

## Arbeitsmarkt 2030 - Digitalisierung der Arbeitswelt: Fachexpertisen zur Prognose 2016

Düll, Nicola (Ed.)

Veröffentlichungsversion / Published Version

Sammelwerk / collection

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:

W. Bertelsmann Verlag

### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Düll, N. (Hrsg.). (2016). *Arbeitsmarkt 2030 - Digitalisierung der Arbeitswelt: Fachexpertisen zur Prognose 2016*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag. <https://doi.org/10.3278/6004559w>

### Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY-SA Lizenz (Namensnennung-Weitergabe unter gleichen Bedingungen) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de>

### Terms of use:

This document is made available under a CC BY-SA Licence (Attribution-ShareAlike). For more information see: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>

Nicola Düll (Hg.)

# Arbeitsmarkt 2030 – Digitalisierung der Arbeitswelt

Fachexpertisen zur Prognose 2016

**ECONOMIX**  
Research & Consulting



Nicola Düll (Hg.)

# Arbeitsmarkt 2030 – Digitalisierung der Arbeitswelt

Fachexpertisen zur Prognose 2016

Im Auftrag von

---



Bundesministerium  
für Arbeit und Soziales


Unter Mitwirkung von

---

Irene Bertschek  
Thomas Niebel  
Jörg Ohnemus

**ZEW**

Bernd Dworschak  
Helmut Zaiser

 **Fraunhofer**

Pamela Meil

**ISFMÜNCHEN**  
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Tim Vetter

**ECONOMIX**  
Research & Consulting

Gesamtherstellung:  
W. Bertelsmann Verlag, Bielefeld  
**wbv.de**

Umschlagabbildung:  
NREY/shutterstock.com

Bestell Nr.: 6004559w  
DOI: 10.3278/6004559w

Printed in Germany

Diese Publikation ist frei verfügbar zum  
Download unter **wbv-open-access.de**

Diese Publikation ist unter folgender Creative-  
Commons-Lizenz veröffentlicht:  
[http://creativecommons.org/licenses/by-  
sa/3.0/](http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)



Für alle in diesem Werk verwendeten Warenna-  
men sowie Firmen- und Markenbezeichnungen  
können Schutzrechte bestehen, auch wenn  
diese nicht als solche gekennzeichnet sind.  
Deren Verwendung in diesem Werk berechtigt  
nicht zu der Annahme, dass diese frei verfügbar  
seien.

---

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

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

---

## Inhalt

<b>A</b>	<b>Vorbemerkung</b> .....	<b>5</b>
<b>B</b>	<b>Digitalisierung der Arbeitswelt – grundlegende Thesen</b> .....	<b>6</b>
	<i>Nicola Düll</i>	
1	Das Potenzial der digitalen Technik.....	6
2	Grundzüge der technologischen Entwicklung .....	7
3	Diffusionsgrad und Diffusionsgeschwindigkeit.....	7
4	Auswirkungen auf die Produktivität .....	10
5	Auswirkungen auf die Innovationsfähigkeit .....	13
6	Digitalisierung und internationale Arbeitsteilung .....	14
7	Makroökonomische Wirkungen .....	14
8	Sektorale, berufs- und qualifikationsbezogene Effekte.....	15
9	Flexibilisierung .....	17
<b>C</b>	<b>Auswirkungen der Digitalisierung auf die zukünftigen Arbeitsmärkte</b> .....	<b>22</b>
	<i>Irene Bertschek, Jörg Ohnemus, Thomas Niebel</i>	
1	Einleitung.....	22
2	Technologische Entwicklungen im Digitalen Umfeld .....	22
2.1	Mobiles Internet.....	22
2.2	Künstliche Intelligenz .....	25
2.3	Additive Fertigungsverfahren .....	31
2.4	IT-enabled Sharing Economy .....	33
2.5	Integrierte digitale und physische Welten .....	35
2.6	Cloud Computing.....	37
2.7	Big Data Analytics.....	44
2.8	Internet der Dinge und Dienste – Industrie 4.0/Industrial Internet of Things (IIoT) .....	47
3	Allgemeine Auswirkungen der Digitalisierung in Deutschland.....	58
3.1	Die Bedeutung der IKT-Branche und Internetwirtschaft in Deutschland .....	58
3.2	Stand der Digitalisierung auf Branchenebene.....	63
3.3	IKT als Innovationstreiber .....	65
3.4	Auswirkungen von IKT auf den Energieverbrauch .....	68
3.5	Auswirkungen der Digitalisierung auf Produktivität und Beschäftigung .....	69
4	Anhang.....	86
<b>D</b>	<b>Digitale Arbeit, digitale Beschäftigung und die Zukunft des Arbeitsmarkts: Eine soziologische Perspektive</b> .....	<b>98</b>
	<i>Pamela Meil</i>	
1	Digitalisierung , Arbeit und Beschäftigung .....	98
2	Arbeitsorganisation und Arbeitsbedingungen.....	102
3	Digital Shift .....	104
<b>E</b>	<b>Digitalisierung in Verwaltung, Öffentlichen Dienst und der Industrie</b> .....	<b>108</b>
	<i>Bernd Dworschak, Helmut Zaiser</i>	
1	Einleitung.....	108
2	Digitalisierung im öffentlichen Dienst und der Verwaltung .....	109
2.1	Umsetzungsstand und zukünftige Entwicklungen.....	109
3	Kompetenz- und Qualifikationsanforderungen in der öffentlichen Verwaltung.....	111
4	Digitalisierung in der Industrie .....	112
4.1	Industrie 4.0 (I4.0): Vorstellungen und Umsetzungsstand.....	112
4.2	Dienstleistungsorientierung und Industrie 4.0.....	114
4.3	Szenarien und mögliche Entwicklungspfade .....	115
4.4	Qualifikationsanforderungen der produktionsnahen I4.0-Arbeit.....	117

<b>F</b>	<b>Politikmaßnahmen im Bereich Digitalisierung – eine Übersicht .....</b>	<b>123</b>
	<i>Tim Vetter</i>	
1	Einleitung .....	123
2	Maßnahmen zur Förderung der digitalen Infrastrukturen (Breitbandausbau) .....	124
3	Maßnahmen zur Förderung der Entwicklung und Erprobung von Industrie 4.0-Technologien .....	125
4	Maßnahmen zur Förderung der Digitalisierung in kleinen und mittelgroßen Unternehmen ....	128
5	Maßnahmen zur Regulierung der Auswirkungen von Digitalisierung auf Datensicherheit, Datenschutz und Planungssicherheit für Unternehmen .....	131
6	Maßnahmen im Bereich Bildung und Weiterbildung .....	134
7	Die Digitalisierung der Arbeitswelt: Herausforderungen für Politik und Sozialpartner .....	136

## **A Vorbemerkung**

Die in diesem Band veröffentlichten Fachexpertisen beziehen sich auf das Projekt „Analyse der zukünftigen Arbeitskräftenachfrage und des -angebots in Deutschland auf Basis eines Rechenmodells“, das Economix Research & Consulting im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales durchführt. Dabei bilden in dem aktuellen dritten Bericht zur Arbeitsmarktprognose 2030 die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitswelt den thematischen Fokus.

Zur Vorbereitung der Szenarioentwicklung für die neue Prognose zu den Auswirkungen der Digitalisierung wurden im ersten Halbjahr 2015 Fachexpertisen erstellt. Dazu haben wir das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung in Mannheim beauftragt, in einer Fachexpertise die wichtigsten Zukunftstrends der Informations- und Kommunikationstechnik zu identifizieren und ihre Entwicklung einzuschätzen. Diese Fachexpertise stellt den wesentlichen Teil dieses Sammelbandes dar (siehe Bertschek et al. 2016 in Kapitel C dieses Bandes). Darüber hinaus haben das Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung in München (siehe Meil 2016 in Kapitel D dieses Bandes) und das Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation in Stuttgart (siehe Dworschak und Zaiser 2016 in Kapitel E dieses Bandes) Kurzexpertisen zu den soziologischen und arbeitsorganisatorischen Aspekten der Digitalisierung vorgelegt. Auch sie sind Teil dieses Sammelbandes. Schließlich geben wir einen Überblick über bereits angestoßene oder geplante Maßnahmen und Initiativen zur Förderung der Digitalisierung (Stand Frühjahr 2016) und den weiteren Reformdiskussionen (siehe Vetter 2016 in Kapitel F in diesem Band). In einer einleitenden Übersicht stellen wir die wichtigsten Ergebnisse, die noch offenen Fragen und die sich abzeichnenden Schlussfolgerungen aus den Berichten und der aktuellen Literatur dar (siehe Düll 2016 in Kapitel B diesem Band).



## **B Digitalisierung der Arbeitswelt – grundlegende Thesen**

*Nicola Düll*

*Economix Research & Consulting, München*

### **1 Das Potenzial der digitalen Technik**

Das digitale Zeitalter wird durch zwei Grundzüge geprägt: Die Speicherung von Information in der für Computer verständlichen 0/1-Codierung und die Nutzung der digitalen Codes zur Definition maschineller Algorithmen in Form von sog. Software. Damit erscheint die Digitalisierung von Information als die wohl grundlegendste Neuerung des Informationswesens nach der Erfindung der Schrift. Informationen werden nicht nur in einer veränderten Codierung gespeichert und lesbar gemacht, sondern die Elektronik erlaubt es den digitalen Maschinen, Informationen zu verstehen, darauf zu reagieren und selbst Informationen weiterzugeben. Mit jeder Verbesserung der Programmcodes, der Sensorik und der Steuerungstechnik werden die Maschinen und Apparate selbständiger, intelligenter, effizienter, und damit unabhängiger von menschlicher Steuerung und Kontrolle. Mehr noch: mit dem Anwachsen der digitalen Datenbestände wachsen die Anwendungsmöglichkeiten der digitalen Technik. Daraus ergibt sich ein sich selbst verstärkender Prozess, der in der Gegenwart eine große Dynamik erlebt.

In der digitalen Technik steckt das Potenzial, menschliche Arbeit in vielen Gebieten zu ersetzen und gleichzeitig in fast allen Tätigkeitsfeldern produktiver zu machen. Es sind daher Zukunftserwartungen formuliert worden, die kaum konträrer sein könnten: Den Bildern einer schönen neuen Welt, wie sie von Schmidt und Cohen (2013) gemalt wurden, stehen die Warntafeln vor einer effizienz-orientierten, kontrollsüchtigen Technologie gegenüber, die das Ende der freiheitlichen Demokratien einläutet (Morozov 2013). Den Befürchtungen eines weiteren Auseinanderdriftens der Einkommens- und Wohlstandsverteilung (Brynjolfsson, McAfee 2014) wird der Übergang des Kapitalismus in eine soziale Weltgemeinschaft entgegengesetzt (Rifkin 2014). Gleichzeitig erscheinen Analysen zum Gefährdungspotenzial durch Informationstechnik, in denen fast die Hälfte der US-amerikanischen Arbeitsplätze als potenziell betroffen angesehen wird (Frey, Osborne 2013).

In unserer Prognose Arbeitsmarkt 2030 geht es also nicht nur um die Frage, ob die Informationstechnik substitutiv oder komplementär auf die Zahl der Arbeitsplätze wirkt, sondern es geht um die Frage, ob wir in den nächsten 15 Jahren eine technologische Welle erleben, in der die Freisetzungseffekte größer sein werden als das technologisch induzierte Wachstum an Arbeitsplätzen. Dies wäre Risiko und Chance zugleich, denn die Informationstechnik setzt unter den zu erwartenden Entwicklungen auf dem deutschen Arbeitsmarkt nicht nur Arbeitskräfte frei, sondern eröffnet die Chance, dem bestehenden und erwarteten Fachkräftemangel durch eine höhere Arbeitsproduktivität zu begegnen. Neben der Zuwanderung und der Geburtenziffer stellt die Digitalisierung damit einen weiteren Stellhebel zur Abfederung des demografischen Wandels bereit. Inwieweit dies gelingt, hängt neben den technologischen Entwicklungen auch von den gesamtwirtschaftlichen Rahmenbedingungen und vor allem von der Dynamik des Strukturwandels in Wirtschaft und Arbeitsmarkt ab.

Um die Herausforderungen konkreter zu beschreiben, haben wir im Folgenden die Ergebnisse der Fachexpertise und der Kurzexpertisen thesenartig zusammengefasst. Dies wurde durch weitere aktuelle Literatur ergänzt.

## 2 Grundzüge der technologischen Entwicklung

Die digitale Technik kann in vier Entwicklungsbereiche geordnet werden:

- Digitalisierung der Information, Informationsplattformen
- Software, künstliche Intelligenz, Big Data Analytics
- Speicher- und Übertragungstechnik, Internet-Kommunikation, Cloud Computing
- Sensorik, Steuerungstechnik, Robotik

Die *Digitalisierung der Information* ist bereits weit vorangeschritten und neue Information wird fast ausschließlich digital bereitgestellt. Auf Basis des Internets haben sich Informationsplattformen gebildet – wie z.B. die Google-Suchmaschine, die Handelsplattformen Ebay oder Amazon und viele andere – die den Zugriff auf einen erheblichen Teil der weltweit verfügbaren Information erlauben. Die Kosten der Informationsbeschaffung haben sich dadurch stark verringert.

Die *Software* ermöglicht die maschinelle Verarbeitung der Information in Form von sog. Apps (Applications). Mittlerweile sind die Anwendungen in fast alle Arbeits- und Lebensbereiche vorgedrungen, so dass Wirtschaft, öffentliches und privates Leben ohne sie kaum noch funktionsfähig wäre. Die gegenwärtigen Entwicklungen konzentrieren sich stark auf die Bereiche künstliche Intelligenz, d.h. den verstehenden und entscheidungsfähigen Computer, und auf Big Data Analytics, d.h. das Erkennen von Mustern aus unstrukturierten Daten.

Die *Speicher- und Übertragungstechnik* bzw. das auf ihr basierende *Internet* erlaubt den Austausch von Informationen zwischen elektronischen Geräten. Trotz erheblicher Investitionen stellt die Übertragungskapazität immer einen Engpass dar. Der Ausbau und die Fortentwicklung der Breitbandnetze werden daher mit hoher Priorität vorangetrieben.

Schließlich bilden *Sensorik und Steuerungstechnik* die Schnittstelle zwischen Computer und mechanischem Apparat. Ihre Weiterentwicklung ist entscheidend für die Automatisierung der Produktion, die Robotik und die Umsetzung von Industrie 4.0, der selbständigen Interaktion von Maschinen und Waren.

Alle Felder der Informationstechnik sind eng verflochten, so dass Fortschritte in einem Technologiefeld nur bei Fortschritten in den anderen Feldern möglich sind. Dies gilt vor allem für Industrie 4.0, dessen Weiterentwicklung von der Sensorik und Steuerungstechnik, aber auch von der künstlichen Intelligenz, dem Ausbau der Breitbandnetze und nicht zuletzt von einer unterbrechungsfreien Stromversorgung abhängt.

## 3 Diffusionsgrad und Diffusionsgeschwindigkeit

Die Verbreitung der digitalen Technik hängt vom Ausbau der Infrastruktur zur Datenübertragung, den technischen Möglichkeiten, den Kosten, aber auch von der gesellschaftlichen Akzeptanz, der Verfügbarkeit des notwendigen Humankapitals sowie den Strategien und Anpassungspfaden der Unternehmen ab.

### *Infrastruktur*

Es kann angenommen werden, dass es auch weiterhin zu deutlichen Verbesserungen der durchschnittlichen Geschwindigkeit von Breitbandanschlüssen kommen wird. Die Bundesregierung hat sich in ihrer Digitalen Agenda eine Übertragungsgeschwindigkeit von 50 Megabit pro Sekunde und die flächendeckende Versorgung mit Breitbandanschlüssen zum Ziel gesetzt (Bundesregierung 2014). Gleichzeitig wird an schnelleren Übertragungstechniken (5G-Standard) gearbeitet. Es bleibt aber die Frage, ob der vorgesehene Ausbau mit dem Bedarf schritthalten

wird. Insbesondere das Konzept Industrie 4.0 hängt von stabilen, sicheren und vor allem leistungsfähigen Übertragungskanälen ab.

### *Technologische Rahmenbedingungen*

Der rasante Fortschritt bei der Leistungsfähigkeit von Rechen- und Speicherkapazität treibt die Digitalisierung der Wirtschaft voran. Viele Anwendungen wie beispielsweise Cloud Computing oder intelligente Maschinen, sind inzwischen so leistungsfähig, dass sie großflächig einsetzbar sind (Bertschek et al. 2016 in Kapitel C dieses Bandes).

Das mobile Internet zählt neben der Computertechnologie und dem Internet zu den großen Technologielinien. Treiber der Diffusion des mobilen Internets ist vor allem der Kostenrückgang für die Übertragung von Daten. Weitere Fortschritte bei der Geschwindigkeit der Datenübertragung werden erwartet. Dies würde den verstärkten Einsatz von Endgeräten wie z.B. die Datenbrille ermöglichen. Ein Vergleich der Anwendung des mobilen Internets im internationalen Vergleich lässt vermuten, dass es in Deutschland die Potenziale heute noch nicht ausgeschöpft sind (siehe Kapitel C).

Fortgeschrittene Robotik, ausgestattet mit künstlicher Intelligenz, wird sowohl in der Fertigung als auch im Dienstleistungsbereich, wie etwa im medizinischen Bereich, verwendet. Beim Einsatz von Industrierobotern liegt Deutschland nicht an der Spitze, hier sind Japan und Südkorea fortgeschrittener. Dies könnte auf ein steigendes Einsatzpotenzial in der Zukunft hinweisen. Ein großer Markt besteht darüber hinaus in der privaten Anwendung (siehe Kapitel C).

Additive Fertigungsverfahren bzw. 3D-Drucker sind material- und gewichtsparend, ermöglichen es die Anzahl der Fertigungsschritte zu reduzieren und erlauben eine schnellere Markteinführung neuer Produkte. Es kann erwartet werden, dass diese Verfahren künftig auch für die Herstellung von Massenprodukten genutzt werden. Sie sind mittlerweile an der Schwelle zum industriellen Einsatz (siehe Kapitel C).

Für die Entwicklung von Industrie 4.0 besteht eine wesentliche Rahmenbedingung in der Konvergenz verschiedener Technologien: Konvergenz der für „Cyber-Physical-Systems“ notwendigen Technologien zur Steuerung von Engineering-, Produktions-, Logistik und Managementprozessen sowie Konvergenz mit Mensch-Maschinen Schnittstellen, Robotik, Materialien und Künstlicher Intelligenz. Bislang ist die Verbreitung der Industrie-4.0-Technologien in der Industrie eher gering (Dworschak, Zaiser 2016 in Kapitel E dieses Bandes). Der Einsatz von Robotern und Augmented Reality ist in den Fertigungsbereichen der Automobilindustrie und des Maschinenbaus im Entwicklungsstadium (Meil 2016 in Kapitel D dieses Bandes). Einer Studie zufolge könnte Industrie 4.0 nach 2020 anwendungsreif sein (siehe Kapitel E).

### *Gesellschaftliche Rahmenbedingungen und Unternehmensstrategien*

Die Gesellschaft muss bereit sein, die technologischen Möglichkeiten auch tatsächlich zu nutzen. Damit hängt die Diffusion digitaler Technik neben Kostengesichtspunkten von einer Reihe von Treibern bzw. Barrieren ab:

- (i) Datenschutz, Data Privacy und Datensicherheit wirken sich nicht notwendigerweise negativ auf die Diffusionsrate aus. Zwar begrenzen Datenschutz und Datensicherheit das Informationsvolumen und seine Fließgeschwindigkeit. Dennoch erscheinen sie heute als notwendige Bedingung für die Teilnahme am Informationsaustausch und es setzen sich neue Standards durch. Dies gilt sowohl für Privatpersonen als auch Unternehmen. Es ist allerdings noch nicht gesichert, dass alle Anbieter von Informationsplattformen und sozialen Netzwerken bereit sind, hinreichende Sicherheitsstandards zu bieten. Auch im Verhalten der Nachrichtendienste ist keine Bereitschaft zu erkennen, den Datenschutz zu respektieren. Dies kann sich negativ auswirken.

- (ii) Im individuellen Anwendungsverhalten zeigen sich dynamische Veränderungen: Der Anteil der Skeptiker nimmt stetig ab, während der Anteil der erfahrenen IT-Anwender steigt. (TNS Infratest 2014). Auch die Konzentration der weniger Versierten auf weibliche und ältere Personen geht zurück. Das Anwendungsverhalten ist daher nicht allein eine Frage der Generationen, sondern verändert sich in der ganzen Gesellschaft.
- (iii) Bei der Einschätzung zur Verbreitung des autonomen Fahrens gibt es größere Unsicherheiten, nicht nur bezüglich der technologischen Möglichkeiten des vollautonomen Fahrens, sondern auch der gesellschaftlichen Akzeptanz. Dies steht auch mit den ungeklärten rechtlichen Rahmenbedingungen in Zusammenhang. Hier sind weit auseinander liegende Szenarien denkbar.
- (iv) Das frühe Erlernen von digitalen Kompetenzen kann sich positiv auf die Akzeptanz auswirken. Aus heutiger Sicht mag hier noch Entwicklungspotenzial bestehen.
- (v) Die Anpassung der Managementformen hin zu Management by Objectives und neue Formen der Arbeitnehmerpartizipation, vor allem im Innovationsprozess, sind Voraussetzung um die Potenziale der Technologie auszuschöpfen. Die Vergangenheit hat gezeigt, dass die Diffusion von IT sehr graduell erfolgen kann, wie etwa in der öffentlichen Verwaltung (siehe Kapitel E). Bestehende Organisationskulturen können die Diffusion von Technologie verlangsamen. Auch hier sind für die Zukunft zwei gegensätzliche Trends denkbar: Festhalten an tradierten Kontrollmechanismen oder zunehmende Umsetzung moderner Managementkonzepte.
- (vi) Bislang ist das Crowdfunding wenig verbreitet. Crowdworker schätzen die Flexibilität, müssen aber Abstriche bei der Qualität der Arbeit in Kauf nehmen. Es scheint, dass Crowdfunding vor allem als zusätzliche Einkommensquelle genutzt wird (Bertschek 2015a, Bertschek 2015b). Es wäre denkbar, dass der Wunsch nach mehr zeitlicher und räumlicher Flexibilität der Arbeitenden die Entwicklung neuer Arbeitsformen und die Kombination verschiedener Arbeitsmodelle in Zukunft befördert (siehe unten, Abschnitt 8).
- (vii) Eine denkbare Änderung der sozialversicherungsrechtlichen Rahmenbedingungen und Absicherung könnte es erlauben, die Flexibilisierungspotentiale in der Beschäftigung besser zu nutzen (BMAS 2015). Eine bessere soziale Absicherung von selbständig Tätigen ist Voraussetzung für eine höhere gesellschaftliche Akzeptanz.
- (viii) Ebenso kann die IT-Diffusion durch die Verteidigung bestehender Marktformen aufgehalten werden. Beispiele dafür sind der Widerstand der Musikindustrie gegen die elektronischen Plattformen oder des Taxigewerbes gegen die internet-basierte Fahrervermittlung (Uber). Ähnliches spielt sich in einer Reihe von Branchen ab, die sich durch die sog. Sharing-Economy einer wachsenden Zahl von Wettbewerbern ausgesetzt sehen.
- (ix) Ein Druck zur verstärkten Nutzung der Digitalisierung zur Einsparung von Arbeitskräften dürfte von der demografischen Entwicklung selbst ausgehen, (drohende) Fachkräftengpässe beschleunigen die Automatisierung. Es ist nicht gesichert, dass die freigesetzten Arbeitskräfte in den gefragten Berufen / Regionen beschäftigt werden. Es kann durchaus zu Widerstand gegen die Einführung digitaler Techniken kommen, wenn solche Ungleichgewichte nicht rasch genug beseitigt werden können.

