

Institut für Arbeitsmarkt-  
und Berufsforschung

Die Forschungseinrichtung der  
Bundesagentur für Arbeit



# IAB-Forschungsbericht

13/2016

Aktuelle Ergebnisse aus der Projektarbeit des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung

## Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie

Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-  
Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen

Marc Ingo Wolter  
Anke Mönning  
Markus Hummel  
Enzo Weber  
Gerd Zika  
Robert Helmrich  
Tobias Maier  
Caroline Neuber-Pohl

ISSN 2195-2655

**BIBB**  **GLIS**

# Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie

Szenario-Rechnungen im Rahmen der  
BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen

Marc Ingo Wolter (Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung - GWS)

Anke Mönnig (Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung - GWS)

Markus Hummel (IAB)

Enzo Weber (IAB)

Gerd Zika (IAB)

Robert Helmrich (Bundesinstitut für Berufsbildung - BIBB)

Tobias Maier (Bundesinstitut für Berufsbildung - BIBB)

Caroline Neuber-Pohl (Bundesinstitut für Berufsbildung - BIBB)

Mit der Publikation von Forschungsberichten will das IAB der Fachöffentlichkeit Einblick in seine laufenden Arbeiten geben. Die Berichte sollen aber auch den Forscherinnen und Forschern einen unkomplizierten und raschen Zugang zum Markt verschaffen. Vor allem längere Zwischen- aber auch Endberichte aus der empirischen Projektarbeit bilden die Basis der Reihe.

By publishing the Forschungsberichte (Research Reports) IAB intends to give professional circles insights into its current work. At the same time the reports are aimed at providing researchers with quick and uncomplicated access to the market.

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	7
Abstract .....	7
1 Wirtschaft 4.0 führt zu vielfältigen Änderungen .....	9
2 Methoden, Einflussfaktoren und Annahmen.....	11
2.1 Methoden: Szenario-Technik und Einsatz von Modellen .....	11
2.2 Mögliche Parameter und Annahmen.....	18
2.3 Annahmen – generelle Einschätzungen.....	21
3 Szenario-Rechnungen und Ergebnisse .....	22
3.1 Ausrüstungsinvestitionen (Teil-Szenario 1).....	23
3.2 Bauinvestitionen (Teil-Szenario 2) .....	27
3.3 Kosten- und Gewinnstrukturen (Teil-Szenario 3) .....	30
3.4 Berufsfeld- und Anforderungsstruktur (Teil-Szenario 4).....	40
3.5 Nachfrage (Teil-Szenario 5) .....	47
3.6 Wirtschaft-4.0-Szenario (Gesamt-Szenario 1-5) .....	52
4 Schlussfolgerungen .....	62
Literatur .....	65

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Abfolge der Teil-Szenarien.....	13
Abbildung 2	Modellstruktur der BIBB/IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen .....	15
Abbildung 3	IAB/INFORGE im Überblick .....	18
Abbildung 4	Schematische Darstellung der Input-Output-Tabelle .....	20
Abbildung 5	Vintagen der Umrüstungsinvestitionen .....	24
Abbildung 6	Teil-Szenario 1 – Veränderung des Bruttoinlandsproduktes und seiner Komponenten im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion .....	26
Abbildung 7	Teil-Szenario 1 – Zahl der Erwerbstätigen nach Berufshauptfeldern im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion.....	27
Abbildung 8	Teil-Szenario 2 – Veränderung des Bruttoinlandsproduktes und seiner Komponenten im Vergleich zum Teil-Szenario 1 .....	29
Abbildung 9	Teil-Szenario 2 – Zahl der Erwerbstätigen nach Berufshauptfeldern im Vergleich zum Teil-Szenario 1 .....	30
Abbildung 10	Teil-Szenario 3 – Veränderung des Bruttoinlandsproduktes und seiner Komponenten im Vergleich zum Teil-Szenario 2 .....	36
Abbildung 11	Teil-Szenario 3 – Zahl der Erwerbstätigen nach Branchen im Vergleich zum Teil-Szenario 2 .....	37
Abbildung 12	Teil-Szenario 3 – Zahl der Erwerbstätigen nach Berufshauptfeldern im Vergleich zum Teil-Szenario 2 .....	38
Abbildung 13	Teil-Szenario 3 – Zahl der nicht mehr vorhandenen und neu entstehenden Arbeitsplätze nach Branchen im Vergleich zum Teil-Szenario 2 .....	39
Abbildung 14	Teil-Szenario 3 – Zahl der nicht mehr vorhandenen und neu entstandenen Arbeitsplätze nach Berufsfeldern im Vergleich zum Teil-Szenario 2 .....	40
Abbildung 15	Veränderung der Erwerbstätigen nach Berufshauptfeldern zwischen 1996 und 2013 .....	41
Abbildung 16	Teil-Szenario 4 – Zahl der Erwerbstätigen nach Berufshauptfeldern im Vergleich zum Teil-Szenario 3 .....	45
Abbildung 17	Teil-Szenario 4 – Zahl der Erwerbstätigen nach Anforderungsniveaus im Vergleich zum Teil-Szenario 3 .....	46
Abbildung 18	Teil-Szenario 4 – Zahl der nicht mehr vorhandenen und neu entstandenen Arbeitsplätze nach Berufsfeldern im Vergleich zum Teil-Szenario 3 .....	47

Abbildung 19	Teil-Szenario 5 – Veränderung des Bruttoinlandsproduktes und seiner Komponenten im Vergleich zum Teil-Szenario 4 .....	51
Abbildung 20	Teil-Szenario 5 – Zahl der Erwerbstätigen nach Berufshauptfeldern im Vergleich zum Teil-Szenario 4 .....	52
Abbildung 21	Gesamt-Szenario 1-5 – Komponenten des Bruttoinlandsproduktes im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion.....	53
Abbildung 22	Gesamt-Szenario 1-5 – Primärinputs und Vorleistungen im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion .....	55
Abbildung 23	Gesamt-Szenario 1-5 – Entwicklung der kumulierten Gewinne der Landwirtschaft und des Produzierenden Gewerbes sowie des Dienstleistungsgewerbes im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion....	56
Abbildung 24	Gesamt-Szenario 1-5 – Zahl der Erwerbstätigen nach Berufshauptfeldern im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion .....	57
Abbildung 25	Gesamt-Szenario 1-5 – Zahl der Erwerbstätigen nach ausgewählten*) Berufsfeldern im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion in 2035.	58
Abbildung 26	Gesamt-Szenario 1-5 – Zahl der Erwerbstätigen nach ausgewählten*) Berufsfeldern im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion in 2035.	58
Abbildung 27	Gesamt-Szenario 1-5 – Zahl der Erwerbstätigen nach Anforderungsniveaus im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion.....	59
Abbildung 28	Gesamt-Szenario 1-5 – Zahl der nicht mehr vorhandenen und neu entstandenen Arbeitsplätze nach Branchen im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion.....	60
Abbildung 29	Gesamt-Szenario 1-5 – Zahl der nicht mehr vorhandenen und neu entstandenen Arbeitsplätze nach Berufsfeldern im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion .....	61
Abbildung 30	Gesamt-Szenario 1-5 – der nicht mehr vorhandenen und neu entstandenen Arbeitsplätze nach Wirtschaftszweigen, Berufsfeldern und Anforderungsniveaus im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion...	61

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Definition der Berufsfelder und Berufshauptfelder .....	16
Tabelle 2	Liste der Annahmen .....	23
Tabelle 3	Gegenüberstellung von Kosten (Zahlungen) und Einsparungen in der Landwirtschaft und im Produzierenden Gewerbe, nominal.....	34
Tabelle 4	Gegenüberstellung von Kosten (Zahlungen) und Einsparungen im Dienstleistungsgewerbe, nominal .....	35
Tabelle 5	Einbeziehung des Routineanteils, Beispielrechnung .....	44
Tabelle 6	Auswahl der Verwendungszwecke .....	49
Tabelle 7	Gesamt-Szenario 1-5 Wirkungen auf die Komponenten des Bruttoinlandsprodukts in den Teil-Szenarien und insgesamt .....	54

## Zusammenfassung

Mit diesem Forschungsbericht liegt die erste modellbasierte Wirkungsabschätzung einer Wirtschaft 4.0 auf Arbeitsmarkt und Wirtschaft in Deutschland vor. D.h. es werden nicht nur Auswirkungen der Digitalisierung in der Industrie sondern in der Gesamtwirtschaft betrachtet. In einer 5-stufigen Szenario-Analyse werden zunächst die Auswirkungen von erhöhten Investitionen in Ausrüstungen (1) und Bau für ein schnelles Internet (2) auf die Gesamtwirtschaft und den Arbeitsmarkt dargestellt. Darauf aufbauend modellieren wir die daraus folgenden Kosten- und Gewinnstrukturen der Unternehmen (3) und eine veränderte Nachfragestruktur nach Berufen und Qualifikationen (4). Darüber hinaus werden in einem weiteren Teil-Szenario Arbeitsmarkteffekte einer möglicherweise steigenden Nachfrage nach Gütern (5) in den Blick genommen. Die kumulativen Effekte der fünf Teil-Szenarien werden mit einem Referenz-Szenario, das keinen fortgeschrittenen Entwicklungspfad zu Wirtschaft 4.0 enthält, verglichen.

Im Ergebnis zeigt sich, dass eine Wirtschaft 4.0 den Strukturwandel hin zu mehr Dienstleistungen 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 mehr volkswirtschaftlichen Gewinnen sondern – aufgrund höherer Anforderungen an die Arbeitskräfte – auch zu höheren Lohnsummen führt.

Die getroffenen Annahmen wirken zu Gunsten der ökonomischen Entwicklung. Das bedeutet aber auch, dass sich bei einer verzögerten oder gar verschleppten Umsetzung die Annahmen gegen den Wirtschaftsstandort Deutschlands wenden: Wir werden weniger exportieren und mehr „neue“ Güter im Ausland nachfragen.

Um die Wirkungen der Digitalisierung auf die künftige Berufsstruktur näher zu beleuchten, aber auch um die Erkenntnisse über die ökonomische Zusammenhänge weiter zu verbessern, ist eine Fortentwicklung des QuBe-W4.0-Projekts geplant.

## Abstract

This study focuses on the economic effects of the phenomenon of „economy 4.0“, the digitalisation of the economy as a whole and not only in industrial production processes. These developments involve considerable challenges at enterprise and political level. The five-step scenario analysis begins with the impacts of increased investments of enterprises in equipment (1) and of the state in the network infrastructure (2) on the overall economy and the labour market. On this basis we further model the consequent personnel and material costs of the enterprises (3) and a changed pattern of demand for occupations and skills (4). In a further scenario the effects on the labour market of a potentially increasing demand for goods (5) are taken into consideration. The cumulative effects of these five partial scenarios are

compared with a baseline scenario which contains no advanced development path to economy 4.0.

The results show that economy 4.0 will accelerate the structural change towards more services. In this process labour force movements between branches, occupations and job requirements are much larger than the change of the number of employees in total. The turnover on the labour market are accompanied by an increasing value added which is leading not only to more economic assets but also – due to higher requirements for the labour force – to higher aggregate wages.

The underlying assumptions have a positive effect on the economic development. But this also means that, given a delayed realization, the assumptions are turning against the business location Germany: We will export less and demand more ‘new’ goods from abroad.

In order to analyze the effects of digitization on the future occupational structure, but also to improve the knowledge about the economic interdependencies, further advances of the QuBe-E4.0 project are planned.

**Danksagung:** Wir danken Britta Matthes sowie zahlreichen Auditorien bei Vorstellungen der Vorgängerstudie Wolter u.a. (2015) für Kommentare.

# 1 Wirtschaft 4.0 führt zu vielfältigen Änderungen

Die voranschreitende Digitalisierung der Produktions- und Arbeitswelt ist ein viel und kontrovers diskutiertes Thema. Der Einsatz neuer Technologien, die eine interaktive Vernetzung zwischen Produkt, Maschine und Arbeitskraft aber auch eine horizontale (zwischen dem Unternehmen, Zulieferern und dem Kunden) und vertikale Integration (zwischen den Einheiten innerhalb des Betriebs) ermöglichen (vgl. PWC 2014; Wolter u. a. 2015), wird als Chance für den industriellen Sektor Deutschlands gesehen, Wettbewerbsvorteile zu nutzen und auszubauen (z. B. BITKOM 2014; PWC 2014; DBR 2014). Auch im Dienstleistungssektor entstehen immer neue Konzepte für den Einsatz neuer digitaler Technologien. Daher beschreibt „Wirtschaft 4.0“ in Abgrenzung zum häufig gebrauchten Begriff der „Industrie 4.0“ den Umstand, dass die Digitalisierung nicht nur zu einem Wandel bei der industriellen Produktion sondern auch bei allen Dienstleistungsbranchen führt und damit sämtliche Lebensbereiche berühren wird<sup>1</sup>.

Neben den entstehenden Chancen werden allerdings auch die Risiken und sozialen Herausforderungen einer solchen Wirtschaft 4.0 thematisiert (vgl. z.B. BMAS 2015). Durch technische Fortschritte entstehen neue Möglichkeiten, Arbeitsprozesse durch maschinelle Programme zu automatisieren, was häufig mit einem allgemeinen Beschäftigungsverlust verbunden wird. Wie bedeutsam dieser in Zukunft sein könnte, ist noch relativ unerforscht. In Anlehnung an Frey und Osborne (2013) entstanden viele Studien, die das Ersetzbarkeitspotenzial von Menschen nach Berufen durch maschinelle Prozesse untersuchen (z. B. Brzeski und Burk 2015, Bonin u. a. 2015, Dengler und Matthes 2015, Tiemann 2016a, Pfeiffer und Suphan 2015). Doch weisen alle Autoren daraufhin, dass das berechnete Risiko keine Aussage darüber treffen kann, inwiefern Betriebe diese Potenziale in Zukunft auch ausschöpfen werden. Vor allem ist für eine Abschätzung von Arbeitsmarkteffekten neben der reinen Ersetzbarkeit eine Vielzahl komplexer und ambivalenter Effekte zu berücksichtigen (Weber 2016): Arbeitsplätze verschwinden, neue werden geschaffen, Anforderungen wandeln sich, Produktion wird effizienter, neue Produkte werden entwickelt, Einkommen entsteht und gelangt in den volkswirtschaftlichen Kreislauf, Arbeitsangebot und -nachfrage wie auch Löhne und Preise passen sich an.

Wolter u. a. (2015) untersuchten erstmals mit Hilfe einer 5-stufigen Szenarioanalyse die Auswirkungen einer Transformation hin zu einer Industrie 4.0 im Produzierenden Gewerbe und der Landwirtschaft. Ihre Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Veränderungen der Arbeitswelt im Hinblick auf die Struktur des Arbeitsmarktes wesentlich bedeutsamer sein könnten als die Nettoeffekte auf die Beschäftigung. So zeigt sich, dass die Industrie 4.0 potentiell den Strukturwandel hin zu einer Dienstleistungsgesellschaft beschleunigt. Dieser Strukturwandel ist bereits in der vergange-

---

<sup>1</sup> Die in der Öffentlichkeit diskutierten Folgen der „Digitalisierung der Arbeit“ beziehen sich ebenso wie das Grünbuch „Arbeiten 4.0“ (BMAS 2015) dementsprechend auf Wirtschaft 4.0.

nen Entwicklung zu beobachten. Der Anteil der Erwerbstätigen, die in der Landwirtschaft und im Produzierenden Gewerbe arbeiten, sinkt stetig und steigt im Dienstleistungsbereich.

Aufbauend auf dem Konzept von Wolter u. a. (2015) untersucht der vorliegende Beitrag, welche Änderungen erwartet werden können, wenn der Blick über die Industrie hinaus auf die Gesamtwirtschaft gerichtet wird. Es stellt sich somit die Frage, ob die Neuerungen, die im Zusammenhang von Wirtschaft 4.0 erwartet werden, den Strukturwandel ebenso wie eine Digitalisierung des Verarbeitenden Gewerbes beschleunigen und ob die Arbeitslandschaft bezogen auf die Berufs- und Qualifikationsstruktur maßgeblich beeinflusst wird. Ferner geht es um die Frage, welche Auswirkungen der Übergang zu einer Wirtschaft 4.0 auf die wirtschaftliche Entwicklung und die Zahl der Erwerbstätigen insgesamt haben wird. Aufgrund neu hinzu gewonnener Erkenntnisse aus Betriebsbefragungen werden Annahmen, die in Wolter u. a. (2015) getroffen wurden, zudem im vorliegenden Szenario korrigiert, sofern die Empirie uns aufschlussreichere Erkenntnisse geliefert hat.

Wir identifizieren Einflussgrößen (Parameter), die sich im Rahmen des Übergangs in eine Wirtschaft 4.0 verändern werden. Im Rahmen einer Szenario-Analyse, die auf den Methoden und Ergebnissen der vierten Welle des QuBe-Projekts (Maier u. a. 2016; [www.qube-projekt.de](http://www.qube-projekt.de)) aufbaut, werden die Folgen veränderter Einflussgrößen auf Anforderungsniveaus, Berufe, Branchen und die gesamtwirtschaftliche Entwicklung ermittelt. In Wolter u. a. 2015 wurden die Ergebnisse des Industrie 4.0 Szenarios noch mit der Basisprojektion der dritten Projektionswelle (Maier et al 2014a) verglichen. Der Weg zum Gesamt-Szenario wird schrittweise in den folgenden fünf Teil-Szenarien begangen:

- (1) Erhöhung der Ausrüstungsinvestitionen
- (2) Erhöhung der Bauinvestitionen
- (3) Änderung der Kosten- und Gewinnstrukturen
- (4) Änderung der Berufsfeldstruktur
- (5) Steigende Nachfrage nach neuen Gütern und Dienstleistungen

Durch den schrittweisen Aufbau der Szenarien folgt der Aufbau des Papiers einer chronologischen Abfolge von Investitionen und daraus resultierenden Ergebnissen. Die Ergebnisse der einzelnen Szenarien werden deshalb immer mit den Ergebnissen des vorangehenden Teil-Szenarios verglichen. Auswirkungen der kumulativen Effekte der Teil-Szenarien 1 bis 4 bzw. 1 bis 5 werden zudem zusätzlich am Referenz-Szenario der 4. Welle des QuBe-Projektes (Maier u. a. 2016) gespiegelt. Dies bietet den Vorteil, dass anstelle einer Betrachtung der Erwerbstätigen nachfrage nach Qualifikationsniveaus nun betrachtet werden kann, welche Veränderungen an Anforderungen am Arbeitsplatz durch eine Wirtschaft 4.0 an die Erwerbstätigen gerichtet werden.

Werden sämtliche Annahmen in die Betrachtung mit einbezogen, wird eine im Jahr 2025 digitalisierte Arbeitswelt (Teil-Szenario 5) mit einer Welt verglichen, in der sich der technische Fortschritt bis zum Jahr 2025 am bisherigen Entwicklungspfad orientieren wird (QuBe-Basisprojektion). Bei diesem Vergleich zeigt sich, dass die Auswirkungen der Digitalisierung auf das Gesamtniveau der Arbeitsnachfrage mit minus 30 Tsd. Arbeitsplätzen relativ gering sind. Allerdings werden sich diese beiden Arbeitswelten hinsichtlich ihrer Branchen-, Berufs- und Anforderungsstruktur deutlich unterscheiden. In der digitalisierten Welt wird es im Jahr 2025 einerseits 1,5 Mio. Arbeitsplätze, die nach der Basisprojektion noch vorhanden sein werden, nicht mehr geben. Andererseits werden im Wirtschaft 4.0-Szenario ebenfalls 1,5 Mio. Arbeitsplätze entstanden sein, die in der Basisprojektion nicht existieren werden. Zusammengefasst unterscheidet sich der Charakter der Arbeitslandschaft im digitalisierten Szenario um rund 7 Prozent (= 3 Mio. von 43,4 Mio. Arbeitsplätzen) von der QuBe-Basisprojektion.

Grundsätzlich hängen Ergebnisse aus Szenarien-Analysen von den getroffenen Annahmen ab. Diese sollten deshalb möglichst über eine empirisch fundierte Datenlage gestützt werden. Durch Betriebsbefragungen konnte ein Teil der bereits im Industrie 4.0-Szenario getroffenen Annahmen bestätigt oder angepasst werden. Dennoch werden auch in Zukunft weitere Informationen für eine detailliertere Modellierung benötigt. Die Projektpartner werden die hier vorgelegte Studie daher auch in Zukunft weiterentwickeln. So wird in Kürze eine weitere wissenschaftliche Analyse erscheinen, die den Einfluss des gewählten Ersetzbarkeitsmaßes untersucht. Hierzu werden neben dem hier verwendeten Konzept von Dengler und Matthes (2015) auch Szenarien mit dem Routineindex von Tiemann (2016a), dem Arbeitsvermögenindex von Pfeiffer und Suphan (2015) sowie einem Ersetzbarkeitsindex auf Basis des BIBB-Qualifizierungspanels (QPE) (Helmrich u. a. 2016) gerechnet.

## **2 Methoden, Einflussfaktoren und Annahmen**

### **2.1 Methoden: Szenario-Technik und Einsatz von Modellen**

Um die Folgen eines Übergangs in eine Wirtschaft 4.0 abzubilden, wird die Szenario-Technik eingesetzt. Hierbei werden mindestens zwei Szenarien berechnet, die z. B. für einen ausgewählten Zeitpunkt in der Zukunft absolut oder relativ miteinander verglichen werden. Dazu bedarf es eines Referenz-Szenarios, das eine aktuell plausible und konsistente Entwicklung der Zukunft beschreibt, und eines Alternativ-Szenarios, das eine davon abweichende Entwicklung dokumentiert. Beide Szenarien beschreiben zwar mögliche zukünftige Arbeitswelten, unterscheiden sich jedoch in Bezug auf ihre Annahmen zu exogenen Größen (z. B. Bevölkerungsentwicklung) und/oder endogenen Verhaltensweisen (z. B. Produktionsweisen). Hierfür wird ein Modell benötigt, das sowohl das Referenz- als auch das Alternativ-Szenario berechnen kann.

Als Referenz-Szenario dient die Basisprojektion der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektion (QuBe-Basisprojektion), die im Rahmen der 4. Welle der QuBe-

Projektionen (Maier u. a. 2016, Methodenkasten 1) veröffentlicht wurde. Die darin beschriebene Entwicklung beinhaltet natürlich bereits technologischen Fortschritt, allerdings orientiert sich diese Fortschrittsrate an der aus der Empirie ersichtlichen üblichen Entwicklung. Soll Deutschland beim Wandel zur Wirtschaft 4.0, wie in diesem Papier angenommen, weltweit eine Vorreiterrolle übernehmen, so sind darüber hinaus zusätzliche Anstrengungen bzw. Investitionen nötig, die über eine umfassende Szenario-Spezifikation abgebildet werden.

Das für die Erstellung der QuBe-Basisprojektion eingesetzte Modell Q-INFORGE wird auch für die Berechnung des Wirtschaft-4.0-Szenarios verwendet. Das Q-INFORGE-Modell basiert auf dem IAB/INFORGE-Modell (Schnur und Zika 2009; Distelkamp u. a. 2003; Methodenkasten 3), das im Rahmen des QuBe-Projektes im Bereich des Arbeitsmarktes deutlich erweitert wurde (Methodenkasten 1). Das QuBe-Projekt hat sich zur Aufgabe gesetzt, Projektionen der Qualifikationen und Berufe regelmäßig durchzuführen und dabei Methoden und Analysen fortlaufend weiterzuentwickeln (Helmrich und Zika (Hrsg.) 2010; Zika und Maier (Hrsg.) 2015). Für die 4. Projektionswelle (Maier u. a. 2016) konnte erstmals auf die Klassifikation der Berufe 2010 zurückgegriffen werden. Dies führte zum einen zu einer Reduktion der bisherigen 54 auf 50 BIBB-Berufsfelder (Tiemann 2016b; Methodenkasten 2). Zum anderen ist nun die Möglichkeit gegeben auf der Nachfrageseite nach vier unterschiedlichen Anforderungsniveaus (Helfertätigkeiten, fachliche Tätigkeiten, komplexe Spezialistentätigkeiten und hoch komplexe Tätigkeiten) zu unterscheiden. Hierdurch kann der Komplexitätsgrad, der an die Erwerbstätigen gerichtet wird, exakter abgebildet werden als durch das Fortschreiben der Nachfrage nach formalen Abschlüssen.<sup>2</sup>

Für die folgende Szenario-Analyse ist vor allem die detaillierte Modellierung der Branchen mit ihren Kostenstrukturen auf Basis der Input-Output-Rechnung des Statistischen Bundesamtes und die feingliederige Darstellung der 50 Berufsfelder nach 63 Wirtschaftszweigen und 4 Anforderungsniveaus auf Basis von Mikrozensus-Daten wertvoll, da so Veränderungen der Produktionsweise in den Branchen, wie auch der Berufs- und Anforderungsstruktur nach Branchen abbildbar sind.

