonn

helmrich@bibb.de

Tobias Maier
Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Arbeitsbereich „Qualifikation, berufliche Integration und Erwerbstätigkeit“ am Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Bonn

tobias.maier@bibb.de

Stefan Winnige
Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Arbeitsbereich „Qualifikation, berufliche Integration und Erwerbstätigkeit“ am Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Bonn

winnige@bibb.de

Abstract

Dieser Forschungsbericht zeigt die dritte modellbasierte Wirkungsabschätzung einer Wirtschaft 4.0 auf Arbeitsmarkt und die Gesamtwirtschaft in Deutschland und baut dabei methodisch auf Wolter u. a. 2016 und Wolter u. a. 2015 auf. Dabei wurden die zugrundeliegenden Annahmen neuesten Erkenntnissen angepasst und methodische Anpassungen vorgenommen. Unter der Annahme, dass Deutschland bei der Umsetzung der Digitalisierung eine Vorreiterrolle einnehmen wird, zeigt sich, dass sich die möglichen zukünftigen Arbeitswelten „Wirtschaft 4.0“ und „QuBe-Basisprojektion“ hinsichtlich ihrer Branchen-, Berufs- und Anforderungsstruktur deutlich voneinander unterscheiden. Dennoch fallen die Arbeitsplatzverluste insgesamt relativ gering aus, da dem Abbau von Arbeitsplätzen die Schaffung neuer Arbeitsplätze in Folge der Digitalisierung gegenübersteht.

This research report presents the third model-based estimation of the effects of Economy 4.0 on the German labour market as well as on the nation’s economy as a whole. The methodology is based on Wolter et al. 2016 and Wolter et al. 2015. The report adjusts underlying assumptions based on the newest insights and makes methodological revisions. Operating under the assumption that Germany will play a pioneering role in the implementation of digitalisation, it can be seen that the possible future work environments “Economy 4.0” and the “QuBe Basic Projection” differ considerably in terms of their sectoral, occupational and requirement structure. Nevertheless, the overall number of job losses is relatively minor, due to the fact that job losses will be offset by the new ones created by digitalisation.

Dieser Forschungsbericht zeigt die dritte modellbasierte Wirkungs-ab-schätzung einer Wirtschaft 4.0 auf Arbeitsmarkt und die Gesamt-wirtschaft in Deutschland und baut dabei methodisch auf WOLTER u. a. 2016 und WOLTER u. a. 2015 auf. Dabei wurden die zugrundeliegenden Annahmen neuesten Erkenntnissen angepasst und methodische Anpas-sungen vor-genommen. Unter der Annahme, dass Deutschland bei der Umsetzung der Digitalisierung eine Vorreiterrolle einnehmen wird, zeigt sich, dass sich die möglichen zukünftigen Arbeitswelten „Wirtschaft 4.0" und „QuBe-Basis-projektion" hinsichtlich ihrer Branchen-, Berufs- und Anforderungsstruktur deutlich voneinander unterscheiden. Dennoch fallen die Arbeitsplatzverluste insgesamt relativ gering aus, da dem Abbau von Arbeitsplätzen die Schaffung neuer Arbeitsplätze in Folge der Digitalisie-rung gegenübersteht.

Bundesinstitut für Berufsbildung
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn

Telefon (0228) 107-0

Internet: www.bibb.de
E-Mail: zentrale@bibb.de

ISBN 978-3-8474-2358-4

Bundesinstitut für Berufsbildung BIBB

▶ Forschen
▶ Beraten
▶ Zukunft gestalten