### *Bildungsspezifische Rahmenbedingungen*

Die Einführung neuer Automatisierungstechnologien setzt voraus, dass ein genügend großes Angebot von Fachkräften mit speziellem Knowhow vorhanden ist (siehe Literaturanalyse in Bonin et al. 2015). Die weitere Anwendung der digitalen Technik setzt zudem voraus, dass die Arbeitskräfte sich spezielles Know-How in ihrem Erwerbsleben aneignen können. Dabei ist davon auszugehen, dass die benötigten „Digital Skills“ immer mehr als Basiskompetenz angesehen werden, die für die Ausübung sehr vieler Berufe notwendig sind. Die Erwerbstätigen werden vermutlich im Zeitverlauf über immer bessere digitale Kompetenzen verfügen. Dazu werden auch weitere Fortschritte in den schulischen Curricula beitragen. Zugleich werden aber auch analytische Fähigkeit, Anwendung von Transferwissen, die Fähigkeit zur eigenständigen Problemlösung (möglicherweise mit technischem Support) und Lernen sowie die sogenannten

Soft Skills an Bedeutung zunehmen (siehe unten Abschnitt 8). Die Weiterentwicklung und Verbesserung des Bildungssystems muss auch die Entwicklung dieser Fähigkeiten stärker fördern. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Weiterbildung eine zunehmende strategische Bedeutung zukommen wird. Sie unterstützt nicht nur die Anpassung an den technologischen Wandel und der mit ihr verbundenen Notwendigkeit zum Erlernen neuen Wissens und neuer Fähigkeiten, sondern unterstützt die berufliche Mobilität. Die Weiterbildungschancen in Deutschland sind ungleich verteilt (BMAS 2015). Es wird Aufgabe der Politik sein, die ungleiche Verteilung von Bildungschancen in einer Lebenszyklusbetrachtung ins Visier zu nehmen. So kann einer Polarisierung zwischen Digitalisierungsgewinnern und Digitalisierungsverlierern Ansatzweise entgegengewirkt werden. Dies erhöht nicht nur die gesellschaftliche Akzeptanz, sondern erhöht die Effizienz des Bildungssystems. Die Anpassung der Fähigkeiten und Kenntnisse innerhalb der Berufe sowie die berufliche Mobilität sind Voraussetzungen für die Sicherung der Humankapitalbasis.

Entsprechend der These, dass mehr Interdisziplinarität notwendig wird, müssten integrierte Studiengänge verstärkt entstehen. In der Berufsbildung kann dieser Trend seit 15 Jahren beobachtet werden. Zur Teilnahme am internationalen Wettbewerb in den IT-Märkten sind allerdings auch hochgradige Spezialisten erforderlich, die nicht nur Forschung und Entwicklung vorantreiben, sondern marktrelevante Anwendungen erstellen können. Insbesondere im Bereich Industrie 4.0 könnte es zu Engpässen kommen, zumal die informationstechnische Spezialisierung in der Vergangenheit eher vernachlässigt wurde.

#### **4 Auswirkungen auf die Produktivität**

##### *Messbarkeit der Produktivität*

Grundsätzlich ist zwischen einem Substitutionseffekt (Rationalisierung), einem Komplementaritätseffekt (führt zur Ausweitung der Nachfrage) und einem Umlenkungseffekt (Ausweitung der Nachfrage in neuen Tätigkeitsfeldern) zu unterscheiden. Es ist davon auszugehen, dass alle drei Effekte zum Tragen kommen, Uneinigkeit in der Einschätzung von Experten besteht allerdings darüber, welcher Effekt dominiert.

Es wird im Allgemeinen davon ausgegangen, dass die Digitalisierung zu bedeutenden Effizienzsteigerungen führt. Die aufgezeigten Rationalisierungspotenziale sind riesig, sowohl im Bereich der industriellen Fertigung als auch der Verwaltungsarbeit. Allerdings sind die Auswirkungen der IT-Diffusion auf die Produktivität schwer nachzuweisen. Produktivitätssteigerungen schlagen sich in Outputsteigerungen und in Qualitätsverbesserungen nieder (z.B.: Brynjolfsson et al. 2003, David 2000). Qualitätsänderungen finden aber in den preisbereinigten Zeitreihen nur unzureichende Berücksichtigung. Der freie Marktzugang und die allgemeine Verfügbarkeit der Technologie können dazu führen, dass sich Qualitätssteigerungen nicht im Preis niederschlagen. Die Technologie steht schließlich allen Wettbewerbern zur Verfügung. Damit ist der Zusammenhang zwischen Preis und Qualität, den die Preisbereinigung implizit annimmt, nicht gesichert. Zudem ist in manchen wichtigen Sektoren die Produktivitätsmessung schwierig, da entweder keine Marktpreise vorliegen, oder die Produktion schwer messbar ist, wie etwa im Bereich der Medizin und in vielen anderen Dienstleistungen. Auch Lohnsteigerungen können nicht als Maß für Produktivitätssteigerungen herangezogen werden, da gesellschaftliche Machtverhältnisse, die Zielsetzungen der Sozialpartner und die Ausgestaltung der Arbeitsmarktpolitik die Produktivitätseffekte überlagern.

Auch wenn produktivitätssteigernde Effekte der Digitalisierung in manchen Sektoren nicht nachweisbar sind, würden Wettbewerber, die die Digitalisierung weniger stark umsetzen, klare Wettbewerbsnachteile erfahren. Dies würde sich wiederum in negativen Beschäftigungswirkungen niederschlagen. Die nicht messbaren Produktivitätseffekte können daher ebenso entscheidend für Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigungsniveau sein wie die messbaren.

### *Einschätzung der Automatisierungspotenziale*

Weitere methodische Einschränkungen ergeben sich durch die Erhebungsmethode von Automatisierungspotenzialen. Gemäß der Studie von Frey und Osborne (2013) haben 47% der Arbeitsplätze ein Automatisierungspotenzial in den USA (bzw. 42% in Deutschland, wenn man die Ergebnisse entsprechend überträgt, siehe Bonin et al. 2015). Diese Schätzung beruht auf einer Betrachtung nach Berufen. Drei Tätigkeitskategorien bezeichnen Frey und Osborne als sogenannte „Engineering Bottlenecks“, d.h. als Tätigkeitskategorien, die sich nicht leicht durch Technologie ersetzen lassen (Frey, Osborne 2013, Tabelle 1, sowie Bonin et al. 2015, S. 3ff.):

- (i) Wahrnehmungs- und Manipulationstätigkeiten, Zurechtfinden in komplexen und unstrukturierten Umgebungen, z.B. die Identifizierung von Fehlern und anschließende Korrektur wie beim Fallenlassen eines Objekts beim Transport,
- (ii) Kreativ-intelligente Tätigkeiten, d.h. die Fähigkeit neue und wertvolle Ideen oder Artefakte zu entwickeln, z.B. Entwicklung von Konzepten, Musikkompositionen oder wissenschaftlichen Theoremen,
- (iii) Sozial-intelligente Tätigkeiten, die z.B. beim Verhandeln, Überzeugen oder in der Pflege notwendig sind.

Mit Blick auf die Berufe bedeutet dies, dass vor allem Berufe in den Bereichen Transport und Logistik, Unterstützung von Büro- und Verwaltungsaufgaben und Produktion eine hohe Automatisierungswahrscheinlichkeit haben. Hinzu kommen Berufe im Dienstleistungsbereich (durch die Weiterentwicklung von Servicerobotern), insbesondere im Verkauf (Kassierer, Sachbearbeiter, Telefonverkäufer), aber auch in der Konstruktion, da die Vorfertigung von Elementen zunehmend automatisiert erfolgen kann. Generell kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass die Automatisierungswahrscheinlichkeit mit der Lohnhöhe und dem Anteil der Bachelor-Absolventen unter den Beschäftigten steigt. Diese Ergebnisse decken sich mit früheren Studien und mit den bisherigen Annahmen unserer Prognosen (Vogler-Ludwig, Düll 2013).

Die Kritik am Ansatz von Frey und Osborne bezieht sich vor allem auf die Abhängigkeit der Ergebnisse von Experteneinschätzungen, die verzerrt sein können und vermutlich von zu starken Technologieeffekten ausgehen. Darüber hinaus bleibt die Annahme, dass Beschäftigte in den gleichen Berufsgruppen ähnliche Tätigkeiten ausüben, trotz der starken Differenzierung problematisch. Vor allem ist aber nicht davon auszugehen, dass die Tätigkeitsprofile von 2010 auch in Zukunft unverändert bleiben. Für eine Prognose bleibt daher der Wert dieser Untersuchung begrenzt.

Nach Einschätzung von Bonin et al. (2015), die auf der Grundlage von PIAAC Daten der OECD eine tätigkeitsbasierte Schätzung vornehmen, liegt das Automatisierungspotenzial in den USA bei 9% der Arbeitsplätze und für Deutschland bei 12%. Demnach ergibt sich für die Berufe Geschäftsführer und Vorstände, Führungskräfte in der Produktion, akademische Gesundheitsberufe, Lehrkräfte, Akademische IKT-Fachkräfte eine recht niedrige Automatisierungswahrscheinlichkeit. Hingegen ergibt sich für folgende Berufe ein recht hohe Automatisierungswahrscheinlichkeit: Büro- und Sekretariatskräfte, Bürokräfte im Finanz- und Rechnungswesen, Maschinenbediener und Montierer, Hilfsarbeiter in der Land- und Forstwirtschaft und Fischerei, Hilfskräfte in der Nahrungsmittelzubereitung und Straßenhändler und auf der Straße arbeitende Dienstleistungskräfte (Bonin et al. 2015, Tabelle 2 auf Seite 34). Auch dies deckt sich mit unseren bisherigen Annahmen (Vogler-Ludwig, Düll 2013). Der Vergleich von 21 OECD Ländern zeigt allerdings, dass der Anteil der Beschäftigten mit hohem Automatisierungsrisiko (geschätzt auf Basis der Tätigkeitsbezogenen Untersuchungen mit Hilfe der PIAAC Daten) in Deutschland und Österreich am höchsten sind (Arntz et al 2016).

Die individualbasierten PIAAC Daten erlauben es zwar mehrere Tätigkeitsarten einem Beruf zuzuordnen. Allerdings hat auch diese Methode ihre Grenze, da davon auszugehen ist, dass sich die Gewichtung einzelner Tätigkeitsarten innerhalb eines Berufes möglicherweise grundlegend



verschieben wird. Auch besteht große Unsicherheit darüber was genau in den einzelnen Tätigkeitsarten automatisierbar ist und wo der Einsatz der Technologie eher unterstützend und nicht arbeitsplatzvernichtend wirkt. Die bisherige Erfahrung hat gezeigt, dass ein Großteil der Anpassung an die Computerisierung über die Anpassung der Tätigkeitsstrukturen innerhalb der Berufe erfolgt (Autor et al. 2003, Spitz-Oener 2006). Davon ist auch in der Zukunft auszugehen.

Ein weiterer Ansatz besteht in der Einschätzung des Substituierbarkeitspotenzials (Dengler et al. 2015). Zur Berechnung des Substituierbarkeitspotenzials betrachten wird hierbei für jeden Beruf den Anteil der Tätigkeiten, die schon heute von Computern oder computergesteuerten Maschinen nach programmierbaren Regeln erledigt werden könnten. Dazu wird die Task-Operationalisierung des IAB, bei der in einem unabhängigen Dreifach-Codier-Verfahren jede Anforderung aus der Anforderungsmatrix auch danach beurteilt wurde, ob sie aktuell von Computern ausgeführt werden könnte. Im Ergebnis zeigt sich, dass derzeit das Substituierungspotenzial bei Helferberufen bei 46%, bei Fachkraftberufen bei 45%, bei Spezialistenberufen bei 33% und bei Expertenberufen bei 19% liegt. Am größten ist derzeit das Substituierungspotenzial bei Fertigungsberufen und fertigungstechnischen Berufen. Nach Schätzungen der Autoren werden etwa 15 Prozent der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland mit einem sehr hohen Substituierbarkeitspotenzial konfrontiert. Allerdings sind die Arbeitsplätze bislang nicht weggefallen und es ist unsicher ob dieses Potenzial in Zukunft realisiert werden. Schließlich gibt es eine Vielzahl von Faktoren, die den Automatisierungsgrad beeinflussen.

Die Automatisierungspotenziale sagen noch nichts über die gesamtwirtschaftlichen Beschäftigungseffekte aus, da komplementäre Tätigkeiten in anderen Berufen verstärkt nachgefragt werden können. Die Automatisierung kann auch durchaus beschäftigungsunterstützend wirken. Big Data Analytics beispielsweise verbessert die Analyse, Datenbanken unterstützen die Beratung, automatische Kredit- und Sachbearbeitung, Projektüberwachung. All das sind Instrumente, die „schwer automatisierbare“ Aktivitäten wesentlich unterstützen und damit produktiver machen. Dies führt zu Einsparungen an Arbeit in einer konkreten Tätigkeit, eröffnet aber gleichzeitig das Potenzial für die Erweiterung der Aufgabenstellung am jeweiligen Arbeitsplatz.

### *Die Rolle der Information als produktivitäts- und wettbewerbssteigerender Faktor*

Die Verfügbarkeit von Informationen ist einer der Treiber von messbarer und nichtmessbarer Produktivität. Die Information ist dabei als Produktionsfaktor zu werten. Investitionen in IT-Systeme geben hingegen nur bedingt Auskunft darüber, inwieweit hierdurch die Fülle und Qualität der Informationen als Inputfaktor zugenommen hat. Effizienzsteigerungen ergeben sich v.a. aufgrund der Fähigkeit Informationen zu selektieren und aufzubereiten. Die Information hat auch eine wettbewerbssteigernde Funktion, in dem sie die Transparenz auf den Märkten erhöht (zum Beispiel durch die Nutzung von Kundenplattformen).

Die Informationsplattformen erleichtern den Markteintritt vieler kleiner Anbieter (Privattaxis, Vermieter von Wohnraum, Direktvermarkter, Privatkredite etc.) und führen damit evtl. zu geringerer Durchschnittsproduktivität. In einigen (kleinen) Teilbereichen führt dies möglicherweise auch zur Verringerung der Produktivität, z.B. im Zuge der Sharing Economy. Dies könnte einen Prozess der Deprofessionalisierung initiieren (siehe Kapitel D). Auch die Eigenorganisation der Arbeit ist nicht immer effizienter als die Arbeitsorganisation in einem Unternehmenskontext (Transaktionskosten, economies of scale). Auch wenn die Digitalisierung von der technischen Seite her die Sharing Economy befördert und eine Mentalität des „Teilens“ durch die Nutzung von Social Media zunimmt, ist eine starke Ausweitung fraglich. Im Zuge steigender Erwerbsquoten und knapper werdenden Freizeit könnte sich die Präferenzstruktur wieder verschieben. Auch könnte die Sharing Economy lediglich zur Pluralisierung der Gesellschaft beitragen und könnte nur ein kleines Marktsegment betreffen. Möglicherweise erhöht sich auch die Nachfrage nach anderen, komplementären, Produkten.

Gleichzeitig ergeben sich bei den Vermittlern, den Betreibern der Informationsplattformen hohe economies of scale und damit hohe Produktivitätseffekte. Davon sind produktivitätssteigernde Effekte zu erwarten, möglicherweise auch durch das Ausscheiden unproduktiver alter Angebote (wie z.B. das gewerbliche Taxi).

Einerseits führt die Digitalisierung damit sowohl zu leichterem Markteintritt und Dekonzentration der Anbieter in vielen Märkten. Andererseits erhöht sie die Konzentration der Anbietermacht auf der Seite der Informationsplattformen. Die Informationsvermittler bestimmen die neuen Regeln des Waren- und Leistungsaustauschs und sind sowohl an der Wertschöpfung der kleinen Anbieter als auch an den Werbeeinnahmen beteiligt. Dieser Prozess ist bereits weit vorangeschritten und hat zu enormem Reichtum geführt. Da keine Technologie in Sicht ist, die diese Quasi-Monopole brechen könnte, ist davon auszugehen, dass sich der Einfluss der Internet-Giganten weiterhin verstärken wird.

## **5 Auswirkungen auf die Innovationsfähigkeit**

Breitbandinternet fördert zunächst die Innovationsfähigkeit der Unternehmen (und erfüllt so die so genannte Enablerfunktion). Studien belegen durchaus die positiven Auswirkungen auf die Wahrscheinlichkeit, Produkt- und Prozessinnovation zu realisieren (siehe Kapitel C). So führt die Umsetzung von Industrie 4.0 zu neuen Maschinen und IT-Systemen im Sinne von Produktinnovationen und zu Prozessinnovationen. Produktinnovationen eröffnen neue Marktpotenziale und haben damit beschäftigungssteigernde Effekte. Die Prozessinnovationen können sich sowohl auf die Produktivität als auch auf die Qualitäts- und Preiswettbewerbsfähigkeit auswirken.

Innovationen können auch im Zuge der Nutzung von IT-basierten Kundenreaktionen erfolgen. Hier liegt ein geteiltes Interesse an einer Verbesserung der Produkte und Individualisierung des Konsums. Andererseits verlagern einige IT-basierte Innovationen einzelne Tätigkeiten auf den Kunden (z.B. Scanner-Kassen). Damit kommt es zu einer Verlagerung von bezahlter Arbeit zu unbezahlter Arbeit. Neben Kosteneinsparungen für das Unternehmen kommt es möglicherweise zu einem Zeitgewinn beim Kunden. Es ist aber unklar, wozu die gewonnene Zeit genutzt wird. Durch die Verlagerung von Tätigkeiten auf den Kunden kann sich allerdings auch der genau gegenteilige Effekt einstellen und es entsteht beim Kunden ein Zeitverlust.

Der Grad der Durchdringung der internet-basierten Technologien wirkt auf Kooperationsformen und neue Managementmethoden (z.B. Agile Management). Damit besteht ein größeres Potenzial zu Innovationen. Im Prinzip können Beiträge zur Innovationsentwicklung im Maschinen- und Anlagebau beispielsweise von Entwicklungsingenieur aber auch Servicetechniker erbracht werden. In der betrieblichen Praxis werden Innovationen häufig nicht als ein Querschnittsprozess anerkannt. Noch immer wird das Thema Innovation in erster Linie dem Unternehmensbereich Forschung & Entwicklung zugeschrieben (Pfeiffer et al. 2011). Daraus könnte man die Schlussfolgerung ziehen, dass sich die Organisation des Innovationsprozesses im Unternehmen durch die Nutzung der Digitalisierung und die Umsetzung neuer partizipativer Managementstile ändert und damit auch das Innovationspotential zunimmt.

Es besteht aber auch die Tendenz, die Arbeit mit Hilfe der digitalen Organisation noch stärker zu zerlegen (Crowdworking) und stärker zu überwachen. Die Durchsetzung kooperativer Arbeitsformen ist daher keineswegs gesichert.



## 6 Digitalisierung und internationale Arbeitsteilung

Die IKT waren bislang einer der treibenden Faktoren für eine Ausweitung und Vertiefung der globalen Wertschöpfungsketten und haben die internationale Arbeitsteilung maßgeblich geprägt. Eine Hypothese wäre nun, dass von der Digitalisierung ein weiterer Schub in der internationalen Arbeitsteilung (Zerlegung von kleineren und größeren Arbeitsprozessen) ausgeht. Dies würde zu einer weiteren Auslagerung von Fertigung und administrativen Tätigkeiten führen.

Es kann aber auch die Gegenhypothese aufgestellt werden, wonach neue Produktionsmethoden eine Rückverlagerung der Produktion aufgrund der hohen Rationalisierungseffekte möglich machen (Beispiel: Produktion mit 3D-Druckern). Der Rationalisierungseffekt hätte damit negative Beschäftigungswirkungen im Ausland und leicht positive Beschäftigungswirkungen im Inland. Neueste Untersuchungen des Fraunhofer Instituts zeigen einen beginnenden Rückverlagerungstrend in der deutschen Industrie (Re-Shoring). Schließlich steigt der Koordinationsaufwand im Zuge der internationalen Arbeitsteilung. Eine Abwägung von Kosten und Nutzen könnte den Grad der internationalen Arbeitsteilung verringern

Die internationale Arbeitsteilung und der Einsatz von IT verstärken den Trend zur Standardisierung, um die Koordinations- und Transaktionskosten zu minimieren. Zugleich führt sie zu stärkerer Spezialisierung sowie zu einem höheren Anteil an Koordinationsaufgaben. Beide Trends können parallel auftreten.

Die Digitalisierung fördert häufig eine stärkere Konzentration des Wettbewerbs, wenn Standards oder Netzwerke verwendet bzw. gebildet werden müssen (siehe beispielsweise Varian et al. 2001).

## 7 Makroökonomische Wirkungen

Die Auswirkungen der Digitalisierung auf das BIP lassen sich nur schwer messen. Die vorliegenden Studien kommen daher zu unterschiedlichen Einschätzungen. Mit Blick auf die Einschätzung einzelner Technologielinien (z.B. mobiles Internet) dürften die Wirkungen auf das BIP nicht allzu groß sein. Wachstumssteigernd wirken prinzipiell die Eröffnungen neuer Geschäftsfelder (z.B. durch Cloudcomputing, siehe Kapitel C). Positive Effekte der Digitalisierung auf die Wettbewerbsfähigkeit sind zu vermuten.

Mit Blick auf die Beschäftigungseffekte gilt es zwischen Niveau- und Struktureffekten zu unterscheiden. Kurzfristig sind Beschäftigungseffekte des technologischen Wandels eher negativ, mittel- und langfristig eher positiv. So führen makroökonomische und sektorale Anpassungsmechanismen dazu, dass Automatisierung nicht unbedingt beschäftigungssenkende Effekte zur Folge hat. Das zeigen verschiedene Studien, die die Wirkung des technologischen Wandels in der Vergangenheit untersuchen (siehe eine Übersicht in Bonin 2015 und in Kapitel C). Der technologische Wandel führt zu Anpassungsprozessen in den Betrieben. Zudem führt ein produktivitätsteigernder Effekt tendenziell zur Kostenreduktion. Dies kann sich in sinkenden Preisen auswirken (oder gesteigerter Qualität), in jedem Fall aber in steigender Nachfrage auf den Gütermärkten. Im Saldo ist der Beschäftigungseffekt zumindest dann nicht negativ, wenn der Strukturwandel in der Lage ist, die Arbeitskräfte in die neuen Beschäftigungsmöglichkeiten umzuschichten.

## 8 Sektorale, berufs- und qualifikationsbezogene Effekte

### *Strukturwandel und Tätigkeitsfelder*

Zunächst ist zwischen den Auswirkungen der Digitalisierung auf den sektoralen Strukturwandel und den Auswirkungen auf den Strukturwandel zwischen Berufen und den Tätigkeitswandel innerhalb der Berufe zu unterscheiden.