Die Operationalisierung des Wirtschaft-4.0-Szenarios beruht auf Annahmen und quantitativen Einstellungen, die neben den dafür notwendigen Investitionen sowohl Komponenten der Endnachfrageseite, die Kostenstruktur einzelner Branchen als auch Art und Umfang des Arbeitsmarktes betreffen. Die Komplexität dieses Szenarios erfordert daher eine Vielzahl an Eingriffen, deren gesamtwirtschaftliche Effekte in ihrer Gesamtheit ohne modelltheoretischen Hintergrund nur schwer durch „Nachdenken“ zu quantifizieren sind. Sind die „Stellschrauben“ festgezogen, erlaubt der

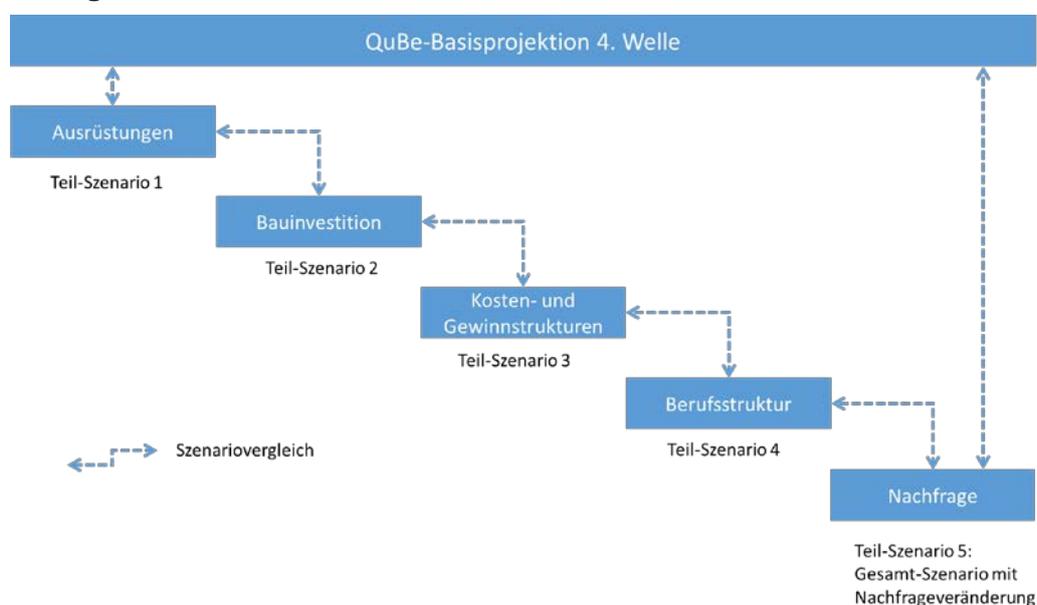
---

<sup>2</sup> Berufsabschlüsse sind personengebunden. Ob eine Person über einen beruflichen oder akademischen Abschluss verfügt, sagt nichts darüber aus, welche Art von Tätigkeit sie tatsächlich ausübt.

komplexe Modellierungsansatz des QuBe-Projektes eine simultane dynamische Abschätzung der Wirkungen auf die Gesamtwirtschaft und den Arbeitsmarkt.

Aufgrund der hohen Komplexität eines Wirtschaft-4.0-Szenarios werden fünf Teil-Szenarien berechnet, die aufeinander aufbauen. Sie werden jeweils mit dem vorangehenden Teil-Szenario verglichen (Abbildung 1). Die Teil-Szenarien beschreiben die Veränderungen der Ausrüstungsinvestitionen und der Bauinvestitionen, die sich daraus ergebenden Material-, Lager- und Personalaufwendungen, die Anpassungen der Berufsfeldstruktur sowie abschließend die Auswirkungen auf die übrigen Nachfragekomponenten. Die Anpassungen der Kosten- und Berufsfeldstruktur beinhalten neben den Material- und Lagerkosten auch die Arbeitskosten sowie die Veränderungen der Berufsfeldstrukturen innerhalb der investierenden Branchen. Das Gesamt-Szenario mit Nachfrageänderungen wird schließlich mit der QuBe-Basisprojektion verglichen.

**Abbildung 1**  
**Abfolge der Teil-Szenarien**



Quelle: eigene Darstellung

### Methodenkasten 1: Das QuBe-Projekt

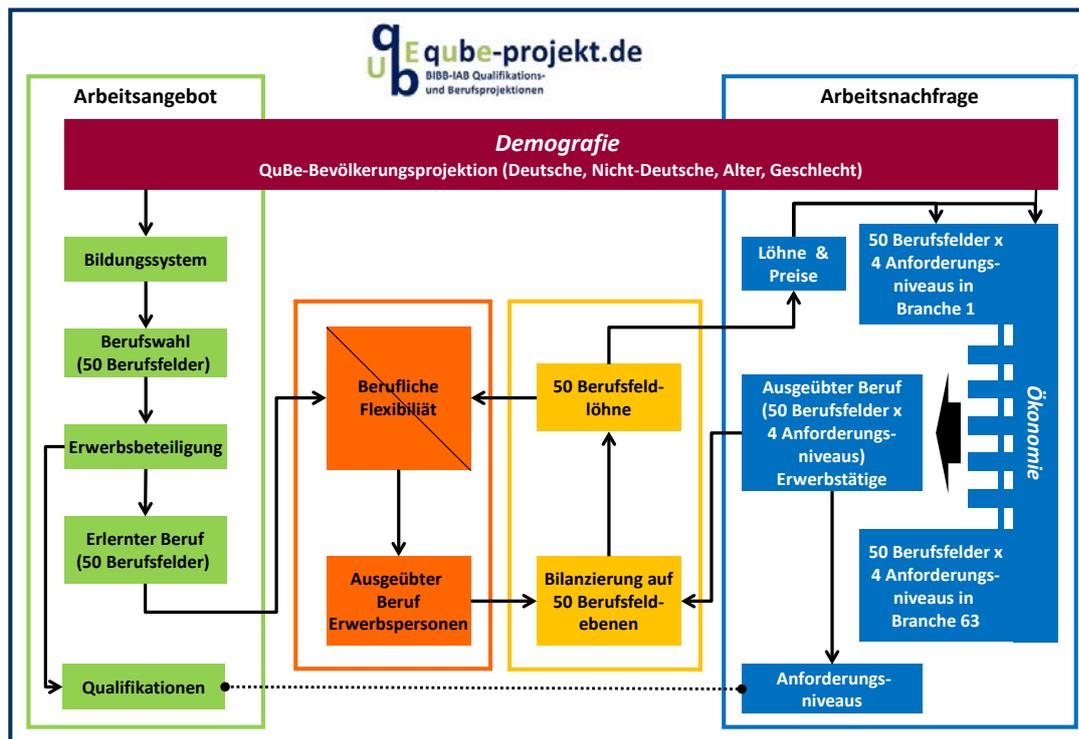
Die BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen (QuBe-Projekt), die in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) und dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik (FIT) entstanden sind, zeigen anhand von Modellrechnungen auf, wie sich das Angebot und die Nachfrage nach Qualifikationen und Berufen langfristig entwickeln können. Datengrundlage ist hierbei der Mikrozensus (in der vorliegenden Projektion bis zum Jahre 2013): eine amtliche Repräsentativstatistik des Statistischen Bundesamtes über die Bevölkerung und den Arbeitsmarkt, an der jährlich ein Prozent aller Haushalte in Deutschland beteiligt ist, angepasst an die Eckwerte der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (in der vorliegenden Projektion bis zum Jahre 2014). Die Lohninformationen

entstammen aus der Beschäftigtenhistorik der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (in der vorliegenden Projektion bis zum Jahre 2013). Für die Berufsdifferenzierung wurde seitens des BIBB eine einheitliche Berufsfeldsystematik entwickelt, welche die Berufe auf der Dreisteller-Ebene der Klassifikation der Berufe entsprechend ihrer Tätigkeiten gruppiert (Tiemann u. a. 2016b und Methodenkasten 2). Zur einfacheren Darstellung werden diese 50 Berufsfelder auf 20 Berufshauptfelder aggregiert.

Die vorliegenden Ergebnisse basieren auf der Basisprojektion der vierten Projektionswelle. Diese baut auf den Methodiken der ersten (Helmrich und Zika 2010, Maier u. a. 2014b), zweiten (Helmrich u. a. 2012, Zika u. a. 2012) und dritten Welle (Maier u. a. 2014b) auf und nimmt zudem weitere Erneuerungen mit auf. Auf der Bedarfsseite wird das berufsspezifisch zur Verfügung stehende Arbeitskräfteangebot in Köpfen und Stunden bei der Lohnbestimmung für die Berufsfelder mit berücksichtigt. Hier wird innerhalb eines jeden Wirtschaftszweiges die Entwicklung nach 50 Berufsfeldern mit jeweils 4 Anforderungsniveaus geschätzt. Auf der Angebotsseite werden Lohnabhängigkeiten der beruflichen Flexibilitäten modelliert, die eine Reaktion des Arbeitsangebots auf die sich veränderten Löhne in den Berufsfeldern ermöglichen. Eine Bilanzierung des Arbeitsmarktes kann somit sowohl in fachlicher Hinsicht durch den Vergleich von Erwerbspersonen und Erwerbstätigen nach Berufsfeldern als auch in qualifikatorischer Hinsicht stattfinden, indem das formale Qualifikationsniveau der Erwerbspersonen mit dem Anforderungsniveau an die Erwerbstätigen verglichen wird.

Mit dem QuBe-Projekt wird in der Basisprojektion ein Empirie-basiertes 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 Abbildung 2 gibt einen groben Überblick über die Funktionsweise des Modells.

**Abbildung 2**  
**Modellstruktur der BIBB/IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen**



Quelle: eigene Darstellung

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

### Methodenkasten 2: Die aktualisierten BIBB-Berufsfelder

Bei den aktualisierten BIBB-Berufsfeldern sind die Zuordnungskriterien des Tätigkeitsschwerpunktes und des Branchenschwerpunktes, auch in ihrer Wertigkeit (zuerst die Tätigkeit, danach die Branche), bestehen geblieben (vgl. für die erste Fassung Tiemann u. a. 2008). Die Tätigkeits- und Branchenschwerpunkte der Berufe aus der Klassifikation der Berufe (KldB) 2010 wurden mithilfe des Mikrozensus (Sonderauswertung von Teilstichproben aus 2011 und 2012) und der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012 (Hall/Siefer/Tiemann 2014) ermittelt. „Berufe“ bezeichnet in diesem Fall die Dreisteller der KldB 2010 („Berufsgruppen“) zusammen mit der Information zum Anforderungsniveau, das in der fünften Stelle der Systematikpositionen der KldB 2010 verzeichnet ist. Diese Kombination muss genutzt werden, weil in den vorherigen Klassifikationen, die die Grundlage der Berufsfelder bilden, das Qualifikationsniveau implizites Strukturierungsmerkmal war. Durch das „Herausschneiden“ der vierten Stelle erhält man 432 Positionen (oder „Berufe“) die in die Berufsfelder eingeordnet werden. Die Analyse der Tätigkeitsschwerpunkte wurde für die Zuordnung zu den Berufsfeldern ergänzt durch Informationen aus den Umsteigern der Statistik der Bundesagentur für Arbeit von der KldB 92 auf die KldB 2010, eine Matrix der Erwerbsberufe nach der KldB 92 und der KldB 2010 aus der Erwerbstätigenbefragung (darin wurden beide Klassifikationen separat kodiert und keine Umsteiger genutzt).

**Tabelle 1**  
**Definition der Berufsfelder und Berufshauptfelder**

BHF	Berufshauptfeld (BHF)	BF	Berufsfeld (BF)
1	Rohstoff gewinnende Berufe	1	Land-, Tier-, Forstwirtschaft, Gartenbau
		2	Bergleute, Mineralgewinner
2	Hilfskräfte/Hausmeister	16	Hilfsarbeiter/innen o.n.T.
		38	Hausmeister/innen
3	Metall-, Anlagenbau, Blechkonstruktion, Bauberufe, Holz-,	7	Metall-, Anlagenbau, Blechkonstruktion, Installation, Montierer/innen
		11	Elektroberufe
4	Kunststoffbe- und -verarbeitung	15	Bauberufe, Holz-, Kunststoffbe- und -verarbeitung
5	Sonstige be-, verarbeitende und instandsetzende Berufe	3	Steinbearbeitung, Baustoffherstellung, Keramik-, Glasberufe
		9	Fahr-, Flugzeugbau, Wartungsberufe
		10	Feinwerktechnische, verwandte Berufe
		4	Chemie-, Kunststoffberufe
6	Maschinen- und Anlagen steuernde und wartende Berufe	5	Papierherstellung, -verarbeitung, Druck
		6	Metallerzeugung, -bearbeitung
		8	Industrie-, Werkzeugmechaniker/innen
		12	Textilberufe
7	Berufe im Warenhandel: Verkaufsberufe (Einzelhandel)	23	Verkaufsberufe (Einzelhandel)
8	Berufe im Warenhandel: Kaufleute	24	Groß-, Einzelhandelskaufleute
		26	Sonstige kaufmänn. Berufe (ohne Groß-, Einzelh., Kreditgewerbe)
9	Verkehr, Lager, Transportberufe	28	Verkehrsberufe
		29	Luft-, Schifffahrtsberufe
		30	Packer/innen, Lager-, Transportarbeiter/innen
10	Sicherheits- und Wachberufe	37	Personenschutz-, Wachberufe
		39	Sicherheitsberufe
11	Gastronomieberufe	13	Köch(e/innen)
		14	Getränke, Genussmittelherstellung, übrige Ernährungsberufe
		49	Hotel-, Gaststättenberufe, Hauswirtschaft
12	Reinigungs- und Entsorgungsberufe	50	Reinigungs-, Entsorgungsberufe
13	Büro-, kaufm. Dienstleistungsberufe	25	Bank-, Versicherungsfachleute
		32	Verwaltungsberufe im ÖD
		33	Finanz-, Rechnungswesen, Buchhaltung
		35	Kaufmännische Büroberufe
		36	Bürohilfsberufe, Telefonist(en/innen)
14	IT- und Naturwissenschaftliche Berufe	17	Ingenieur(e/innen)
		18	Chemiker/innen, Physiker/innen, Naturwissenschaftler/innen
		34	IT-Kernberufe
15	Technische Berufe	19	Techniker/innen
		20	Technische Zeichner/innen, verwandte Berufe
		21	Vermessungswesen
		22	Technische Sonderkräfte
16	Rechts-, Management- und wirtschaftswissenschaftliche	31	Geschäftsführung, Wirtschaftsprüfung, Unternehmensberatung
		40	Rechtsberufe
17	Medien-, geistes- und sozialwissenschaftliche, künstlerische Berufe	27	Werbefachleute
		41	Künstler/innen, Musiker/innen
		42	Designer/innen, Fotograf(en/innen), Reklamehersteller/innen
		47	Publ., Bibliotheks-, Übersetzungs-, verw. Wissenschaftsberufe
18	Gesundheitsberufe	43	Gesundheitsberufe mit Approbation
		44	Gesundheitsberufe ohne Approbation
		48	Berufe in der Körperpflege
19	Sozialberufe	45	Soziale Berufe
20	Lehrberufe	46	Lehrberufe

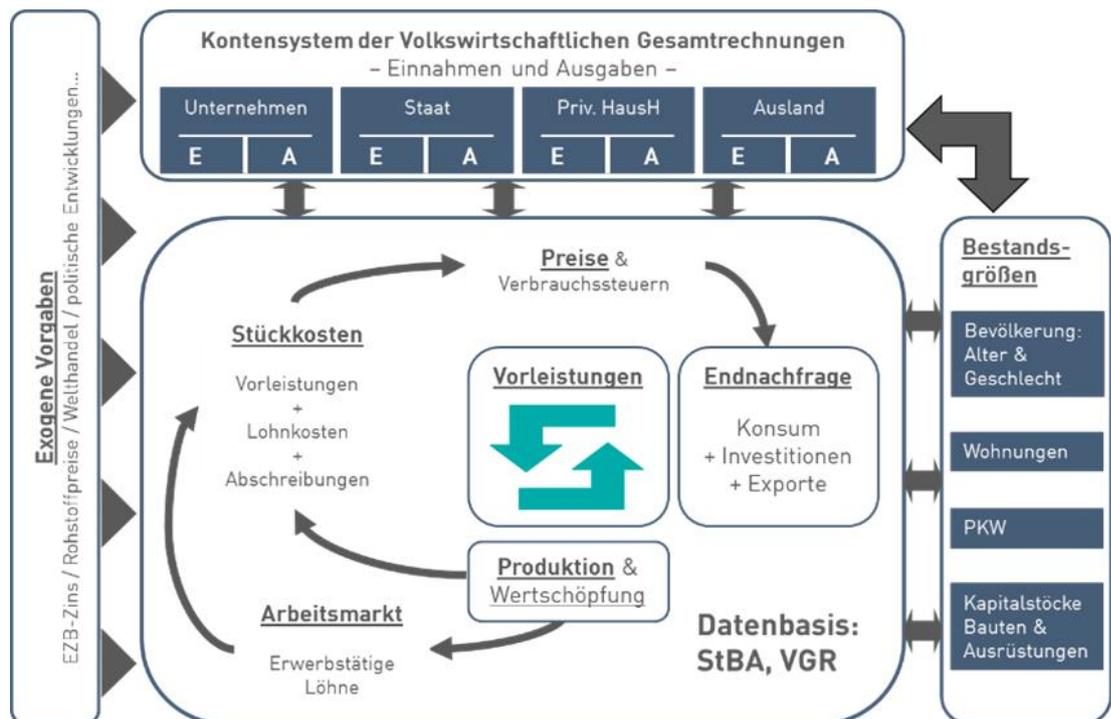
Quelle: eigene Darstellung.

Dabei kam es auch zu leichten Anpassungen in der Struktur der Berufsfelder: das alte Berufsfeld 19 „Warenprüfer/-innen, Versandfertigmacher/-innen“ wurde mit dem Berufsfeld 34 „Packer/-innen, Lager-, Transportarbeiter/-innen“; das Berufsfeld 12 „Textilberufe“ mit dem Berufsfeld 13 „Textilverarbeitung, Lederherstellung“ zusammengefasst. Ebenso bilden nun die alten Berufsfelder 14 „Back-, Konditor-, Süßwarenherstellung“, 15 „Fleischer/-innen“ und 17 „Getränke-, Genussmittelherstellung, übrige Ernährungsberufe“ ein Berufsfeld. Damit bleiben 50 Berufsfelder bestehen. Diese können wie zuvor zu Berufshauptfeldern zusammengefasst werden. Tabelle 1 zeigt die Definition die aktualisierten Berufshaupt- und Berufsfelder. Für die Nutzung in den QuBe-Projektionen wurden die Berufsfelder von 1 bis 50 hier neu durchnummeriert.“

### **Methodenkasten 3: Das IAB/INFORGE-Modell**

Das IAB/INFORGE-Modell ist ein nach Produktionsbereichen und Gütergruppen tief disaggregiertes ökonometrisches Prognose- und Simulationsmodell für Deutschland, das von der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) entwickelt worden ist und seit 1996 durchgehend betrieben und aktualisiert wird (Schnur und Zika 2009). Das Modell beruht auf den Konstruktionsprinzipien „bottom-up“ und „vollständige Integration“. „Bottom-up“ besagt, dass die einzelnen Sektoren der Volkswirtschaft sehr detailliert modelliert und die gesamtwirtschaftlichen Variablen durch Aggregation im Modellzusammenhang gebildet werden. Damit gelingt sowohl eine lückenlose Darstellung der einzelnen Sektoren im gesamtwirtschaftlichen Zusammenhang und in der intersektoralen Verflechtung als auch eine Erklärung gesamtwirtschaftlicher Zusammenhänge, die die Volkswirtschaft als Summe ihrer Branchen begreift. „Vollständige Integration“ meint eine Modellstruktur mit der Abbildung der interindustriellen Verflechtung und einer Erklärung der Einkommensverwendung der privaten Haushalte aus der Einkommensentstehung in den einzelnen Sektoren (Abbildung 3). Die Exportnachfrage wird über die Außenhandelsverflechtung Deutschlands mit dem Rest der Welt bestimmt. Die prognostizierte Importnachfrage von 60 Ländern und Regionen bestimmen über bilaterale Handelsmatrizen die güterspezifischen Exporte aus Deutschland.

**Abbildung 3**  
**IAB/INFORGE im Überblick**



Quelle: eigene Darstellung

Das IAB/INFORGE-Modell weist zwar einen sehr hohen Endogenisierungsgrad auf, kommt aber auch nicht ohne exogene Voreinstellung aus: Neben Instrumentvariablen der Fiskalpolitik wie die Steuersätze zählen dazu die Zentralbankzinsen der Europäischen Zentralbank, der Wechselkurs sowie die Preisentwicklung von Rohstoffen. Die Entwicklung in anderen Ländern stellt für die Bestimmung der deutschen Exporte ebenso wie die Bevölkerungsentwicklung und ihre Altersstruktur für das Arbeitsangebot eine exogene Größe dar.

## 2.2 Mögliche Parameter und Annahmen

Unter den oben diskutierten Einflüssen und Zusammenhängen werden im Folgenden die Stellschrauben (Parameter) im Q-INFORGE-Modell des QuBe-Projektes für eine Realisierung von Wirtschaft 4.0 in Deutschland beschrieben. Die im Folgenden diskutierten Stellschrauben beziehen sich auf die hinter dem Modell stehenden Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) des Statistischen Bundesamtes.

Die Diskussion der Eingriffe erfolgt entlang der Input-Output-Tabelle in Abbildung 4. Die jeweiligen Eingriffe in die Input-Output-Tabelle werden im Folgenden erläutert und können über die jeweilige Nummerierung in der Input-Output-Tabelle verortet werden. Die Input-Output-Tabelle dient als Orientierungsraster, da nur sie ein branchenspezifisches Bild von Nachfrage, Vorleistungsverflechtung und Produktion gibt und die strukturellen Folgen der Wirtschaft 4.0 nur hier explizit angesprochen und in einen gesamtwirtschaftlichen Rahmen eingeordnet werden können.

Die Einführung der Wirtschaft 4.0 in die Volkswirtschaft wirkt auf die gekennzeichneten Bereiche. Zum einen sind die Bauinvestitionen ❶ betroffen. Diese enthalten unter anderem den Tiefbau, der den Ausbau des Leitungsnetzes („Schnelles Internet“) umfasst. Die Ausrüstungsinvestitionen ❷ geben nicht nur Aufschluss über die bezogenen Maschinen aus der Branche Maschinenbau, sondern auch über die notwendigen IT- und Informationsdienstleistungen. Beide Größen werden sich im Zusammenhang mit der Einführung von Wirtschaft 4.0 verändern. Einen weiteren Teil der Bruttonanlageinvestitionen stellen die Vorratsveränderungen ❸ dar: Sie geben Auskunft über die Veränderung der Lagerhaltung: negative Werte stehen für eine Verringerung des Lagers. Im Zuge des Einsatzes neuer Technologien ist eine Veränderung der Lagerhaltung denkbar.

Während die Punkte ❶ bis ❸ vor allem die notwendigen Investitionen beschreiben, geht es bei den folgenden Punkten um eine Veränderung der Nachfrage nach Gütern. Diese kann ausgelöst werden durch veränderte Preise: Produkte können günstiger werden. Ferner können neue Produkte oder veränderte Qualitäten zusätzlich Nachfrage generieren. Schließlich gibt es „begleitende“ Nachfrage, die sich zum Beispiel in einem höheren Bedarf nach Weiterbildung ausdrückt.

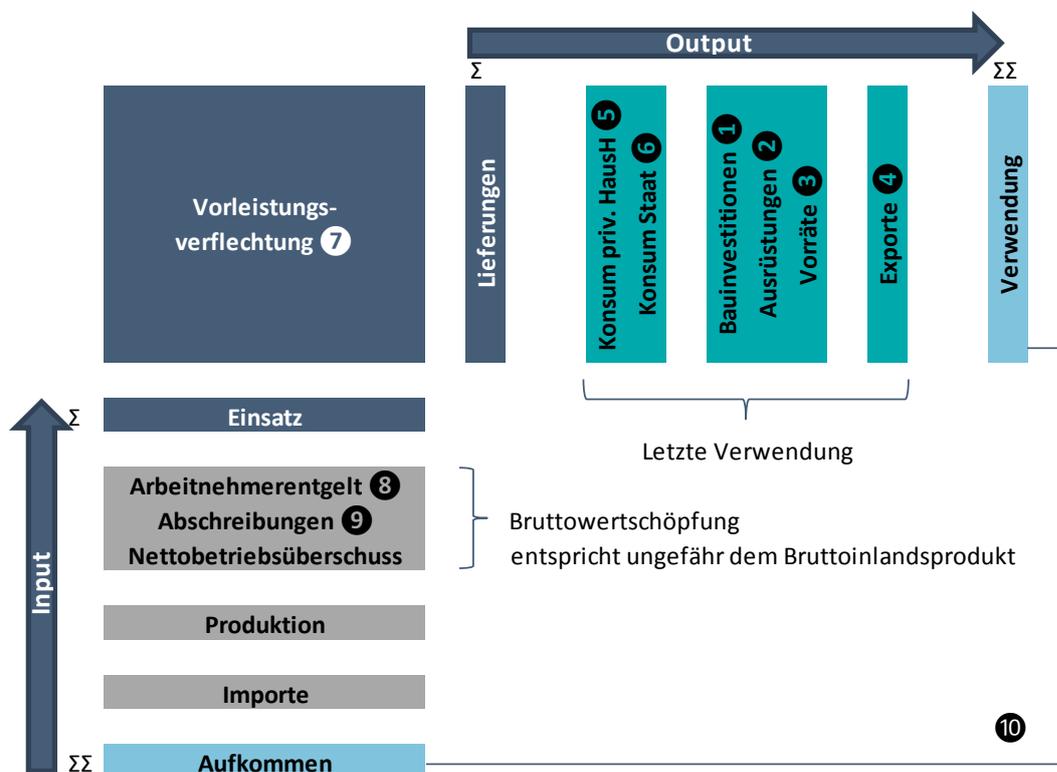
Die Exporte Deutschlands ❹ werden, vereinfacht gesprochen, von der Entwicklung der Importnachfrage anderer Länder und der preislichen Wettbewerbssituation deutscher Produkte geprägt. Hinzu kommen langfristige Beziehungen zwischen Lieferant und Empfänger und auch qualitative Unterschiede deutscher Produkte. Sichtbar wird Letzteres an der Güterstruktur deutscher Exporte, die einen Schwerpunkt auf Chemie, Maschinenbau und Fahrzeugbau haben. Eine solche Schwerpunktbildung ist nicht ausschließlich auf preisliche Wettbewerbsvorteile zurückzuführen.

Auf die Exporte können im Rahmen eines Umbaus zu einer Wirtschaft 4.0 direkte und indirekte Wirkungen einsetzen. Zum einen können veränderte Nachfragen wegen neuer Qualitäten oder Produkte entstehen, zum anderen wird der Produktionsprozess umgestellt, so dass auch die Exportpreise einem Wandel unterworfen sind.

Für die Nachfrage privater Haushalte ❺ gilt Ähnliches: Es können neue Nachfragen entstehen oder es können sich Folgen auf Grund von neuen Preisentwicklungen ergeben. Hinzu kommt, dass die höhere Qualität der Produkte bzw. die Individualisierung der Güter und Dienstleistungen auch zu einer höheren Zahlungsbereitschaft der Konsumenten führen könnte, so dass die privaten Haushalte für die gleichen Leistungen bereit wären, einen höheren Preis zu bezahlen. Schließlich könnten die privaten Haushalte eigenmotivierte Weiterbildungsausgaben leisten, um mit der technologischen Entwicklung Schritt zu halten. Die Konsumausgaben des Staates ❻ umfassen u.a. die Ausgaben für Bildung. Dazu gehören auch die Aktivitäten der Bundesagentur für Arbeit, die im Rahmen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen als Teil der Sozialversicherungen beim Staat gebucht werden. Auch hier sind verstärkte Weiterbildungsmaßnahmen denkbar.