Mit Blick auf den sektoralen Strukturwandel, zeigt eine vom IAB durchgeführte modellbasierte Wirkungsabschätzung von Industrie 4.0 auf Arbeitsmarkt und Wirtschaft in Deutschland, die das IAB durchgeführt hat, dass die Industrie 4.0 den Strukturwandel hin zu mehr Dienstleistungen beschleunigen wird. Im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen (QuBeProjekt) wurde hierzu ein Industrie 4.0 Szenario entworfen (Wolter et al. 2015). Im Ergebnis der Szenario-gestützten Wirkungsabschätzung profitieren die IT-Berufe und Lehrende Berufe, Berufe des Verarbeitenden Gewerbes und hier vor allem die Maschinen und Anlagen steuernden und wartenden Berufe sind dagegen vom Personalabbau am stärksten betroffen. Ein weiteres zentrales Ergebnis ist, dass die Nachfrage nach höher Qualifizierten zu Lasten von Personen mit Berufsabschluss sowie ohne abgeschlossene Berufsausbildung zunimmt. Der Bedarf an Berufen mit hohem Routine Anteil geht zurück. Zudem werden Arbeitsproduktivitätssteigerungen aufgrund der Neuorganisation der Berufsfelder angenommen. Nach Einschätzung dieser Studie sind die gesamtwirtschaftlichen Beschäftigungseffekte von Industrie 4.0 nur sehr leicht negativ.

Die Einschätzung der gesamtwirtschaftlichen Automatisierungspotenziale der Digitalisierung in der Industrie und den anderen Branchen ist allerdings kontrovers. Die Frage, welche Tätigkeiten der Automatisierung zugänglich sind, muss angesichts der weitreichenden Veränderung der Informationstechnik neu beantwortet werden. Bisher ist man davon ausgegangen, dass vor allem analytische und interaktive Tätigkeiten von der Digitalisierung ausgenommen sind. Dazu gehören beispielsweise Tätigkeiten wie Unterrichten, Präsentieren, Planen, Beraten, Verhandeln. Entsprechend der Untersuchung von Bonin et al. (2015) geht in allen Berufsgruppen ein substantieller Anteil der Beschäftigten schwer automatisierbaren analytischen und interaktiven Tätigkeiten nach.

Zugleich ist nun ein Teil der Tätigkeiten, die bislang ein hohes Qualifikationsniveau voraussetzen, im Prinzip automatisierbar. Beispielsweise steht mit MOOCS (Massive Open Online Courses) seit kurzem ein vielfach genutztes Instrument für den Online-Unterricht zur Verfügung, das das Potenzial hat, eine größere Zahl von Universitätsprofessoren überflüssig zu machen. Die Spracherkennungssysteme Siri von Apple und Now von Google haben die Fähigkeit, die Bedeutung gesprochener Worte zu erkennen und darauf zu reagieren. Damit ist auch die Beratungstätigkeit im Visier der digitalen Technik. Ein weiteres Beispiel ist die automatisierte Erstellung von Software, die sich auf große Datenbanken mit Software-Code stützt. Damit wird die Tätigkeit von Softwarespezialisten teilweise obsolet. Kurz gefasst: Die digitale Technik übernimmt die Arbeit der mittleren bis höheren Qualifikationsebenen und der alte Zusammenhang zwischen Qualifikationsniveau und Automatisierungsgrad gilt nicht mehr. Je besser die künstliche Intelligenz wird und je autonomer die mechanischen Apparaturen werden, desto eher ist zu erwarten, dass anspruchsvolle geistige Arbeit von den Computern übernommen wird. Zugleich werden sich neue Tätigkeitsfelder entwickeln und Aufgaben neu definiert werden mit dem Ziel einer Qualitätsverbesserung der Produkte und Dienstleistungen. So könnten sich beispielsweise die Aufgabe des Universitätsprofessors aber auch verschieben: Vorbereitung und Betreuung des interaktiven Online-Teaching, und stärkere Ausbreitung seminaristischen Unterrichts bei Kombination digitaler und herkömmlicher Lehrmethoden.

Gleichwohl wird der Schwerpunkt der Rationalisierung auf den einfachen Tätigkeiten liegen, nicht nur weil sie der Automatisierung eher zugänglich sind, sondern weil sie massenhaft vorhanden sind. Die Rationalisierungskonzepte folgen dem Renditeprinzip, nach dem der Ertrag nicht nur von der Marge, sondern von der Masse abhängt. Je seltener also eine Tätigkeit vorkommt, desto geringer ist ihre Automatisierungswahrscheinlichkeit.

Es kann die These aufgestellt werden, dass die stärksten Effekte der Digitalisierung eher im Wandel von Berufs- und Tätigkeitsfeldern auftreten werden als in den Berufs- oder Qualifikationsstrukturen der Beschäftigung. Unsere statistischen Beobachtungen der Erwerbstätigkeit zeigen nur die Spitze des Eisbergs. Diese Umschichtungen in den Tätigkeitsprofilen sind auch die Ursache für die geringen Produktivitätseffekte, die uns die empirischen Untersuchungen zeigen. Für eine genauere Untersuchung dieser Anpassungsvorgänge fehlen aber die Grundlagen. Fakten liegen allenfalls aus Fallstudien vor. Repräsentative Ergebnisse sind ohne die schon in unserem Projektantrag vorgeschlagene Kompetenzanalyse nicht zu ermitteln.

### *Kompetenzen und Qualifikationsbedarfe*

Durch die Digitalisierung kommt es nicht nur zu einer Verknüpfung von Maschinen, sondern auch von Tätigkeitsfeldern, Spezialisierungen und Kompetenzen. Hieraus entstehen neue und veränderte Berufsbilder.

In der Produktion wird Querschnittwissen, also beispielsweise der Umgang mit Messdaten in automatisierten Produktionsumgebungen, zunehmend an Bedeutung gewinnen (Apt et al 2016). Dabei werden sich Angestellte wohl schon auf mittlerer Qualifikationsebene höheren Komplexitäts-, Abstraktions- und Problemlösungsanforderungen gegenübergestellt sehen als heute (Ahrens, Spöttl 2015; Pfeiffer et al. 2015) sehen.

Eine der Querschnittskompetenzen stellen die IT-Kompetenzen dar. IT-Tätigkeiten und -Kompetenzen sowohl auf professionellem Niveau, Mischniveau als auch in der alltäglichen Anwendung werden bereits derzeit von über 80 Prozent aller Erwerbstätigen benötigt. Einer Studie des BIBB zufolge hat die Nachfrage nach IT-affinen Berufen in der Vergangenheit stetig zugenommen und es ist zu erwarten, dass sich dieser Trend fortsetzt. Dabei wird geschätzt, dass die Industrie 4.0 einen nachfragesteigernden Effekt auf IT-Berufe von etwa 3% bis 2030 hat. Neben den IT-Kernberufen steigt auch der Bedarf bei den Kompetenzen in IT-Mischberufen und bei IT-Anwendern. Weiterhin kommt die Studie zum Schluss, dass die zusätzliche Nachfrage nach IT-Berufen zu 37% außerhalb der IKT-Branche, im Verarbeitenden Gewerbe entstehen wird (Hall et al. 2016). Dabei entsteht zunehmender Bedarf an Hochqualifizierten, der Bedarf an IuK - Fachkräften aus der dualen Berufsausbildung wird hiervon allerdings nicht verdrängt.

Ein weiteres Beispiel ist die Technisierung der Pflege. Diese wird zu neuen Qualifikationsbedarfen in Pflegeberufen führen, die (low tech) Verständnis im Umgang mit Assistenzsystemen benötigen werden (Apt et al. 2016).

Generell werden Unternehmen in Zukunft neben fachspezifischen Kompetenzen und Querschnittskompetenzen auch Soft Skills nachfragen, da Erwerbstätige zunehmend flexible und wechselnde Tätigkeiten erfüllen werden müssen (Apt et al. 2016). Soft Skills (zum Beispiel Selbstorganisationsfähigkeit, interkulturelle Kompetenzen, soziale Intelligenz, Kreativität) sind Fähigkeiten, die benötigt werden, um sich auf die mit dem digitalen Fortschritt ändernde Arbeitswelt anpassen zu können. Diese werden beispielsweise benötigt, wenn externe Dienstleister (zum Beispiel Crowdworker) koordiniert werden müssen (Apt et al. 2016). Querschnittskompetenzen dienen den fachübergreifenden Austausch. Zudem steigt transversal, in vielen Berufsgruppen, der Bedarf an sogenannten „entrepreneurial skills“ (OECD 2014) und Projektmanagementfähigkeiten. Dies ist durch die zunehmende Flexibilisierung in der Arbeitsorganisation zurückzuführen (siehe unten).

Auch informell erworbene Fähigkeiten (beispielsweise durch Lern/Tutorensysteme und dem Lernen am Arbeitsplatz) werden aus Sicht einiger Autoren zunehmend an Bedeutung gewinnen (Apt et al. 2016). Assistenzsystemen wird eine vermehrte Verbreitung in den nächsten 5 Jahren zugetraut, Tutorensysteme könnten bis 2025 Funktionen von erfahrenen Mitarbeitern übernehmen bzw. unerfahrene Mitarbeiter unterstützen. So verschwimmen die Grenzen zwischen Arbeiten und (informellen) Lernen.

Am Beispiel der IT-Berufen und IT-affinen Tätigkeiten wird die Bedeutung der beruflichen Mobilität und Tätigkeitsbezogenen Flexibilität deutlich. Im Berufsfeld der IT-Kernberufe sind viele Personen aus anderen Berufsfeldern tätig, die ihre Fertigkeiten zu knapp zwei Dritteln jedoch in einem artverwandten Beruf erworben haben (Hall et al. 2016).

Der beruflichen Weiterbildung kommt also nicht nur die Aufgabe zu Wissen an die technologische Entwicklung anzupassen sondern auch die Flexibilität und berufliche Mobilität zu fördern. Für die berufliche Weiterbildung in produktionsnahen Tätigkeiten wird die Herausforderung darin liegen, zertifizierbare Kompetenzen und begleitetes und gestaltetes Lernen in den Arbeitsprozessen zu vermitteln (siehe Kapitel E). Insgesamt wird das Bildungssystem verschiedene Bildungswege besser verbinden müssen und sich durchgehend flexibilisieren, ohne allerdings einen qualitätssichernden Rahmen der Bildung aufzugeben.

## 9 Flexibilisierung

Die Digitalisierung erhöht das Potenzial zu weiterer Flexibilisierung in der Arbeitswelt in mehrfacher Hinsicht (siehe z.B. auch Bertelsmann Stiftung 2016).

### *Arbeitsteilung*

Eine weitere These ist, dass die Digitalisierung zur Schwächung der internen Arbeitsmärkte führt. Die Stärkung der Peripherie des Arbeitsmarktes durch flexible Arbeitsformen wie Werkverträge, Selbständigkeit, kurzfristige Beschäftigung, die Auslagerung von Tätigkeiten an Kleinunternehmen, die Vertiefung der Arbeitsteilung in den Wertschöpfungsketten usw. schwächen ein Organisationsmodell, das auf die unternehmensinterne Leistungserbringung setzt. Gleichzeitig dürfte sich die Segmentationslinie zwischen internen und externen Arbeitsmärkte verschärfen, da periphere Arbeitskräfte nur geringe Chancen auf einen Übertritt in die kleiner werdenden Kernbelegschaften der Unternehmen haben. Die Digitalisierung hat darüber hinaus das Potenzial, die bisherigen Tendenzen zur Anreicherung der Tätigkeitsprofile aufzuheben.

Neue Formen des Outsourcings haben sich entwickelt und mancher Beobachter sieht hier wachsende Gefahren von Solo- und Scheinselbständigkeit. Insgesamt gehen wir nicht davon aus, dass sich Unternehmen als Organisationsform der Wirtschaft auflösen (Transaktionskostentheorie der Firma). Die Solo-Selbständigkeit hat in den letzten Jahren nicht zugenommen (siehe auch Vetter 2016 in Kapitel F dieses Bandes). Die sozialversicherungspflichtige Beschäftigung hingegen ist in den vergangenen Jahren gestiegen. Insgesamt scheint die These der zunehmenden Flexibilisierung des deutschen Arbeitsmarkts nicht für den ganzen Arbeitsmarkt zutreffend zu sein, im Gegenteil, es ist eher ein Trend der Stabilisierung in den letzten Jahren zu beobachten (Eichhorst, Tobsch 2013). Eine Analyse der atypischen Beschäftigung zeigt auch, dass diese vor allem in den unteren und oberen Lohnsegmenten des Arbeitsmarkts stattgefunden hat (Eichhorst 2015). Es wäre durchaus denkbar, dass die Digitalisierung hier grundsätzlich eine stärkere Segmentierung im mittleren Qualifikationsbereich ermöglicht. Inwieweit sich die Segmentierungslinien verschieben werden, hängt allerdings nicht nur von den technologischen Möglichkeiten ab, sondern auch von den sozialpolitischen Rahmenbedingungen (etwa die Absicherung über die sozialen Sicherungssysteme, siehe auch Abschnitt F in diesem Band),

sowie den Machtverhältnissen auf dem Arbeitsmarkt. Dennoch könnte davon ausgegangen werden, dass die Selbständigkeit der Tendenz nach zunimmt, da die Digitalisierung die Flexibilisierung der Arbeit im Grundsatz erhöht. Manche Beobachter erkennen sogar neue Chancen im Bereich der Selbständigkeit für Personengruppen, die bislang unter ihnen weniger stark vertreten waren, wie etwa die Frauen.

Die These der zunehmenden Flexibilisierung der Arbeit kann allerdings auch auf die sogenannten firmeninternen Arbeitsmärkte angewandt werden. Die Arbeitsorganisation wird somit komplexer (sowohl auf den internen Arbeitsmärkten als auch im Zuge der Koordination externer Arbeitskräfte, siehe z.B. Picot et al. 2014). In den Betrieben entstehen im Zuge der Digitalisierung und der Umsetzung von „agile management“-Methoden neue Partizipationskulturen (Pfeiffer et al. 2011 und Pfeiffer 2015, Melting 2015)

### *Flexibilisierung von Raum und Zeit*

Vor allem erlaubt die Digitalisierung eine Flexibilisierung von Raum und Zeit. Hier sind die Potenziale sicher noch nicht ausgeschöpft. Die Telearbeit hat sich bislang weniger stark verbreitet als technisch möglich. Den Umfragen des Instituts der Deutschen Wirtschaft zufolge ist der Anteil der Unternehmen, die Telearbeit anbieten, sogar von 21% in 2012 auf 16% in 2015 zurückgegangen (Stetten 2016). Eine Barriere hierfür waren bislang tradierte Managementkonzepte (Vogler-Ludwig et al. 2000). Zudem verlangt sie vom Arbeitnehmer größere Zeitmanagementfähigkeiten (siehe z.B. Kleemann 2005). Jedoch ist der Zeitgewinn (Pendlerzeiten) groß und gerade für Frauen mit Kindern oder Erwerbstätige, die sich um ältere Angehörige kümmern, ist Telearbeit, zumindest in der sich durchgesetzten alternierenden Form, eine Möglichkeit, Familie und Beruf besser zu vereinbaren. Zugleich birgt die erhöhte Flexibilisierung auch die Gefahr, dass sich der Stress aufgrund ständiger Erreichbarkeit und aufgrund der in manchen Berufen langen (z.T. unbezahlten) Arbeitstage und –wochen erhöht. Hier geht es darum, auf Dauer die Balance zwischen Arbeitsschutz und Flexibilisierungsinteressen von Arbeitnehmern und Arbeitgebern zu finden. Ob dies gelingt hängt von den Arbeitnehmern und Arbeitgebern sowie den Sozialpartnern ab.

Einige Beratungsinstitute in Deutschland und im Ausland sehen in der Digitalisierung vor allem eine Chance zur Verbesserung der beruflichen Situation von Frauen. Die Vorteile der Digitalisierung liegen hierbei auf unterschiedlichen Domänen: Vereinbarkeit von Beruf und Familie, Zugang zu Weiterbildung, neue Chancen für Frauen in Führungspositionen, neue Chancen im Bereich der Unternehmensgründungen (Bultemeier, Marrs. 2016). Hier scheint Deutschland im Vergleich zu einer Reihe von anderen hoch entwickelten Ländern noch Aufholbedarf zu haben (siehe Ergebnisse des „digital fluency models“ von Accenture 2016). Dem steht die Sichtweise gegenüber, dass die IT-Industrie und das Ingenieurwesen als „forerunner“ und „enabler“ der Digitalisierung fungieren (Bultemeier, Marrs 2016). Hier sind Frauen unterrepräsentiert und es besteht die Gefahr, dass der Anteil der Frauen in erfolgreichen Positionen eher zurückgeht, sollte es nicht gelingen in Zukunft Frauen stärker an IT-Fächer und das Ingenieurwesen heranzuführen. Allerdings könnte der Wandel hin zur stärkeren Bedeutung von Software für Frauen eine neue Chance darstellen. So wird von Bultemeier und Marrs (2016) argumentiert, dass durch das Arbeiten in virtuellen Welten geschlechtsspezifische Zuschreibungen an Bedeutung verlieren und sich neue Chancen für „Remote-Arbeiter“ ergeben. Telearbeit erlaubt grundsätzlich eine bessere Vereinbarkeit von Führungsposition und Familie (Lukoschat et al. 2008). Zudem bietet die zunehmende Bedeutung von kollaborativen vernetzten Arbeiten, neue Partizipationsstrukturen sowie ein Wandel in den Managementkulturen hin zu flacheren Hierarchien, einem neuen Verständnis von Führung als Knotenpunkt in vernetzten Strukturen und neue Führungsformen wie etwa Führung auf Zeit, sowie die Abkehr von Anwesenheitskulturen für die Karriereentwicklung neue Chancen für Frauen. Gewerkschaften haben bereits das Thema erkannt und loten die Potenziale und Gestaltungsmöglichkeiten für Frauen aus (DGB 2015).

## Literatur

Accenture (2016): Getting To Equal How Digital is Helping Close the Gender Gap at Work, [https://www.accenture.com/t20160303T014010\\_\\_w\\_\\_/us-en/\\_acnmedia/PDF-9/Accenture-IWD-2016-Research-Getting-To-Equal.pdf#zoom=50](https://www.accenture.com/t20160303T014010__w__/us-en/_acnmedia/PDF-9/Accenture-IWD-2016-Research-Getting-To-Equal.pdf#zoom=50).

Ahrens, D.; Spöttl, G. (2015): Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. In: Hirsch-Kreinsen, H.; Itterman, P.; Niehaus, J. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Nomos, Dortmund, S. 185–203.

Apt, W.; Bovenschulte, M.; Hartmann, E.A; Wischmann, S. (2016): Foresight-Studie „Digitale Arbeitswelt“. Online: <http://www.bmas.de/DE/Service/Medien/Publikationen/Forschungsberichte/Forschungsberichte-Arbeitsmarkt/fb-463-digitale-arbeitswelten.html>.

Arntz, M.; Gregory, T.; Zierahn, U. (2016): The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis, OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 189, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>.

Autor, D.; Levy, F.; Murane, R. (2003): The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *The Quarterly Journal of Economics* 118(4), 1279-1333.

Bertelsmann Stiftung (2016): Auf dem Weg zum Arbeitsmarkt 4.0? Mögliche Auswirkungen der Digitalisierung auf Beschäftigung und Arbeit in Deutschland bis 2030; Juliane Landmann und Stefan Heumann (Hrsg).

Bertschek, I.; Ohnemus, J.; Niebel, T. (2016): Auswirkungen der Digitalisierung auf die zukünftigen Arbeitsmärkte. Fachexpertise des ZEW im Auftrag von Economix [Bestandteil dieses Sammelbands – Kapitel C].

Bertschek, I.; Ohnemus, J.; Viète, S. (2015a): Befragung zum sozioökonomischen Hintergrund und zu den Motiven von Crowdworkern. Endbericht zur Kurzexexpertise Nr. 56, an das Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Mannheim.

Bertschek, I.; Ohnemus, J.; Viète, S. (2015b): Verbreitung von Crowdfunding in der deutschen Informationswirtschaft. Ergebnisse einer repräsentativen Unternehmensbefragung, an das Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Mannheim.

BMWi (2014): Digitalisierung: Chancen für junge und kleine Unternehmen, eMagazin EXG.

Bonin, H.; Gregory, T.; Zierahn, U. (2015): Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. Kurzexexpertise Nr. 57 an das Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Mannheim. [http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/Kurzexexpertise\\_BMAS\\_ZEW2015.pdf](http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/Kurzexexpertise_BMAS_ZEW2015.pdf).

Brynjolfsson, E.; McAfee, A. (2014): *The Second Machine Age*. W. W. Norton and Company.

Brynjolfsson, E.; Smith, M.D.; Hu, Y. (2003): Consumer Surplus in the Digital Economy: Estimating the Value of Increased Product Variety at Online Booksellers. *Management Science*, (49:11).

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2015): Grünbuch Arbeiten 4.0. Arbeit weiter denken. [www.arbeitenviervnull.de](http://www.arbeitenviervnull.de).



Bundesregierung (2014): Digitale Agenda 2014-2017. Online: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/digitale-agenda-2014-2017,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>.

Bultemeier, A.; Marrs, K. (2016): Den digitalen Umbruch von Arbeit als Chance für Frauen nutzen. Gestaltungsszenarien für Forschung und Entwicklung. Vortrag im Rahmen der Konferenz „Frauen in der digitalen Arbeitswelt von morgen“ 18. März 2016, IHK Akademie München.

David, P. A. (2000): Understanding digital technology's evolution and the path of measured productivity growth: present and future in the mirror of the past. Understanding the digital economy: data, tools, and research. MIT, Cambridge, MA.).

Dengler, K.; Matthes, B. (2015): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. In kaum einen Beruf ist der Mensch völlig ersetzbar. In: IAB Kurzbericht 25/2015.

DGB (2015): Wie weiblich ist die Arbeit der Zukunft? Chancen und Risiken der Digitalisierung für Frauenin: frau geht vor 3 / 2015.

Dworschak, B.; Zaiser, H. (2016): Digitalisierung in Verwaltung, Öffentlichen Dienst und der Industrie. Fachexpertise des ZEW im Auftrag von Economix [Bestandteil des Sammelbands – Kapitel E].

Eichhorst, W. (2015): Do We Have to Be Afraid of the Future World of Work?, IZA Policy Paper No. 102.

Eichhorst, W.; Arni, P.; Buhlmann, F.; Isphording, I.; Tobsch, V. (2015): Wandel der Beschäftigung. Polarisierungstendenzen auf dem deutschen Arbeitsmarkt, Bertelsmann Stiftung (Hg).

Eichhorst, W.; Tobsch, V. (2013): Has Atypical Work Become Typical in Germany? Country Case Studies on Labour Market Segmentation. SOEPPapers on MultidisciplinaryPanel Data Research 596. Berlin. [http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.429646.de/diw\\_sp0596.pdf](http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.429646.de/diw_sp0596.pdf).

Frey C. B.; Osborne, M. A. (2013): The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation? Oxford Martin Programme on the Impacts of Future Technology.

Meil, P. (2016): Digitale Arbeit, digitale Beschäftigung und die Zukunft des Arbeitsmarkts: Eine soziologische Perspektive. Fachexpertise des ZEW im Auftrag von Economix [Bestandteil dieses Sammelbands – Kapitel D].

Hall, A.; Maier, T.; Helmrich, R.; Zika, G. (2016), IT-Berufe und IT-Kompetenzen in der Industrie 4.0. BIBB, Fachbeiträge im Internet.

Kleemann, F. (2005): Die Wirklichkeit der Teleheimarbeit. Eine arbeitssoziologische Untersuchung; Berlin: edition sigma.

Lukoschat, H.; Bessing, N. (2008), Führungskräfte und Familie. Wie Unternehmen Work-Life Balance fördern können. Ein Leitfaden für die Praxis. Herausgegeben vom BMFSFJ.