Die Vorleistungsverflechtung ⑦ der Produktionsbereiche untereinander gibt Auskunft über die Lieferungen („Welche Güter werden an welche Produktionsbereiche geliefert?“) (Zeile) und die Kostenstruktur (Spalte). Letztere gibt an, was an Gütern und Leistungen in welchem Umfang eingesetzt werden muss, um die Produktion zu ermöglichen. Die Wirtschaft 4.0 wird diese Lieferstrukturen nachhaltig verändern. So ist anzunehmen, dass teilweise weniger (Rohstoffe, Halbfertigprodukte) und/oder andere (elektronische Erzeugnisse) Güter eingesetzt werden müssen. Gleichzeitig können vermehrte Dienstleistungsnachfragen hinzukommen (IKT). Da definitionsgemäß die Produktion abzüglich des Vorleistungseinsatzes die Wertschöpfung ergibt, wirken sich Veränderungen der Kostenstruktur unmittelbar auf diese aus. Aus der einzelwirtschaftlichen Sicht eines Unternehmens führen zurückgehende Materialaufwendungen, die auch bezogene Leistungen enthalten, bei einem unveränderten Umsatz zu einem höheren Rohertrag.

**Abbildung 4**  
**Schematische Darstellung der Input-Output-Tabelle**



Quelle: eigene Darstellung.

Die Wertschöpfung selbst wird vereinfachend in Arbeitnehmerentgelte ⑧ (Personalkosten), Abschreibungen ⑨ und Nettobetriebsüberschuss (ähnlich zum Gewinn) aufgespalten. Die Arbeitnehmerentgelte sind von mehreren Einflussfaktoren betroffen. Verringert sich die Produktion, werden bei unveränderten Produktionsweisen auch weniger Arbeitskräfte benötigt. Eine solche Situation kann auftreten, wenn auf Grund der veränderten Kostenstrukturen anderer Produktionsbereiche die eigenen Güter weniger stark nachgefragt werden. Es kann aber auch zu Veränderungen der

Arbeitsproduktivität kommen; bei einer unveränderten Produktion können in Zusammenhang mit Wirtschaft 4.0 weniger Arbeitskräfte notwendig sein als zuvor.

Die Abschreibungen ⑨ werden direkt beeinflusst vom Investitionsgeschehen ①&②: So werden z. B. Aufwendungen für neue Maschinen über die gewöhnliche Nutzungsdauer verteilt und in Form von Abschreibungen auf der Kostenseite erfasst. Gleichzeitig kann technologischer Fortschritt dazu führen, dass Maschinen nicht mehr eingesetzt werden, da die Produktion mit ihnen nicht mehr wirtschaftlich ist oder die mit der Maschine erzeugten Güter keine Nachfrage mehr finden. In beiden Fällen kann es zu außergewöhnlichen Abschreibungen kommen, die durch eine Verringerung der gewöhnlichen Nutzungsdauer ausgelöst werden.

Die übrigen, eben nicht diskutierten Größen werden in der Regel zumindest indirekt beeinflusst. Das gilt z. B. für die Importe. Die Produktion ist das Ergebnis von Angebot (Preissetzung) und Nachfrage (① bis ⑥). Die Preissetzung kann durch Berechnung der Stückkosten erfolgen, welche sich aus dem Verhältnis des Vorleistungseinsatzes zuzüglich Lohn und Abschreibung relativ zur preisbereinigten Produktion ergeben.

Aufgrund der Fülle der Einflüsse von Wirtschaft 4.0 auf das Wirtschaftsgeschehen ist a priori keine Aussage über das Gesamtergebnis, also die Veränderung des Bruttoinlandsproduktes und die Anzahl und Struktur der Erwerbstätigen, möglich. Sämtliche diskutierten Folgen einer Wirtschaft 4.0 wirken sich letztlich auf die gesamte Verwendung bzw. auf das gesamte Aufkommen aus. Schließlich müssen wegen der hinter der Input-Output-Tabelle stehenden doppelten Buchführung Aufkommen und Verwendung jedes produzierten Gutes gleich sein ⑩. In Folge dessen werden sowohl Veränderungen der Nachfrage als auch des Angebotes zu einem neuen Ergebnis führen.

Die gewählte Darstellung ist eine Vereinfachung. So werden ausgelöst durch die diskutierten Eingriffe die Lohn- und Gewinneinkommen verändert. Daraus ergeben sich Folgen für das Budget des Staates (direkte und indirekte Steuern) und der privaten Haushalte (Verfügbares Einkommen). Gleichzeitig verändert sich der Arbeitsmarkt. Die Anzahl und die Entlohnung der Arbeitskräfte sind einem Wandel ausgesetzt, woraus sich Folgen für die Erwerbslosigkeit und die finanzielle Ausstattung der Sozialversicherungen ergeben. Auch wenn diese und weitere Zusammenhänge nicht dargestellt werden, sind sie doch im eingesetzten Modell Q-INFORGE abgebildet (Maier u. a. 2014b).

### **2.3 Annahmen – generelle Einschätzungen**

Wie in allen vorliegenden Veröffentlichungen zum Thema Industrie bzw. Wirtschaft 4.0 wird auch in dem hier dargestellten Szenario davon ausgegangen, dass Wirtschaft 4.0 nicht ad-hoc eingeführt wird, sondern der Übergang ein langfristiger

Prozess ist, der bis 2025<sup>3</sup> anhält. Ab diesem Zeitpunkt gilt Wirtschaft 4.0 als vollständig realisiert und wird bis zum Ende des Projektionshorizontes – 2035 – bestehen bleiben.

In der Literatur wird unter den Chancen und Potenzialen von Wirtschaft 4.0 regelmäßig die Schaffung neuer Geschäftsmodelle, Produkte und Dienstleistungen für die Endnachfrage genannt. Die Möglichkeiten, die sich aus der Nutzung der Digitalisierung ergeben, sind unstrittig. Ob allerdings die Nachfrage auch für die neuen Geschäftsmodelle geschaffen wird und wenn, in welchem Umfang, ist ungewiss. Der in den oben genannten Studien meist sehr abstrakt dargestellte Effekt auf die Nachfrageseite aufgrund neuer Angebote (also nicht aufgrund einer durch Preissetzung veränderten Nachfrage) wird in dem vorliegenden Szenario durch angenommene Entwicklungen im letzten Teil-Szenario realisiert.

Eine Folge der durch die Digitalisierung ausgelösten Kostenreduktion ist ein relativer Kostenvorteil von in Deutschland hergestellten Produkten. Daraus kann sich eine Repatriierung von ins Ausland verlagerten Produktionsprozessen ableiten, was sich in einer Reduktion der Vorleistungsimporte ausdrücken würde. In dem vorliegenden Szenario wird allerdings von keiner Rückkehr von Produktionsstandorten nach Deutschland ausgegangen, weil in den bereits genannten Hintergrundgesprächen kein Hinweis auf eine solche Entwicklung identifiziert werden konnte.

Ferner geht das Szenario davon aus, dass Deutschland im Vergleich zu allen anderen Ländern sehr früh mit der Einführung und Umsetzung der Digitalisierung beginnt. Nur so kann es gelingen, „temporäre Monopolgewinne“ gegenüber ausländischen Konkurrenten zu erwirtschaften. Grundsätzlich ist davon auszugehen, und internationale Studien belegen dies (Berger 2014), dass Deutschland nicht das einzige Land ist, in dem die vierte industrielle Revolution verfolgt wird. Auch in den USA oder China sind Bestrebungen zu beobachten, die Produktivitätspotenziale der Digitalisierung zu realisieren. Eine mögliche Folge der schnelleren Realisierung von Wirtschaft 4.0 im Ausland könnte sein, dass die Importstruktur Deutschlands sich verändern müsste. Diese Annahme kann also zu einer Überschätzung der tatsächlichen Folgen führen.

### **3 Szenario-Rechnungen und Ergebnisse**

Im Folgenden wird, basierend auf den dargestellten Zusammenhängen, eine Reihe von Annahmen in das QuBe-Modell (Q-INFORGE; Maier u. a. 2016) eingesetzt. Zur Wahrung der Übersichtlichkeit werden in Tabelle 2 die Annahmen gelistet und den einzelnen Teil-Szenarien (TSZ) und Gesamt-Szenarien, die im Folgenden beschrieben und deren Ergebnisse diskutiert werden, zugewiesen. Die detaillierte Beschreibung der Annahmen erfolgt beim jeweiligen Teil-Szenario. Dabei beziehen sich die jeweiligen Annahmen auf die entsprechende Nummer in Tabelle 2.

---

<sup>3</sup> Es werden auch spätere Zeitpunkte für eine Umsetzung genannt.

**Tabelle 2**  
**Liste der Annahmen**

Annahmen	Teil-Szenarien
Ausrüstungsinvestitionen	
① Zusätzliche Investitionen	TSZ 1
② Umrüstung des Kapitalsstocks Sensorik	
③ Umrüstung des Kapitalsstocks IT-Dienstleistungen	
Bauinvestitionen	
④ Investitionsvolumen "Schnelles Internet"	TSZ2
⑤ Verteilung auf Branchen	
⑥ ausgeglichener Finanzierungssaldo des Staates	
Kosten- und Gewinnstrukturen	
⑦ Weiterbildung	TSZ3
⑧ Beratungsleistungen	
⑨ Digitalisierung	
⑩ Rückgang der Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie bezogener Leistungen	
⑪ Rückgang der Kosten für Logistik	
⑫ steigende Arbeitsproduktivität	
Veränderung der Berufsfeld- und Anforderungsstrukturen	
⑬ nach Branchen unter Beachtung der Routineanteile	TSZ4
⑭ Anpassung der Arbeitsproduktivität an neue Lohnstruktur	
Nachfragesteigerungen	
⑮ höhere Staatsausgaben für Sicherheit	TSZ5 (= Gesamt-Szenario)
⑯ zusätzliche Nachfrage der Privaten Haushalte	
⑰ höhere Zahlungsbereitschaft	
⑱ Exportsteigerungen	
<b>Vergleich mit der QuBe-Basisprojektion</b>	

Quelle: eigene Darstellung.

### 3.1 Ausrüstungsinvestitionen (Teil-Szenario 1)

Eine entscheidende Frage für die wirtschaftliche Entwicklung ist, wie viele zusätzliche Investitionen in Ausrüstungen und in welchem Zeitraum beim Übergang in eine Wirtschaft 4.0 anfallen. Diese Frage ist nicht abschließend zu beantworten, da neu gekaufte Ausrüstungsgüter bereits die notwendigen Eigenschaften haben können, aber eventuell im Rahmen der allgemeinen Ersetzungsprozesse neu angeschafft wurden. Daher kann nur anhand von Plausibilitätsüberlegungen versucht werden, Annahmen über die zusätzlichen Investitionen zu treffen.

(Annahmen ① und ②) Im Verarbeitenden Gewerbe wird ein Teil der bestehenden Ausrüstungsgüter um- bzw. aufgerüstet, indem die Kontrollgeräte ausgetauscht und die dazu notwendigen IT-Dienstleistungen bezogen werden.

Gemessen am Kapitalstock für Ausrüstungen haben die Ausrüstungsinvestitionen einen Anteil von circa 10 Prozent. Das heißt, normalerweise wird der Kapitalstock alle zehn Jahre ausgetauscht. Es wird angenommen, dass von den letzten zehn Investitionsjahrgängen nur die neuesten fünf in den nächsten Jahren mit Wirtschaft-4.0-fähigen Kontrollinstrumenten ausgestattet werden. Für die älteren Anlagen lohnt es sich nicht mehr, da diese in den kommenden fünf Jahren turnusgemäß ausge-

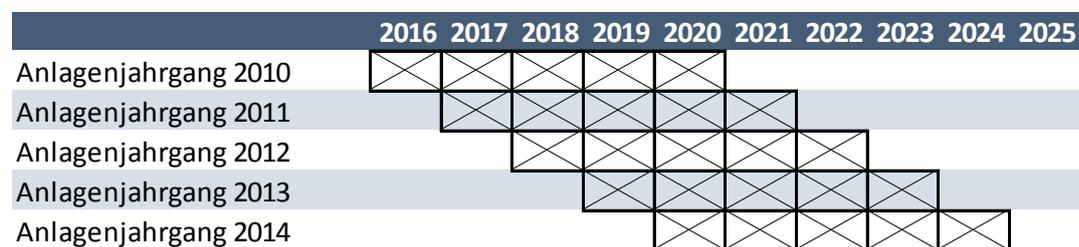
tauscht werden. Ferner wird davon ausgegangen, dass nicht nur Kontrollinstrumente, sondern auch IT-Leistungen notwendig sind, um die betroffenen Maschinen in den neuen Produktionsprozess zu integrieren.

Laut der Input-Output-Tabelle 2012<sup>4</sup>, werden von den 276 Mrd. Euro Ausrüstungsinvestitionen insgesamt 21 Mrd. Euro für DV-Geräte, elektronische und optische Erzeugnisse ausgegeben; davon entfallen rund ein Drittel (7 Mrd. Euro) auf „Mess-, Kontroll- u. a. Instrumente und Einrichtungen, elektromedizinische Geräte sowie Datenträger“. Weitere 21,7 Mrd. Euro entfallen auf „IT- und Informationsdienstleistungen“. Beide zusammen haben einen Anteil von rund 10 Prozent an den Ausrüstungsinvestitionen insgesamt.

Über den Anteil der Mess- und Kontrollinstrumente an den genannten 7 Mrd. Euro liefert die Produktionsstatistik keine Daten. Wir nehmen an, dass der Anteil 25 Prozent beträgt. Für die IT-Dienstleistungen (insgesamt 21,7 Mrd. Euro) wird der gleiche Anteil angenommen. Für einen „normalen“ Investitionsjahrgang von 276 Mrd. entfallen somit rund 72 Mrd. Euro oder 2,6 Prozent auf notwendige Sensorik und IT-Dienstleistungen.

Des Weiteren wird unterstellt, dass nur 50 Prozent der in Frage kommenden Maschinen tatsächlich umgerüstet werden. Daraus folgt dann eine jährliche Investitionssumme von ca. 3,6 Mrd. Euro, die zusätzlich investiert werden müsste. Ferner wird angenommen, dass heute fünf Jahre alte Maschinen in den nächsten fünf Jahren umgerüstet werden. Das gilt auch für die vier folgenden Jahrgänge nur um jeweils ein Jahr nach hinten versetzt. So werden die für die Umrüstung notwendigen Investitionen, die in 2016 beginnen, von preisbereinigt ca. 18 Mrd. Euro auf neun Jahre gestreckt. Der Nachrüstungsaufwand bezieht sich auf die Jahre 2017 bis 2024 (Abbildung 5). Es liegen also nur noch acht Jahre vor. Es werden bis 2024 also 16 Mrd. Euro zusätzlich investiert.

**Abbildung 5**  
**Vintagen der Umrüstungsinvestitionen**



Quelle: eigene Darstellung.

<sup>4</sup> Input-Output-Tabelle des Jahres 2010 vor der Revision der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen. Inzwischen wurde das Modell auf Input-Output-Tabellen nach der Revision aktualisiert. Da die neuen Tabellen den Wirtschaftszweig „Mess-, Kontroll- u. a. Instrumente und Einrichtungen, elektromedizinische Geräte sowie Datenträger“ nicht mehr getrennt ausweisen, wurde für die Annahme weiterhin die Tabelle vor Revision genutzt.

(Annahme ③) Neben den für die Aufrüstung bestehender Ausrüstungsgüter notwendigen Investitionen werden für den Umbau zur Wirtschaft 4.0 die derzeitigen Investitionen in neue Ausrüstungen und sonstige neue Anlagen von ca. 300 Mrd. Euro preisbereinigt insgesamt pro Jahr um zusätzlich 0,5 Prozent erhöht. Die Investitionen werden der Landwirtschaft und dem produzierenden Gewerbe zugeschlagen (vgl. Wolter u. a. 2015). Im Referenzlauf steigen die Investitionen von 2017 bis 2025, so dass in den folgenden 9 Jahren 13,5 Mrd. Euro preisbereinigt hinzukommen, dies sind durchschnittlich pro Jahr 1,5 Mrd. Euro.

Über den gesamten Projektionszeitraum (2017–2035) entspricht das zusätzlichen Investitionen in Höhe von 30 Mrd. Euro. Die investierenden Wirtschaftszweige (vereinfacht: Branchen) finden sich im Verarbeitenden Gewerbe und in der Landwirtschaft. Bei der Zuordnung der Investitionen der Branchen zu den Investitionsgütern wird unterstellt, dass nur die Gütergruppen (GG) betroffen sind, die auch tatsächlich eine Wirtschaft 4.0-Fähigkeit sicherstellen. Im Einzelnen sind dies die folgenden Gütergruppen:

- (1) GG 27 - Elektrische Ausrüstungen
- (2) GG 28 - Maschinen
- (3) GG 33 - Reparatur, Instandhaltung und Installation von Maschinen und Ausrüstungen
- (4) GG 62-63 - IT- und Informationsdienstleistungen

Im bisher genannten wurden nur die Investitionen im Verarbeitenden Gewerbe berücksichtigt. Beim breiteren Ansatz – Wirtschaft 4.0 – sind auch die Investitionen der Dienstleistungsbereiche einzubeziehen. Die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen weisen neuerdings die Investitionen in neue Ausrüstungen und sonstige neue Anlagen getrennt aus, so dass eine detailreichere Betrachtung nach Wirtschaftszweigen möglich ist. Die sonstigen neuen Anlagen umfassen laut methodischen Erläuterungen zur Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung insbesondere das sogenannte geistige Eigentum einer Volkswirtschaft. Es werden Investitionen in Forschung und Entwicklung, Software und Datenbanken und Urheberrechte erfasst.

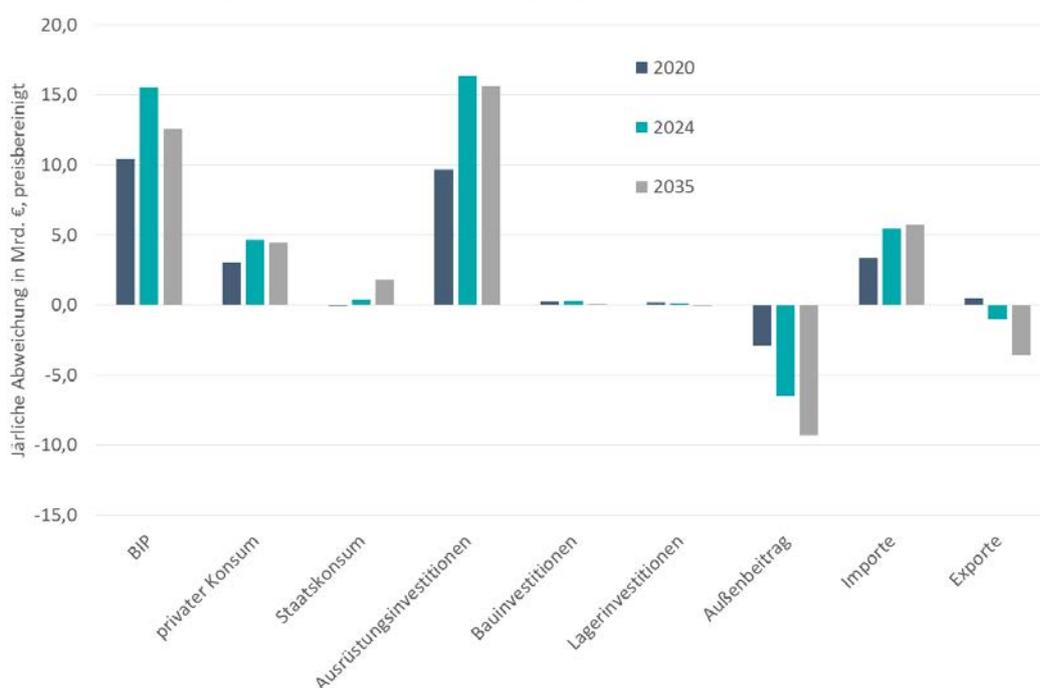
Weiterhin ist festzuhalten, dass für Geistiges Eigentum in 2014 insgesamt 103,2 Mrd. Euro ausgegeben worden sind (Forschung und Entwicklung: 74,5 Mrd. Euro, Software und Datenbanken: 23,4 Mrd. Euro, Rest: 5,3 Mrd. Euro). Es wird angenommen, dass rund zwei Drittel der Investitionen in Software und Datenbanken (ca. 15 Mrd. Euro) vom Dienstleistungsbereich getätigt wird. Das entspricht rund ein Drittel aller Investitionen des Dienstleistungsbereichs in sonstige neue Anlagen. Analog zu der Annahme, dass die Vorleistungsaufwendungen für IKT-Leistungen um 60 Prozent bis 2025 steigen müssen, damit ein Digitalisierungsgrad von 80 Prozent erreicht wird (Annahme ⑨), müssen die Investitionen in Software- und Datenbanken des Dienstleistungsbereichs ebenfalls um 60 Prozent gegenüber der QuBe-Basisprojektion steigen. Für die Jahre 2017 bis 2025 bedeutet das einen Zuwachs von ca. 40 Mrd. Euro. Vorausgesetzt, dass sich die Verteilungen innerhalb der sons-

tigen neuen Anlagen nicht verändern werden, sind 2025 die Investitionen somit um ein Drittel höher als in der Referenz.

Insgesamt (Annahme ① - ③) werden in den Jahren 2017 bis 2025 preisbereinigt rund 70 Mrd. Euro mehr als in der QuBe-Basisprojektion investiert (Produzierendes Gewerbe: 16 Mrd. Euro in Sensorik und IT-Dienstleistungen und 13,5 Mrd. Euro zusätzliche Investitionen; Dienstleistungsgewerbe: ca. 40 Mrd. Euro). Im Zeitraum von 2026 bis 2030 setzen sich die allgemeinen zusätzlichen jährlichen Investitionen fort. Im produzierenden Gewerbe und in der Landwirtschaft werden in diesem Zeitraum noch einmal rund 15 Mrd. Euro und im Dienstleistungsgewerbe etwa 100 Mrd. investiert, so dass unter den getroffenen Annahmen von 2017 bis zum Jahr 2035 rund 185 Mrd. Euro zusätzlich investiert werden. Von diesen entfallen ca. 45 Mrd. auf Landwirtschaft und Produzierendes Gewerbe und 140 Mrd. Euro auf den Dienstleistungsbereich. Auch die IAB-ZEW Betriebsbefragung zum Thema Arbeitswelt 4.0 zeigt die Einschätzung, dass die Nutzung von 4.0-Technologien mit hohen Investitionen verbunden ist (Arntz u. a. 2016). Die Finanzierung der Investitionen geschieht über die Abschreibungen, die entweder den Gewinn der Unternehmen schmälern oder eine Überwälzung in die Ab-Werk-Preise ergeben.

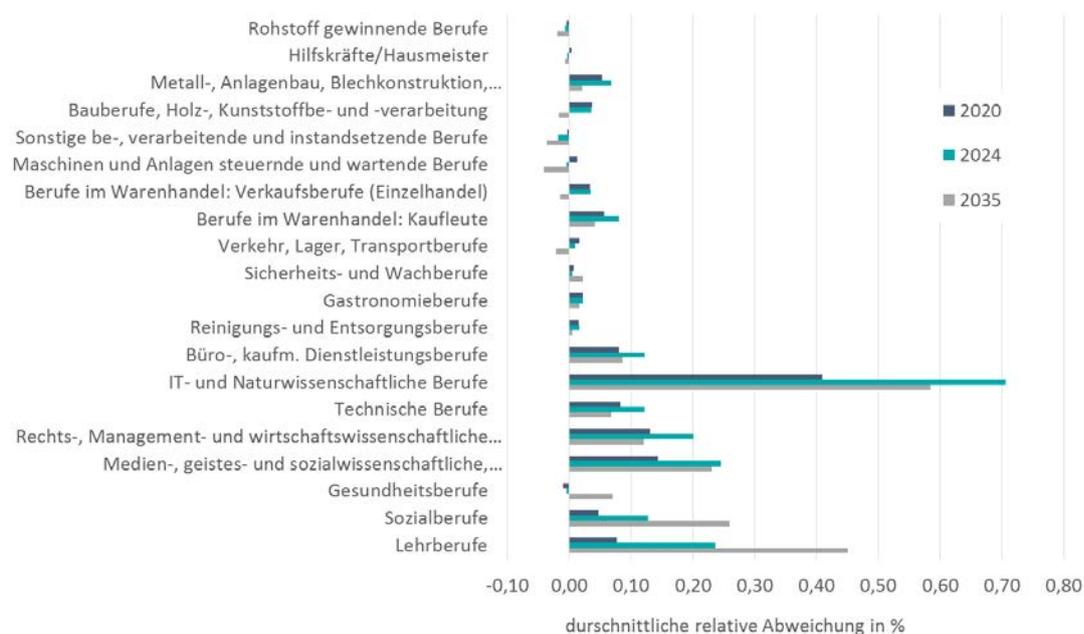
Ein Blick auf die Komponenten des Bruttoinlandsproduktes (Abbildung 6) zeigt, dass nach Abschluss der Nachrüstungsphase im Jahr 2024 die Ausrüstungsinvestitionen zwar immer noch höher sind als in der QuBe-Basisprojektion, der Abstand sich aber verringert.

**Abbildung 6**  
**Teil-Szenario 1 – Veränderung des Bruttoinlandsproduktes und seiner Komponenten im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion**



Quelle: eigene Darstellung.

**Abbildung 7**  
**Teil-Szenario 1 – Zahl der Erwerbstätigen nach Berufshauptfeldern im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion**



Quelle: eigene Darstellung.

Das Ergebnis ist nicht verwunderlich, da das Teil-Szenario 1 allein unvollständig ist: Bisher wurden nur Ausgaben in das Modell eingefügt, aber keine Erträge. Dennoch können erste Veränderungen der Berufsfeldstruktur festgestellt werden (Abbildung 7). Mit dem Investitionsanstieg und dem damit verbundenen höheren Wachstum insgesamt werden insbesondere die IT- und naturwissenschaftlichen Berufe (BHF 14), Medien-/Geisteswissenschaftliche Berufe (BHF 17) (inklusive Design) sowie Lehrende Berufe (BHF 16) anfangs vermehrt nachgefragt.

IT fragt rund 7,5 Prozent aller Lieferungen des Bereichs Erziehung und Unterricht nach (wenn Eigenlieferungen ausgeschlossen sind) (IOT 2012) und viele der Sozialen Berufe (BHF 19) werden auch in der Branche Erziehung und Unterricht eingesetzt. Außerdem nehmen die Investitionen in Geistiges Eigentum des Wirtschaftszweiges Erziehung und Unterricht deutlich zu. Die zunehmende Zahl an Lehrpersonal kann als eine komplementäre Entwicklung zu den höheren Investitionen verstanden werden.

### 3.2 Bauinvestitionen (Teil-Szenario 2)

Der Ausbau zu einem „schnellen Internet“ ist eine wesentliche Voraussetzung für die Umsetzung einer digitalen Wirtschaftsweise. Laut der Studie des TÜVRheinland im Auftrag des BMWi (TÜVRheinland 2013) belaufen sich die Kosten für einen Ausbau auf ca. 20 Mrd. Euro, damit 100 Prozent der Haushalte einen Anschluss an 50 Mbit/s-Netze erhalten. Wird eine 95-prozentige Versorgung angestrebt, betragen die Kosten 12 Mrd. Euro.

(Annahme ④) In den kommenden drei Jahren müssen jeweils 4 Mrd. Euro in den Ausbau investiert werden, damit im Jahr 2018 rund 95 Prozent aller Haushalte einen Anschluss an ein 50 Mbit/s-Netze haben.

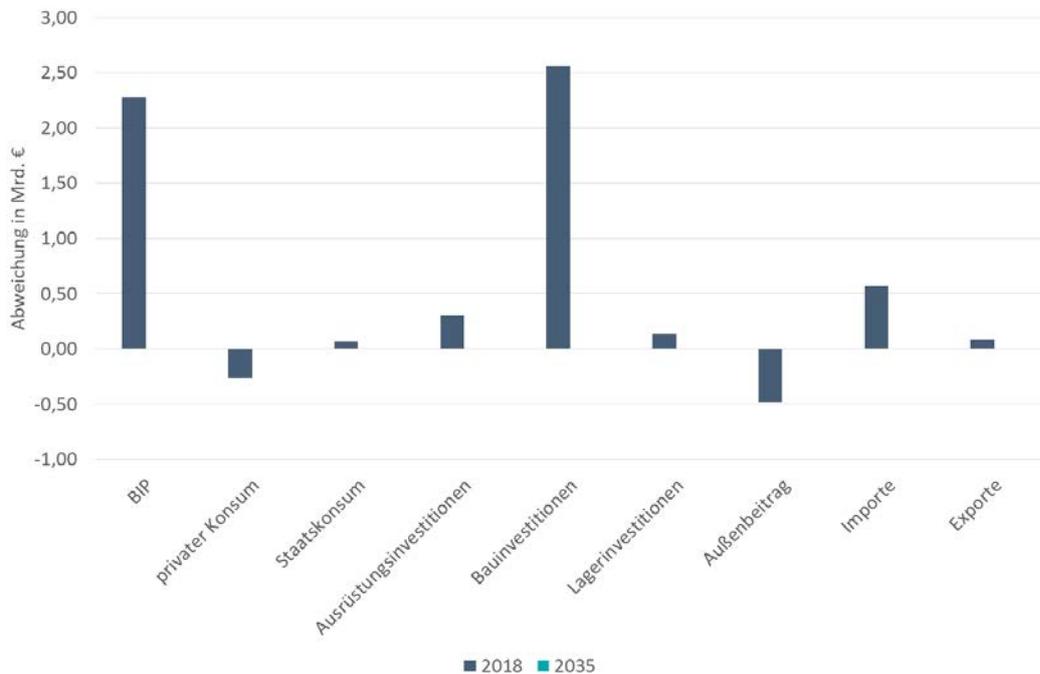
Laut der Studie soll das Ziel der flächendeckenden Bereitstellung (also 100 Prozent) bis 2018 erreicht werden. Unter der Annahme, dass in den Jahren 2014 und 2015 kaum zusätzliche Investitionen getätigt worden sind, stehen nur noch die Jahre 2016, 2017 und 2018 zeitlich zur Verfügung. Wegen der knappen Zeit und der hohen Investitionsbedarfe wird wahrscheinlich nur ein Ausbau auf 95 Prozent bis Ende 2018 erreicht, so dass in zwischen 2016 und 2018 jeweils 4 Mrd. Euro jährlich zusätzlich investiert werden müssen, wobei angenommen wird, dass die Investitionen im Jahr 2016 bereits getätigt wurden

(Annahme ⑤) In der Regel werden kabelgebundene Technologien (TÜVRheinland 2013) eingesetzt. Demzufolge werden im Modell Q-INFORGE Tiefbauarbeiten und der Einsatz von elektronischen Ausrüstungen (u. a. Kabel) betroffen sein. Die elektronischen Ausrüstungen stellen nur einen geringen Anteil der Bauinvestitionen: Laut Input-Output-Rechnung des Statistischen Bundesamtes circa 1 Prozent. Daher wird angenommen, dass dieser Teil der Investitionen bereits in der Vergangenheit zu großen Teilen für den Leitungsausbau eingesetzt worden ist und nun um 100 Prozent (also circa 1 Mrd. Euro pro Jahr) steigt. Die übrigen 3 Mrd. Euro werden für Tiefbauleistungen ausgegeben. Die Gegenbuchung erfolgt vollständig bei den Investitionen des Staates.

(Annahme ⑥) Der Staat finanziert die notwendigen Investitionen nicht über neue Schulden. Vielmehr wird unterstellt, dass der Finanzierungssaldo des Staates unverändert bleibt.

Für die Finanzierung könnten also 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, um einen unveränderten Finanzierungssaldo zu erreichen. Gegensätzlich hierzu würde eine Finanzierung über Schulden oder aus Überschüssen, die dann nicht zur Schuldentilgung eingesetzt werden, eine stärkere Wirkung nach sich ziehen.

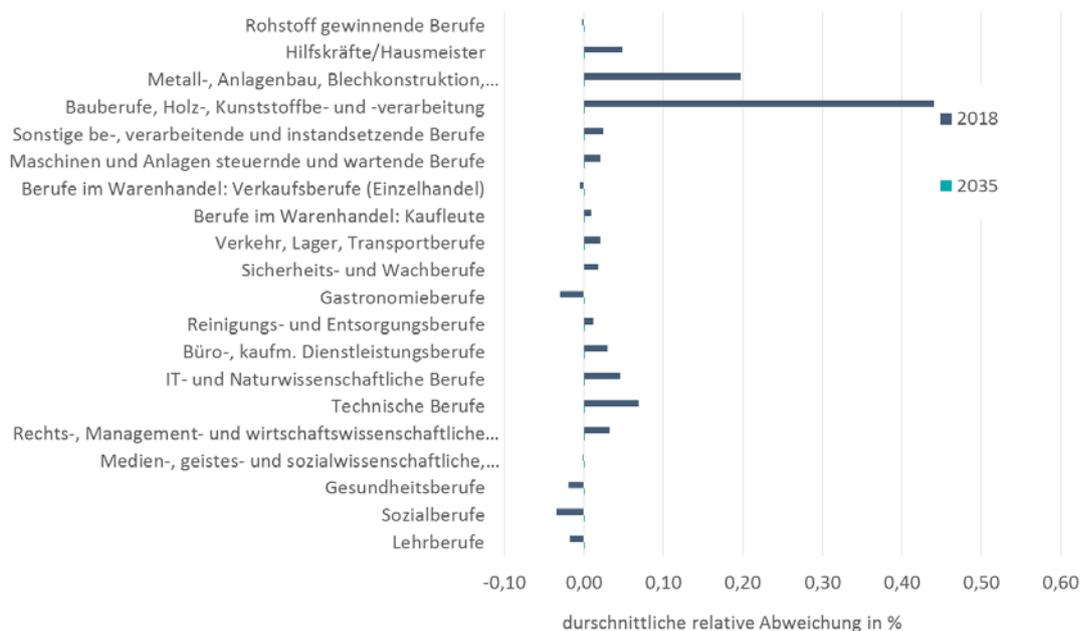
**Abbildung 8**  
**Teil-Szenario 2 – Veränderung des Bruttoinlandsproduktes und seiner Komponenten im Vergleich zum Teil-Szenario 1**



Quelle: eigene Darstellung.

Die Abbildung 8 zeigt die Wirkungen auf die Komponenten für die Jahre 2018 und 2035. Dabei wurde das Jahr 2018 abweichend von den anderen Darstellungen ausgewählt, weil es das letzte Jahr der zusätzlichen Bauinvestitionen darstellt. In 2020 liegen keine zusätzlichen Investitionen vor. In 2018 ist im Vergleich zum vorangegangenen Teil-Szenario 1 der deutliche Anstieg der preisbereinigten Bauinvestitionen zu erkennen. Die Folgen für das Bruttoinlandsprodukt sind allerdings geringer. Gleichzeitig sind auch mit Bauinvestitionen Importe von Vorleistungsgütern verbunden, die zu einem Rückgang des Außenbeitrages führen. In 2035 sind keine Wirkungen übrig geblieben, da auch das Teil-Szenario 2 nur unterstellt, dass ausgebaut wird, nicht aber, dass die neuen Möglichkeiten auch genutzt werden.

**Abbildung 9**  
**Teil-Szenario 2 – Zahl der Erwerbstätigen nach Berufshauptfeldern im Vergleich zum Teil-Szenario 1**



Quelle: eigene Darstellung.

So geben auch die Veränderungen der Berufshauptfelder nur einen Eindruck von den ausschließlichen Wirkungen der Bauinvestitionen (Abbildung 9). Dennoch wird sichtbar, dass der spezielle Eingriff in die Bauinvestitionen (Tiefbau und elektronische Ausrüstungen) vor allem Berufe des Baugewerbes aber auch des Metall- und Anlagebaus anspricht.

### 3.3 Kosten- und Gewinnstrukturen (Teil-Szenario 3)

Im folgenden Teil-Szenario 3 werden für die investierenden Produktionsbereiche Material- und Personalaufwendungen eingeführt. Bisher haben die Unternehmen investiert (Teil-Szenarien 1&2). Erträge aus den Investitionen wurden bisher nicht berücksichtigt. Immerhin werden bis 2025 annahmegemäß kumuliert preisbereinigt mehr als 70 Mrd. Euro zusätzlich ausgegeben. Allerdings sind zur bestmöglichen Ausschöpfung der potenziellen Effizienzgewinne weitere Ausgaben in Weiterbildung, Beratungsleistungen und IT-Dienstleistungen nötig. Letztlich drückt sich der Ertrag der Investitionen in der Veränderung der Kostensituation aus. Dazu werden sechs Eingriffe vorgenommen. Drei betreffen die zusätzliche Ausgaben (Kostensteigerungen) und drei mögliche Ersparnisse (Kostensenkungen). Im Ergebnis ändern sich die Material- und Personalaufwendungen, die ein Unternehmen hat:

#### Kostensteigerungen:

- (1) Erhöhung der anteiligen Ausgaben der Unternehmen (Produktionsbereiche) für Weiterbildung,
- (2) Erhöhung der Kostenanteile der Unternehmen für Beratungsleistungen und

(3) massiver Einsatz zusätzlicher IT-Dienstleistungen.

**Kostensenkungen:**

(4) Senkung der Materialaufwandsquoten (Materialaufwendungen relativ zum Umsatz) durch Reduktion von Verschleiß und Verschnitt,

(5) Senkung der Ausgaben für Logistik

(6) Senkung der Personalaufwandsquote durch Verbesserung der Arbeitsproduktivität.

Während die Annahmen zur Weiterbildung (siehe oben), zur Beratungsleistung und zu dem Einsatz zusätzlicher IT-Dienstleistungen noch relativ gut abgeschätzt werden können, ist die Einsparung an Material und Arbeitseinsatz von vielen, hier nicht berücksichtigten Einflussfaktoren abhängig. So ist davon auszugehen, dass die Produktionsbereiche einen unterschiedlich hohen Anteil an Verschnitt haben (z. B. Oberflächenveredelung, Herstellung von Schmiede-, Press-, Zieh- und Stanzteilen sowie Metalltanks zwischen 2 bis 6 Prozent (Emec u. a. 2013). Ebenso fällt bei unterschiedlichen Gewerken mehr Verschnitt an als bei anderen. Bei der Erstellung von Holzfenstern kann der Verschnitt bis zu 50 Prozent betragen (Mantau u. a. 2013).

Gleichzeitig ist die große Unsicherheit hinsichtlich der Annahmen (4 & 5) mit erheblichen Auswirkungen auf Wertschöpfung und die Verteilung verbunden. So lieferten sich die Branchen des Verarbeitenden Gewerbes im Jahr 2012 laut Input-Output-Tabelle gegenseitig Vorleistungen im Wert von 817 Mrd. Euro. Eine Einsparung von nur einem Prozent würde unter der Annahme, dass sich sonst nichts verändert (ceteris-paribus-Annahme), einen Zuwachs der Wertschöpfung von 8,2 Mrd. Euro in einem Jahr bedeuten. Bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt ist das ein Zuwachs von rund 0,3 Prozent. Der Vorteil eines reduzierten Materialaufwandes auf Grund eines neuen Produktionsprozesses bleibt dann für alle folgenden Jahre bestehen. Nach zehn Jahren ist dann ein Wertschöpfungszuwachs von 82 Mrd. Euro entstanden, der dann schon die ausgeführten Investitionen in Höhe von 33 Mrd. Euro (preisbereinigt) überschreiten würde. Um eine geeignete, nicht zu optimistische Annahme zu treffen, macht es Sinn, sich die drei Annahmen zu den Kostensteigerungen zuerst anzusehen.

(Annahme 7) Aus der IAB-ZEW Betriebsbefragung zum Thema Arbeitswelt 4.0 geht hervor, dass Weiterbildung eine sehr wichtige Rolle in der Vorbereitung der Beschäftigten spielt, um neue digitalisierte Technologien im Unternehmen erfolgreich einsetzen zu können. Daher wird davon ausgegangen, dass die Unternehmen in den kommenden Jahren zusätzliche Mittel für Weiterbildung aufwenden.

Bei der Berechnung der Weiterbildungskosten beziehen wir uns auf die Ergebnisse der vierten europäischen Erhebung über die berufliche Weiterbildung (CVTS4) über die Kosten für Lehrveranstaltungen je Beschäftigten und die Teilnahmequoten an Lehrveranstaltungen von Beschäftigten in Unternehmen im Jahr 2010 in Deutsch-

land nach Wirtschaftszweigen (Statistisches Bundesamt 2013). Demnach lag die Teilnahmequote an Lehrveranstaltungen in Betrieben sowohl im Produzierenden Gewerbe als auch im Dienstleistungsbereich bei ca. 39,5 Prozent. Davon ausgehend, dass die Transformation hin zu einer digitalisierten Arbeitswelt einen hohen Anteil der Beschäftigten berührt, nehmen wir für das Wirtschaft 4.0-Szenario an, dass die Teilnahmequote für zusätzlich benötigte Schulungen doppelt so hoch ist, so dass 79 Prozent der Beschäftigten bis 2025 an einer zusätzlichen Weiterbildung im Kontext der Digitalisierung teilnehmen werden. Laut den Ergebnissen der CVTS4 (Statistisches Bundesamt 2013) kostete eine Lehrveranstaltung pro Mitarbeiter im Produzierenden Gewerbe ca. 561 Euro und im Dienstleistungsgewerbe 784 Euro. Unter Berücksichtigung der Teuerungsraten des Wirtschaftszweiges Erziehung und Unterricht ergeben sich so bis zum Jahr 2025 Kosten im Umfang von ca. 6,6 Mrd. Euro im Produzierenden Gewerbe und von ca. 18,8 Mrd. Euro im Dienstleistungsbe- reich für zusätzliche Weiterbildungen in Unternehmen.

(Annahme 8) Es sind zusätzliche Beratungsleistungen in Höhe von 1,5 Prozent notwendig, um die neue Produktionsweise im Unternehmen zu implementieren.

Nach der Input-Output-Tabelle beziehen die Unternehmen rund 135 Mrd. Euro Dienstleistungen von außen. 1,5 Prozent mehr Ausgaben für Beratungsleistungen entspricht bei einem Produktionswert in Höhe von 5312 Mrd. Euro rund 0,4 Mrd. Euro mehr. Bis 2025 steigen die Ausgaben bedingt durch Preisentwicklungen und erhöhen den Betrag weiter.

(Annahme 9) Der Grad der Digitalisierung steigt sowohl im Produzierenden Ge- werbe als auch im Dienstleistungsgewerbe auf 80 Prozent.

Laut der IAB-ZEW-Betriebsbefragung zur Arbeitswelt 4.0 hat das Produzierende Gewerbe einen Digitalisierungsgrad von etwa 37 Prozent und das Dienstleistungs- gewerbe von etwa 44 Prozent. Um bei gleichbleibenden Kosten einen Digitalisie- rungsgrad von 80 Prozent zu erreichen, müssten die Ausgaben für IT-Dienst- leistungen im Produzierenden Gewerbe demnach im Vergleich zu heute um 116 Prozent und im Dienstleistungsgewerbe um 81 Prozent steigen. Allerdings steigt auch im QuBe-Basislauf der Digitalisierungsgrad der Unternehmen. Werden diese Steigerungen berücksichtigt, müssen die Ausgaben für IT-Dienstleistungen im Ver- gleich zum QuBe-Basislauf im Produzierenden Gewerbe verdoppelt werden und im Dienstleistungsgewerbe um 66 Prozent steigen. Da der IKT-Bereich selbst sehr viel IKT-Dienstleistungen von außen einkauft (32 Mrd. Euro) wird angenommen, dass diese Branche bereits einen ausreichend hohen Digitalisierungsgrad (80%) hat.

Um einen Überblick über die Aufwendungen und Investitionen der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes zu erlangen, werden die impliziten Geldflüsse zusam- menhängend betrachtet. Damit sich die Ausgaben (Annahmen 7 8 9) und Investi- tionen in Ausrüstungen (Annahmen 1 2 3) rentieren, müssen die mit den Materi-

al- und Personalaufwendungen einher gehenden Kosteneinsparungen mindestens die zusätzlichen Ausgaben in den nächsten zehn Jahren decken.

(Annahmen 10 & 11 & 12): In der Landwirtschaft und im Produzierenden Gewerbe sinkt der Materialeinsatz im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion bis zum Jahr 2025 um 0,72 Prozent (Dienstleistungsgewerbe: 0,8 Prozent) und die Ausgaben für Logistik um 0,8 Prozent (Dienstleistungsgewerbe: 0,65 Prozent). Die Arbeitsproduktivität wird bis zum Jahr 2025 um 1 Prozent höher als in der QuBe-Basisprojektion sein.

Die vorgenommenen Abstufungen bei den Kostenersparnissen gehen auf zwei Online-Betriebsbefragungen zurück, der IAB/ZEW-Befragung zur Arbeitswelt 4.0 und der QuEst-Befragung (Quality in Establishment Surveys) des IAB. Insgesamt wurden im Rahmen dieser Befragungen rund 2000 Betriebe zur Digitalisierung und der sich daraus erhofften Wirkungen befragt. Es zeigte sich, dass am ehesten eine Steigerung der Arbeitsproduktivität erwartet wird. Bei den Material- und den Transportkosten ergaben sich jedoch unterschiedliche Erwartungen, denen bei den getroffenen Annahmen Rechnung getragen wurde.

Werden zu den Kosten und Einsparungen auch Umsatzzuwächse (vgl. Annahmen 15, 16 und 17) mit einkalkuliert, ergeben sich für die Landwirtschaft und das Produzierende Gewerbe (Tabelle 3) und das Dienstleistungsgewerbe (Tabelle 4) nach 9 Jahren Renditen von je (knapp) 8 Prozent. Hierin liegt das Konstruktionsprinzip des Wirtschaft-4.0-Szenarios: Ausgehend von den für die Umsetzung notwendigen Ausgaben wurden die einzelnen Kosteneinsparungen, Effizienzgewinne und Umsatzsteigerungen so kalibriert, dass sich einzelwirtschaftlich eine gute Rendite ergibt. Diese muss sich natürlich nicht in jedem Einzelfall ergeben, ist aber im Schnitt über alle Betriebe plausibel. Die Relation der einzelnen Parameter zueinander wurde vor allem durch die Ergebnisse der beiden repräsentativen Betriebsbefragungen fundiert.

**Tabelle 3****Gegenüberstellung von Kosten (Zahlungen) und Einsparungen in der Landwirtschaft und im Produzierenden Gewerbe, nominal**

Landwirtschaft und Produzierendes Gewerbe	In Mio. €											Diskontiert auf 2016		
Gerundet auf 100 Mio.	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	Diskontiert auf 2016
Weiterbildung	0	700	700	700	700	700	700	800	800	800	0	0	0	5.200
Beratung	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	3.600
IT-DL	0	1.000	2.000	3.000	4.100	5.200	6.400	7.700	9.000	10.300	10.200	10.000	9.900	35.800
Investitionen	0	3.500	3.600	3.600	3.600	3.700	3.700	3.800	3.800	1.600	1.700	1.700	1.700	24.600
<b>Kosten (Zahlungen)</b>	<b>0</b>	<b>5.700</b>	<b>6.800</b>	<b>7.800</b>	<b>8.900</b>	<b>10.100</b>	<b>11.300</b>	<b>12.800</b>	<b>14.100</b>	<b>13.200</b>	<b>12.400</b>	<b>12.200</b>	<b>12.100</b>	<b>69.200</b>
Kumuliert	0	5.700	12.500	20.300	29.200	39.300	50.600	63.400	77.500	90.700	103.100	115.300	127.400	
... Vorleistungen	0	900	1.800	2.700	3.700	4.800	5.800	6.900	8.100	9.300	9.500	9.600	9.800	32.300
... Logistik	0	100	100	200	300	300	400	500	600	700	700	700	700	2.400
... Lohnzahlungen	0	600	1.200	1.800	2.400	3.000	3.600	4.300	5.000	5.700	5.800	5.900	6.000	20.300
<b>Einsparungen</b>	<b>0</b>	<b>1.600</b>	<b>3.100</b>	<b>4.700</b>	<b>6.400</b>	<b>8.100</b>	<b>9.800</b>	<b>11.700</b>	<b>13.700</b>	<b>15.700</b>	<b>16.000</b>	<b>16.200</b>	<b>16.500</b>	<b>55.000</b>
Kumuliert	0	1.600	4.700	9.400	15.800	23.900	33.700	45.400	59.100	74.800	90.800	107.000	123.500	
Umsatzzuwachs (Inland+Ausland), nach Steuern	0	2.800	5.700	8.800	12.100	15.700	19.400	23.500	27.700	32.200	33.400	34.500	35.700	108.400
Davon Lohn und Vorleistungen	0	2.300	4.900	7.500	10.300	13.200	16.400	19.800	23.300	27.100	28.100	29.100	30.000	91.500
<b>Überschuß</b>	<b>0</b>	<b>500</b>	<b>800</b>	<b>1.300</b>	<b>1.800</b>	<b>2.500</b>	<b>3.000</b>	<b>3.700</b>	<b>4.400</b>	<b>5.100</b>	<b>5.300</b>	<b>5.400</b>	<b>5.700</b>	<b>16.900</b>
kumuliert	0	500	1.300	2.600	4.400	6.900	9.900	13.600	18.000	23.100	28.400	33.800	39.500	
<b>Ergebnis</b>	<b>0</b>	<b>-3.600</b>	<b>-2.900</b>	<b>-1.800</b>	<b>-700</b>	<b>500</b>	<b>1.500</b>	<b>2.600</b>	<b>4.000</b>	<b>7.600</b>	<b>8.900</b>	<b>9.400</b>	<b>10.100</b>	<b>2.700</b>
Kumuliert	0	-3.600	-6.500	-8.300	-9.000	-8.500	-7.000	-4.400	-400	7.200	16.100	25.500	35.600	
<b>Rendite (Ergebnis im Verhältnis zu Kosten)</b>											<b>7,9</b>			<b>3,9</b>

Quelle: eigene Darstellung.