Mettling, B. (2015), Transformation numérique et vie au travail, Rapport établie à l'attention de Mme Myriam El Khomri, Ministre du Travail, de l'Emploi, de la Formation Professionnelle et du Dialogue Social.

Morozov, E. (2013): *Smarte neue Welt. Digitale Technik und die Freiheit des Menschen*. Blessing Verlag.

Pfeiffer, S.; Schütt, P.; Wühr, D. (2011): Innovationsarbeit unter Druck braucht agile Forschungsmethoden. *Arbeits- und Industriesoziologische Studien* Jg. 4, Heft 1, Februar 2011, S.19-32.

Pfeiffer, S.; Lee, H.; Zirnic, C.; Suphan, A. (2015): *Industrie 4.0 – Qualifizierung 2025*. Studie für den Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau. Online: [https://www.vdma.org/documents/105628/792540/VDMA-Studie\\_Industrie%204.0%20%E2%80%93%20Qualifizierung%202025.pdf/5d8938c4-5a24-4e9b-9dd5-07d585c5cbe0](https://www.vdma.org/documents/105628/792540/VDMA-Studie_Industrie%204.0%20%E2%80%93%20Qualifizierung%202025.pdf/5d8938c4-5a24-4e9b-9dd5-07d585c5cbe0).

OECD (2014), "Skills and Jobs in the Internet Economy", OECD Digital Economy Papers, No. 242, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/5jxvbrjm9bns-en>.

Picot, A; Neuburger, R. (2014): *Arbeit in der digitalen Welt Zusammenfassung der Ergebnisse der AG 1-Projektgruppe anlässlich der IT-Gipfelprozesse 2013 und 2014*.

Rifkin, J. (2014): *Die Null-Grenzkosten-Gesellschaft. Das Internet der Dinge, kollaboratives Gemeingut und der Rückzug des Kapitalismus*. Campus Verlag.

Schmidt, E.; Cohen, J. (2013): *Die Vernetzung der Welt. Ein Blick in unsere Zukunft*. Rowohlt Verlag.

Spitz-Oener, A. (2006): Technical Change, Job Tasks and Rising Educational Demands: Looking Outside the Wage Structure. *Journal of Labor Economics* 24(2).

Stettes, O. (2016): *Unternehmensmonitor Familienfreundlichkeit 2016*, Herausgegeben vom BMFSFJ.

TNS infratest (2014): D21 - Digital - Index 2014. Die Entwicklung der digitalen Gesellschaft in Deutschland. Online: [http://www.initiated21.de/wp-content/uploads/2014/11/141107\\_digitalindex\\_WEB\\_FINAL.pdf](http://www.initiated21.de/wp-content/uploads/2014/11/141107_digitalindex_WEB_FINAL.pdf).

Varian, H. R. (2001): *High-technology industries and market structure*. University of California, Berkeley 33 (2011).

Vetter, T. (2016): *Politikmaßnahmen im Bereich Digitalisierung – eine Übersicht [Bestandteil dieses Sammelbands – Kapitel F]*.

Vogler-Ludwig K.; Düll N. (2013): *Arbeitsmarkt 2030. Eine strategische Vorausschau auf Demografie, Beschäftigung und Bildung in Deutschland*. W. Bertelsmann Verlag, Bielefeld.

Vogler-Ludwig, K.; Behring, K.; Düll, N., Franke, A.; Hofmann, H.; Kiemer, K.; Meyerle, W.; Schneider, J. (2000): *Teleworking in der postindustriellen Gesellschaft*; Wüstenrotstiftung (Hrsg.), Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart.

Wolter, M.; Mönnig, A.; Hummel, M.; Schneemann, C.; Weber, E.; Helmrich, R.; Maier, T.; Neuber-Pohl, C. (2015): *Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft. Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen*. IAB-Forschungsbericht 8/2015.



## **C Auswirkungen der Digitalisierung auf die zukünftigen Arbeitsmärkte**

*Irene Bertschek, Jörg Ohnemus, Thomas Niebel*

*Unter Mitwirkung von:*

*Terry Gregory, Patrick Schulte, Ulrich Zierahn*

*Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim*

### **1 Einleitung**

Der rasante technologische Fortschritt bei der Leistungsfähigkeit von Rechen- und Speicherkapazität treibt die Digitalisierung der Wirtschaft voran. Viele Anwendungen, die sich noch vor Jahren im Entwicklungsstadium oder in der Markteinführungsphase befanden, wie beispielsweise Cloud Computing oder intelligente Maschinen, sind inzwischen so leistungsfähig, dass sie breitflächig einsetzbar sind. Computergesteuerte Maschinen und Roboter sind heutzutage intelligenter als vor Jahren und in der Lage, miteinander zu kommunizieren und mit Menschen zu interagieren. Die Analyse großer Datenmengen aus verschiedenen Quellen erlaubt es Entscheidungen zeitnah vorzubereiten und zu treffen. Mit Unternehmenssoftware werden Produktionsprozesse und Wertschöpfungsketten optimiert und über das Internet miteinander vernetzt. Soziale Software bindet Kunden, Lieferanten und Geschäftsprozesse in den Wertschöpfungsprozess mit ein. Menschen, Dinge und Dienste kommunizieren miteinander. Digitalisierung und Vernetzung erfassen alle wirtschaftlichen Bereiche und verändern die Art und Weise zu produzieren, Dienstleistungen zu erbringen und schließlich die Art und Weise zu arbeiten.

Kapitel 2 gibt einen Überblick über acht technologische Entwicklungen, die die Digitalisierung der Wirtschaft derzeit vorantreiben bzw. voraussichtlich vorantreiben werden. Neben der Beschreibung der Technologie werden zu jedem technologischen Trend die ökonomischen Auswirkungen sowie die Auswirkungen auf Beschäftigung und Qualifikationsniveau diskutiert. Kapitel 3 beschreibt die Auswirkungen der Digitalisierung auf Innovation, Energieverbrauch, Produktivität und den Arbeitsmarkt unabhängig von spezifischen Technologielinien.

### **2 Technologische Entwicklungen im Digitalen Umfeld**

#### **2.1 Mobiles Internet**

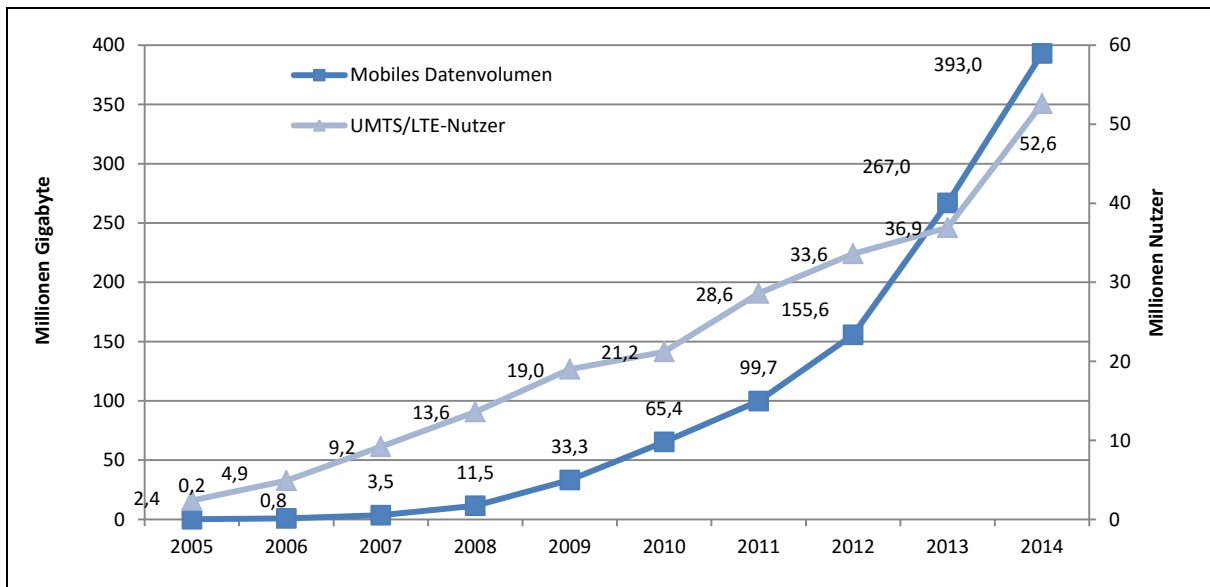
##### **2.1.1 Beschreibung und aktueller Stand**

Das mobile Internet kann nach der Computertechnologie und dem Internet als dritte große Technologielinie betrachtet werden. Es verhilft nicht nur den Nutzern zu mehr Mobilität, sondern ist Grundlage für die Vernetzung bzw. Konnektivität von Menschen, Dingen und Diensten und damit auch wesentlicher Bestandteil des Internets der Dinge und der Dienste sowie der Sharing Economy. Zudem ist es Voraussetzung für die Digitalisierung der Arbeitswelt, das heißt dafür, dass Arbeit zunehmend flexibel und damit orts- und zeitunabhängig erfolgen kann.

Das mobile Internet umfasst verschiedene Übertragungstechnologien (2G-, 3G-, 4G-Technologien) sowie mobile Endgeräte wie Smartphones, Notebooks und Tablets. Ende 2014 lag die Zahl der UMTS- und LTE-Nutzer (3G-Technologien) in Deutschland bei 52,6 Millionen, das mobil übertragene Datenvolumen bei 393 Millionen Gigabytes (siehe Abb. 2-1). Die Anzahl der Festnetz-Breitbandanschlüsse hat sich zwischen 2004 und 2014 von 7,0 auf 29,6 Millionen mehr als vervierfacht (Abb. 2-2). Dabei liegt der Großteil der Breitbandanschlüsse bei einer maximalen Übertragungsgeschwindigkeit von 30 Megabit pro Sekunde. Treiber der Diffusion des mobilen

Internets ist vor allem der Kostenrückgang für die Übertragung von Daten. Im 4. Quartal 2009 lag die tatsächliche Durchschnittsgeschwindigkeit mobiler Datenverbindungen in Deutschland zwischen 0,3 und 2 Megabit pro Sekunde. Ende 2014 lag dieser Wert bereits bei 5,4 Megabit pro Sekunde.<sup>1</sup> Laut Boston Consulting Group (2015) sind die Kosten für die Übertragung von einem Megabyte von der 2. zur 3. Generation des mobilen Internets um 95 Prozent gesunken, und um weitere 67 Prozent beim Übergang von der 3. zur 4. Generation (LTE Advanced mit Datenübertragungsraten von bis zu ein Gigabit pro Sekunde).

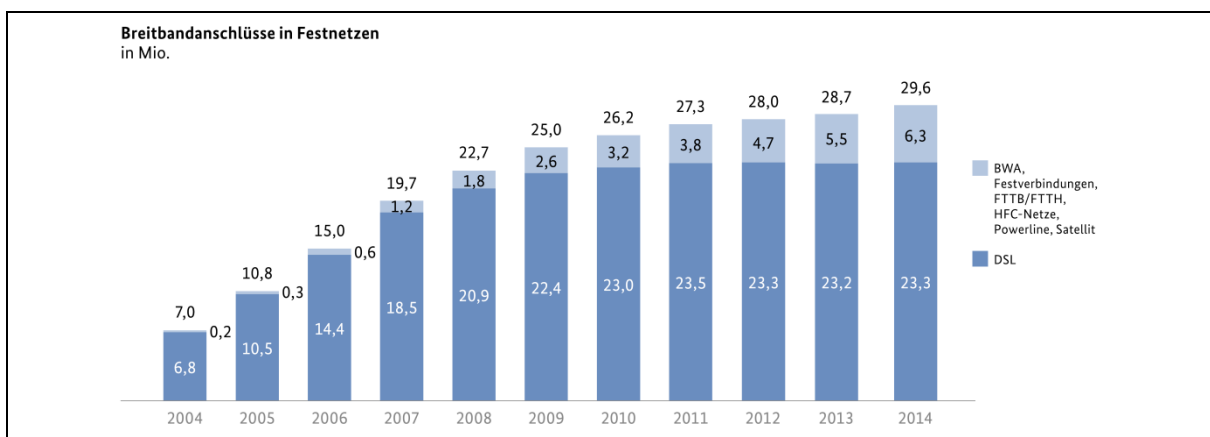
**Abb.2-1: Mobiles Datenvolumen und Anzahl der UMTS/LTE-Nutzer**



Quelle: Bundesnetzagentur (2015).

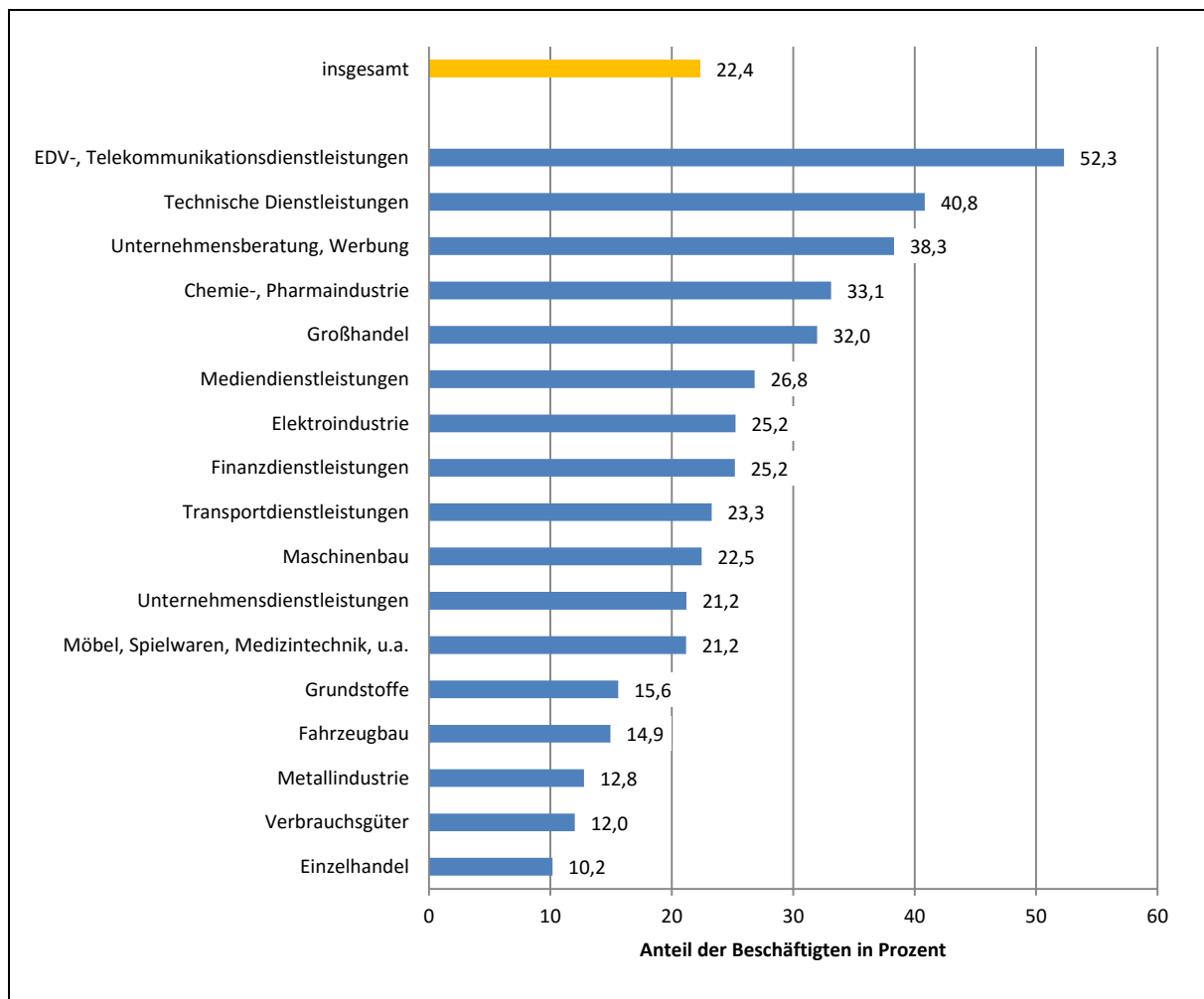
Werden Beschäftigte mit mobilen Endgeräten und entsprechendem Internetzugang ausgestattet, ermöglicht dies digitales und flexibles Arbeiten, das orts- und zeitunabhängig erfolgen kann. Der Anteil der Beschäftigten, die mit mobilem Internetzugang ausgestattet sind, hat sich in der deutschen Wirtschaft von rund 12 Prozent im Jahr 2010 auf mittlerweile gut 22 Prozent erhöht. Dabei liegen die Dienstleistungsbranchen deutlich vorne (Abb. 2-3).

**Abb. 2-2: Festnetz-Breitbandanschlüsse in Deutschland (in Mio.)**



Quelle: Bundesnetzagentur (2015).

<sup>1</sup> Akamai (2010, 2015).

**Abb.2-3: Anteil der Beschäftigten mit mobilem Internetzugang**

Quelle: ZEW IKT-Umfrage 2014.

### 2.1.2 Zukünftige Entwicklung

Die Next Generation Networks (NGN) der 5. Generation sollen eine Übertragungsrates von 1 Gigabit<sup>2</sup> pro Sekunde und mehr<sup>3</sup> garantieren. Dies wird für viele datenintensive Anwendungen wichtig sein wie zum Beispiel Big Data Analytics, E-Commerce und E-Payment, Streaming-Dienste, mobile Apps und Telemedizin. Damit wird die Entstehung neuer Dienste gefördert und gleichzeitig werden alte Dienste zum Teil verdrängt. Digitale und mobile Arbeitsformen werden sich weiter verbreiten. Zu den bereits verwendeten Endgeräten wird zunehmend die Datenbrille hinzukommen, die es ermöglicht, Informationen zu scannen und zu verarbeiten ohne die Hände dabei zu verwenden. Diese sind dann frei, um beispielsweise Objekte zu sortieren oder zu verpacken, wie dies in der Logistik üblich ist. Cisco (2015) erwartet zwischen 2014 und 2019 einen jährlichen Anstieg des über Mobilfunknetze übertragenen Datenvolumens um 49 Prozent. Der Anteil des mobilen am gesamten Internetverkehr wird im selben Zeitraum voraussichtlich von 3 auf 9 Prozent ansteigen. Die durchschnittliche vertraglich vereinbarte Geschwindigkeit an einem Festnetz-Breitbandanschluss wird von knapp 25 Megabit pro Sekunde in 2014 auf über 55 Megabit pro Sekunde in 2019 ansteigen. 28 Prozent der Festnetz-Breitbandanschlüsse werden voraussichtlich mehr als 50 Megabit pro Sekunde haben (2014: 16,7 Prozent). Weiterhin wird

<sup>2</sup> Europäische Kommission (2015).

<sup>3</sup> NGMN Alliance (2015).

das über Festnetz-Breitbandanschlüsse übertragene Datenvolumen zwischen 2014 und 2019 jährlich um 17 Prozent wachsen.

### 2.1.3 Ökonomische Wirkungen

Laut Berechnungen der Boston Consulting Group (2015, S. 12) liegt der Beitrag des mobilen Internets zum Bruttoinlandsprodukt in Deutschland 2014 bei insgesamt 1,8 Prozent und damit am unteren Ende der betrachteten Länder. Am höchsten ist der Beitrag für Südkorea, wo er bei 11 Prozent liegt. McKinsey (2014) spricht dem mobilen Internet in Deutschland bis 2025 einen Beitrag zum Bruttoinlandsprodukt in Höhe von 91 Milliarden Euro zu. Dies entspricht einem Anteil am BIP in Höhe von 2,1 Prozent.

### 2.1.4 Auswirkungen auf Beschäftigung und Qualifikationsniveau

Die Chancen durch mobiles Internet Arbeitsplätze zu schaffen sieht McKinsey (2014) eher kritisch. Aufgrund der breiten Einsatzmöglichkeiten des mobilen Internets ist hierbei jedoch zu differenzieren. Mit Neugründungen und neuen Geschäftsideen, die auf dem mobilen Internet basieren, können zumindest mittel- bis langfristig Arbeitsplätze geschaffen werden. So hat eine ZEW-Studie gezeigt, dass allein im Zeitraum 2001 bis 2005 die Breitbandverfügbarkeit (Festnetz) zu rund 700 zusätzlichen Unternehmensgründungen pro Jahr, insbesondere im Bereich der technischen Dienstleistungen, geführt hat (Rammer und Metzger 2010). Geht man davon aus, dass mit einer Neugründung rund drei neue Arbeitsplätze geschaffen werden, implizierte dies rund 10 Tausend neue Arbeitsplätze in fünf Jahren. Gleichwohl kann das mobile Internet auch Arbeitsplätze gefährden, wenn es beispielsweise um die Dienste der Sharing Economy geht (siehe Abschnitt 2.4). Die BCG-Studie (2015) rechnet in Deutschland mit der Schaffung von 800 Tausend neuen Arbeitsplätzen, wobei 200 Tausend direkt von der mobilen Internetindustrie, weitere 600 Tausend in kleinen und mittleren Anwenderunternehmen entstehen sollen.

Werden Beschäftigte in der Industrie oder im Dienstleistungssektor mit mobilen Endgeräten und entsprechendem Internetzugang ausgestattet, ermöglicht dies digitales und flexibles Arbeiten, das orts- und zeitunabhängig erfolgen kann. Dies verbessert die Möglichkeiten, Beruf und Familie miteinander zu vereinbaren, erfordert von den Beschäftigten aber, neben den technischen Skills, sich selbst gut zu organisieren und zu disziplinieren, um eine Entgrenzung der Arbeit zu verhindern. Das Qualifikationsprofil wird sich folglich insbesondere bei den so genannten Wissensarbeitern ändern, ohne unbedingt die Anzahl der Arbeitsplätze zu verändern.

## 2.2 Künstliche Intelligenz

### 2.2.1 Beschreibung und aktueller Stand

Unter Künstlicher Intelligenz versteht man, menschliche Vorgehensweisen der Problemlösung auf Computern nachzubilden.<sup>4</sup> Aufgaben, bei denen bis vor Kurzem angenommen wurde, dass sie nur Menschen sinnvoll bearbeiten können, werden nun von Computern und Robotern erbracht.<sup>5</sup> Drei technologische Trends, die auf Künstlicher Intelligenz basieren, haben dabei ein besonders hohes Potenzial disruptiv zu sein. Dies sind (1) Fortgeschrittene Robotik (Advanced Robotics), (2) Autonome Fahrzeuge und (3) Informationsplattformen.

#### *Fortgeschrittene Robotik (Advanced Robotics)*

Im Jahr 2013 wurden weltweit etwa 178 Tausend Industrieroboter sowie 21 Tausend professionelle Serviceroboter verkauft. Dabei wurden 39 Prozent der verkauften Industrieroboter vom

---

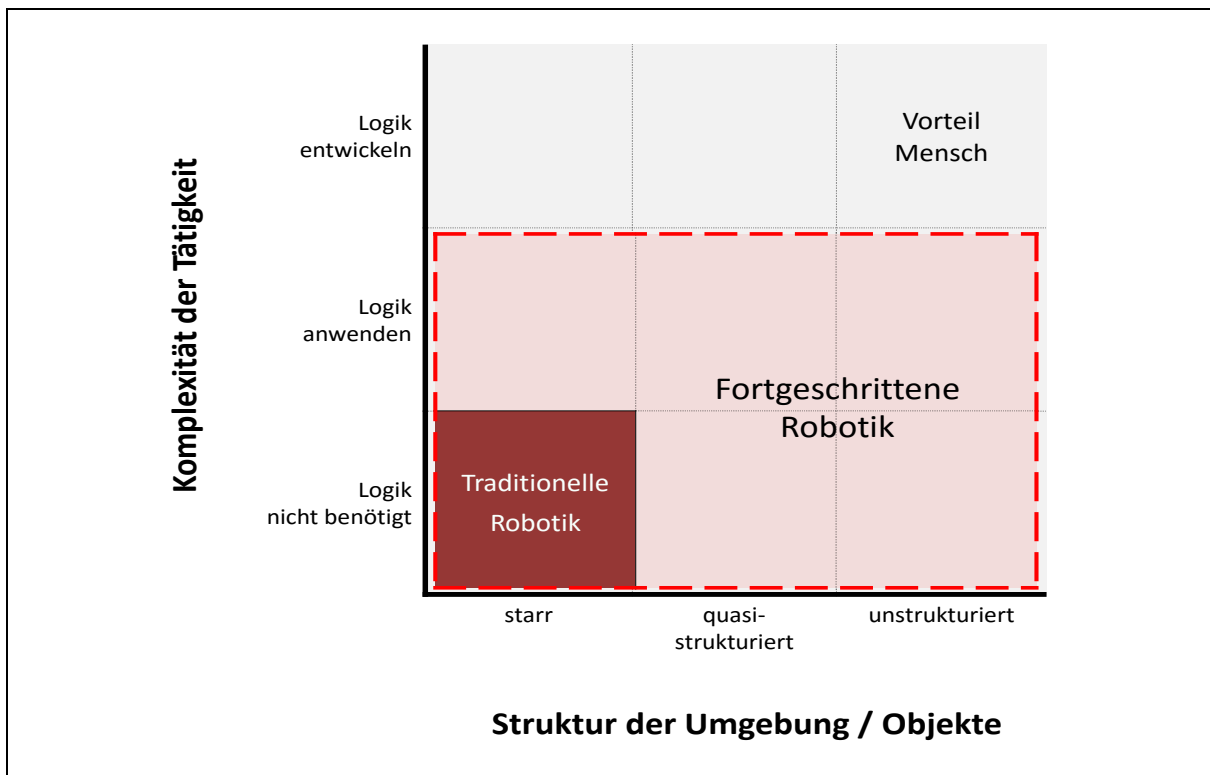
<sup>4</sup> Lämmel und Cleve (2012), Seite 13.

<sup>5</sup> Brynjolfsson und McAfee (2014), Seite 91.

Automobilbau nachgefragt. Zehn Jahre zuvor hingegen lag die Zahl verkaufter Industrieroboter noch bei etwa 82 Tausend. In Deutschland als größtem europäischem Markt wurden 18.300 Industrieroboter abgesetzt. Beim Automatisierungsgrad, gemessen an der Anzahl der produktiv eingesetzten Industrieroboter pro Erwerbstätigen, lag Südkorea im Jahr 2013 mit 437 pro 10.000 Erwerbstätigen vor Japan (323 pro 10.000 Erwerbstätigen) und Deutschland (282 pro 10.000 Erwerbstätigen).

Neben den Robotern für den professionellen Einsatz gibt es den weitaus größeren Markt für Privatkunden. Insgesamt 2,7 Millionen Serviceroboter für Privathaushalte wie Rasenmäher-Roboter und Staubsauger-Roboter wurden 2013 weltweit verkauft.<sup>6</sup> Abb. 2-4 gibt einen Überblick über die Anforderungen an die Robotertechnik. Momentan dominiert im professionellen Umfeld noch die Traditionelle Robotertechnik, bei der die Umgebung starr ist und keine Logik benötigt wird und somit Künstliche Intelligenz nur bedingt zum Einsatz kommt. Insbesondere die Industrieroboter werden in speziell abgegrenzten Bereichen ohne jegliche Interaktion mit Menschen eingesetzt.<sup>7</sup>

**Abb. 2-4: Anforderungen an die Robotertechnik**



Quelle: Boston Consulting Group (2015), ins Deutsche übersetzt.

**Autonomes Fahren**

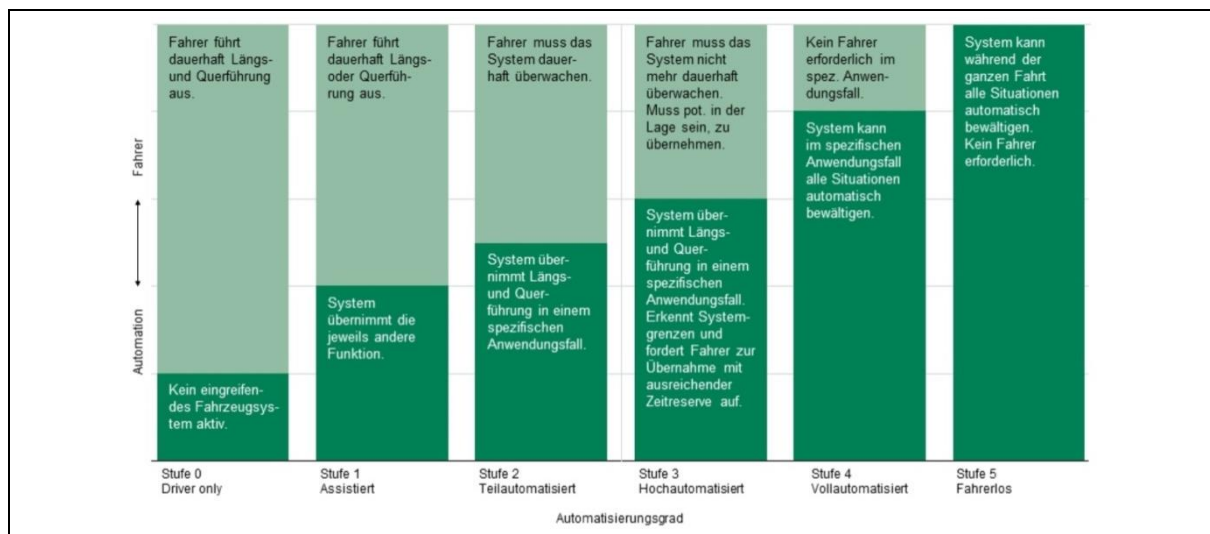
Bei der Kategorisierung autonomer Straßenfahrzeuge (Automobile, LKW), werden meist fünf bis sechs Kategorien verwendet.<sup>8</sup> Wie in Abb. 2-5 ersichtlich, wird die einfachste Stufe „Driver only“ genannt, bei der keinerlei Automation vorherrscht. Der momentane Stand der Technologie ist die Teilautomatisierung. Systeme wie Stauassistenten übernehmen in bestimmten Fahrsituationen die Steuerung, wobei der Fahrer das System permanent überwachen muss. Das fahrerlose Fahren ist bislang rechtlich nicht erlaubt. Im Bereich Schienennahverkehr werden hingegen bereits vollautomatisierte Fahrzeuge in begrenztem Umfang eingesetzt.<sup>9</sup>

<sup>6</sup> International Federation of Robotics (2014).

<sup>7</sup> Siehe z.B. Haag (2015).

<sup>8</sup> BASt (2013), SAE International (2014) und VDA (2014).

<sup>9</sup> UITP Observatory of Automated Metro (2013).

**Abb. 2-5: Stufen des automatisierten Fahrens**

Quelle: VDA (2014).

### Informationsplattformen

Unter dem Begriff Informationsplattformen verstehen wir Plattformen und Dienste, die auf unterschiedlichste Art und Weise Informationen bereitstellen. Ein erheblicher Anteil dieser Informationen wird mithilfe Maschinellen Lernens, einer Ausprägung der Künstlichen Intelligenz generiert. Maschinelle Lernsysteme bilden unter anderem die Basis für Bild- und Spracherkennung sowie die Auswahl relevanter Suchergebnisse.<sup>10</sup> Häufig werden den Nutzern der Plattformen die Informationsdienste kostenfrei zur Verfügung gestellt und die Plattformkosten von den Werbetreibenden getragen.<sup>11</sup> Informationsplattformen sind oftmals zweiseitig bzw. mehrseitig, da die Nutzer einer Markseite von der steigenden Nutzerzahl der anderen Seite profitieren.<sup>12</sup> Plattformmärkte haben daher oft hohe Konzentrationstendenzen. Informationsplattformen erleichtern und verbessern den Zugang zu Informationen und Wissen. Das McKinsey Global Institute (2013b) benutzt in diesem Zusammenhang auch den Begriff Automatisierung von Wissensarbeit, da viele, zuvor manuelle (Büro-) Tätigkeiten, mithilfe von Plattformen jetzt automatisiert ablaufen können. Beispielsweise können Geschäftsfunktionen wie Callcenter und Kundenservice oder Tätigkeiten wie die Zusammenstellung von Informationen und die Analyse von Dokumenten und Daten automatisiert werden. Eine wichtige Ausprägung von Informationsplattformen sind persönliche (Smartphone-) Assistenten wie Apple Siri, Google Now und Microsoft Cortana, bei denen die Nutzerinteraktion per natürlich gesprochener Sprache oder automatisiert kontext- bzw. ortsbezogen abläuft.<sup>13</sup> Die zunehmende Produkt-(Online-)Service-Integration, auch in den traditionellen Branchen des Verarbeitenden Gewerbes, wird auch in diesem Bereich zur Entstehung neuer Plattformen führen. Die Frage, wer der Betreiber dieser Plattformen sein wird (Akteure aus der IT oder der traditionellen Branchen), lässt sich momentan schwerlich abschätzen.<sup>14</sup>

<sup>10</sup> LeCun et al. (2015), Seite 436.

<sup>11</sup> Monopolkommission (2015), Seite 34.

<sup>12</sup> Monopolkommission (2015), Seite 33.

<sup>13</sup> Siehe z.B. Wirtschaftswoche (2014b).

<sup>14</sup> Arbeitskreis Smart Service Welt und acatech (2015), Seiten 51 und 52.

## 2.2.2 Zukünftige Entwicklung

### *Fortgeschrittene Robotik (Advanced Robotics)*

Da sich Sensoren, Rechenleistung und Software stetig weiterentwickeln, werden Roboter intelligenter und autonomer in ihren Entscheidungen („Künstliche Intelligenz“).<sup>15</sup> Die verbesserten Fähigkeiten der modernen Roboter weiten das Einsatzgebiet auf neue Industrien aus.<sup>16</sup> Aber auch in traditionellen Produktionsbereichen wie der Automobilindustrie wird der Einsatz von Robotern zunehmen. Künstliche Intelligenz ermöglicht Kollaboration zwischen Menschen und Robotern („Kollaborative Roboter“, oftmals auch Leichtbauroboter genannt).<sup>17</sup> Roboter und Menschen werden interagieren und voneinander lernen.<sup>18</sup> Die International Federation of Robotics (2014) prognostiziert daher auch bis 2017 jährliche Wachstumsraten bei den Verkäufen von Industrierobotern von 12 Prozent. Die Systemkosten für einen typischen Schweißroboter in der Automobilindustrie lagen laut Boston Consulting Group (2015) im Jahr 2005 bei 182 Tausend US-Dollar. Dieser Wert hat sich bis 2014 auf 133 Tausend US-Dollar verringert und soll bis zum Jahre 2025 um weitere 22 Prozent zurückgehen. Dieser Wert scheint realistisch, da laut Graetz und Michaels (2015) die Preise für Roboter zwischen 1990 und 2005 ungefähr um 50 Prozent, qualitätsbereinigt sogar um 80 Prozent gefallen sind. Der Einsatz von Robotern im Dienstleistungsbereich (Pflege etc.) wird neben den technischen Hürden auch stark von der gesellschaftlichen Akzeptanz abhängen. So sprachen sich im Jahr 2012 60 Prozent der Europäer gegen den Einsatz von Robotern im Bereich Kinderbetreuung und Pflege aus.<sup>19</sup>

### *Autonomes Fahren*

Die technologischen Voraussetzungen für vollautomatisiertes bzw. fahrerloses Fahren sind prinzipiell schon heute vorhanden.<sup>20</sup> Neben Künstlicher Intelligenz sind auch die Kommunikation zwischen den Fahrzeugen sowie zwischen dem Fahrzeug und der Umwelt wichtige Grundlagen für das autonome Fahren („Vehicle-to-Vehicle“ (V2V) und „Vehicle-to-Infrastructure“ (V2I)).<sup>21</sup> KPMG (2015) schätzt die gegenwärtigen Kosten für die vollautomatisierten bzw. fahrerlosen Systeme auf umgerechnet etwa 6.250 Euro. Dieser Betrag soll sich bis 2030 halbieren. Neben den Kosten sind die gesetzlichen Rahmenbedingungen momentan das größte Hindernis für die zügige Verbreitung des autonomen Fahrens (VDA, 2014). Daher wird sich die Einführung vollautomatisierter Automobile wahrscheinlich stufenweise vollziehen. So erwartet KPMG (2015), dass der Anteil der produzierten hochautomatisierten Autos im Vereinigten Königreich im Jahr 2025 bei 81 Prozent, der Anteil der vollautomatisierten Autos jedoch nur bei 4 Prozent liegen wird. Boston Consulting Group (2015b) schätzt den Anteil vollautomatisierter PKW an der globalen Automobilproduktion im Jahr 2025 auf 0,5 Prozent ein. Dieser Anteil soll sich bis 2035 auf knapp 10 Prozent erhöhen.<sup>22</sup> Momentan bestehen aber noch gewisse Akzeptanzprobleme beim vollautomatisierten Fahren. In einer Umfrage von puls Marktforschung (2015) beurteilen 32,4 Prozent der befragten (potentiellen) deutschen Neuwagenkäufer die Entwicklung autonomer Fahrzeuge als positiv. Dies entspricht einem Anstieg von knapp 11 Prozentpunkten innerhalb von zweieinhalb Jahren. In einer Umfrage für die USA<sup>23</sup> gaben 23 Prozent der Befragten an, innerhalb der nächsten 10 Jahre sehr wahrscheinlich ein vollautomatisiertes Fahrzeug kaufen zu wollen. Bei selbstfahrenden Zügen ist die Akzeptanz schon etwas größer. Laut BITKOM (2015b) würden 50 Prozent der Deutschen selbstfahrende Züge nutzen. Daimler (2014) erwar-

---

<sup>15</sup> World Economic Forum (2015), Seite 19.

<sup>16</sup> Boston Consulting Group (2015).

<sup>17</sup> Haag (2015), Seite 63.

<sup>18</sup> McKinsey Global Institute (2013), Seite 69.

<sup>19</sup> Europäische Kommission (2012).

<sup>20</sup> Meyer und Deix (2014), Seite 72.

<sup>21</sup> Daimler (2014).

<sup>22</sup> Boston Consulting Group (2015b), Seite 18.

<sup>23</sup> Boston Consulting Group (2015b), Seite 9.



tet, dass die Einführung des autonomen Fahrens bei den Nutzfahrzeugen aufgrund der höheren Komplexität etwas später als bei den PKW erfolgt.

### *Informationsplattformen*

Die Informationen, die auf den bzw. durch die Plattformen zur Verfügung stehen, werden durch die sich rasant entwickelnde Technologie des Maschinellen Lernens rasant fortentwickeln, immer ausführlicher und präziser werden. In ihrem Nature Artikel beschreiben LeCun et al. (2015), dass „Deep Learning“ Methoden, im Gegensatz zu konventionellem maschinenbasiertem Lernen, auch sehr gut mit rohen und unstrukturierten Daten umgehen kann. Sie erwarten auch, dass insbesondere „Deep Learning“ zukünftig immer bedeutsamer werden wird, da es hier nur in sehr geringem Maße händischer Eingriffe bedarf und damit von der steigenden Rechenleistung und Datenmenge profitiert werden kann. Ein Beispiel hierfür ist Skype. Skype bietet seit Kurzem rudimentäre Echtzeitübersetzungen für Videochats an. Die Trainingsdaten für die Spracherkennung und das maschinelle Übersetzen stammen aus unterschiedlichsten Quellen, wie z.B. übersetzte Webseiten und Videos mit Untertiteln.<sup>24</sup> Schon heute ist das automatisierte Schreiben einfacher Texte und Zeitungsartikel möglich.<sup>25</sup>

### **2.2.3 Ökonomische Wirkungen**

#### *Fortgeschrittene Robotik (Advanced Robotics)*

Die Boston Consulting Group (2015) geht davon aus, dass bis 2025 Fortgeschrittene Robotik in vielen, nicht näher genannten Branchen, zu einem Produktivitätsanstieg von 10 bis 30 Prozent führen wird. McKinsey (2014) erwartet für Deutschland im Jahr 2025 einen Effekt von 4 Prozent auf das Niveau des Bruttoinlandsprodukts. Graetz und Michaels (2015) berechnen, dass durch den Einsatz von Robotern das durchschnittliche jährliche BIP-Wachstum zwischen 1995 und 2007 um 0,37 Prozentpunkte höher lag.

Der Einsatz von Servicerobotern, insbesondere auch im Gesundheitswesen, könnte weitreichende ökonomische Auswirkungen haben.<sup>26</sup> So wird erwartet, dass sich der weltweite Markt für medizinische Robotersysteme zwischen 2011 und 2018 annähernd verdreifachen wird.<sup>27</sup> Für Japan wird erwartet, dass im Jahr 2030 der Markt für Serviceroboter deutlich größer als der für Industrieroboter sein wird.<sup>28</sup> Das gesamte weltweite Marktvolumen für Roboter (Industrie, Militär sowie professionelle und private Serviceroboter) wird laut Boston Consulting Group (2014), von aktuell knapp 27 Milliarden US-Dollar bis 2025 voraussichtlich auf annähernd 67 Milliarden US-Dollar ansteigen.

#### *Autonomes Fahren*

Die ökonomischen Auswirkungen des teilautomatisierten bzw. hochautomatisierten Fahrens dürften sich vorerst nur auf die Automobilwirtschaft beschränken. Erst mit dem vollautomatisierten bzw. fahrerlosen Fahren dürften sich auch erhebliche Auswirkungen auf das Transport- und Logistikgewerbe ergeben. Für die Automobilwirtschaft ergäbe die Technologieführerschaft ein Alleinstellungsmerkmal („Unique Selling Proposition“), was die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Automobilhersteller positiv beeinflussen könnte.<sup>29</sup> Ein größerer Einfluss auf die Produktivität und die Wertschöpfungsketten der Automobilhersteller ist eher nicht zu erwarten. Bei Letzterem hängt dies jedoch davon ab, inwieweit die großen IT Konzerne in den USA ihre Softwareplattformen den Automobilherstellern „aufzwingen“ können. Momentan ist dies nur im Bereich „In-Car Entertainment“ (Apple mit CarPlay und Google mit Android Auto) der Fall.

---

<sup>24</sup> Skype (2014).

<sup>25</sup> Die Zeit (2015).

<sup>26</sup> GE Look Ahead (2014).

<sup>27</sup> Transparency Market Research (2015).

<sup>28</sup> Ministry of Economy Trade and Industry (2013), Seite 8.

<sup>29</sup> EPoSS (2015), Seite 7.



Zukünftig könnte insbesondere Google durch Bereitstellung seiner Plattform für Autonomes Fahren in die Wertschöpfung der Automobilhersteller eingreifen. Der individuelle Personennahverkehr könnte sich jedoch grundlegend verändern (“Vehicles as a Service”).

### *Informationsplattformen*

McKinsey Global Institute (2013b) geht davon aus, dass insbesondere bei der Suche und Bewertung von Informationen erhebliche Produktivitätsgewinne möglich sind. McKinsey (2014) erwartet für den gesamten Bereich der Automatisierung der Wissensarbeit in Deutschland im Jahr 2025 einen Effekt von 4,4 Prozent auf das Niveau des Bruttoinlandsprodukts.

## **2.2.4 Auswirkungen auf Beschäftigung und Qualifikationsniveau**

### *Fortgeschrittene Robotik (Advanced Robotics)*

Graetz und Michaels (2015) haben auch den Einfluss des Einsatzes von Robotern auf die Beschäftigung untersucht. Sie kommen zum Ergebnis, dass sich das geleistete Arbeitsvolumen von hochqualifizierten Erwerbstätigen durch den Einsatz von Robotern nicht negativ verändert hat, das der mittel- und insbesondere der geringqualifizierten Erwerbstätigen jedoch schon. Die Boston Consulting Group (2015) prognostiziert, dass durch den Einsatz Fortgeschrittener Robotik in Deutschland bis 2025 21 Prozent der Lohnkosten eingespart werden könnten. Diese Prognose ist jedoch mit sehr großer Unsicherheit behaftet, da in Alternativszenarien dieser Wert bei 6 bzw. 41 Prozent liegt.

### *Autonomes Fahren*

Im Bereich der Nutzfahrzeuge wird erwartet, dass sich das Berufsbild des LKW-Fahrers zum Transportmanager wandelt, der nur noch in Ausnahmefällen eingreifen muss und somit die dadurch gewonnene Zeit für Verwaltungsaufgaben verwenden kann (Daimler, 2014). Robotertaxis bzw. autonome Fahrzeuge aus einem Fahrzeugpool haben das Potenzial, den Beruf des Taxifahrers obsolet zu machen. Mitte 2014 arbeiteten 1,2 Millionen Personen in Berufen der Fahrzeugführung im Straßen- und Eisenbahnverkehr, von denen langfristig gesehen ein gewisser Anteil durch autonomes Fahren wegfallen könnte.<sup>30</sup>

### *Informationsplattformen*

Ob die durch Informationsplattformen automatisierten Tätigkeiten in größerem Maße zu einer Freisetzung von Arbeitskräften führen werden, oder ob diese Arbeitskräfte einfach andere (zusätzliche) Aufgaben übernehmen, lässt sich schwerlich abschätzen. Als anekdotische Evidenz lässt sich das Beispiel der automatisch verfassten Zeitungsartikel anbringen. Der Sport-Informationen-Dienst lässt aus Tabellen Texte zu Spielen automatisiert schreiben. Journalisten werden aber nicht ersetzt, da nur Artikel entstehen, die bislang keiner schreibt.<sup>31</sup>

---

<sup>30</sup> Bundesagentur für Arbeit (2015), KldB 2010 Berufsgruppen 521 und 522, sozialversicherungspflichtig und geringfügig Beschäftigte, eigene Berechnung.





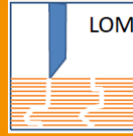


<sup>31</sup> Die Zeit (2015).

## 2.3 Additive Fertigungsverfahren

### 2.3.1 Beschreibung und aktueller Stand

Unter Additiver Fertigung bzw. 3D-Druck<sup>32</sup> werden alle Herstellungsverfahren zusammengefasst, bei denen der Werkstoff zur Erzeugung eines Bauteils schichtweise aufgetragen wird.<sup>33</sup> Zwei Aspekte Additiver Fertigung ragen dabei heraus: (1) die Möglichkeit hochkomplexe geometrische Formen herzustellen und (2) die Herstellung kundenindividueller Produkte in kleinen Stückzahlen.<sup>34</sup> Additive Fertigungsverfahren sind keineswegs neuartig. Sie werden schon seit ungefähr 30 Jahren, insbesondere zur schnellen Herstellung von Musterbauteilen („Rapid Prototyping“), kommerziell eingesetzt. Mittlerweile ist die Technologie jedoch an der Schwelle im industriellen Maßstab verwendet zu werden.<sup>35</sup> Abb. 2-6 gibt eine Übersicht über die momentan verfügbaren Additiven Fertigungsverfahren und deren Anwendungsfelder. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Fertigungsverfahren ist beispielsweise in Gibson et al. (2015) zu finden. Allen Verfahren ist gemein, dass die computergenerierten 3D-CAD-Modelle vom 3D-Drucker Schicht für Schicht aufgetragen werden.<sup>36</sup> Allied Market Research (2014) hat für das Jahr 2013 ein weltweites Marktvolumen aller Additiven Fertigungsverfahren in Höhe von 2,3 Milliarden US-Dollar berechnet. Ähnliche Zahlen nennt Wohlers Associates (2014, 2015). Sie gehen von einem weltweiten Marktvolumen von 3,07 Milliarden US-Dollar für 2013 und 4,1 Milliarden US-Dollar für 2014 aus.