**Tabelle 4****Gegenüberstellung von Kosten (Zahlungen) und Einsparungen im Dienstleistungsgewerbe, nominal**

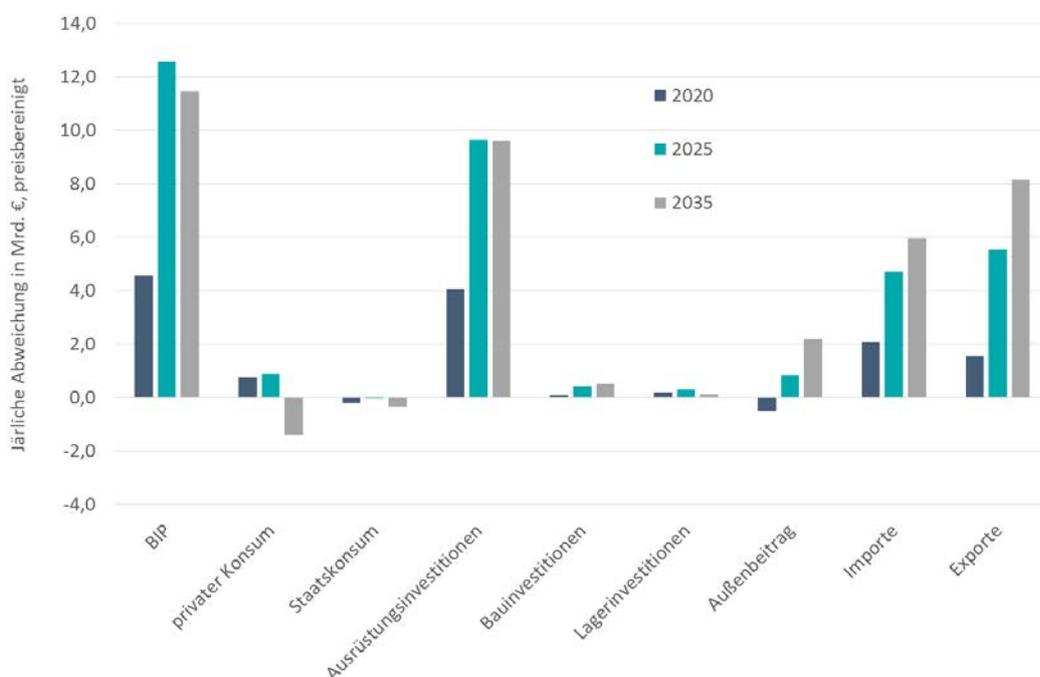
Dienstleistungsbereiche In Mio. € Gerundet auf 100 Mio.	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	Diskontiert auf 2016
Weiterbildung	0	1.900	2.000	2.000	2.000	2.100	2.100	2.200	2.200	2.300	0	0	0	14.700
Beratung	0	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	12.100
IT-DL	0	1.800	3.600	5.400	7.200	9.100	11.000	13.000	15.000	17.000	16.800	16.500	16.300	61.300
Investitionen	0	1.100	2.200	3.300	4.300	5.400	6.500	7.600	8.700	9.800	9.800	9.800	9.800	36.100
<b>Kosten (Zahlungen)</b>	<b>0</b>	<b>6.500</b>	<b>9.500</b>	<b>12.400</b>	<b>15.200</b>	<b>18.300</b>	<b>21.300</b>	<b>24.500</b>	<b>27.600</b>	<b>30.800</b>	<b>28.300</b>	<b>28.000</b>	<b>27.800</b>	<b>124.200</b>
Kumuliert	0	6.500	16.000	28.400	43.600	61.900	83.200	107.700	135.300	166.100	194.400	222.400	250.200	
... Vorleistungen	0	200	300	500	700	800	1.000	1.200	1.400	1.600	1.700	1.700	1.700	5.700
... Logistik	0	100	300	500	600	800	1.000	1.200	1.400	1.600	1.700	1.700	1.700	5.500
... Lohnzahlungen	0	1.200	2.500	3.800	5.100	6.500	7.900	9.400	11.000	12.600	12.900	13.200	13.500	44.100
<b>Einsparungen</b>	<b>0</b>	<b>1.500</b>	<b>3.100</b>	<b>4.800</b>	<b>6.400</b>	<b>8.100</b>	<b>9.900</b>	<b>11.800</b>	<b>13.800</b>	<b>15.800</b>	<b>16.300</b>	<b>16.600</b>	<b>16.900</b>	<b>55.300</b>
Kumuliert	0	1.500	4.600	9.400	15.800	23.900	33.800	45.600	59.400	75.200	91.500	108.100	125.000	
Umsatzzuwachs (Inland+Ausland), nach Steuern	0	4.600	9.500	14.500	19.600	25.000	30.600	36.400	42.500	48.900	50.100	51.200	52.400	170.200
Davon Lohn und Vorleistungen	0	2.600	5.200	8.000	10.900	13.800	16.900	20.100	23.500	26.900	27.600	28.200	28.900	94.000
<b>Überschuß</b>	<b>0</b>	<b>2.000</b>	<b>4.300</b>	<b>6.500</b>	<b>8.700</b>	<b>11.200</b>	<b>13.700</b>	<b>16.300</b>	<b>19.000</b>	<b>22.000</b>	<b>22.500</b>	<b>23.000</b>	<b>23.500</b>	<b>76.200</b>
kumuliert	0	2.000	6.300	12.800	21.500	32.700	46.400	62.700	81.700	103.700	126.200	149.200	172.700	
<b>Ergebnis</b>	<b>0</b>	<b>-3.000</b>	<b>-2.100</b>	<b>-1.100</b>	<b>-100</b>	<b>1.000</b>	<b>2.300</b>	<b>3.600</b>	<b>5.200</b>	<b>7.000</b>	<b>10.500</b>	<b>11.600</b>	<b>12.600</b>	<b>7.300</b>
Kumuliert	0	-3.000	-5.100	-6.200	-6.300	-5.300	-3.000	600	5.800	12.800	23.300	34.900	47.500	
<b>Rendite (Ergebnis im Verhältnis zu Kosten)</b>											<b>7,7</b>			<b>5,9</b>

Quelle: eigene Darstellung.

Anders als aus einzelwirtschaftlicher Sicht ist das Ergebnis der Annahmen gesamtwirtschaftlich kein Nullsummenspiel, da Deutschland keine geschlossene Ökonomie ist: Zwar können die investierenden Unternehmen bei den in den Tabelle 3 und Tabelle 4 gezeigten Gegenüberstellungen einen zusätzlichen Gewinn verzeichnen, allerdings werden auch in anderen Branchen zusätzliche Nachfragen erzeugt (z. B. IKT). Außerdem werden die Kosteneinsparungen nicht nur bei deutschen Zulieferern erfolgen, sondern auch bei ausländischen. Die Importe sinken. Ferner verringern sich für die Unternehmen der Landwirtschaft und des Verarbeitenden Gewerbes die Stückkosten, so dass sich die Wettbewerbsfähigkeit verbessert und z. B. mehr Exporte erzielt werden können. Abbildung 10 zeigt die Wirkungen des Teil-Szenarios 3 auf die Komponenten des Bruttoinlandsproduktes im Vergleich zum Teil-Szenario 2.

Der Außenbeitrag verbessert sich wegen des hohen Importanteils der Investitionen nicht; die positiven Impulse steigern via Einkommenskreislauf die Konsumnachfragen der privaten Haushalte. Ferner können die Steuereinnahmen (direkt und indirekt) und damit die Finanzkraft des Staates zulegen. Insgesamt ist das Bruttoinlandsprodukt deutlich größer. Die Wirkung steigert sich im Zeitablauf, erst ab 2025 sind alle Kosteneinsparungen vollständig umgesetzt worden.

**Abbildung 10**  
**Teil-Szenario 3 – Veränderung des Bruttoinlandsproduktes und seiner Komponenten im Vergleich zum Teil-Szenario 2**

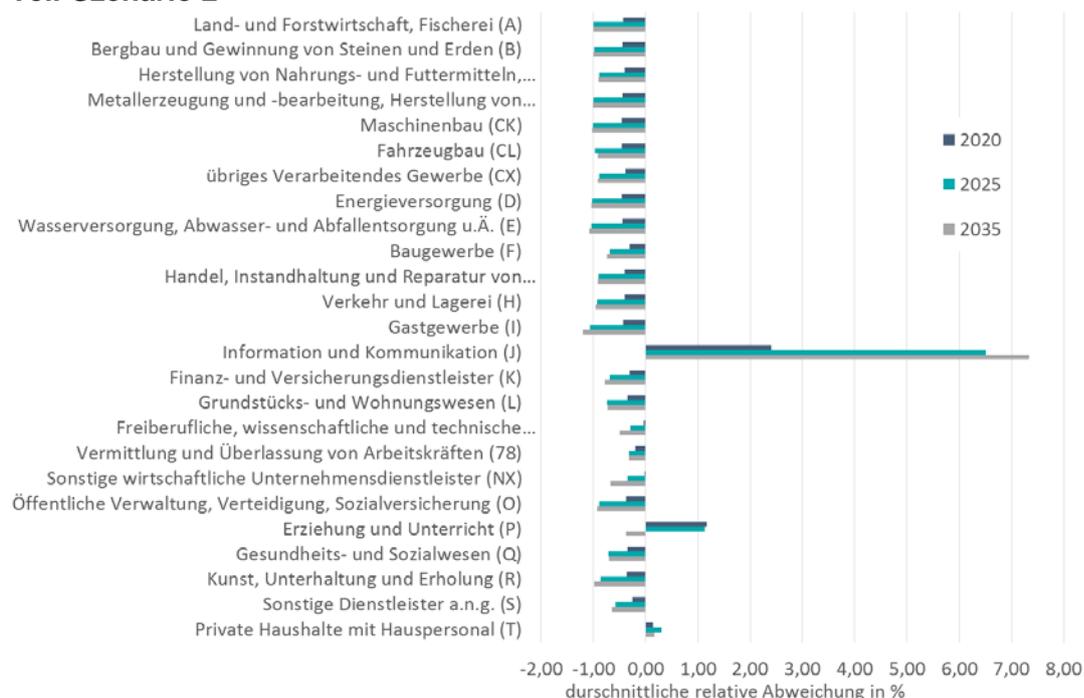


Quelle: eigene Darstellung.

Die Investitionen steigen deutlich. Das ist auch auf die erhebliche Produktionsausweitung der IKT-Dienstleistungen zurückzuführen, die auch in der Vergangenheit in etwa in Höhe ihrer Produktionsentwicklung investiert haben; rund die Hälfte der Investitionen gehen auf diesen Wirtschaftszweig zurück.

Das Verarbeitende Gewerbe (CA bis CX) und die Landwirtschaft (A) verlieren Arbeitsplätze (Abbildung 11). Die Branchen Information und Kommunikation (J) können deutlich an Erwerbstätigen zulegen. Weitere positive, wenn auch relativ kleine Wirkungen sind in den übrigen Dienstleistungsbranchen (M bis P) festzustellen. Herauszuheben ist Branche Erziehung und Unterricht (P), die vor allem in den ersten Jahren deutliche Zuwächse verzeichnen kann.

**Abbildung 11**  
**Teil-Szenario 3 – Zahl der Erwerbstätigen nach Branchen im Vergleich zum Teil-Szenario 2**

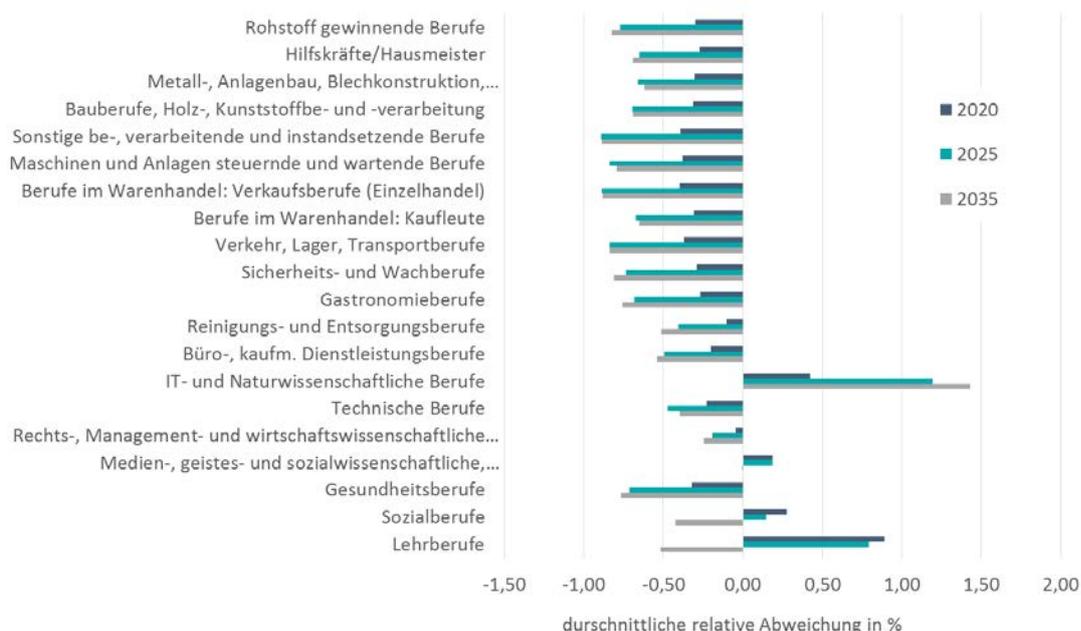


Quelle: eigene Darstellung.

Die Struktur der Berufshauptfelder hat sich ebenfalls verändert. Insgesamt nimmt die Nachfrage nach Dienstleistungsberufen zu Lasten von Berufen des Verarbeitenden Gewerbes zu. Besonders profitieren können IT- und Naturwissenschaftliche Berufe (BHF 14). Auf Platz zwei folgen die Lehrenden Berufe (BHF 20), unter denen sich nicht nur Lehrkräfte an allgemeinbildenden und beruflichen Schulen befinden, sondern auch Personen, die in der Erwachsenenbildung tätig sind (Abbildung 12).

Die Steigerungen der Arbeitsproduktivität betreffen die gesamte Wirtschaft, so dass keine Branche von potenziell negativen Wirkungen auf die Erwerbstätigkeit ausgeschlossen ist. Nur und auch nur so lange wie positive Einflüsse (z.B. Investitionen oder Weiterbildungsbedarf) hinzukommen, sind positive Veränderungen feststellbar. Selbst Lehrende Berufe verlieren nach dem Aussetzen der gesteigerten Weiterbildungsmaßnahmen. Nur das Berufsfeld, in dem die IKT-Berufe enthalten sind, kann durchgehend zulegen. Insgesamt sind Dienstleistungsberufe weniger stark negativ betroffen.

**Abbildung 12**  
**Teil-Szenario 3 – Zahl der Erwerbstätigen nach Berufshauptfeldern im Vergleich zum Teil-Szenario 2**

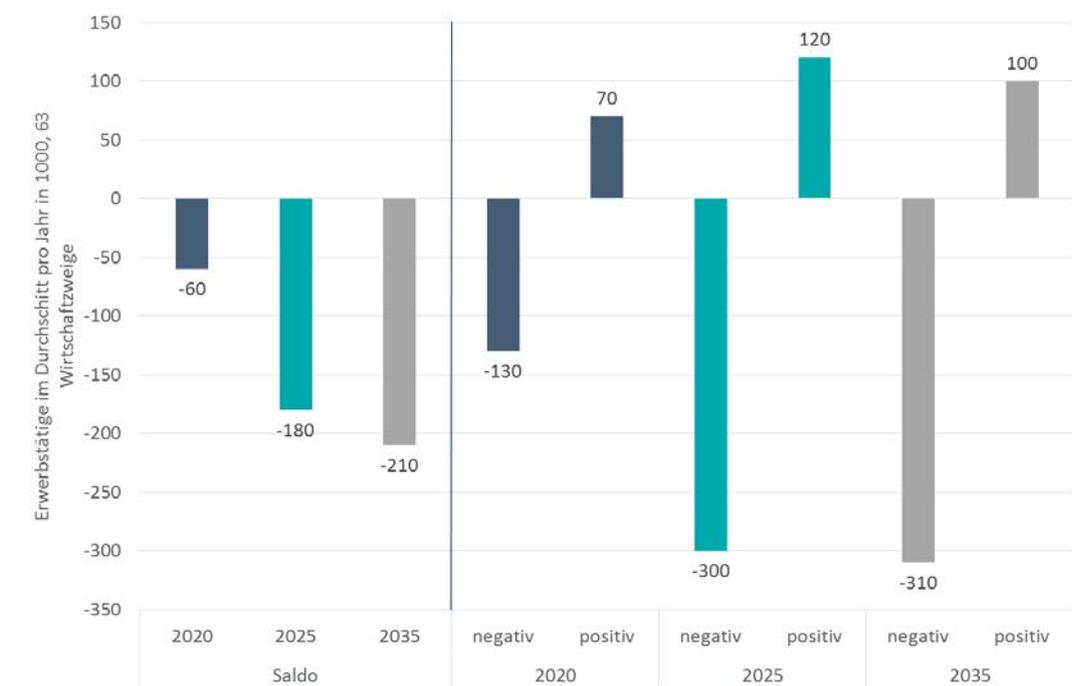


Quelle: eigene Darstellung.

Welche Folgen ergeben sich für die Erwerbstätigen? Wo werden Arbeitsplätze aufgebaut, wo abgebaut? Dazu werden die Veränderungen nach Wirtschaftszweigen und Berufsfeldern betrachtet. Es werden die Nettodifferenzen (Summe über alle) den jeweiligen positiven und negativen Bruttodifferenzen (Summe aller negativen und aller positiven Differenzen) gegenübergestellt.

Abbildung 13 zeigt, dass bereits im Jahr 2020 im Vergleich zum Teil-Szenario 2 gesamtwirtschaftlich 60.000 Arbeitsplätze verloren gehen. Zusätzlich ergeben sich Folgen für die Arbeitswelt: In den Branchen mit einem Rückgang der Erwerbstätigenzahlen gehen rund 130.000 Arbeitsplätze verloren. Andere Branchen können insgesamt 70.000 Erwerbstätige zusätzlich einstellen. Es sind somit 200.000 Arbeitsplätze betroffen. In 2035 sind alle Strukturveränderungen wirksam; es gibt dann circa 200.000 Arbeitsplätze weniger als im Teil-Szenario 2. Die Veränderung der Arbeitswelt ist allerdings weitaus größer: Die negativ betroffenen Branchen bauen 310.000 „alte“ Arbeitsplätze ab, die profitierenden Branchen können höchstens 100.000 „neue“ Arbeitsplätze anbieten.

**Abbildung 13**  
**Teil-Szenario 3 – Zahl der nicht mehr vorhandenen und neu entstehenden Arbeitsplätze nach Branchen im Vergleich zum Teil-Szenario 2**

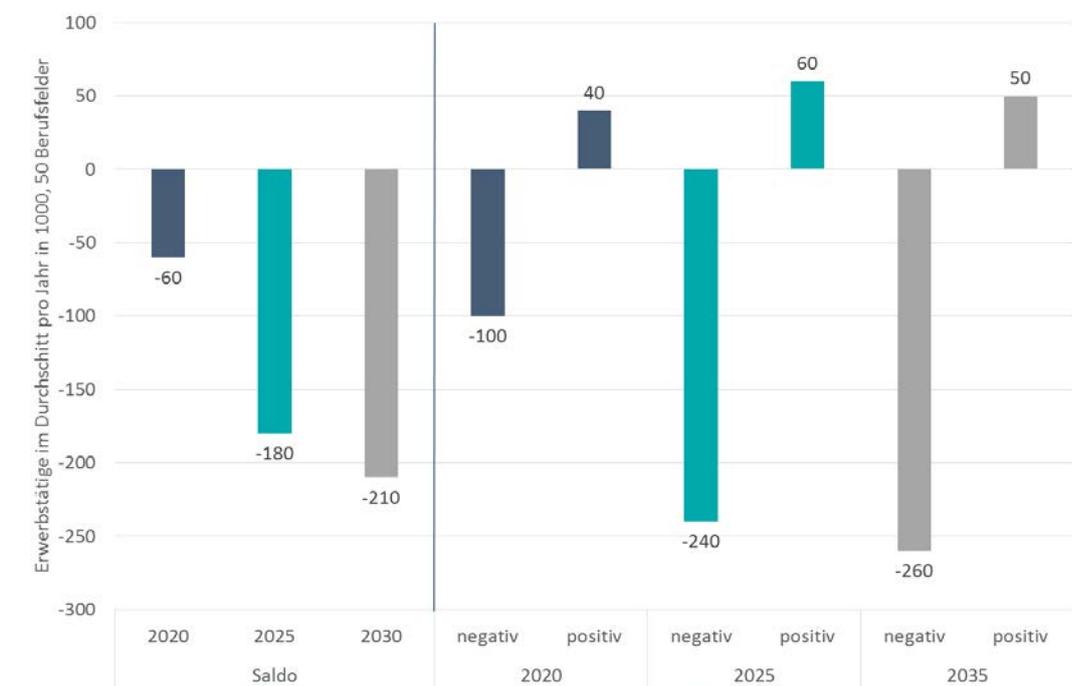


Quelle: eigene Darstellung.

Aus der Veränderung der Branchen, die durch die Einbeziehung von geänderten Material-, Logistik- und Personalaufwendungen ausgelöst werden, ergeben sich nicht nur Auswirkungen auf die Arbeitswelt bezogen auf Branchen sondern auch im Hinblick auf Berufsfelder: Branchen unterscheiden sich nach den Berufen, die notwendig sind, um zu produzieren. Eine Veränderung der Branchenzusammensetzung zieht also auch eine neue Zusammensetzung der Erwerbstätigen nach Berufsfeldern nach sich.

Abbildung 14 zeigt für die Erwerbstätigen insgesamt (Saldo) wieder die gleichen Veränderungen wie die Abbildung 13, allerdings sind die Gewinne und Verluste deutlich geringer: So gehen bezogen auf Berufsfelder rund 250.000 Arbeitsplätze in den Jahren 2025 und 2035 verloren – bezogen auf Branchen waren es 300 000 (siehe Abbildung 13). Im Ergebnis ändert sich der Charakter der Arbeitsplätze stärker zwischen den Branchen als zwischen den Berufen. Dies liegt auch daran, dass bislang keine veränderte Berufsstruktur innerhalb einer Branche aufgrund einer Einführung von Wirtschaft 4.0 modelliert wurde. Dies wird im vierten Teil-Szenario berücksichtigt.

**Abbildung 14**  
**Teil-Szenario 3 – Zahl der nicht mehr vorhandenen und neu entstandenen Arbeitsplätze nach Berufsfeldern im Vergleich zum Teil-Szenario 2**



Quelle: eigene Darstellung.

### 3.4 Berufsfeld- und Anforderungsstruktur (Teil-Szenario 4)

Zum Wirtschaftsstruktureffekt, der sich durch die Einbeziehung von Material- und Personalaufwendung ergibt, kommt der Berufsfeldstruktureffekt hinzu. Im vierten Teil-Szenario geht es deshalb um die Veränderungen der Berufsfeld- und Anforderungsstruktur innerhalb der Branchen. Grundlegend für das Folgende ist die Annahme, dass sich nicht nur die Branche, sondern auch die Zusammensetzung der zum Einsatz kommenden Berufe und deren Anforderungsniveaus im Zuge der Umsetzung einer Wirtschaft 4.0 verändern. Um die sich ergebende Dynamik beurteilen zu können, wird die Veränderung der Berufsfelder in der Vergangenheit 1996 bis 2013 dargestellt (Abbildung 15).

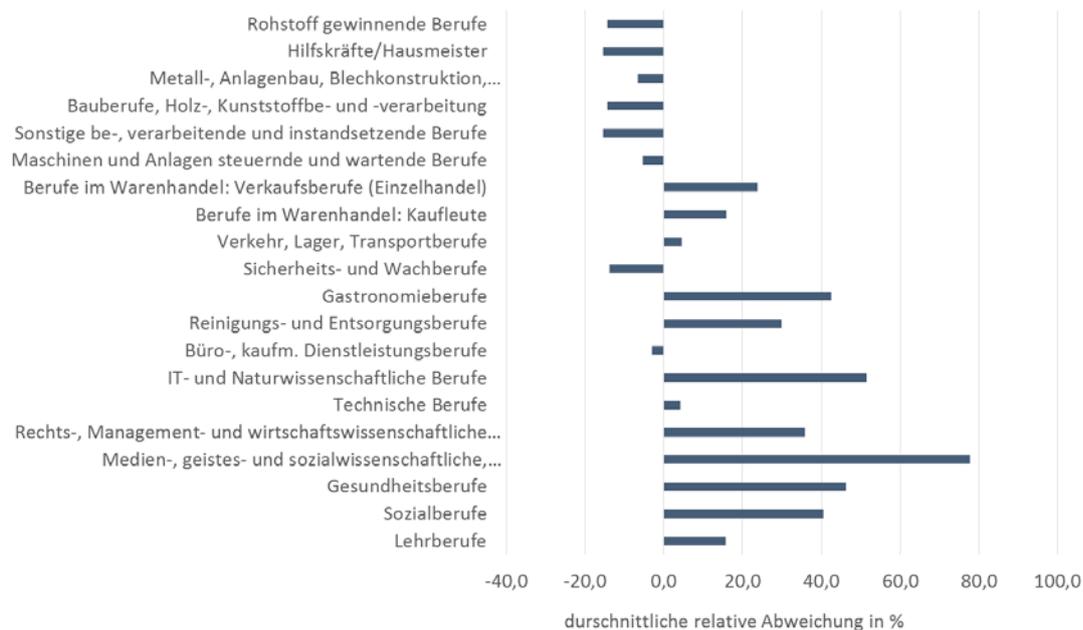
In der Vergangenheit haben sich in 17 Jahren deutliche Veränderungen ergeben. Die Zahl der Erwerbstätigen ist in den Jahren 1996 bis 2013 um +10 Prozent gestiegen. Gleichzeitig hat ein erheblicher Strukturwandel stattgefunden. Berufe, die häufig im Produzierenden Gewerbe angesiedelt sind, haben Verluste hinnehmen müssen:

- (1) BHF 3 Metall-, Anlagenbau, Blechkonstruktion, Installation, Montierer, Elektroberufe
- (2) BHF 4 Bauberufe, Holz-, Kunststoffbe- und -verarbeitung
- (3) BHF 5 Sonstige be-, verarbeitende und instandsetzende Berufe
- (4) BHF 6 Maschinen und Anlagen steuernde und wartende Berufe

Gegen diesen Trend konnte das BHF14 „IT- und Naturwissenschaftliche Berufe“ Zuwächse verzeichnen. Auch viele Berufe, die Dienstleistungen (auch Gesundheitsleistungen) zugeordnet werden können, konnten zulegen:

- (1) BHF 11 Gastronomieberufe
- (2) BHF 12 Reinigungs- und Entsorgungsberufe
- (3) BHF 16 Rechts-, Management- und wirtschaftswissenschaftliche Berufe
- (4) BHF 17 Medien-, geistes- und sozialwissenschaftliche, künstlerische Berufe
- (5) BHF 18 Gesundheitsberufe
- (6) BHF 19 Sozialberufe
- (7) BHF 20 Lehrende Berufe

**Abbildung 15**  
**Veränderung der Erwerbstätigen nach Berufshauptfeldern zwischen 1996 und 2013**



Quelle: eigene Darstellung.

Welche Auswirkungen der Umbau zur Wirtschaft 4.0 auf die Zusammensetzung der Berufsfelder und deren Anforderungsniveau in einer Branche haben wird, ist nicht bekannt. Unter der Annahme, dass in Folge der Transformation zu einer Wirtschaft 4.0 vor allem Tätigkeiten mit einem hohen Routineanteil abgebaut werden und Tätigkeiten mit einem geringen Routineanteil zunehmen (Autor u. a. 2013; Bonin u. a. 2015; Bowles 2014; Brzeski und Burk 2015; Frey und Osborne 2013), kann man die möglichen Auswirkungen der Digitalisierung für die Beschäftigung in den Branchen abschätzen.

Für Deutschland existieren mittlerweile eine Reihe von Konzepten und Messmethoden, um Routineanteile bzw. Ersetzungspotentiale zu ermitteln (Methodenkasten 4).

Ausschließlich zur besseren Vergleichbarkeit zur Vorgängerstudie (Wolter u. a. 2015), in welcher der Ansatz von Dengler und Matthes (2015) verwendet wurde, wird auch im Folgenden dieses Konzept herangezogen. Allerdings wird in Kürze eine weitere Publikation erscheinen, in der neben dem Routineanteil von Dengler und Matthes (2015) auch der Routineindex von Tiemann (Tiemann 2016a; Helmrich u. a. 2016), der Arbeitsvermögenindex von Pfeiffer und Suphan (2015) sowie ein Ersetzbarkeitsindex auf Basis des BIBB-Qualifizierungspanels (QPE) (Helmrich u. a. 2016) verwendet werden.