**Abb. 2-6: Übersicht der Additiven Fertigungsverfahren**

						
<b>Fused Layer Modeling / Freeformer / Multi Jet Modeling (FDM, FLM, AKF)</b>	<b>Selective Laser Melting / Sintering</b>	<b>3D – Printing</b>	<b>Polyjet Modeling</b>	<b>Laminated Object Modeling</b>	<b>Stereolithografie</b>	<b>Hybrid - Anlagen</b>
(FDM, FLM, AKF)	(SLM, SLS, EBM)	(3DP)	(PJ, PJM)	(LOM, LLM)	(SL, STL, DLP)	
Kunststoffe (+Füllstoffe)	Metall (SLM), Kunststoff u. a.	Quarz, Metall, Kunststoff	Fotopolymer, Wachs	Papier, Kunststoff, CFK	Fotopolymer (+Füllstoff)	Metall
Modelle, Prototypen, Konsumartikel	Prototypen, Kleinserien, Reparatur, Werkzeug	Modelle, Prototypen, Gussformen	Modelle, Prototypen, Gussformen	Modelle, Gussformen	Modelle, Prototypen	Reparaturen, Einzelteile, Kleinserien

Quelle: VDMA (2014).

### 2.3.2 Zukünftige Entwicklung

Neben der kostengünstigen Herstellung von Bauteilen sowie Prototypen in kleinen Stückzahlen, sieht McKinsey (2015) zukünftig noch weitere Vorteile Additiver Fertigungsverfahren. So kann durch die kurze Vorlaufzeit bei der Herstellung eines Bauteils die Lagerhaltung drastisch reduziert werden. Dies gilt insbesondere auch für Ersatzteile. Außerdem ist es möglich durch Additive Fertigungsverfahren die Markteinführung neuer Produkte schneller zu gewährleisten.<sup>37</sup> Durch neue Freiheitsgrade im Produkt- und Prozessdesign ergeben sich auch Vorteile bei der

<sup>32</sup> 3D-Druck ist eine spezielle Form Additiver Fertigungsverfahren (siehe Abb. 2-6). Beide Begriffe werden jedoch oftmals (auch in diesem Bericht) als Synonym verwendet.

<sup>33</sup> Siehe z. B. VDI (2014).

<sup>34</sup> Siehe z. B. McKinsey (2015).

<sup>35</sup> EFI (2015).

<sup>36</sup> Siehe z.B. Gibson et al. (2015), Seite 43ff.

<sup>37</sup> McKinsey (2015), Seite 3.

Herstellung von Bauteilen in größeren Stückzahlen.<sup>38</sup> Additive Fertigung hat den Vorteil material- und gewichtsparend zu sein und die Anzahl der Fertigungsschritte zu reduzieren. Aber auch bei der Herstellung gewöhnlicher Konsumgüter wird die kundenindividuelle Massenproduktion („Mass Customization“) an Bedeutung gewinnen.<sup>39</sup> Bei Produkten mit geringer Komplexität und sehr großen Stückzahlen, die (noch) nicht ökonomisch mit Additiven Fertigungsverfahren herstellbar sind, kann die Verwendung Additiver Fertigungsverfahren in Zukunft sinnvoll sein. Hierbei ist insbesondere das so genannte „Rapid Tooling“ gemeint.<sup>40</sup> Damit können Werkzeuge und Formen für konventionelle Maschinen der Großserienproduktion mit Additiven Fertigungsverfahren hergestellt werden. Roland Berger (2013) rechnet zwischen 2013 und 2023 mit einem Rückgang der Gesamtkosten für ein durch Additive Fertigungsmaschinen hergestelltes metallisches Werkstück von über 80 Prozent.<sup>41</sup> Ein weiteres Feld mit hohem Wachstumspotenzial sind 3D-Drucker für Privatpersonen.<sup>42</sup> Bei allen positiven Eigenschaften muss die Problematik des Urheberrechts berücksichtigt werden.<sup>43</sup> Mit der Kombination aus 3-D-Scannern und Additiven Fertigungsverfahren ist es relativ einfach möglich, Produkte und Bauteile unerlaubterweise zu kopieren. Das gesamte Marktvolumen für Additive Fertigungsmaschinen wird im Jahr 2020 auf 8,6 Milliarden US-Dollar geschätzt, was einer jährlichen Wachstumsrate von knapp 21 Prozent entspricht.<sup>44</sup>

### 2.3.3 Ökonomische Wirkungen

McKinsey (2014) erwartet für Deutschland, dass das Bruttoinlandsprodukt im Jahr 2025 durch Additive Fertigung um 17 Milliarden Euro oder 0,4 Prozent höher liegen wird. Weltweit rechnet das McKinsey Global Institute (2013) mit einem Effekt, der zwischen 230 und 500 Milliarden US-Dollar liegen wird. Diese Zahlen scheinen durchaus realistisch. So geben in einer Umfrage von MHP (2014) 50 Prozent der befragten Unternehmen an, innerhalb von fünf Jahren hohe bzw. sehr hohe Investitionen in Additive Fertigungsverfahren vornehmen zu wollen. Insbesondere in Branchen, für die der Leichtbau eine wichtige Rolle spielt (Luftfahrtindustrie, Automobilbau), dürften Additive Fertigungsverfahren zum Einsatz kommen und produktivitätssteigernd wirken sowie die Qualität und somit die Wettbewerbsfähigkeit der Produkte verbessern. Es wird erwartet, dass Fertigungsschritte, die zuvor an andere Firmen oder in andere Länder ausgelagert wurden, wieder zurückverlagert werden (NIST 2013, Seite 10), insbesondere auch durch die stark sinkenden Produktionskosten eines mit Additiven Fertigungsverfahren hergestellten Werkstücks. Dadurch, dass eine Vielzahl an Herstellern von 3D-Druckern in Deutschland angesiedelt ist, dürfte allein schon dies mittelfristig positive ökonomische Wirkungen entfalten.<sup>45</sup>

### 2.3.4 Auswirkungen auf Beschäftigung und Qualifikationsniveau

Es bestehen Befürchtungen, dass einfache Tätigkeiten des Maschinenbedieners, die relativ geringe Qualifikationen voraussetzen, wegfallen könnten, im Gegenzug aber die Zahl der hochqualifizierten Arbeitsplätze durch 3D-Druck zunehmen wird.<sup>46</sup> Ein Nettoeffekt lässt sich dafür momentan schwerlich beziffern. Wie zuvor erwähnt, könnten durch die Vorteile Additiver Fertigungsverfahren zuvor in andere Länder ausgelagerte Produktionsbereiche wieder zurückverlagert werden und somit ein insgesamt positiver Effekt auf den Arbeitsmarkt entstehen.<sup>47</sup>

---

<sup>38</sup> EFI (2015), Seite 17.

<sup>39</sup> Accenture (2013), Seite 4.

<sup>40</sup> Siehe z.B. Gibson (2015), Seite 437ff.

<sup>41</sup> Roland Berger (2013), Seite 30.

<sup>42</sup> Siehe z.B. McKinsey Global Institute (2013).

<sup>43</sup> VDI (2014), Seite 13.

<sup>44</sup> Allied Market Research (2014).

<sup>45</sup> Vgl. Roland Berger (2013) und Gibson (2015).

<sup>46</sup> Siehe z.B. PWC (2014), Seite 15.

<sup>47</sup> NIST (2013).

Durch stetige Verbesserung der Additiven Fertigungsmaschinen wird voraussichtlich der Arbeitsaufwand für die Überwachung sowie die Störungsbehebung eines 3D-Drucker zukünftig abnehmen.<sup>48</sup> Mitte 2014 arbeiteten in Berufen der Metallbearbeitung, die durch die Einführung Additiver Fertigungsverfahren vermutlich am stärksten betroffen sein werden, etwas über 700 Tausend beschäftigte.<sup>49</sup> Insgesamt erwarten wir aber mittel- und langfristig nur moderate Auswirkungen auf die Gesamtbeschäftigung, auch in diesen Berufen.

## 2.4 IT-enabled Sharing Economy

### 2.4.1 Beschreibung und aktueller Stand

Unter dem Begriff Sharing Economy oder Ökonomie des Teilens versteht man ein Konsumverhalten, das sich am Prinzip des Nutzens statt Besitzens orientiert. Das ökonomische Fundament der Sharing Economy bilden Aktivitäten zu einer besseren Auslastung bestehender Kapazitäten.<sup>50</sup> Diese Kapazitäten sind entweder schon vorhanden, wie die ungenutzte Privatwohnung, die am Wochenende über Airbnb oder Wimdu vermietet wird, oder werden extra von den Betreibern der Sharing-Plattform angeschafft. Dies ist z.B. beim Großteil der Carsharing-Anbieter der Fall. Neben den rein ökonomischen Vorteilen des Teilens ist oftmals auch die Ressourcenschonung ein Beweggrund für die Nutzung von Sharing Economy-Angeboten.<sup>51</sup> Erst moderne Informations- und Kommunikationstechnologien in Form von (mobilen) Internetverbindungen und Apps sowie Online-Plattformen ermöglichen die effiziente und unkomplizierte Koordination in der Sharing Economy. Das Prinzip des gemeinsamen Nutzens und Teilens wurde aber schon vor Verbreitung der modernen IKT angewandt (z. B. bei Mitfahrzentralen).

Das wohl wichtigste und momentan meist diskutierte Segment der Sharing Economy ist der Bereich Mobilität. Roland Berger (2014) führt dort vier verschiedene Formen des gemeinschaftlichen Nutzens mit Hilfe moderner IKT an. Dies sind (1) die gemeinschaftliche Nutzung von PKW (Carsharing), (2) Fahrrädern (Bikesharing) sowie (3) Fahrgemeinschaften (Ridesharing) und insbesondere in größeren Ballungszentren das Teilen von Parkplätzen (Shared Parking). Die Sharing-Angebote im Bereich der Mobilität werden oftmals auch als komplementäre Produkte zum öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) angesehen. So bieten Online-Portale oder Apps wie moovel die Möglichkeit die Angebote des ÖPNV, Sharing-Angebote und Taxis in die Reiseplanung einzubeziehen. Wie aus Abb. 2-7 ersichtlich, ist der Carsharing-Markt in Deutschland nach 2011 sehr stark gewachsen. Dieses Wachstum wurde insbesondere durch das Aufkommen der free-floating Anbieter (z.B. car2go, DriveNow) verursacht. Bei diesen Anbietern werden die Autos nach der Nutzung nicht an einem bestimmten Ort, sondern an einem beliebigen Ort im Bediengebiet abgestellt. Der Nutzer kann den Standort des nächstgelegenen Fahrzeugs dann per Smartphone orten. Anfang des Jahres 2015 waren mehr als eine Million Personen in Deutschland bei Carsharing-Anbietern registriert, wobei die Nutzungsintensität bzw. die Auslastung zwischen stationsbasierten und free-floating Anbietern variiert.<sup>52</sup>

---

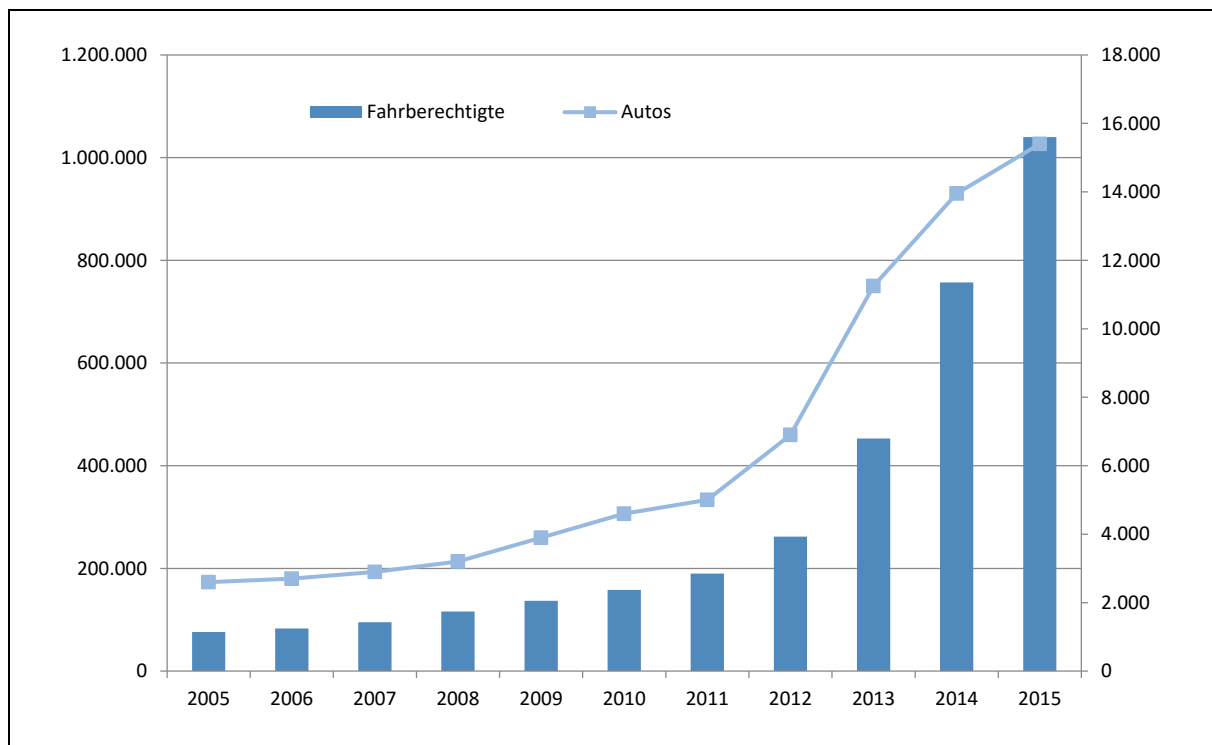
<sup>48</sup> Roland Berger (2013), Seite 29.

<sup>49</sup> Bundesagentur für Arbeit (2015), KldB 2010 Berufsgruppe 242, sozialversicherungspflichtig und geringfügig Beschäftigte, eigene Berechnung.

<sup>50</sup> Theurl et al. (2015).

<sup>51</sup> Siehe z.B. Heinrich-Böll-Stiftung (2012).

<sup>52</sup> Stationsbasiert: 42 Fahrberechtigte pro Auto, free-floating: 103 Fahrberechtigte pro Auto, siehe Bundesverband CarSharing (2015).

**Abb. 2-7: Entwicklung des Carsharing-Marktes in Deutschland 2005-2015**

Quelle: Bundesverband CarSharing e. V.

Die kurzzeitige Vermietung von (privatem) Wohnraum ist ein weiterer Bereich der Sharing Economy mit hohem disruptivem Potenzial. Seit August 2008 wurden über die Plattform des führenden Anbieters Airbnb weltweit über 25 Millionen Übernachtungen gebucht.<sup>53</sup> Wimdu, ein deutscher Airbnb-Konkurrent, spricht von mehr als einer Million Nutzern.

### 2.4.2 Zukünftige Entwicklung

Insbesondere beim Ridesharing (z.B. Uber oder BlaBlaCar) und bei der Vermietung von privatem Wohnraum, beides Bereiche, in denen die etablierten Anbieter (Taxis und Hotels) stark reguliert werden, ist in Deutschland und auch anderswo eine Diskussion über die Rechtskonformität der Sharing-Angebote entbrannt.<sup>54</sup> Es wird die Frage aufgeworfen, ob es sich um kommerzielle Angebote handelt oder ob tatsächlich »geteilt« werden soll.<sup>55</sup> So hat das Frankfurter Landgericht Uber untersagt, Passagiere an Fahrer ohne Personenbeförderungsschein zu vermitteln. Laut heise online (2015) hat Uber daraufhin den Preis für die Privatfahrervermittlung durch Fahrer ohne Personenbeförderungsschein auf Selbstkostenniveau gesenkt (ähnlich wie bei BlaBlaCar), um so als legale nichtkommerzielle Mitfahrzentrale durchzugehen. Mit UberX bietet Uber nun auch Dienste mit lizenzierten Mietwagen und Fahrern mit Personenbeförderungsschein an.<sup>56</sup> Bei Airbnb bestehen ähnliche Rechtsproblematiken beim kommerziellen Anbieten von Übernachtungsmöglichkeiten. Wenn sich diese Probleme ausräumen lassen, dann ist weiterhin ein starkes Wachstum in diesem Segment absehbar.

<sup>53</sup> <https://www.airbnb.com/about/about-us>.

<sup>54</sup> Siehe z.B. Peitz (2014).

<sup>55</sup> Peitz (2014), Seite 7.

<sup>56</sup> heise online (2015b).

### 2.4.3 Ökonomische Wirkungen

Es ist zu erwarten, dass große Teile der Wertschöpfung in der Sharing Economy bei den Betreibern der Plattformen entstehen werden.<sup>57</sup> Zervas et al. (2015) kommen auf Basis von Airbnb-Daten für Texas zu dem Ergebnis, dass ein 10-prozentiger Anstieg des Angebots an Übernachtungsmöglichkeiten bei Airbnb die Einkünfte des gewöhnlichen Hotelgewerbes um durchschnittlich 0,35 Prozent reduziert. Dieser Effekt ist am ehesten im Niedrigpreissegment zu beobachten. Ein weiteres Ergebnis der Arbeit von Zervas et al. (2015) ist die Beobachtung, dass die traditionellen Übernachtungsanbieter mit Preissenkungen auf die neue Konkurrenz reagiert haben. Wie groß der Effekt der Sharing-Plattformen auf das Bruttoinlandsprodukt ist, lässt sich momentan nicht abschätzen, da ihre zukünftigen Nutzerzahlen sehr stark von möglichen gesetzlichen Regulierungsentscheidungen abhängen werden.

### 2.4.4 Auswirkungen auf Beschäftigung und Qualifikationsniveau

Die Verbreitung von Sharing-Angeboten im Bereich individueller Nahverkehr sowie Übernachtung können negative Auswirkungen auf die Beschäftigung haben. Wenn im Hotelgewerbe und im Personentransport die regulären Anbieter Marktanteile an die plattformbasierten Sharing-Angebote verlieren, können dort zahlreiche Stellen wegfallen. Wenn nun gleichzeitig die privaten Sharing-Angebote nur als Nebenerwerb dienen und das Reinigen bzw. das Fahren selbst erbracht wird, kann der Nettoeffekt auf die Beschäftigung negativ sein. Dadurch, dass die Kosten der jeweiligen Dienstleistung, die durch die Sharing-Anbieter erbracht werden, deutlich geringer sind, könnte sich mittelfristig aber auch die gesamte Nachfrage erhöhen und den zuvor beschriebenen Effekt (über-)kompensieren. Auch der Trend des Carsharings kann einen negativen Effekt auf die Beschäftigung bei Automobilherstellern haben, da die Nachfrage nach dem Besitz eines eigenen Autos, insbesondere von jüngeren Personen in Ballungszentren, erheblich abnehmen könnte.<sup>58</sup>

## 2.5 Integrierte digitale und physische Welten

### 2.5.1 Beschreibung und aktueller Stand

Mit dem Sammelbegriff „Integrierte digitale und physische Welten“ ist sowohl die Erweiterte Realität (Augmented Reality - AR) als auch die Virtuelle Realität (Virtual Reality - VR) gemeint. Unter Augmented Reality versteht man die Anreicherung der bestehenden realen Welt mit computergenerierten Inhalten. Im Gegensatz dazu versteht man unter Virtual Reality die Darstellung und gleichzeitige Wahrnehmung einer interaktiven virtuellen Welt.<sup>59</sup> Augmented Reality-Anwendungen können entweder mit Smartphones bzw. Tablets oder mit speziell dafür entwickelten Datenbrillen genutzt werden. Zukünftig dürften auch smarte Kontaktlinsen zum Einsatz kommen. So ist es schon heute möglich, sich mit einem Smartphone oder Tablet Möbelstücke aus dem IKEA-Katalog in den eigenen vier Wänden anzeigen zu lassen.<sup>60</sup> AR- und VR-Anwendungen werden im Automobilbau bei der Entwicklung/Konstruktion neuer Fahrzeuge bereits breitflächig eingesetzt.<sup>61,62</sup> Aber auch im Bereich der Architektur werden virtuelle Rundgänge in der Planungsphase eingesetzt, um Fehler im echten Bauwerk zu vermeiden.<sup>63</sup> Integrierte digitale und physische Welten sind keinesfalls ein neuartiges Phänomen. Dörner et al. (2014, Seite 19ff.) beschreiben die historische Entwicklung der AR/VR.

<sup>57</sup> Siehe z.B. Theurl et al. (2015), Seite 89.

<sup>58</sup> European Automobile Manufacturers Association (2014), Seite 11 und KPMG (2013), Seite 20.

<sup>59</sup> Sinngemäß nach Mehler-Bicher und Steiger (2014), Seite 19.

<sup>60</sup> Die Zeit (2014).

<sup>61</sup> Rheinische Post (2015).

<sup>62</sup> Opel POST (2015).

<sup>63</sup> Wirtschaftswoche (2014).



### 2.5.2 Zukünftige Entwicklung

Zwar sieht Gartner (2014) in ihren jährlich veröffentlichten „Hype Cycles“ sowohl Augmented als auch Virtual Reality Anwendungen im „Tal der Enttäuschungen“, doch hat sich gerade in den letzten Monaten eine Vielzahl neuer Akteure auf dem Markt für AR- und VR-Datenbrillen positioniert. So sind im Bereich der Virtuellen Realität Samsung mit der Gear VR, Facebook mit der Oculus Rift sowie HTC mit der Vive Brille seit kurzem am Markt oder bereiten noch für dieses Jahr den kommerziellen Marktstart vor. Neben dem Einsatz als Display für Computerspiele und Multimediaanwendungen bei Privatanutzern, sind aber bei den VR-Brillen auch kommerzielle Einsatzzwecke angedacht.<sup>64</sup> Auch im Bereich der AR-Brillen sind IT-Schwergewichte wie Google und Microsoft aktiv. Google hat zwar den Verkauf der auf Privatanwender fokussierten Google Glass eingestellt, entwickelt momentan aber ein Nachfolgemodell und hat erst kürzlich in ein Start-Up für AR-Brillen investiert. Microsoft hat im Januar 2015 eine neuartige Datenbrille vorgestellt. Die c't (2015) beschreibt die Funktion von HoloLens folgendermaßen: „HoloLens blendet 3D-Objekte in die reale Umgebung ein und stellt so eine Mischform aus Augmented Reality (überlagerte Informationen) und Virtual Reality (virtuelle Welt) dar.“ Wired (2015) sieht, trotz der Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten für Privatanutzer, die Nutzer vor allem auch im professionellen Umfeld wie zum Beispiel in der Medizin. Ein Hauptaspekt, der den Absatz von AR- und VR-Datenbrillen zukünftig beschleunigen dürfte, sind stetig sinkende Hardware-Kosten.<sup>65</sup>

### 2.5.3 Ökonomische Wirkungen

Die größten Produktivitätseffekte von Augmented Reality dürften sich im produzierenden Gewerbe und im Bereich Transport und Logistik ergeben. So hat DHL in einem Pilotversuch Kommissionierer in einem Lager mit Augmented Reality-Brillen ausgestattet und dabei eine Produktivitätssteigerung von 25 Prozent beobachtet.<sup>66</sup> Produktivitätssteigerungen dürften sich auch bei anderen Berufen bzw. Tätigkeiten, vor allem im Verarbeitenden Gewerbe ergeben, bei denen während der Ausübung der Arbeit „Suchkosten“ anfallen. Die Suche kann sowohl eine Suche nach Dingen („wo ist das Bauteil?“) als auch nach Informationen („wie muss ich den nächsten Handgriff ausführen?“) darstellen. In beiden Fällen können Datenbrillen unterstützend wirken. Stocker et al. (2014) beschreiben Letzteres unter dem Begriff „Assistierter Bediener“ (Personalized Augmented Operator), für den kontextrelevante Informationen eingeblendet werden. Der schnelle Zugriff auf kontextbezogene Informationen kann in nahezu allen Branchen des Verarbeitenden Gewerbes produktivitätssteigernd wirken. DHL (2014) listet weitere Bereiche der Paketlogistik, als potenzielle Einsatzgebiete für produktivitätssteigernde AR-Anwendungen auf. Dazu gehören das AR-gestützte Be- und Entladen des Transporters sowie die AR-gestützte (Fußgänger-) Navigation bis zum Lieferort. Gartner (2013) erwartet, dass bis 2017 durch den Einsatz von Datenbrillen bei Servicetechnikern allein in den USA eine Milliarde US-Dollar eingespart werden kann. In einer Umfrage von PAC und FreudenbergIT (2014) stimmen lediglich 20 Prozent der Befragten voll oder eher zu, dass ihr Unternehmen in der Produktion Effizienzvorteile erzielen könnte. Digi-Capital erwartet einen Anstieg des weltweiten Marktvolumens für Augmented und Virtual Reality von weniger als 3 Milliarden US-Dollar in 2015 auf 150 Milliarden US-Dollar in 2020, wobei 30 Milliarden auf die Virtual Reality entfallen sollen.<sup>67</sup>

---

<sup>64</sup> PCWorld (2015).

<sup>65</sup> Siehe Wirtschaftswoche (2014).

<sup>66</sup> DHL (2015).

<sup>67</sup> Siehe z.B. TechCrunch (2015).

## 2.5.4 Auswirkungen auf Beschäftigung und Qualifikationsniveau

Das im vorherigen Abschnitt genannte Marktvolumen von 150 Milliarden US-Dollar bezieht sich nicht nur auf die VR- und AR-Hardware, sondern auch auf den Bereich Software. Insbesondere in diesem Bereich dürften sich positive Beschäftigungseffekte ergeben. In Bezug auf die Anwenderindustrien ist eine Abschätzung schwierig. Durch die Nutzung von AR-Brillen werden Arbeitnehmer (z.B. im Bereich Logistik) produktiver, was bei gleichem Arbeitsvolumen zu weniger Beschäftigung führt. Weiterhin könnte die Unterstützung in Echtzeit durch AR-Brillen auch Geringqualifizierten ein Chance bieten auf dem Arbeitsmarkt zu bestehen. Durch die Bereitstellung neuartiger Dienstleistungen kann der gesamte Bereich Integrierte digitale und physische Welten Arbeitsplätze in den Anwendungsbranchen schaffen.

## 2.6 Cloud Computing

### 2.6.1 Beschreibung und aktueller Stand

Cloud Computing bezeichnet die bedarfsgerechte und flexible Nutzung von IT-Dienstleistungen über ein Netz. Diese IT-Dienstleistungen werden in Echtzeit als Service bereitgestellt und in der Regel nach Nutzung abgerechnet. Die im Rahmen von Cloud Computing angebotenen Dienstleistungen umfassen die Bereitstellung von Infrastruktur (z. B. Rechenleistung, Speicherplatz), von Entwicklungsplattformen und von Software.<sup>68</sup> Angebot und Nutzung dieser Dienstleistungen erfolgen dabei ausschließlich über definierte technische Schnittstellen und Protokolle. Mögliche Auswirkungen von Cloud Computing sind der vereinfachte mobile und geografisch verteilte Zugriff auf IT-Ressourcen, höhere Flexibilität, schnellere Implementierung neuer Anwendungen und Lösungen, ein verringerter IT-Administrationsaufwand, allgemeine Kostensenkungen sowie eine Umverteilung von Investitions- zu Betriebsaufwand.<sup>69</sup>

Die bisher genutzten Definitionen von Cloud Computing, obwohl im Kern sehr ähnlich, variieren zum Teil erheblich. Eine allgemeingültige Begriffsdefinition steht deshalb zum momentanen Zeitpunkt noch aus. In Fachkreisen wird oft auf die Definition der US-amerikanischen Standardisierungsstelle NIST zurückgegriffen, die auch von der European Network and Information Security Agency (ENISA) genutzt wird: "Cloud Computing ist ein Modell, das es erlaubt bei Bedarf, jederzeit und überall, bequem über ein Netz auf einen geteilten Pool von konfigurierbaren Rechnerressourcen (z.B. Netze, Server, Speichersysteme, Anwendungen und Dienste) zuzugreifen, die schnell und mit minimalem Managementaufwand oder geringer Serviceprovider-Interaktion zur Verfügung gestellt werden können."

Dabei stellt Cloud Computing keine völlig neue Entwicklung dar. Bereits vor Jahrzehnten war es für Unternehmen möglich, Dienstleistungen wie den temporären externen Softwarezugriff in Form von ‚Application Service Providing‘ (ASP) zu nutzen. Durch technologische Weiterentwicklungen, insbesondere bei der Breitbandinfrastruktur, sind die Angebotsmodelle für Cloud Computing inzwischen allerdings wesentlich ausgereifter und auch breiteren Kundengruppen wie kleineren und mittleren Unternehmen zugänglich.

Üblicherweise differenziert man beim Cloud Computing zwischen zwei unterschiedlichen Bezugsmodellen, der Public Cloud und der Private Cloud (siehe z.B. Heng und Neitzel, 2012):

- Bei der Public Cloud werden IT-Ressourcen oder Software von einem externen Anbieter über das Netz bereitgestellt. Daten und Anwendungen der Nutzer liegen auf derselben physischen

<sup>68</sup> Definition in Anlehnung an das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, [https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/CloudComputing/Grundlagen/Grundlagen\\_node.html](https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/CloudComputing/Grundlagen/Grundlagen_node.html).

<sup>69</sup> Siehe u.a. BITKOM (2015).

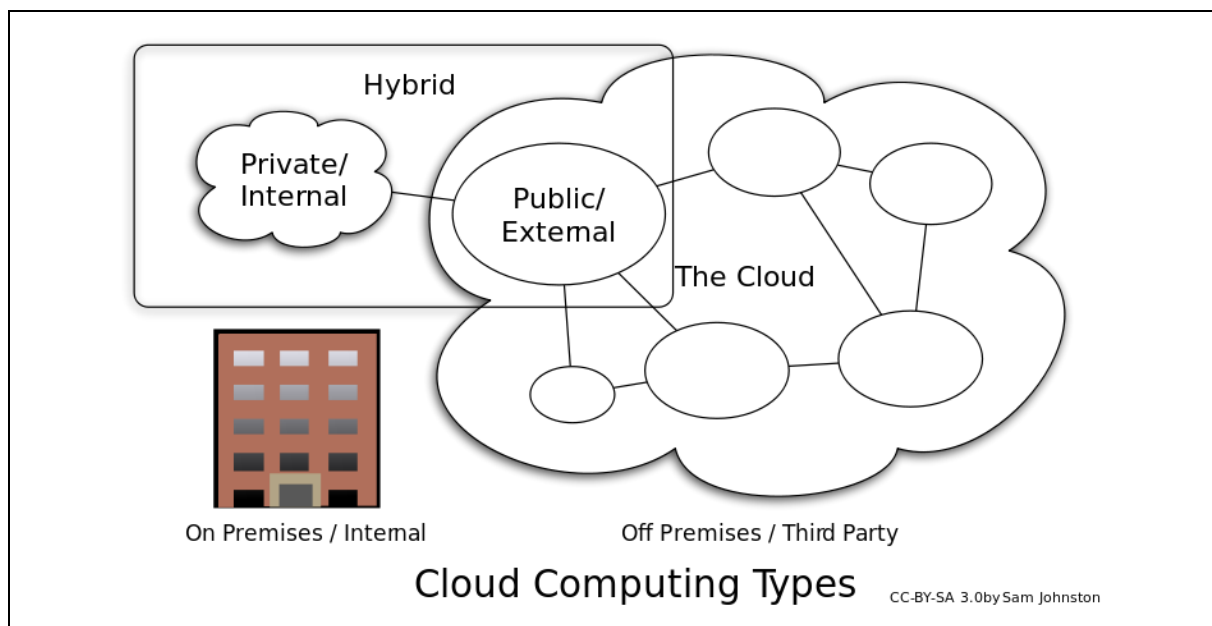


Infrastruktur, sind aber gleichwohl individuell zugeordnet. Hier nutzen also mehrere Anwender die Infrastruktur der Cloud gemeinsam.

- Bei der Private Cloud werden IT-Ressourcen oder Software speziell auf die Anforderungen eines einzelnen Nutzers zugeschnitten und diesem exklusiv von einem externen Anbieter oder gar auch innerhalb des anwendenden Unternehmens bereitgestellt. Hier nutzt also ein Anwender allein die spezielle Infrastruktur der Cloud exklusiv.

Neben diesen beiden Reinformen des Cloud Computing existiert die Hybrid Cloud, eine Mischform aus der gleichzeitigen Nutzung von Public und Private Cloud-Angeboten.

**Abb. 2-8: Die unterschiedlichen Bezugsmodelle des Cloud Computing**

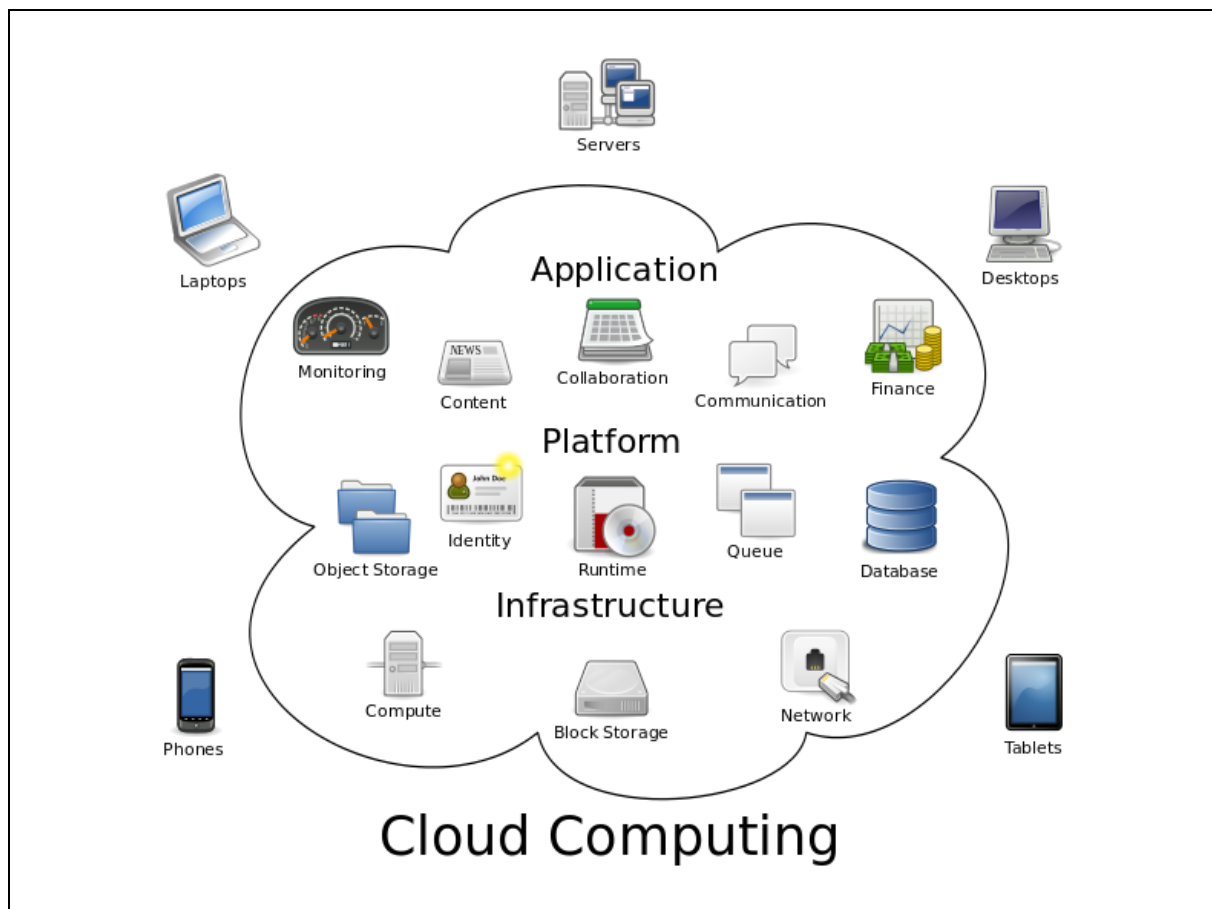


Quelle: „Cloud computing types“ erstellt von Sam Johnston, [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cloud\\_computing\\_types.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cloud_computing_types.svg), letzter Zugriff am 12.05.2014.

Ferner können Cloud Computing-Dienstleistungen nach den sogenannten Bereitstellungsformen in die Nutzung von Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS) und Software as a Service (SaaS) unterschieden werden.<sup>70</sup>

Der wesentliche Vorteil insbesondere von Public Cloud Computing, im Gegensatz zu dem bisher vorherrschenden Bezugsmodell der stationären Bereitstellung von IT-Ressourcen (On Premise), liegt in der flexiblen, frei skalierbaren Nutzung von IT-Ressourcen. Damit entfallen hohe Investitions- und fixe Betriebskosten beispielsweise für Software und Datenzentrumsinfrastrukturen. IT-Infrastrukturen werden gemietet und flexibel nach Verbrauch abgerechnet. Unternehmen können durch die Nutzung von Cloud-Lösungen meist schneller auf aktuelle und an den neuesten technologischen Entwicklungen ausgerichtete IT-Infrastrukturen zugreifen. Dies gilt besonders für kleinere Unternehmen, für die die hohen Investitionskosten eine Hürde bei der Implementierung neuer Technologien darstellen.

<sup>70</sup> Bei Infrastructure as a Service (IaaS) ersetzt die Cloud die IT-Basis-Infrastruktur wie Speicher-, Netz- und Rechenkapazität. Bei Platform as a Service (PaaS) ersetzt die Cloud beim Anwender die Dienstleistungen auf der höheren Infrastruktur-Ebene. So bietet die Cloud sowohl in der Laufzeitumgebung (Runtime Environment, RTE) als auch in der integrierten Entwicklungsumgebung (Integrated Development Environment, IDE) dem Nutzer die Möglichkeit, individuelle Anwendungen entwerfen zu können. Bei Software as a Service (SaaS) wird Software als integrierte Dienstleistung netzbasiert über die Cloud bereitgestellt. Beim Anwender entfallen so die Kosten für Hardware und Software-Lizenzen sowie für Wartung der IT-Infrastruktur (Heng und Neitzel, 2012).

**Abb. 2-9: Elemente des Cloud Computing**

Quelle: „Cloud computing“ erstellt von Sam Johnston, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cloud\\_computing.svg#/media/File:Cloud\\_computing.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cloud_computing.svg#/media/File:Cloud_computing.svg), letzter Zugriff am 03.05.2015.

Verschiedene Untersuchungen (siehe z.B. Dufft et al. 2010, KPMG 2014) zeigen, dass Bedenken hinsichtlich Datenschutz und Datensicherheit Haupthindernisse für die (weitere) Implementierung von Cloud Computing-Lösungen bei Unternehmen darstellen. Wenn beispielsweise personenbezogene Daten in die Cloud gegeben werden sollen, sind die Vorschriften des Bundesdatenschutzgesetzes nur schwer einzuhalten, insbesondere wenn amerikanische Anbieter als Cloud-Dienstleister auftreten. Dies wiederum eröffnet Chancen für europäische Anbieter, setzt allerdings auch einheitliche europäische Datenschutzregelungen voraus (siehe z.B. Europäische Kommission, 2012b). Die EU-Datenschutz-Grundverordnung wird seit gut drei Jahren innerhalb der Kommission und den Mitgliedsländern diskutiert. Ein Entwurf wurde im Juni 2015 von den EU-Innen- und Justizministern verabschiedet. In den nächsten Schritten verhandeln nun Ministerrat, Kommission und Europaparlament über die endgültige Fassung.

Cloud Computing hat den Vorteil, dass entsprechende Kapazitäten von den Unternehmen nicht oder nicht ausschließlich lokal vorgehalten werden müssen, dass die Ressourcen fast jederzeit flexibel skalierbar sind und dass insbesondere bezüglich öffentlich verfügbarer Clouds („Public Clouds“) die fixen Investitionskosten reduziert werden. Die meisten Anbieter von Cloud-Lösungen nutzen die Effekte, die aus der gemeinsamen Nutzung von Ressourcen (durch zahlreiche Nachfrager) entstehen, für ihr Geschäftsmodell. In der Regel gehen Unternehmen durch die Nutzung von Cloud Computing davon aus Kosten einzusparen.

### 2.6.2 Ökonomische Bedeutung

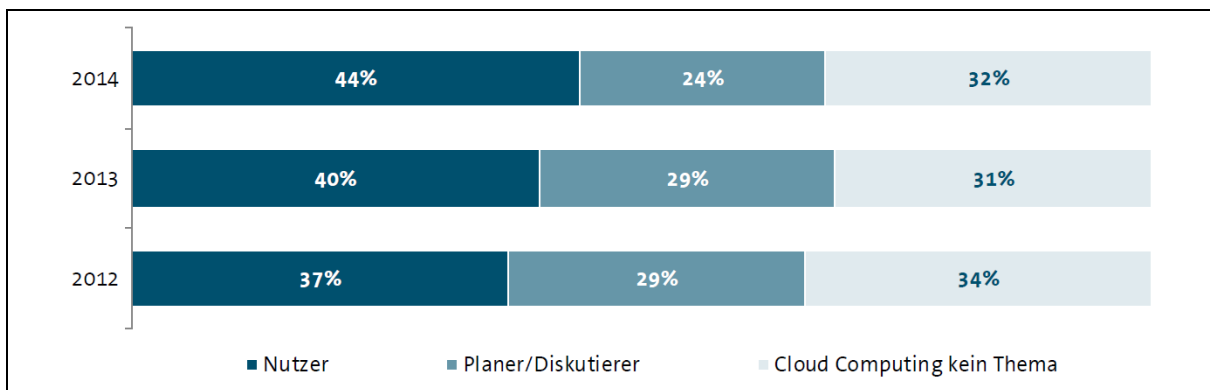
Cloud Computing steht schon seit Jahren ganz oben auf der Agenda von Wirtschaft, Politik und zuständigen Interessensverbänden (siehe beispielsweise die Trusted Cloud-Initiative des BMWi) und wird als ein Megatrend im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien proklamiert. Letztlich verspricht man sich davon, dass Unternehmen ihren zunehmenden Bedarf an Speicherkapazität flexibel und kostengünstig decken und bei der Nutzung von Software auf dem aktuellen Stand bleiben können. Für neugegründete oder kleine und mittlere Unternehmen stellen Cloud-Lösungen kostengünstige Alternativen zum Erwerb eigener Infrastruktur oder Software dar und senken damit die Markteintrittsbarrieren. Allerdings fehlt es, trotz der regen Diskussion über die Potenziale von Cloud Computing, bis heute an einer ausführlichen ökonomischen Analyse dieses Phänomens. Insbesondere gibt es kaum kausale Evidenz darüber, inwieweit Unternehmen durch Einsatz von Cloud Computing ihre Performance steigern können, also höhere Arbeitsproduktivität, höhere Beschäftigung oder stärkere Innovationsaktivität verzeichnen. Eine höhere Arbeitsproduktivität kann sich durch Kosteneinsparungen ergeben. Des Weiteren können Unternehmen mit Cloud-Lösungen neue Dienste anbieten, wie die interaktive Einbindung von Kunden in den Innovationsprozess, oder ihre Geschäftsprozesse effizienter gestalten. Dies kann sich mittel- bis langfristig auf die Beschäftigung nicht zuletzt von IT-Fachkräften auswirken.

Einer Untersuchung im Auftrag des Branchenverbands BITKOM zufolge, geben für das Jahr 2014 rund 44 Prozent der Unternehmen in Deutschland an, Cloud Computing einzusetzen. Weitere 24 Prozent beschäftigen sich aktiv mit der Thematik bzw. planen den konkreten Einsatz von Cloud Computing in naher Zukunft (BITKOM und KPMG, 2015). Anhand der Zahlen der vergangenen Jahre lässt sich zumindest in der aktiven Nutzung von Cloud Computing ein stetiger Anstieg beobachten. Allerdings werden insbesondere kleinere Unternehmen mit weniger als 20 Beschäftigten, die einen Großteil des deutschen Mittelstandes ausmachen,<sup>71</sup> dabei nicht erfasst. Vorläufige Zahlen einer etwas breiter angelegten repräsentativen Erhebung des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung zufolge, liegt der Anteil an Unternehmen, die Cloud Computing einsetzen, deutlich niedriger (siehe Abb. 2-11). Nur rund 20 Prozent der Unternehmen ab fünf Beschäftigten geben an, Cloud-Lösungen im Geschäftsablauf einzusetzen. Dabei ist der Einsatzgrad in den einzelnen Branchen höchst unterschiedlich. Während insbesondere bei den IT-Dienstleistern selbst, aber auch in anderen Dienstleistungsbranchen, Anteilswerte von über einem Drittel der Unternehmen erzielt werden, liegt der Nutzungsgrad in einigen Branchen des Verarbeitenden Gewerbes unter 15 Prozent (Metallindustrie, Elektroindustrie, Verbrauchsgüter, Grundstoffe).

Laut des letzten Gartner „Hype Cycles“, welcher die Phasen der öffentlichen Aufmerksamkeit darstellt, die neue Technologien bei deren Einführung durchlaufen, handelt es sich bei Cloud Computing um eine relativ reife Technologie, welche inzwischen im „Tal der Enttäuschungen“ angekommen ist. D.h. die Technologie konnte nicht alle an sie gehegte Erwartungen erfüllen und wird schnell als nicht mehr so aktuell angesehen. Dies führt in der Regel zu einem Rückgang an öffentlicher Berichterstattung und Aufmerksamkeit und damit letztendlich zu weniger Neukundengewinnung und langsamerem Wachstum. Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen der BITKOM/KPMG Studie, die zeigen, dass sich der Anteil der Unternehmen, für die Cloud Computing kein Thema ist, im vergangenen Jahr sogar leicht erhöht hat. Laut Gartner wird Cloud Computing trotz der aktuellen Ernüchterung gegenüber den Möglichkeiten der Technologie in relativ kurzer Zeit (2 bis 5 Jahren) das „Plateau der Produktivität“ erreichen.