#### **Methodenkasten 4: Ersetzbarkeitsmaße**

##### **Das Substituierbarkeitsmaß von Dengler und Matthes (2015)**

Das Substituierbarkeitspotenzial von Dengler und Matthes (2015) gibt Auskunft darüber, welcher Anteil der in einem Beruf typischerweise zu erledigenden Aufgaben 2013 bereits durch Computer hätte erledigt werden können. Dazu haben drei Codierer/innen unabhängig voneinander 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. Dadurch können die Spezifika des deutschen Arbeitsmarktes und Bildungssystems unmittelbar berücksichtigt werden. Es werden keine zukünftigen, sondern nur die derzeit bereits bestehenden Substituierbarkeitspotenziale abgeschätzt. Für die vorliegenden Szenariorechnungen haben Dengler und Matthes die Substituierbarkeitspotenziale zusätzlich nach Anforderungsniveau differenziert berechnet.

##### **Routineindex von Tiemann (2016)**

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

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

Mit dem Arbeitsvermögenindex wollen Pfeiffer und Suphan (2015) eine Relation schaffen, um die für ein Beschäftigungsverhältnis benötigte berufliche Erfahrung zu

beschreiben. Hierfür verwenden sie die Daten der BIBB-BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012 und bedienen sich somit Selbsteinschätzungen von Erwerbstätigen. Der AV-Index ist das Mittel von drei Indikatoren, die das jeweilige Level der sogenannten situativen und strukturellen Anforderungen durch Komplexität sowie der situativen Unwägbarkeit eines Jobs beschreiben. Hierbei beinhaltet der Index der situativen Anforderung durch Komplexität an den Beschäftigten die eingeschätzte Häufigkeit, dass der Befragte während der Arbeit Probleme lösen, schwierige Entscheidungen treffen und mit anderen Personen kommunizieren muss. Die situative Unwägbarkeit einer Beschäftigung hingegen umfasst die Häufigkeit von Störungen im Arbeitsprozess, Informations- und/oder Wissensmangel bei der Ausführung von Tätigkeiten, zeitgleichen Vorgängen, die es zu überwachen gilt, und ob Fehler große finanzielle Konsequenzen mit sich ziehen. Hier geht es ebenfalls um die Häufigkeit von Zeitdruck bei der Ausübung von Tätigkeiten. Der letzte Index über die strukturellen Anforderungen durch Komplexität erfasst Veränderungen am Arbeitsumfeld und des Stresslevels des Befragten. Der AV-Index multipliziert sich weiterhin durch die Einarbeitungszeit die zur Ausübung der Beschäftigung benötigt wird.

#### **QPE – ein Ersetzbarkeitsindex auf Basis des BIBB-Qualifizierungspanel**

Das QPE (ausführlich beschrieben in Helmrich u. a. 2016) ähnelt in der Vorgehensweise der von Tiemann (2016a) und setzt die erweiterte Definition von Routine nach Frey und Osborne (2013) um. So nutzt es Angaben über den Subjektbezug, die Kognition und die Häufigkeit manueller und repetitiver Tätigkeiten während der Arbeit für verschiedene Beschäftigtengruppen in verschiedenen Branchen, um mithilfe einer Hauptkomponentenanalyse Informationen über die Ersetzbarkeitspotenziale dieser Gruppen zu extrahieren. Als Datenbasis dient hierbei das BIBB-Qualifizierungspanels – eine jährliche, repräsentative Wiederholungsbefragung von Betrieben in Deutschland – für den Jahrgang 2015.

(Annahme 13) Ein Berufsfeld und ein Anforderungsniveau profitiert umso stärker von der Transformation zur Wirtschaft 4.0, je höher der Anteil der Nicht-Routinetätigkeiten des Berufsfelds und der Anforderungsniveaus relativ zum Branchendurchschnitt ist.

Liegt der Branchendurchschnitt der Nicht-Routinetätigkeiten in einem Berufsfeld beispielsweise bei 40 Prozent und in einem Berufsfeld innerhalb derselben Branche bei 80 Prozent, so sollte sich die Anzahl der Erwerbstätigen im Rahmen der Transformation zur Wirtschaft 4.0 in dem Berufsfeld, das einen höheren Routineanteil hat, stärker verringern. Da es aber auch viele Gründe gibt, die gegen eine vollständige Anpassung gemäß den Routineanteilen sprechen, wird ferner angenommen, dass nur die Hälfte der Routinetätigkeiten durch den technologischen Fortschritt maximal eingespart werden kann. Wie viele Routineanteile tatsächlich eingespart werden, kann allerdings im Voraus nicht bestimmt werden, weil sich über die getroffene Annahme hinaus modellendogen – beispielsweise aufgrund von unterschiedlichen

Lohnentwicklungen – noch weitere Veränderungen der Berufsfeldstruktur ergeben (Maier u. a. 2014b).

Die sich im Zuge des Umbaus zur Wirtschaft 4.0 ergebenden Veränderungen der Berufsfeldstruktur haben Folgen: Mit der Verteilung hin zu komplexeren Tätigkeiten wird auch der Anteil der Berufe mit einer höheren Entlohnung größer. Im Durchschnitt der Branche steigen somit die Lohnkosten.

Wie bei der Abschätzung der Kosten- und Gewinnstrukturen wird wieder unterstellt, dass die Unternehmen keine Veränderungen vornehmen werden, die ihren Gewinn schmälern. Daher wird im Rahmen der Annahme **14** unterstellt, dass die Arbeitsproduktivität bis 2025 um weitere 0,23 Prozent zunimmt. Die 0,23 Prozent entsprechen dem Anstieg der Lohnkosten in den Branchen bei einer ausschließlichen Neuorganisation der Berufsfelder.

Anders ausgedrückt: Die Berufsfelder, die deutlich über dem in ihrer Branche durchschnittlichen Routineanteil liegen, werden abnehmen, Berufsfelder mit einem relativ geringen Routineanteil verglichen mit dem Branchendurchschnitt werden zunehmen. Insgesamt wird allerdings die Erwerbstätigkeit in den Branchen, in denen investiert wurde, wegen der angenommenen Steigerung der Arbeitsproduktivität in gleichem Maße zurückgehen.

Tabelle 5 zeigt ein fiktives Beispiel einer Branche mit vier Berufsfeldern, an der die Vorgehensweise erläutert wird.

**Tabelle 5**  
**Einbeziehung des Routineanteils, Beispielrechnung**

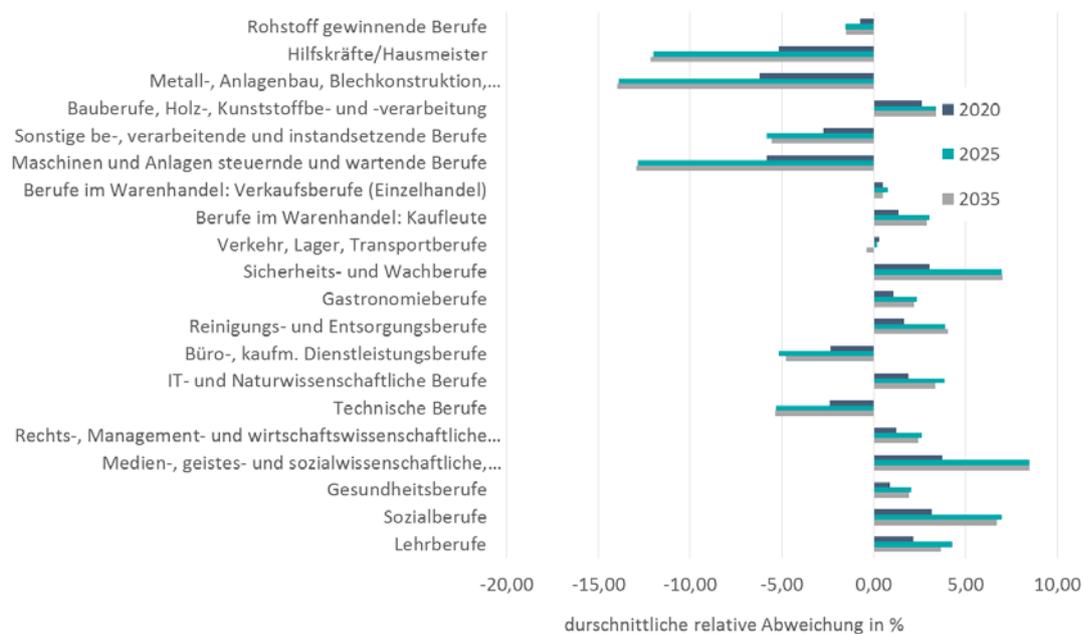
		Berufsfelder				Summe	Durchschnitt
		1	2	3	4		
Erwerbstätige in 2015	in Personen	1000	1000	3000	5000	10000	
.. Anteile in %	in % von Allen	10	10	30	50	100	
Routineanteil der Tätigkeit	Anteil in %	10	70	80	90		77
Halbierung des Routineanteils	Anteil in %	5	35	40	45		
Anteil der Komplexen Tätigkeiten bei halbiertem Routineanteil	Anteil in %	95	65	60	55		61,5
Bonus/Malus: Verhältnis zum Branchendurchschnitt, Skalierungsfaktor	Faktor	1,54	1,06	0,98	0,89		
Erwerbstätige nach Berücksichtigung Des Bonus/Malus Faktors in 2025	in Personen	1545	1057	2927	4472	10000	
Berücksichtigung der Arbeitsproduktivitätssteigerung von 0,23%	in Personen	1541	1054	2920	4461	9977	

Quelle: eigene Darstellung.

Um die Folgen für die Berufsfelder aufzudecken, werden diese mit dem vorangehenden Szenario verglichen. Abbildung 16 zeigt die Veränderungen der Berufshauptfelder, die ausschließlich auf die Annahmen **13** und **14** zurückgehen.

Deutlich ist zu erkennen, dass vor allem die Maschinen und Anlagen steuernden und wartenden Berufe (BHF 6) zurückgehen; sie verlieren bis zu 12 Prozent im Zuge der Transformation. Verglichen mit den bisherigen Bewegungen der Berufsfelder im Zeitverlauf (Abbildung 15) ist das allerdings immer noch nur eine vergleichsweise geringe Veränderung, wobei zu beachten ist, dass in Abbildung 16 nur Szenario-Wirkungen über die Grundentwicklung des Referenz-Szenarios hinaus dargestellt sind. Am meisten profitieren die IT- und Naturwissenschaftlichen Berufe (BHF 14) und die Bauberufe (BHF 4).

**Abbildung 16**  
**Teil-Szenario 4 – Zahl der Erwerbstätigen nach Berufshauptfeldern im Vergleich zum Teil-Szenario 3**



Quelle: eigene Darstellung.

Infolge des branchen- und berufsspezifischen Strukturwandels ergeben sich auch neue Anforderungen am Arbeitsplatz. Allerdings sind von der Digitalisierung zahlenmäßig weniger die Helfertätigkeiten betroffen (Abbildung 17). Hauptsächlich werden im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion weniger fachliche Tätigkeiten und mehr hochkomplexe Tätigkeiten nachgefragt.

Zum Schluss wird wieder ein Blick auf die Bruttoströme innerhalb der Berufsfelder geworfen. Waren die Ausschläge bei den Berufshauptfeldern im Teil-Szenario 3 noch geringer als bei den Branchen, zeigt das Teil-Szenario 4 deutlich größere Ausschläge (Abbildung 18).

In den Jahren 2025 und 2035 werden durch die getroffene Annahme gut 2,2 Mio. bzw. 2,0 Mio. Beschäftigungsverhältnisse berührt sein. Der Saldo für diese Jahre zeigt einen Verlust von 130.000 bzw. 110.000 Erwerbstätigen. Dieser Rückgang ist

auf die gesamtwirtschaftlichen Folgen der Neuverteilung der Berufe und die erneut steigende Arbeitsproduktivität zurückzuführen.

**Abbildung 17**  
**Teil-Szenario 4 – Zahl der Erwerbstätigen nach Anforderungsniveaus im Vergleich zum Teil-Szenario 3**



Quelle: eigene Darstellung.

## Abbildung 18

### Teil-Szenario 4 – Zahl der nicht mehr vorhandenen und neu entstandenen Arbeitsplätze nach Berufsfeldern im Vergleich zum Teil-Szenario 3



Quelle: eigene Darstellung.

### 3.5 Nachfrage (Teil-Szenario 5)

Im Folgenden werden die Konsumnachfrage der privaten Haushalte und die Exportnachfrage in das Szenario einbezogen. Die Entwicklung zusätzlicher Nachfragen der privaten Haushalte kann sich wegen der neuen Möglichkeiten einer Wirtschaft 4.0 ergeben.

(Annahme 15): Die Konsumausgaben des Staates werden im Bereich der Cyber-Kriminalität bzw. Cyber-Kriegsführung um 5 Prozent erhöht, um den neuen Gefahren infolge der Digitalisierung zu begegnen.

In der Abgrenzung der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung können die Konsumausgaben des Staates nach Tätigkeitsbereichen aufgeschlüsselt werden. Zwei Tätigkeitsbereiche werden näher betrachtet: Die Verteidigung beinhaltet insbesondere die Ausgaben des Staates für das Personal der Bundeswehr. Nach Planungen des Verteidigungsministeriums sollen 14.000 Personen zur Cyber-Kriegsführung angestellt werden. Das entspricht rund 1,4 Mrd. Euro oder 5 Prozent des bisherigen Etats, wenn die Kosten pro Person bei 100.000 Euro liegen.

Für die Bundespolizei (Tätigkeitsbereich öffentliche Sicherheit) wird eine äquivalente Aufstockung von 5 Prozent unterstellt. Nach Angabe der Bundespolizei arbeiten dort zurzeit 40.000 Personen. 5 Prozent mehr Ausgaben heißt also, dass in 2025 2.000 Personen zusätzlich eingestellt werden. Beides wird dementsprechend beim Staat verbucht.

Nach 2025 steigen die Ausgaben bis 2035 weiter. Es wird angenommen, dass die Ausgaben in beiden Tätigkeitsbereichen um 20 Prozent steigen (jährlich 2 Prozent). Diese Steigerung entspricht in etwa der Teuerungsrate.

(Annahme 16) Die Nachfrage nach Gütern steigt bis 2025 um 2 Prozent und nach Dienstleistungen um 3 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 mit z. B. der Wohnung oder dem Auto mögen 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 2 Prozent steigt, nach Dienstleistungen um 3 Prozent. Dies ist nicht als Mengensteigerung bei bestehenden Produkten zu verstehen, sondern als Nachfrage nach neuen bzw. weiterentwickelten Produkten und Leistungen, welche die Unternehmen aufgrund ihrer Investitionen in 4.0-Technologien anbieten können.

Im Modell umgesetzt wurden diese Annahmen, indem die Nachfrage nach Konsumverwendungszwecken unterschiedlich angehoben wurde. Für die Güternachfrage folgt die Auswahl der betroffenen Verwendungszwecke den Produkten, welche die Wirtschaftszweige herstellen, die im Verarbeitenden Gewerbe arbeiten, die also im Rahmen der Szenario-Analyse ihre Produktionsweise umgestellt haben und so individuelle zugeschnittene Produkte auch herstellen können.

**Tabelle 6**  
**Auswahl der Verwendungszwecke**

Verwendungszwecke
1 Nahrungsmittel
2 Alkoholfreie Getränke
3 Alkoholische Getränke
4 Tabakwaren
5 Bekleidung
6 Schuhe
7 Tatsächliche Mietzahlungen
8 Unterstellte Mietzahlungen
9 Regelmäßige Instandhaltung und Reparatur der Wohnungen
10 Wasserversorgung und andere Dienstleistungen im Zusammenhang mit der Wohnung
11 Strom, Gas und andere Brennstoffe
12 Möbel, Innenausstattung, Teppiche u.ä.
13 Heimtextilien
14 Haushaltsgeräte
15 Glaswaren, Tafelgeschirr u.a. Gebrauchsgüter für die Haushaltsführung
16 Werkzeuge und Geräte für Haus u. Garten
17 Waren u. Dienstleistungen f. d. Haushaltsführung
18 Medizinische Erzeug., Geräte u. Ausrüstungen
19 Ambulante Gesundheitsdienstleistungen
20 Stationäre Gesundheitsleistungen
21 Kauf von Fahrzeugen
22 Waren und Dienstleistungen für den Betrieb von Privatfahrzeugen
23 Verkehrsdienstleistungen
24 Post- und Kurierdienstleistungen
25 Telefon- und Telefaxgeräte, einschl. Reparaturen
26 Telefon- und Telefaxdienstleistungen, Internet
27 Audiovisuelle, fotografische u. Informationsverarbeitungsgeräte u. Zubehör, einschl. Rep.
28 Andere größere langlebige Gebrauchsgüter für Freizeit und Kultur (einschl. Rep.)
29 Andere Geräte u. Artikel f. Freizeitwecke (einschl. Rep.), Gartenerzeugnisse u. Verbrauchsgüter für die Gartenpflege, Haustiere
30 Freizeit und Kulturdienstleistungen
31 Zeitungen, Bücher und Schreibwaren
32 Pauschalreisen
33 Bildungswesen
34 Verpflegungsdienstleistungen
35 Beherbergungsdienstleistungen
36 Körperpflege
37 Persönliche Gebrauchsgegenstände
38 Dienstleistungen sozialer Einrichtungen
39 Versicherungsdienstleistungen
40 Finanzdienstleistungen
41 Andere Dienstleistungen, a.n.g.

Quelle: Statistisches Bundesamt, eigene Darstellung

Eine Ausnahme stellen jedoch Nahrungsmittel und Getränke dar, da wir nicht von einem zusätzlichen Nahrungsmittelkonsum ausgehen. Ferner wird konsequent zu der Annahme der Vorreiterrolle Deutschlands auch angenommen, dass die neuen Güter auch nur im Inland bezogen werden können, also ein Import nicht möglich ist. Für Güter mit hohem Importanteil wird daher unterstellt, dass erst ab dem Jahr 2020 die Nachfrage nach importierten Fertigprodukten steigen wird. Dies gilt für die Güter Bekleidung, Möbel und Autos. Die importierten Vorleistungen (Rohstoffe und Halbfertigwaren) wurden unverändert gelassen, da angenommen wird, dass diese keine Weiterentwicklung erfahren und erst im Inland weiterverarbeitet wird.

Bei den blau hinterlegten Verwendungszwecken (Tabelle 6) handelt es sich stets um Güter, die den Inlandskonsum der privaten Haushalte beschreiben. Nicht immer kann eine klare Trennung von Gütern und Dienstleistungen erfolgen. So wird der Verwendungszweck „Waren und Dienstleistungen für den Betrieb von Privatfahrzeugen“ nicht ausgewählt.

Die gelb hinterlegten Verwendungszwecke können den Dienstleistungsbereichen zugeordnet werden und steigen um 3 Prozent. Im Dienstleistungsbereich bleiben Mietzahlungen und die damit verbundenen Dienstleistungen bzw. Güter unberücksichtigt.

(Annahme 17) Aufgrund der höheren Qualität und der Individualisierung steigt die Zahlungsbereitschaft der Endverbraucher bis zum Jahr 2025 für Güter um 0,66 Prozent und für Dienstleistungen um 1 Prozent.

Um die Veränderung der Qualität eines Produktes oder einer Dienstleistung im Rahmen eines Szenarios zu integrieren, werden zwei Annahmen getroffen: Zum einen bekommt der Kunde mehr, so dass preisbereinigt auch die Konsumnachfragen zulegen, aber für die Erstellung der neuen Produkte werden keine zusätzlichen Material- oder Personalkosten anfallen, da die Produkte nun Eigenschaften haben (z.B. individueller Zuschnitt), die sie vorher nicht hatten. Dies lässt sich auch durch die oben erwähnten Betriebsbefragungen stützen: Hier zeigen sich nicht nur klare Ergebnisse, dass es die Nutzung von 4.0-Technologien ermöglicht, neue Produkte bzw. Dienstleistungen anzubieten, sondern auch individuelle Kundenwünsche besser zu erfüllen.

Daher werden die Konsumnachfragen preisbereinigt um ein Drittel ihrer bisherigen Nachfragen angehoben und die üblicherweise darauf entfallenden zusätzlichen Material- und Personaleinsätze korrigiert. Ferner wird angenommen, dass die geringeren Kosten pro Stück nicht an die Konsumenten weitergegeben werden, sondern in den Gewinn der Unternehmen gehen.

(Annahme 18) Deutschland hat bei der Umstellung auf eine Wirtschaft 4.0 weltweit eine Vorreiterrolle inne und das Ausland reagiert mit einer Verzögerung von fünf Jahren. Ferner wird angenommen, dass nicht nur in Deutschland die Nachfrage nach neuen Gütern und Dienstleistungen steigt sondern weltweit und dementsprechend auch die deutschen Exporte ansteigen.

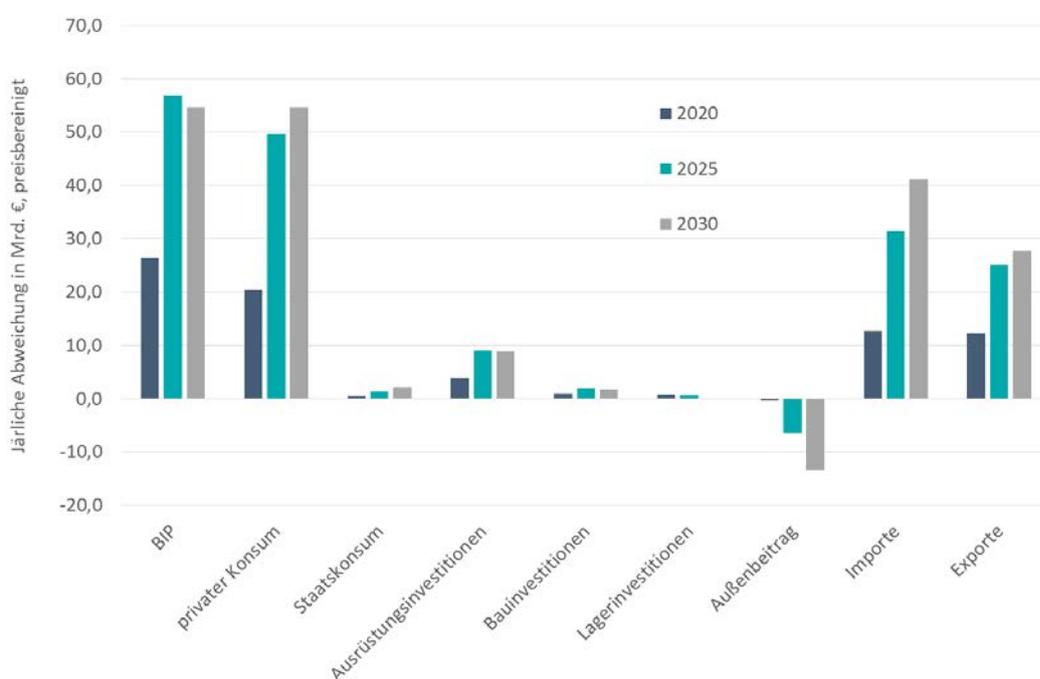
Die ausländische Nachfrage nach Maschinen und nach Messtechnik setzt fünf Jahre später (also 2020) ein als in Deutschland und hält dann ebenfalls für fünfzehn Jahre an. Für eine plausible Erhöhung der Exportnachfragen wird davon ausgegangen, dass die Investitionssteigerung dieses Szenarios (circa 3,6 Mrd. Euro) ins Verhältnis zur heimischen Produktion gesetzt wird: Im Jahr 2013 betrug der Produktionswert des Maschinenbaus und der elektronischen Erzeugnisse zusammen circa 340 Mrd. Euro. Da sich die zusätzliche Nachfrage nach Investitionen insbesondere an diese beiden Branchen richtet, steigert das die Produktion um etwa 1 Prozent.

Auch werden die Annahmen zum Konsum der privaten Haushalte um ihre internationale Dimension erweitert: Es wird davon ausgegangen, dass nicht nur die inländi-

schen privaten Haushalte, sondern auch die Haushalte in anderen Ländern ihr Konsumverhalten verändern und die neuen Möglichkeiten der Individualisierung nutzen. Werden bei den größten Handelspartnern ebenfalls Konsumsteigerungen von durchschnittlich 2 Prozent unterstellt, zeigt das Handelsmodell TINFORGE eine Zunahme der deutschen Exporte von etwas mehr als einem Prozent. Durch diese Modellierung wird somit unterstellt, dass durch eine gesteigerte Konsumneigung auch der Export deutscher Unternehmen ansteigt.

Werden die ausschließlichen Wirkungen der Nachfrageveränderungen auf die Komponenten des Bruttoinlandsproduktes dargestellt, ergibt sich Abbildung 19.

**Abbildung 19**  
**Teil-Szenario 5 – Veränderung des Bruttoinlandsproduktes und seiner Komponenten im Vergleich zum Teil-Szenario 4**



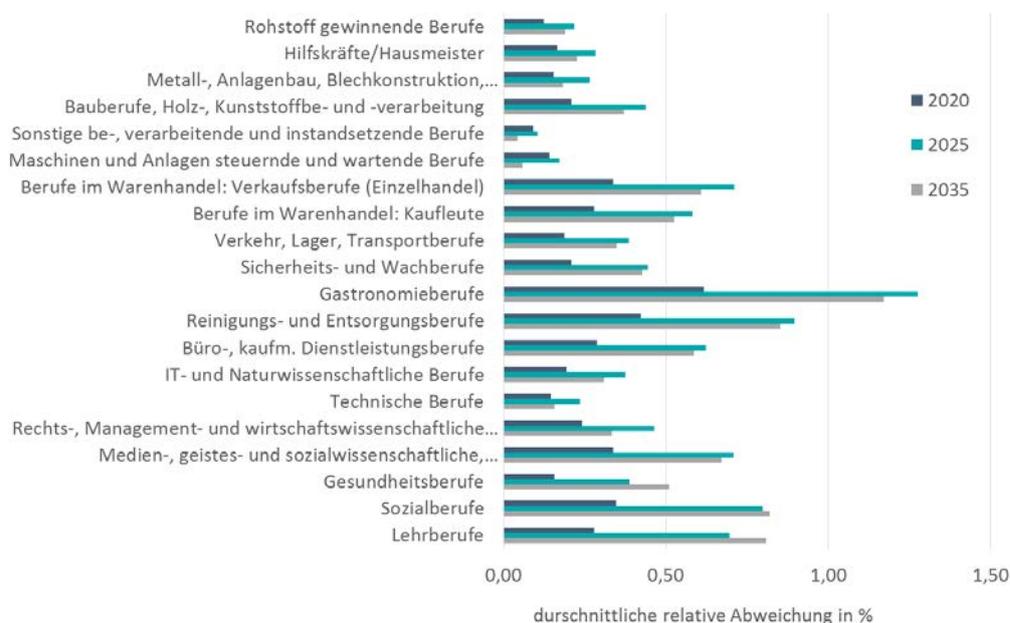
Quelle: eigene Darstellung.

Die Importe steigen deutlich, da z. B. viele audiovisuelle Endgeräte nicht in Deutschland hergestellt werden und dementsprechend importiert werden müssen. Ferner werden Dienstleistungsnachfragen der Privaten Haushalte, die eine starke Inlandswirkung (z. B. Mietzahlungen oder Körperpflege) haben, durch die Szenario-Annahmen nicht direkt berührt. Schließlich sind die zusätzlichen Exporte auch mit zusätzlichen Importen verbunden. Trotz des steigenden Exports ist daher der Außenhandelsbeitrag im Vergleich zu Teil-Szenario 4 insgesamt negativ.

Die Folgen des Teil-Szenarios 5 auf die Berufshauptfelder sind weitaus unspezifischer als die vorangehenden (Abbildung 20). Wegen des Konsums der privaten Haushalte steigen die Nachfragen nach „Gastronomieberufen (BHF 11)“ am stärk-

ten. Insgesamt sind Dienstleistungsberufe mehr gefragt als Berufe des Verarbeitenden Gewerbes.

**Abbildung 20**  
**Teil-Szenario 5 – Zahl der Erwerbstätigen nach Berufshauptfeldern im Vergleich zum Teil-Szenario 4**



Quelle: eigene Darstellung.

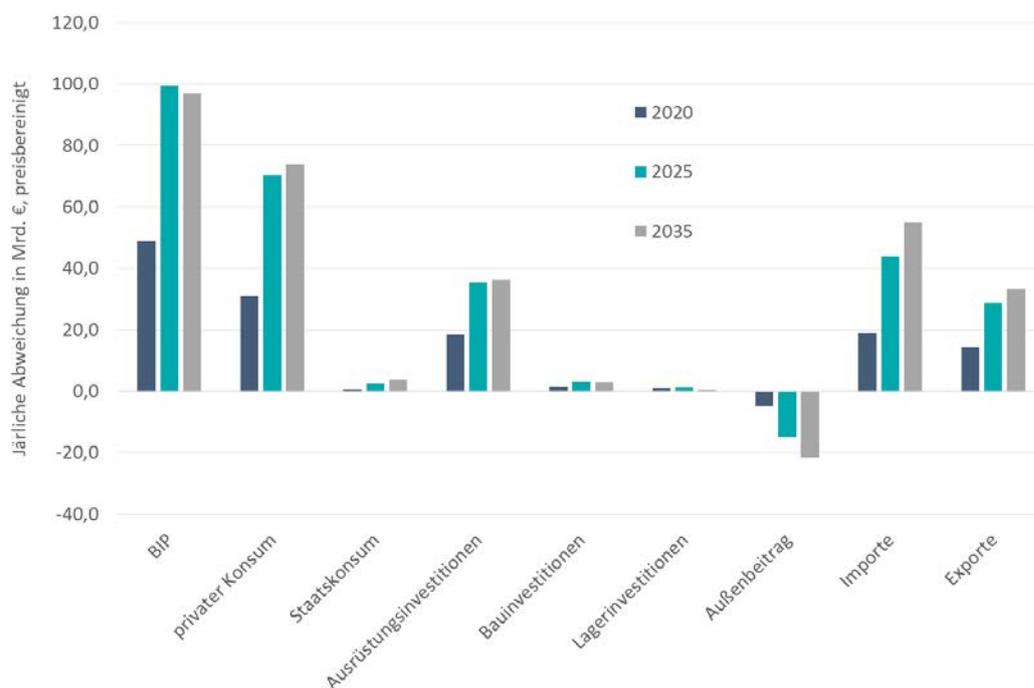
Die getroffenen Annahmen zur gesteigerten Nachfrage infolge von neuen, besseren und individualisierten Gütern und Dienstleistungen führen letztlich dazu, dass in 2035 insgesamt 220.000 Erwerbstätige mehr beschäftigt sein werden als im Teil-Szenario 4.

### 3.6 Wirtschaft-4.0-Szenario (Gesamt-Szenario 1-5)

Das Ergebnis des Wirtschaft-4.0-Szenarios insgesamt setzt sich aus den fünf bereits diskutierten Teil-Szenarien zusammen. Es werden die Wirkungen sämtlicher Annahmen der Tabelle 2 (1-18) auf die wirtschaftliche Entwicklung und den Arbeitsmarkt dargestellt.

Im Ergebnis entstehen positive Veränderungen: Konsum, Investitionen (vor allem Ausrüstungen) und Außenbeitrag sind positiv in beiden betrachteten Perioden (Abbildung 21). Allerdings geht der Vorteil sinkender Importe wegen der zusätzlichen Nachfrage (Teil-Szenario 5) verloren.

**Abbildung 21**  
**Gesamt-Szenario 1-5 – Komponenten des Bruttoinlandsproduktes im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion**



Quelle: eigene Darstellung.

Das Ergebnis entsteht erst durch die gemeinsame Betrachtung der Teil-Szenarien (Tabelle 7). So wirkt das Gesamt-Szenario positiv auf den Konsum der Privaten Haushalte, dieses wird durch steigende Bedarfe (Teil-Szenario 5) und Wirkungen aus dem Einkommenskreislauf (Teil-Szenario 1 & Teil-Szenario 3) ausgelöst werden. Der Konsum des Staates kann insgesamt ein positives Ergebnis in der zweiten Periode erzielen. In den Teil-Szenarien sind die Wirkungen nur sehr klein, erst in der Zusammenschau ergibt sich eine positive Wirkung.

Die Ausrüstungsinvestitionen werden entweder direkt angeschoben (Teil-Szenario 1) oder erhöhen sich auf Grund von Kreislaufzusammenhängen (Teil-Szenario 5). Insgesamt ist das Ergebnis positiv. Im Gegensatz dazu erzielen die Bauinvestitionen nur im Teil-Szenario 2 nennenswerte positive Werte (bis 2018). Die Vorratsveränderungen sind nicht Teil eines Szenarios und können auch durch indirekte Wirkungen keine positive Änderung erzielen.

Die Importe weiten sich insgesamt nennenswert aus. Allerdings zeigt das Teil-Szenario 4 deutlich Rückgänge wegen des geringeren Bedarfs an Roh- und Halbfertigprodukten. Dadurch kann es insgesamt gelingen, dass der Außenbeitrag positiv verändert wird, da bis auf das erste Teil-Szenario die Exporte durchwegs positive Ergebnisse aufweisen.

**Tabelle 7**

**Gesamt-Szenario 1-5 Wirkungen auf die Komponenten des Bruttoinlandsprodukts in den Teil-Szenarien und insgesamt**

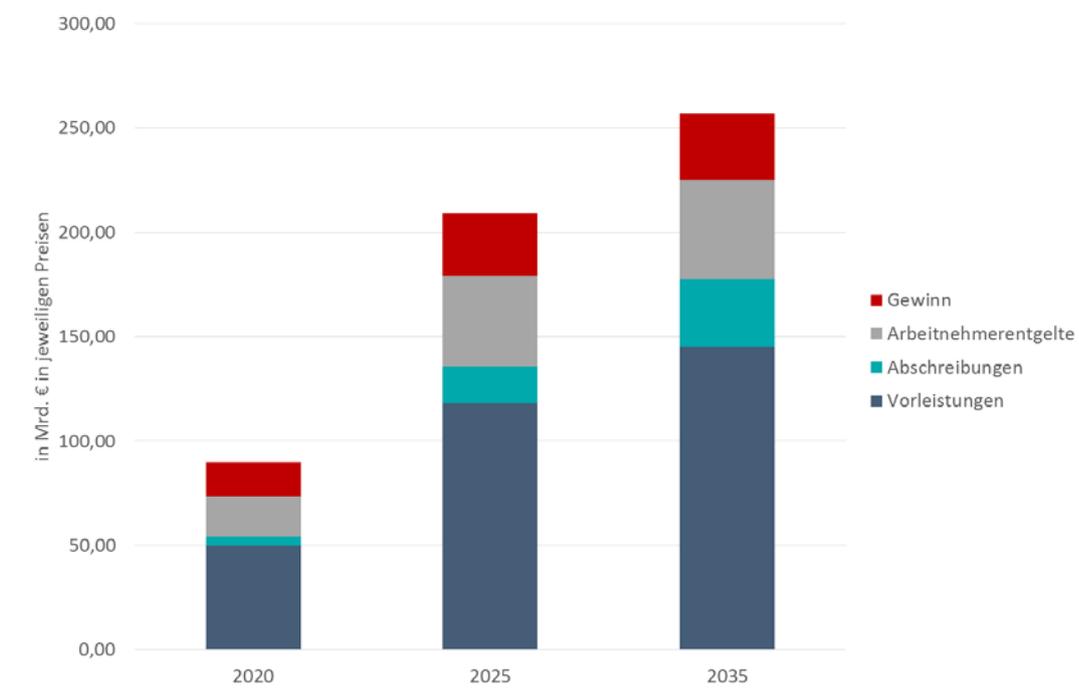
	Ausrüstung- investitionen		Bau- investitionen		Material- und Personalaufwand		Berufsfelder		Nachfrage		Wirtschaft 4.0	
	Teil-Szenario 1		Teil-Szenario 2		Teil-Szenario 3		Teil-Szenario 4		Teil-Szenario 5		1 bis 5	
	2016-25	2026-30	2016-25	2026-30	2016-25	2026-30	2016-25	2026-30	2016-25	2026-30	2016-25	2026-30
Bruttoinlandsprodukt	+	-	+	0	+	+	0	+	+	+	+	+
Konsum privater Haushalte	0	-	0	0	+	+	0	+	+	+	+	+
Konsum des Staates	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	+	+
Ausrüstungsinvestitionen	+	+	0	0	+	+	0	0	0	+	+	+
Bauinvestitionen	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	+	0
Vorräte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Außenbeitrag	-	-	-	0	+	+	0	0	0	-	+	+
Importe	+	0	+	0	-	-	0	0	+	+	+	+
Exporte	0	-	0	0	+	+	0	0	+	+	+	+

"0" +/- eine Mrd.; "+" > 1 Mrd.; "-" < 1 Mrd.

Quelle: eigene Darstellung.

Abbildung 22 zeigt die Wirkung auf die Produktion. Die Produktion besteht definitionsgemäß aus den produzierten Vorleistungen und der erwirtschafteten Wertschöpfung. Diese wiederum kann zerlegt werden in Arbeitnehmerentgelte, Abschreibungen und Nettobetriebsüberschüsse (Gewinn). Die Produktion insgesamt steigt über die Jahre. 2020 kann sie ca. 90 Mrd. Euro zulegen – 2025 und 2035 sogar um mehr als 200 bzw. 250 Mrd. Euro. Während anfangs die Nachfragen steigen und sich die Kostenstrukturen verändern, sind ab 2025 alle Wirkungen gleichzeitig und durchgehend aktiv.

**Abbildung 22**  
**Gesamt-Szenario 1-5 – Primärinputs und Vorleistungen im Vergleich zur Qu-Be-Basisprojektion**

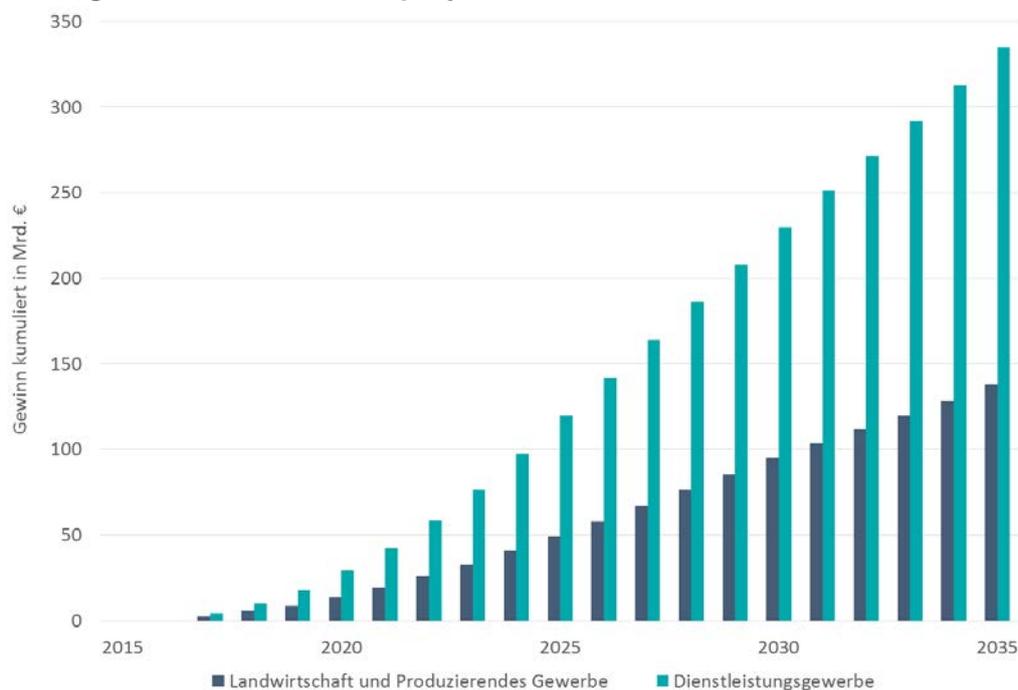


Quelle: eigene Darstellung.

Es sind deutliche Steigerungen der Arbeitnehmerentgeltzahlungen festzustellen. Der Abbau von Routinetätigkeiten und die steigende Arbeitsproduktivität im verarbeitenden Gewerbe begünstigt Berufsfelder mit einem höheren Anforderungsniveau und höheren Löhnen. Die angenommene Steigerung der Arbeitsproduktivität führt bei einer produktivitätsorientierten Lohnpolitik der Unternehmen zu Lohnsteigerungen der Erwerbstätigen.

Letztlich werden die Abschreibungen im Zeitverlauf zunehmen: Selbst nachdem die letzten Investitionen getätigt worden sind, wird weiter abgeschrieben werden. Da sich die Abschreibungen der Investitionsjahrgänge (Vintagen) kumulieren, werden die höchsten Abschreibungen nach der Spitze der Investitionen, also nach 2025 im zweiten Zeitraum, anfallen. 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.

**Abbildung 23**  
**Gesamt-Szenario 1-5 – Entwicklung der kumulierten Gewinne der Landwirtschaft und des Produzierenden Gewerbes sowie des Dienstleistungsgewerbes im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion**

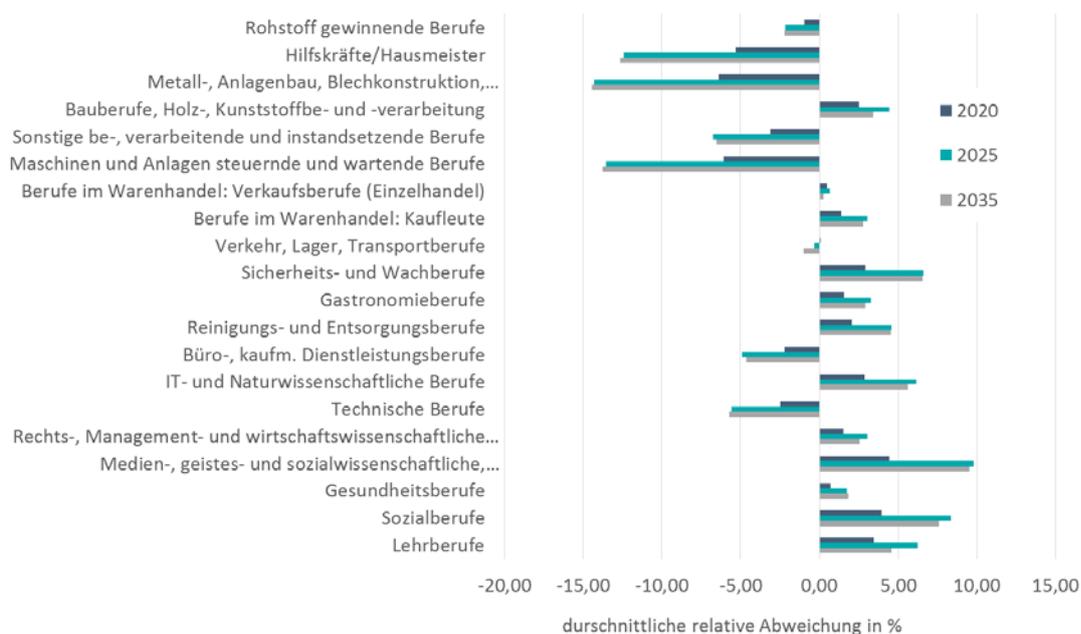


Quelle: eigene Darstellung.

Die Gewinnentwicklung wird gesondert betrachtet (Abbildung 23). Werden die Abweichungen von der QuBe-Basisprojektion berechnet, sind über den gesamten Zeitraum durchgehend positive Gewinne festzustellen, werden diese kumuliert, dann wird bis 2035 ein kumulierter Gewinnunterschied von rund 340 Mrd. Euro im Dienstleistungsgewerbe und von 140 Mrd. Euro in den restlichen Branchen erreicht. In den Jahren nach 2025 können die Gewinne dann stärker gesteigert werden: Der Umbau hat stattgefunden und die Nachfrageimpulse bleiben bestehen.

Ein Blick auf die Berufshauptfelder zeigt, dass Berufe, die insbesondere im Produzierenden Gewerbe zu finden sind (insbesondere „Maschinen und Anlagen steuernde und wartende Berufe“), trotz Implementierung von zusätzlichen Nachfragen negativ betroffen sind (Abbildung 24). Die Folgen der veränderten Vorleistungslieferungen und die veränderte Berufsfeldstruktur können auch durch die gesteigerte Nachfrage des Teil-Szenarios 5 nicht kompensiert werden. Die durch das Szenario am stärksten profitierenden Berufe sind im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich (BHF 14), im Bereich der Sozialberufe (BHF 19), der lehrenden Berufe (BHF 20) und der Sicherheits- und Wachberufe (BHF 10) zu finden. Die positiven Wirkungen auf die Medien- und geisteswissenschaftlichen Berufe (BHF 17) hängen mit der Nachfrage nach Design zusammen und werden durch die allgemeine gesamtwirtschaftliche Entwicklung geprägt.

**Abbildung 24**  
**Gesamt-Szenario 1-5 – Zahl der Erwerbstätigen nach Berufshauptfeldern im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion**

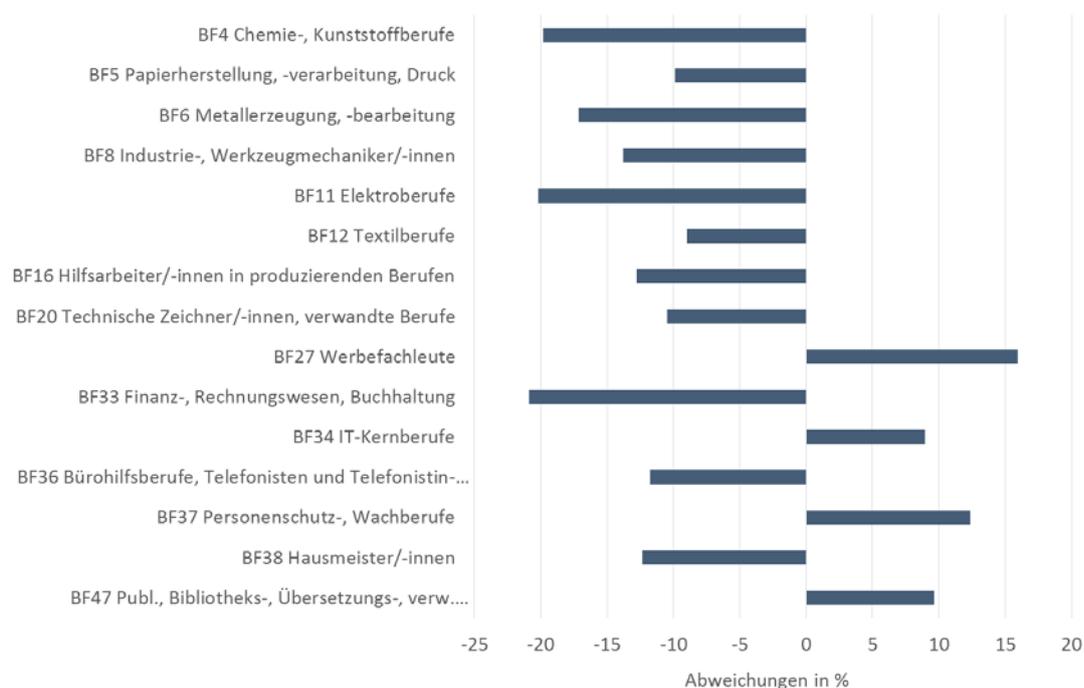


Quelle: eigene Darstellung.

Im Folgenden wird die Ebene der 50 Berufsfelder betrachtet (Abbildung 25). Zur besseren Übersicht werden nur die 15 Berufsfelder ausgewählt, die – relativ betrachtet – am stärksten von der QuBe-Basisprojektion abweichen. Am stärksten sind die Abweichungen im negativen Bereich. Diese Berufsfelder können in der Regel dem Produzierenden Gewerbe zugeordnet werden. Ausnahme ist das am stärksten betroffene Berufsfeld 33 Finanz, Rechnungswesen, Buchhaltung. Relativ betrachtet ergeben sich aber auch für die Elektroberufe (BF11) und die Chemie- und Kunststoffberufe (BF 4) negative Auswirkungen. Das ist nicht verwunderlich, sind diese Berufsfelder doch sowohl von der Umstrukturierung der Produktionsprozesse als auch von der Umstellung der Berufskonstellation stark berührt, da das Substituierbarkeitspotenzial mit dem hier verwendeten Konzept nach Dengler und Matthes (2015) sehr hoch ist.

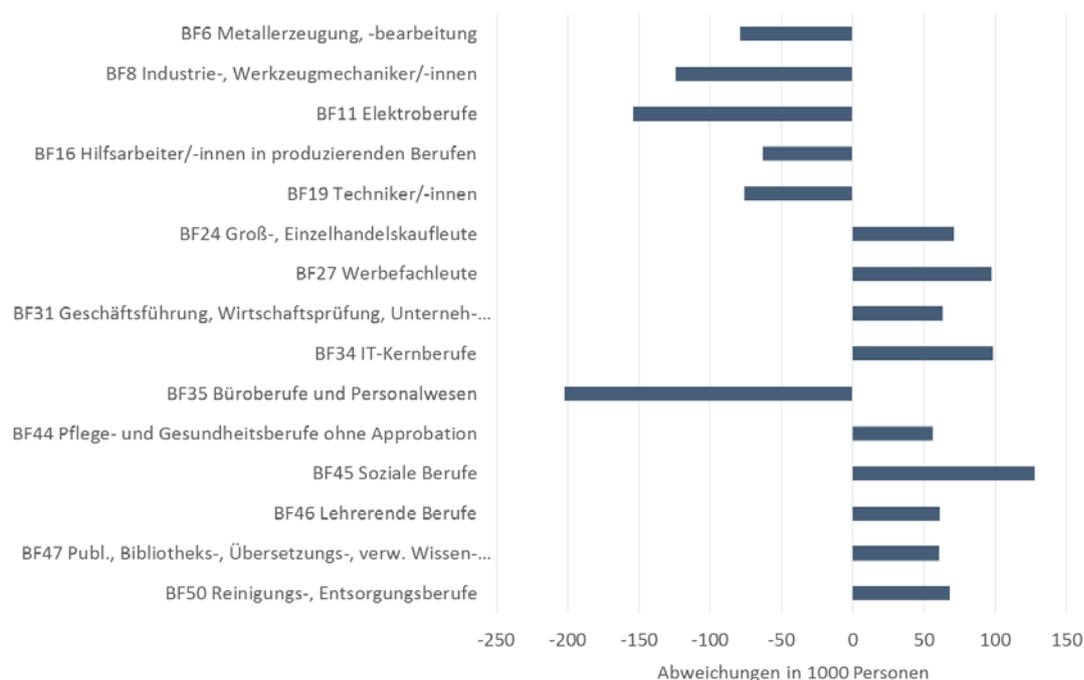
Absolut betrachtet sind zwar auch überwiegend die Produzierende Berufe von der Umstellung zu einer Wirtschaft 4.0 betroffen (Abbildung 26), am stärksten jedoch bei dieser Betrachtungsweise die Büroberufe und das Personalwesen (BF 35), wo die Nachfrage in einer Wirtschaft 4.0 Arbeitswelt um rund 200.000 Personen im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion sinkt.

**Abbildung 25**  
**Gesamt-Szenario 1-5 – Zahl der Erwerbstätigen nach ausgewählten\*) Berufsfeldern im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion in 2035**



\*) Auswahlkriterium: 15 betragsmäßig größten Abweichungen.  
 Quelle: eigene Darstellung.

**Abbildung 26**  
**Gesamt-Szenario 1-5 – Zahl der Erwerbstätigen nach ausgewählten\*) Berufsfeldern im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion in 2035**



\*) Auswahlkriterium: 15 betragsmäßig größten Abweichungen.  
 Quelle: eigene Darstellung.

Infolge des branchen- und berufsspezifischen Strukturwandels ergeben sich auch neue Anforderungen am Arbeitsplatz. Allerdings sind von der Digitalisierung zahlenmäßig weniger die Helfertätigkeiten betroffen (Abbildung 27). Hauptsächlich werden im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion weniger Fachkräfttätigkeiten und mehr hochkomplexe Tätigkeiten nachgefragt.

**Abbildung 27**  
**Gesamt-Szenario 1-5 – Zahl der Erwerbstätigen nach Anforderungsniveaus im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion**



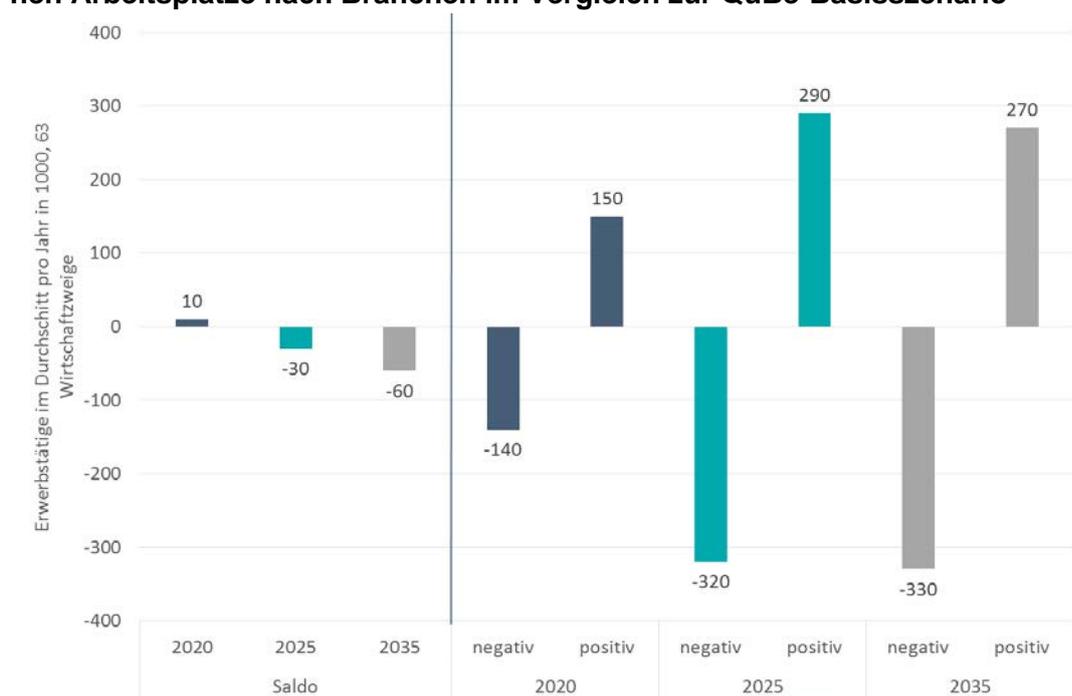
Quelle: eigene Darstellung.

Beim Vergleich einer im Jahr 2025 vollständig digitalisierte Arbeitswelt (Teil-Szenario 5) mit einer Welt, in der sich der technische Fortschritt bis zum Jahr 2025 am bisherigen Entwicklungspfad orientieren wird (QuBe-Basisprojektion), zeigt sich, dass die Auswirkungen der Digitalisierung auf das Gesamtniveau der Arbeitsnachfrage mit minus 30.000 Arbeitsplätzen und mit minus 60.000 im Jahr 2035 nicht ins Gewicht fallen (Abbildung 28). Allerdings werden sich diese beiden Arbeitswelten hinsichtlich ihrer Branchen-, Berufs- und Anforderungsstruktur deutlich unterscheiden.

Auf der Branchenebene werden in 2025 320.000 Arbeitsplätze im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion nicht mehr vorhanden sein, während in anderen Branchen bis 2025 circa 290.000 Arbeitsplätze entstehen werden (Abbildung 28). Die Branchen mit Arbeitsplatzverlusten gehören zur Landwirtschaft und zum Produzierenden Gewerbe. Ein zusätzlicher Bedarf an Erwerbstätigen insgesamt entsteht hauptsächlich in der Branche Information und Kommunikation.

## Abbildung 28

### Gesamt-Szenario 1-5 – Zahl der nicht mehr vorhandenen und neu entstandenen Arbeitsplätze nach Branchen im Vergleich zur QuBe-Basisszenario



Quelle: eigene Darstellung.

Die Umverteilung zwischen den betrachteten Arbeitswelten ist auf der Ebene der 50 Berufsfelder größer als auf der Branchenebene (Abbildung 29). Insgesamt werden bezogen auf die Berufsfelder bis zum Jahr 2025 rund 1,22 Mio. Arbeitsplätze nicht mehr vorhanden und 1,19 Mio. Arbeitsplätze an anderer Stelle entstanden sein.

Allerdings werden sowohl bei der Analyse der entstandenen und nicht mehr vorhandenen Arbeitsplätze auf der Ebene von Wirtschaftszweigen als auch bei der Analyse auf der Ebene von Berufsfeldern nicht sämtliche Umverteilungen erfasst. Am deutlichsten werden die aufgrund der Umsetzung einer Wirtschaft 4.0 erwarteten Umwälzungen am Arbeitsmarkt, wenn die Zahlen der Erwerbstätigen für jedes Anforderungsniveau innerhalb der 50 Berufsfelder innerhalb der 63 Wirtschaftszweige verglichen und alle  $4 \times 50 \times 63$  potenziellen Zellenbesetzungen in die Analyse einbezogen werden (Abbildung 30).

Abbildung 29

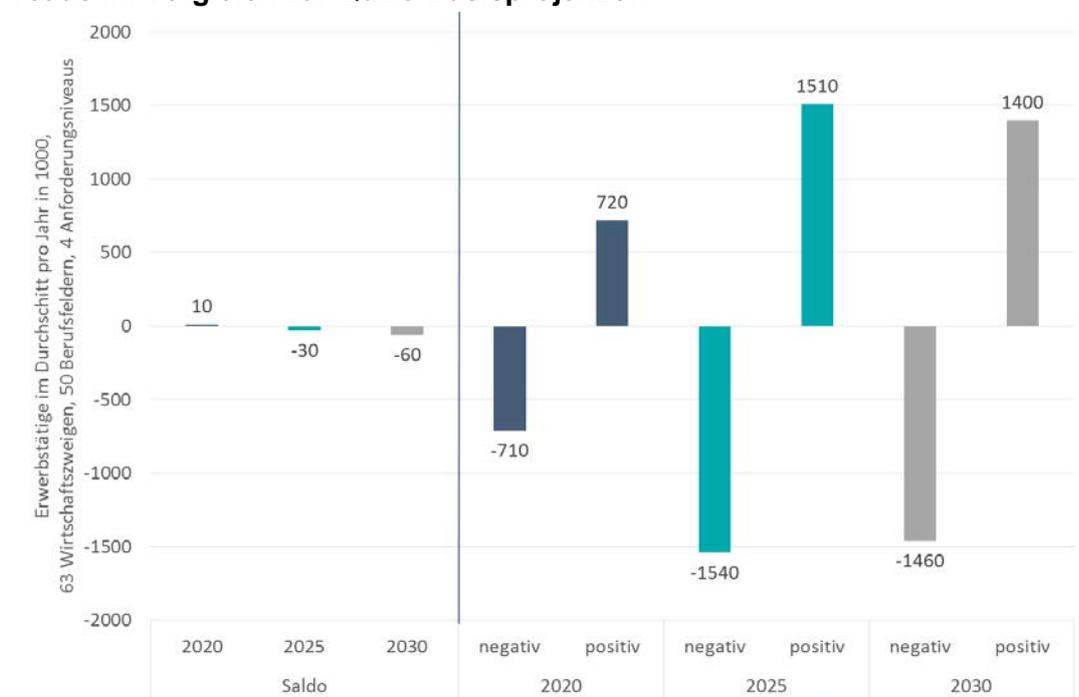
Gesamt-Szenario 1-5 – Zahl der nicht mehr vorhandenen und neu entstandenen Arbeitsplätze nach Berufsfeldern im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion



Quelle: eigene Darstellung.

Abbildung 30

Gesamt-Szenario 1-5 – der nicht mehr vorhandenen und neu entstandenen Arbeitsplätze nach Wirtschaftszweigen, Berufsfeldern und Anforderungsniveaus im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion



Quelle: eigene Darstellung.

In der digitalisierten Welt wird es im Jahr 2025 einerseits 1,5 Mio. Arbeitsplätze, die nach der Basisprojektion noch vorhanden sein werden, nicht mehr geben. Andererseits werden im Wirtschaft 4.0-Szenario ebenfalls 1,5 Mio. Arbeitsplätze entstanden sein, die in der Basisprojektion nicht existieren werden. Zusammengefasst unterscheidet sich das digitalisierte Szenario um rund 7 Prozent (= 3 Mio. von 43,4 Mio. Arbeitsplätzen) von der QuBe-Basisprojektion.

## 4 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Studie untersucht die Wirkung der Einführung einer Wirtschaft 4.0 auf die Gesamtwirtschaft und den Arbeitsmarkt in Deutschland. Dabei werden im Rahmen von aufeinander aufbauenden Szenarien-Rechnungen unterschiedliche Arbeitswelten miteinander verglichen. Im Gegensatz zur letztjährigen Studie zu den Folgen der Industrie 4.0 (Wolter u. a. 2015) wird hier zum einen auch eine Digitalisierung aller Dienstleistungsbranchen betrachtet. Zum anderen kann nun auf Ergebnisse zweier auf Online-Betriebsbefragungen zurück, der IAB/ZEW-Befragung zur Arbeitswelt 4.0 und der QuEst-Befragung (Quality in Establishment Surveys) des IAB, zurückgegriffen werden, um die getroffenen Annahmen der „Industrie 4.0-Studie“ zu überprüfen, anzupassen und zu ergänzen.

Werden sämtliche Annahmen in die Betrachtung mit einbezogen, wird eine im Jahr 2025 vollständig digitalisierte Arbeitswelt (Teil-Szenario 5) mit einer Welt verglichen, in der sich der technische Fortschritt bis zum Jahr 2025 am bisherigen Entwicklungspfad orientieren wird (QuBe-Basisprojektion). Bei diesem Vergleich zeigt sich, dass die Auswirkungen der Digitalisierung auf das Gesamtniveau der Arbeitsnachfrage mit minus 30.000 Arbeitsplätzen relativ gering ausfallen. Allerdings werden sich diese beiden Arbeitswelten hinsichtlich ihrer Branchen-, Berufs- und Anforderungsstruktur deutlich unterscheiden. In der digitalisierten Welt wird es im Jahr 2025 einerseits 1,5 Mio. Arbeitsplätze, die nach der Basisprojektion noch vorhanden sein werden, nicht mehr geben. Andererseits werden im Wirtschaft 4.0-Szenario ebenfalls 1,5 Mio. Arbeitsplätze entstanden sein, die in der Basisprojektion nicht existieren werden. Zusammengefasst unterscheidet sich das digitalisierte Szenario um rund 7 Prozent (= 3 Mio. von 43,4 Mio. Arbeitsplätzen) von der QuBe-Basisprojektion.

Die Digitalisierung wird nicht nur eine „neue“ Arbeitswelt schaffen. Auf dem Weg dorthin führt sie auch zu einer Beschleunigung des Strukturwandels. So verliert das Produzierende Gewerbe bezogen auf die Zahl der Erwerbstätigen trotz hoher Wertschöpfungsanteile am Bruttoinlandsprodukt weiterhin an Bedeutung, während vor allem die Branchen „Information und Kommunikation“ und „Erziehung und Unterricht“ vom Übergang in eine Wirtschaft 4.0 profitieren. Letztere gewinnt vor allem auf Grund der zentralen Rolle von Bildung und Weiterbildung: Bei sich ändernden und erhöhenden Anforderungen wird nach der Erstausbildung die Weiterbildung entscheidend werden, um Kompetenzen laufend weiterzuentwickeln (Weber 2016).

Aber nicht nur der branchenspezifischen Strukturwandel wird beschleunigt. Innerhalb jeder Branche hat die Digitalisierung durch den Abbau von Routinetätigkeiten auch großen Einfluss auf die zur Güter- und Leistungserstellung eingesetzte Berufsstruktur. Wie sich gezeigt hat, kann die Digitalisierung damit ein Weg sein, drohende Ungleichgewichte zu beheben. So werden in den produzierenden Berufen (einschließlich der „Technischen Berufe“), wo sich im QuBe-Basiszenario aufgrund des demografischen Wandels Engpässe ergeben, weniger Arbeitskräfte eingesetzt. In den Dienstleistungsberufen werden dagegen mehr Arbeitskräfte benötigt als in der QuBe-Basisprojektion ermittelt. Nur bei den „Bauberufen, Holz-, Kunststoffbe- und -verarbeitung“ und den „Büro-, kaufmännischen Dienstleistungsberufen“ werden die bestehenden Ungleichgewichte durch die gesamtwirtschaftlichen Wirkungen der Digitalisierung weiter verstärkt.

Infolge des branchen- und berufsspezifischen Strukturwandels ergeben sich auch neue Anforderungen am Arbeitsplatz. Allerdings sind von der Digitalisierung zahlenmäßig weniger die Helfertätigkeiten betroffen. Hauptsächlich werden im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion weniger Fachkrafttätigkeiten und mehr hochkomplexe Tätigkeiten nachgefragt. Diese Entwicklung sollte jedoch nicht als Risiko betrachtet werden, sondern vielmehr als Chance. So werden bereits heute über 35 Prozent aller hoch komplexen Tätigkeiten von Personen ausgeübt, die keine akademische Ausbildung haben (Maier u. a. 2016). Trotz des weiter steigenden Anteils an Akademikern wird es auch langfristig Fachkräfte geben, die hoch komplexen Tätigkeiten nachgehen werden – vorausgesetzt, sie entwickeln ihre Kompetenzen laufend weiter.

Grundsätzlich sind auch höhere Steigerungen der Arbeitsproduktivität und größere Verbesserungen des Materialeinsatzes als modelliert denkbar. Aber ebenso können die berücksichtigten Kosten für die Digitalisierung höher sein. Hier wurde in der Landwirtschaft und im Produzierenden Gewerbe eine Verdopplung und im Dienstleistungsgewerbe ein Anstieg um zwei Drittel angenommen, allerdings gehen Studien (wie bereits erläutert) sogar von einer Vervierfachung aus. Die angenommenen Veränderungen der Berufsstrukturen in den Branchen führen zu deutlichen Bewegungen zwischen den Berufsfeldern. Auch hier sind andere Annahmen möglich. So gibt es neben den Studien von Dengler und Matthes zu den Routineanteilen auch noch weitere Studien mit teilweise abweichenden Ergebnissen (siehe z.B. Tiemann 2016a oder Pfeiffer und Suphan 2015).<sup>5</sup> Alle drei Faktoren können zumindest die Wirkung auf den Umschlag zwischen neuen und alten Arbeitsplätzen erheblich erhöhen. Die positive Beschäftigungsentwicklung in Deutschland vollzieht sich bislang bei geringer Dynamik in Wirtschaft und Arbeitsmarkt (Klinger und Weber 2014). Ein

---

<sup>5</sup> Das BIBB hat hierzu im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) eine Studie erstellt (Helmrich u. a. 2016, [http://pt-ad.pt-dlr.de/media/Projekt-des-Monats\\_2016-08.pdf](http://pt-ad.pt-dlr.de/media/Projekt-des-Monats_2016-08.pdf) ).

stärkeres Investitions- und Produktivitätswachstum könnte also das Fundament dieser Entwicklung stärken.

Die getroffenen Annahmen und Modellierungen sind vor diesem Hintergrund fortlaufend kritisch zu prüfen. Sollten sich neue Erkenntnisse über die Transformation zu einer Wirtschaft 4.0 ergeben, so wären die Szenarien entsprechend anzupassen oder zu erweitern. Das vorgestellte Szenario kann deshalb nur einen weiteren Schritt darstellen, um die Folgen von Wirtschaft 4.0 auf den Arbeitsmarkt und die Wirtschaft aufzuzeigen. So könnte noch spezifischer untersucht werden, wie sich die Umsetzung von Wirtschaft 4.0 in anderen Regionen (USA, EU, BRICS<sup>6</sup>) auf den deutschen Wirtschaftsstandort auswirkt. Aber auch der Einfluss des gewählten Ersetzbarkeitsmaßes auf die künftige Berufsstruktur gilt es näher zu untersuchen. Hierzu wird in Kürze eine weitere Publikation erscheinen, in der neben dem Konzept von Dengler und Matthes auch der Routineindex von Tiemann, der Arbeitsvermögenindex von Pfeiffer und Suphan sowie ein Ersetzbarkeitsindex auf Basis des BIBB-Qualifizierungspanels (QPE) verwendet werden.

Die Szenario-Rechnungen und die getroffenen Annahmen machen eines jedoch deutlich: Letztlich gibt es keinen anderen Weg – wenn Deutschland nicht in der Lage ist, eine Umsetzung der Wirtschaft 4.0 durchzuführen, dann werden andere Länder dies dennoch tun. Und die Annahmen, die sich im obigen Szenario positiv auf Deutschland auswirken (Vorreiter, zusätzliche Nachfrage im Ausland, Wettbewerbsvorteile) richten sich dann gegen den hiesigen Wirtschaftsstandort. Produktionsrückgänge und zusätzliche Arbeitslosigkeit sind die Folgen. Jene werden ausgelöst durch den Verlust an Wettbewerbsfähigkeit und die Verschiebung der inländischen Nachfrage hin zu importierten Produkten. Die Aufgabe kann also nur sein, den Übergang möglichst nachhaltig zu gestalten.

---

<sup>6</sup> BRICS steht für die Anfangsbuchstaben der fünf Staaten: Brasilien, Russland, Indien, China und Südafrika.

## Literatur

Arntz, Melanie; Gregory, Terry; Lehmer, Florian; Matthes, Britta; Zierahn, Ulrich (2016): Arbeitswelt 4.0- Stand der Digitalisierung in Deutschland: Dienstleister haben die Nase vorn, IAB-Kurzbericht Nr. 22.

Autor, David H.; Levy, Frank; Murnane, Richard J. (2013): The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. In: The Quarterly Journal of Economics, S. 118(4).

Berger, Roland (2014): INDUSTRY 4.0 The new industrial revolution. How Europe will succeed.

BITKOM (2014): Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Studie.

BMAS (2015): Arbeiten weiter denken. Grünbuch. Arbeiten 4.0. Bundesministerium für Arbeit und Soziales.

BMBF (2014): Zukunftsbild Industrie 4.0. Hightech-Strategie. Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Bonin, Holger; Gregory, Terry; Zieran, Ulrich (2015): Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. Kurzexpertise im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales.

Bowles, Jeremy (2014): The computerisation of European jobs-who will win and who will lose from the impact of new technology onto old areas of employment?, Brussels: Bruegel.

Brzeski, Carsten; Burk, Inga (2015): Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt. INGDiBa Economic Research.

DBR (2014): Industrie 4.0 – Upgrade des Industriestandorts Deutschland steht bevor. Aktuelle Themen. Deutsche Bank Research. Februar 2014.

Dengler, Katharina; Matthes, Britta (2015): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland. (IAB-Forschungsbericht, 11/2015), Nürnberg, 32 S.

Distelkamp, Martin; Hohmann, Frank; Lutz, Christian; Meyer, Bernd ; Wolter, Marc I. (2003): Das IAB/INFORGE-Modell: Ein neuer ökonometrischer Ansatz gesamtwirtschaftlicher und länderspezifischer Szenarien. In: Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (BeitrAB), Band 275, Nürnberg.

Emec, Soner; Stock, Tim; Bilge, Pinar; Tufinkgi, Philippe; Kaden, Cornelia; Seliger, Günther (2013): Analyse von Potenzialen der Material- und Energieeffizienz in ausgewählten Branchen der Metall verarbeitenden Industrie. Berlin.

Frey, Carl Benedikt; Osborne, Michael (2013): The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization?, University of Oxford.

Hall, Anja; Siefer, Anke; Tiemann, Michael (2014): BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012 – Arbeit und Beruf im Wandel. Erwerb und Verwertung beruflicher Qualifikationen. In: Forschungsdatenzentrum im BIBB (Hrsg.), GESIS Köln (Datenzugang); Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung.

Helmrich, Robert; Zika, Gerd [Hrsg.] (2010): Beruf und Qualifikation in der Zukunft, BIBB-IAB-Modellrechnungen zu den Entwicklungen in den Berufsfeldern und Qualifikationen bis 2025, Schriftenreihe des Bundesinstituts für Berufsbildung, Bonn.

- Helmrich, Robert; Zika, Gerd; Wolter, Marc Ingo; Schandock, Manuel; Maier, Tobias; Kalinowski, Michael; Hummel, Markus; Hänisch, Carsten; Drosdowski, Thomas; Bremser, Felix; Bott, Peter (2012): Engpässe auf dem Arbeitsmarkt: Geändertes Bildungs- und Erwerbsverhalten mildert Fachkräftemangel, Bonn.
- Helmrich, Robert; Tiemann, Michael; Troltsch, Klaus, Lukowski, Felix, Neuber-Pohl, Caroline, Lewalder, Ann Christin (2016): Digitalisierung der Arbeitslandschaften, Wissenschaftliche Diskussionspapiere BIBB (im Erscheinen)
- Klinger, Sabine; Weber, Enzo (2014): Seit der Großen Rezession: schwächerer Zusammenhang von Konjunktur und Beschäftigung. Wirtschaftsdienst, 94, 10.
- Maier, Tobias; Zika, Gerd; Wolter, Marc Ingo; Kalinowski, Michael; Helmrich, Robert (2014a): 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.
- Maier, Tobias; Zika, Gerd; Mönnig, Anke; Wolter, Marc Ingo; Kalinowski, Michael; Hänisch, Carsten, Helmrich, Robert; Schandock, Manuel; Neuber-Pohl, Caroline; Bott, Peter; Hummel, Markus (2014b): Löhne und berufliche Flexibilitäten als Determinanten des interaktiven QuBe-Arbeitsmarktmodells. Ein Methodenbericht zur Basisprojektion der dritten Welle der BIBB-IAB Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. Wissenschaftliche Diskussionspapiere BIBB Heft 148.
- Maier, Tobias; Zika, Gerd; Wolter, Marc Ingo; Kalinowski, Michael; Neuber-Pohl, Caroline (2016): Die Bevölkerung wächst - Engpässe bei fachlichen Tätigkeiten bleiben aber dennoch bestehen. BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen bis zum Jahr 2035 unter Berücksichtigung der Zuwanderung Geflüchteter. In: BIBB-Report 3/16, Bonn.
- Mantau, Udo; Döring, Przemko; Hiller, Dirk (2013): Holzeinsatz im Bauwesen – Verwendungsstrukturen nach Gebäuden und Gewerken. In: Weimar, H. & Jochem, D. (Hrsg.): Holzverwendung im Bauwesen – Eine Marktstudie im Rahmen der „Charta für Holz“. Thünen Report 9.
- Pfeiffer, Sabine; Suphan, Anne (2015). Der AV-Index. Lebendiges Arbeitsvermögen und Erfahrung als Ressourcen auf dem Weg zu Industrie 4.0. Working Paper 2015# 1 (draft v1. 0 vom 13.04. 2015) Internet: <http://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2015-Pfeiffer-Suphan-draft.pdf> [zuletzt abgerufen am 28.11. 2015].
- PWC (2014): Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. Studie. Oktober 2014.
- Reflex Verlag (2015): Industrie 4.0 Die vierte industrielle Revolution. Beilage des Handelsblattes vom März 2015.
- Schnur, Peter; Zika, Gerd (Hrsg.) (2009): Das IAB/INFORGE-Modell. Ein sektorales makroökonomisches Projektions- und Simulationsmodell zur Vorausschätzung des längerfristigen Arbeitskräftebedarfs. IAB-Bibliothek 318, Nürnberg.
- Statistisches Bundesamt (2013): Berufliche Weiterbildung in Unternehmen 2010. Vierte europäische Erhebung über die berufliche Weiterbildung in Unternehmen (CVTS4), Wiesbaden.
- Tiemann, Michael (2016a): Routine bei der Arbeit. In: Forschungsdaten aus dem BIBB. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP) 2/2016, S. 18-22.
- Tiemann, Michael (2016b): Die BIBB-Berufsfelder in der Klassifikation der Berufe 2010 (im Erscheinen). In: Rentenversicherung, Forschungsdatenzentrum Der

(Hrsg.): Berufsangaben. Berlin 2016

TÜVRheinland (2013): Szenarien und Kosten für eine kosteneffiziente flächendeckende Versorgung der bislang noch nicht mit mindestens 50 Mbit/s versorgten Regionen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Zusammenfassung.

Tiemann, Michael; Schade, Hans-Joachim; Helmrich, Robert; Hall, Anja; Braun, Uta; Bott, Peter (2008): Berufsfeld-Definitionen des BIBB auf Basis der KldB1992. In: Wissenschaftliche Diskussionspapiere Heft 105. Bonn.

VDE (2013) VDE-Studie: Industrie 4.0 lässt vorerst auf sich warten. Verband der Elektrotechnik. Pressemitteilung 32/2013 vom 08. April 2013.

Weber, Enzo (2016): Industrie 4.0: Wirkungen auf den Arbeitsmarkt und politische Herausforderungen. In: Zeitschrift für Wirtschaftspolitik, Jg. 65, H. 1, S. 66-74.

Wolter, Marc Ingo; Mönnig, Anke; Hummel, Markus; Schneemann, Christian; Weber, Enzo; Zika, Gerd; Helmrich, Robert; Maier, Tobias; Neuber-Pohl, Caroline (2015). "Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft." Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. IAB-Forschungsbericht 8 (2015).

Zika, Gerd; Helmrich, Robert; Kalinowski, Michael; Wolter, Marc Ingo; Hummel, Markus; Maier, Tobias; Hänisch, Carsten; Drosdowski, Thomas (2012): In der Arbeitszeit steckt noch eine Menge Potenzial. Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen bis 2030. In: IAB-Kurzbericht 18/2012, S. 1–12.

Zika, Gerd; Maier, Tobias (Hrsg.) (2015): Qualifikation und Beruf in Deutschlands Regionen bis 2030. Konzepte, Methoden und Ergebnisse der BIBB-IAB-Projektionen. IAB-Bibliothek 353, Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.

## Impressum

**IAB-Forschungsbericht 13/2016**

9. November 2016

### Herausgeber

Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit  
Regensburger Str. 104  
90478 Nürnberg

### Redaktion

Martin Schludi, Jutta Palm-Nowak

### Technische Herstellung

Renate Martin

### Rechte

Nachdruck - auch auszugsweise -  
nur mit Genehmigung des IAB gestattet

### Website

<http://www.iab.de>

### Bezugsmöglichkeit

<http://doku.iab.de/forschungsbericht/2016/fb1316.pdf>

ISSN 2195-2655

### Rückfragen zum Inhalt an:

Enzo Weber  
Telefon 0911.179 7643  
E-Mail [enzo.weber@iab.de](mailto:enzo.weber@iab.de)

Gerd Zika  
Telefon 0911.179 3072  
E-Mail [gerd.zika@iab.de](mailto:gerd.zika@iab.de)