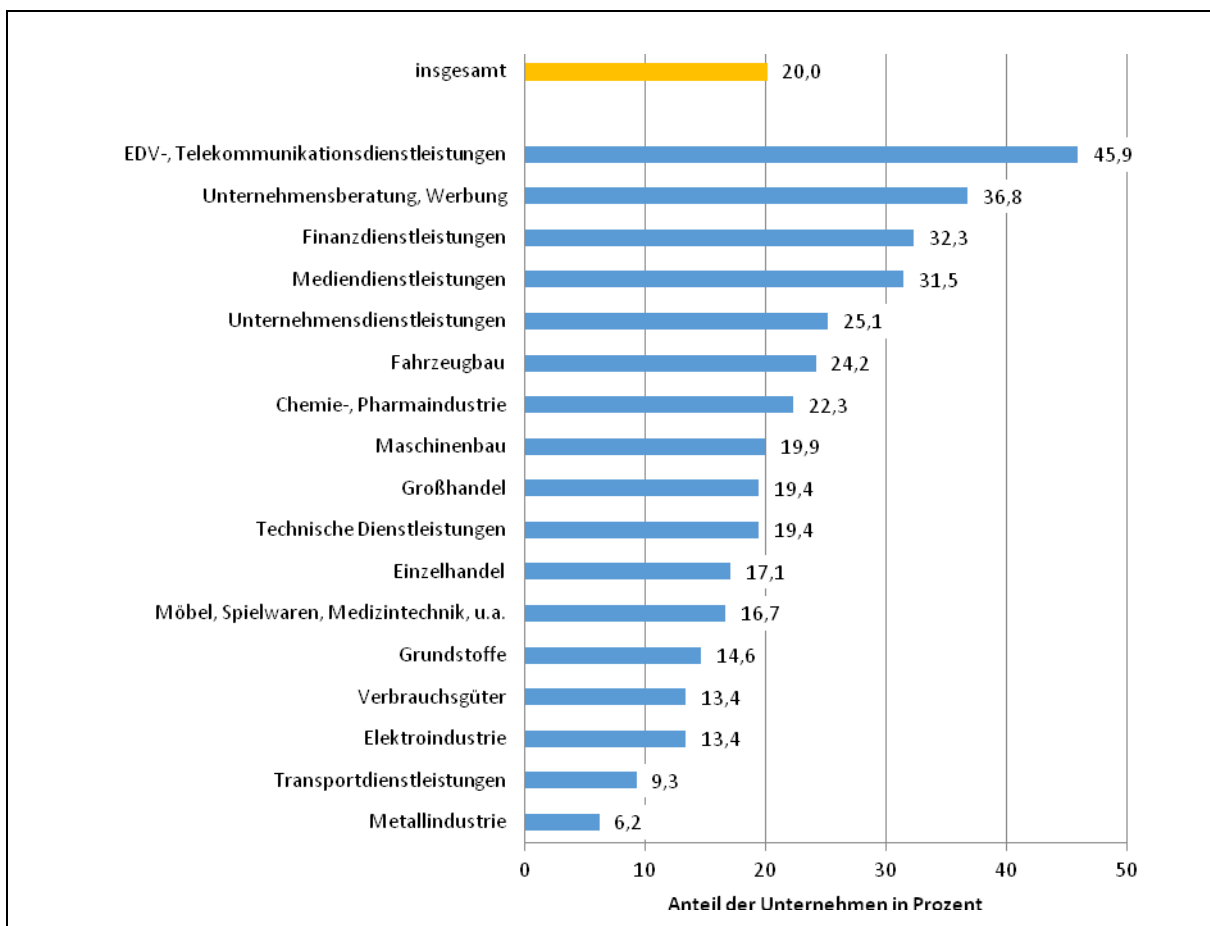
---

<sup>71</sup> Unternehmen mit weniger als 20 Beschäftigten haben einen Anteil von rund 95 Prozent an der gewerblichen Wirtschaft in Deutschland und beschäftigen rund ein Viertel der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten.

**Abb. 2-10: Cloud Computing Nutzung im Zeitverlauf**

Anmerkung: Unternehmen ab 20 Mitarbeitern (2012: n=436; 2013: n=403; 2014: n=458)

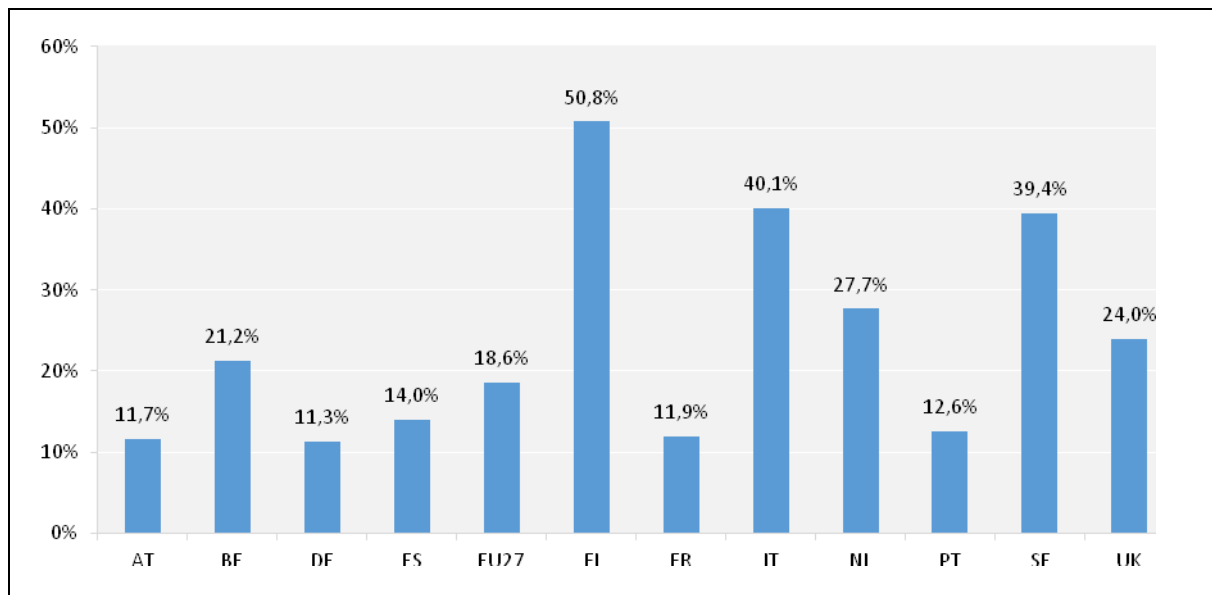
Quelle: BITKOM und KPMG (2015).

**Abb. 2-11: Nutzung von Cloud Computing nach Branchen in Deutschland**

Quelle: ZEW IKT-Umfrage 2014.

Betrachtet man die deutsche Situation im internationalen Vergleich, so nutzen die Unternehmen hierzulande im Jahr 2014 eher unterdurchschnittlich kostenpflichtige IT-Dienste über die Cloud (Public Cloud-Dienste). Während besonders in den skandinavischen Ländern Finnland und Schweden sowie in Italien die Nutzungsrate mit fast 40 Prozent und mehr relativ hoch ist, liegt der Anteil deutscher Unternehmen mit Public Cloud-Nutzung mit gerade einmal 11 Prozent am unteren Ende der Skala.

**Abb. 2-12: Anteil der Unternehmen, die kostenpflichtig IT-Dienste über Cloud Computing (Cloud Services) über das Internet nutzen**

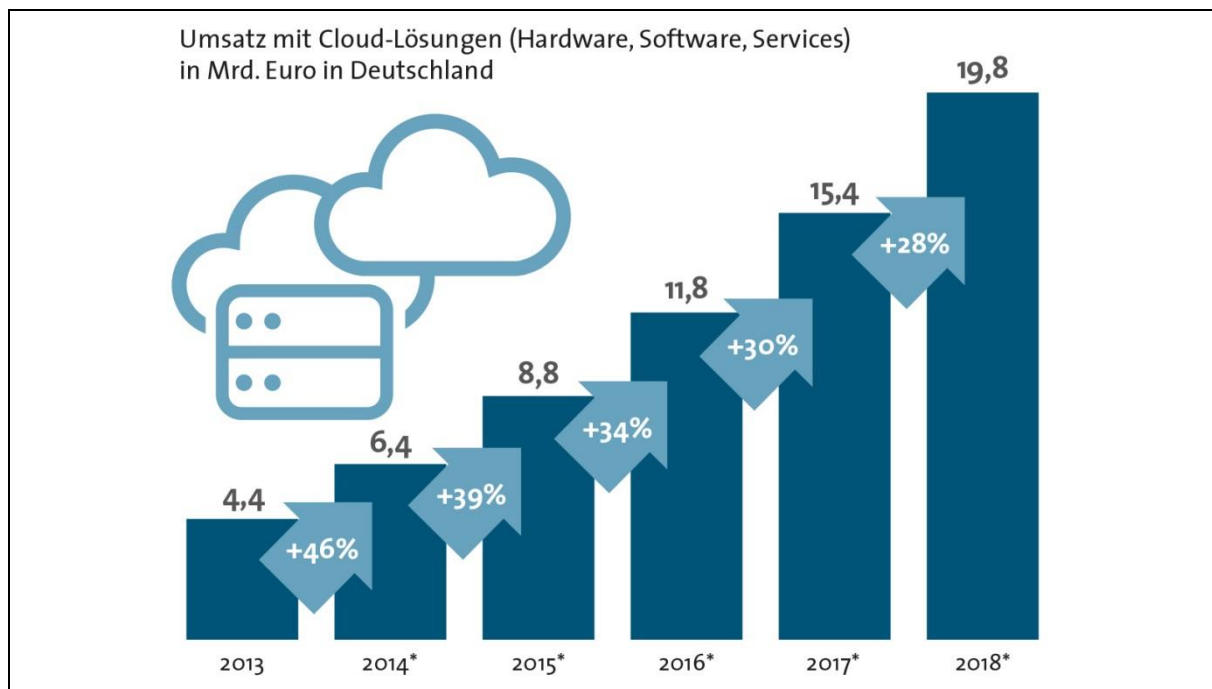


Quelle: Eurostat, Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien in Unternehmen 2014

Laut Forrester Research (2014) wird der Markt für Public Cloud-Lösungen in den nächsten Jahren weltweit kräftig wachsen. Ausgehend von einem Volumen von 58 Milliarden US\$ im Jahr 2013, wird für das Jahr 2020 ein Anstieg um 133 Milliarden US\$ auf dann 191 Milliarden US\$ prognostiziert. Auch in Deutschland wird laut BITKOM mit einem kontinuierlichen Wachstum des Cloud-Marktes zu rechnen sein. Ausgehend von einem Marktvolumen von 4,4 Milliarden Euro im Jahr 2013 wird bis zum Jahr 2018 ein Anstieg auf dann 19,8 Milliarden Euro erwartet.

Eine differenziertere Betrachtung zwischen Private Cloud- und Public Cloud-Lösungen bietet der IT-Marktforscher IDC mit seinen Zahlen zu den prognostizierten weltweiten Investitionen in Cloud Computing. Die werden im Jahresvergleich 2014 auf 2015 um rund 21 Prozent steigen. Demzufolge wurden im Jahr 2014 zirka 26,4 Milliarden US\$ in IT-Infrastruktur für Cloud Computing investiert. Dieser Wert wird sich im aktuellen Jahr auf weltweit rund 32 Milliarden US\$ erhöhen. Auch in den kommenden Jahren ist mit weiterem Wachstum zu rechnen. Für 2019 erwartet IDC dann Cloud-Infrastrukturausgaben von weltweit 52 Milliarden US\$.

Ein geringerer Anteil von knapp 10 Milliarden US\$ wurden demnach im Jahr 2014 in sogenannte Private Cloud-Infrastrukturen investiert. Der weitaus größere Betrag in Höhe von rund 16,5 Milliarden US\$ wurden in den Ausbau von Public Cloud-Lösungen gesteckt. Dies wird auch in Zukunft so erwartet: IDC rechnet für das laufende Jahr mit einem Wachstum im Public Cloud-Markt von 25 Prozent auf rund 21 Milliarden US\$ und bei den Investitionsausgaben im Bereich Private Cloud mit einem Wachstum von 16 Prozent auf dann rund 12 Milliarden US\$. Insgesamt werden sich die Ausgaben für Cloud-Infrastrukturen bis Ende 2015 auf weltweit knapp 33 Milliarden US\$ erhöhen. Insbesondere in Westeuropa wird mit einem deutlichen Anstieg der Investitionen in diesem Jahr gerechnet. Während in den USA, Südamerika und Japan der Markt um rund 20 Prozent wachsen soll, werden in Westeuropa Wachstumsraten für Cloud-Infrastrukturausgaben von 32 Prozent prognostiziert.

**Abb. 2-13: Wachstum des Cloud Marktes in Deutschland**

\* Prognose

Quelle: Experton Group und Bitkom 2014, siehe [https://www.bitkom.org/de/markt\\_statistik/64086\\_80724.aspx](https://www.bitkom.org/de/markt_statistik/64086_80724.aspx)

### 2.6.3 Auswirkungen auf Beschäftigung und Qualifikationsniveau

Die möglichen Beschäftigungswirkungen von Cloud Computing sind noch weitestgehend unerforscht und können sich gesamtwirtschaftlich sowohl positiv als auch negativ auswirken. Durch Cloud Computing sind aber sicherlich enorme Umwälzungen im Berufsfeld der IT-Fachkräfte zu erwarten. Während insbesondere in der IT-Branche, bei den Anbietern von Cloud-Datenzentren und Entwicklern von Cloud-Applikationen ein gesteigener Bedarf an IT-Fachkräften zu verzeichnen ist, wird sich die Nachfrage nach Informatikern, Systemadministratoren und ähnlichen Tätigkeiten in den Branchen, die Public Cloud-Lösungen nachfragen, reduzieren. Dies ist letztendlich dem ökonomischen Gedanken von Cloud Computing geschuldet und zu erwarten wäre hier ein insgesamt eher negativer Effekt auf die Beschäftigung.

Positive Beschäftigungswirkungen ergeben sich allerdings aus der beschleunigten Entwicklung neuer Geschäftsfelder, die auf Basis von Cloud Computing entstehen oder zumindest unterstützt werden. Bereits im Jahr 2009 untersuchte Etro die Auswirkungen von Cloud Computing auf die Zahl neugegründeter Unternehmen, die wiederum zu höherer Beschäftigung beitragen, anhand eines kalibrierten makroökonomischen Modells (siehe auch Etro 2010, 2011). Weitere Ergebnisse auf aggregierter Länderebene für den Zeitraum 2010 bis 2015 berechnete das Centre for Economics and Business Research (2010, 2011). Die direkten und indirekten Beschäftigungseffekte durch Cloud Computing in Deutschland sollten sich in dem untersuchten Zeitraum demnach auf insgesamt 789 Tausend Beschäftigte belaufen. Damit sind sowohl die durch den direkten Technologieeinsatz entstehenden Arbeitsplätze erfasst, als auch die durch eine Ausweitung der Geschäftstätigkeit im Zuge des Einsatzes von Cloud Computing hinzukommende Beschäftigung.

## 2.7 Big Data Analytics

### 2.7.1 Beschreibung und aktueller Stand

Die Menge an digitalen Daten wächst durch die zunehmende Vernetzung durch Sensoren (Mobiltelefone, intelligente Zähler, Maschinen und Autos, etc.) weltweit rasant an. Laut einer Studie von IDC, eines international tätigen Marktforschungs- und Beratungsunternehmens auf dem Gebiet der Informationstechnologie und der Telekommunikation, aus dem Jahr 2014, verdoppelt sich das weltweite Datenvolumen, insbesondere auch durch die zunehmend maschinelle Erzeugung von Daten (Verbrauchsdaten, Log-Dateien, RFID-Daten, Sensoren, etc.) alle zwei Jahre.<sup>72</sup> Hinzu kommen enorme Fortschritte in der Rechenleistung von Computern, die es nun ermöglichen, diese Daten gezielt zusammenzuführen und zu analysieren.

Die Verarbeitung und Analyse dieser in den meisten Fällen unstrukturierten Daten wird im Allgemeinen als Big Data Analytics bezeichnet. Der Branchenverband BITKOM (2015) definiert Big Data Analytics folgendermaßen: „Big Data unterstützt die wirtschaftlich sinnvolle Gewinnung und Nutzung entscheidungsrelevanter Erkenntnisse aus qualitativ vielfältigen und unterschiedlich strukturierten Informationen, die einem schnellen Wandel unterliegen und in bisher ungekanntem Umfang zu Verfügung stehen.“

Big Data kennzeichnet drei wesentliche Merkmale:<sup>73</sup>

1) die enorme Datenmenge (**Volume**):

Immer mehr Organisationen und Unternehmen verfügen über gigantische Datenberge, die von einigen Terabytes bis hin zu Größenordnungen von Petabytes führen. Unternehmen sind oft mit einer riesigen Zahl von Datensätzen, Dateien und Messdaten konfrontiert.

2) die Datenvielfalt (**Variety**) gespeist aus unterschiedlichsten Quellen:

Unternehmen haben sich mit einer zunehmenden Vielfalt von Datenquellen und Datenformaten auseinanderzusetzen. Aus immer mehr Quellen liegen Daten unterschiedlicher Art vor, die sich grob in unstrukturierte (z. B. Präsentationen, Texte, Video, Bilder, Tweets, Blogs), semistrukturierte (z. B. Kommunikation von und zwischen Maschinen) und strukturierte (z. B. von transaktionalen Applikationen) Daten gruppieren lassen. Gelegentlich wird auch von polystrukturierten Daten gesprochen. Die unternehmensinternen Daten werden zunehmend durch externe Daten ergänzt, beispielsweise aus sozialen Netzwerken. Bei den externen Daten sind z. B. Autoren oder Wahrheitsgehalt nicht immer klar,<sup>74</sup> was zu ungenauen Ergebnissen bei der Datenanalyse führen kann.

3) die Geschwindigkeit (**Velocity**) der Datenverarbeitung:

Riesige Datenmengen müssen immer schneller ausgewertet werden, nicht selten in Echtzeit. Die Verarbeitungsgeschwindigkeit hat mit dem Datenwachstum Schritt zu halten. Damit sind folgende Herausforderungen verbunden: Analysen großer Datenmengen und Datenverarbeitung zum Teil in Echtzeit, Datengenerierung und Übertragung in hoher Geschwindigkeit.

Analytics umfasst die Methoden zur möglichst automatisierten Erkennung und Nutzung von Mustern, Zusammenhängen und Bedeutungen. Zum Einsatz kommen u. a. statistische Verfahren, Vorhersagemodelle, Optimierungsalgorithmen, Data Mining, Text- und Bildanalytik. Bisherige Datenanalyse-Verfahren werden dadurch erheblich erweitert. Im Vordergrund stehen

---

<sup>72</sup> IDC (2014).

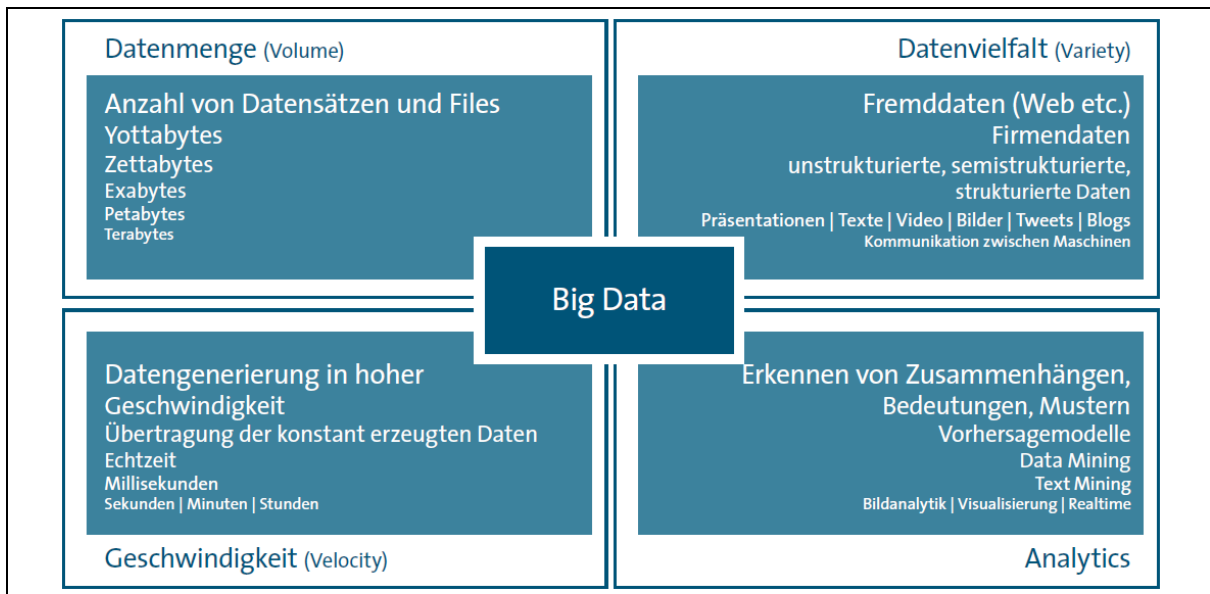
<sup>73</sup> Basierend auf BITKOM, 2015.

<sup>74</sup> Verstärken kann sich dieser Effekt bei unstrukturierten Daten, wie z. B. bei der Bildauswertung.



die Geschwindigkeit der Analyse (Echtzeit oder nahezu Echtzeit) und gleichzeitig die einfache Anwendbarkeit, ein ausschlaggebender Faktor beim Einsatz von analytischen Methoden in vielen Unternehmensbereichen. Big Data findet Verwertung für Daten, die vormals als „Abfallprodukt“ in einer digital vernetzten Welt anfielen.<sup>75</sup> Ein Hauptkritikpunkt an Big Data Analytics wird bereits bei McAfee und Brynjolfsson (2012)<sup>76</sup> formuliert, die betonen, dass es allzu einfach ist einfache Korrelation mit Kausalität zu verwechseln und irreführende Muster in den Daten zu finden.

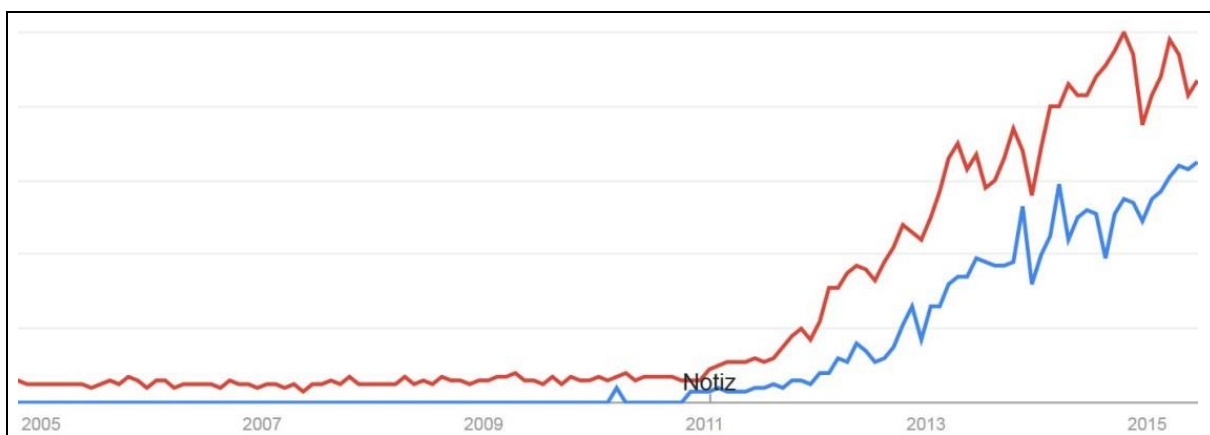
**Abb. 2-14: Merkmale von Big Data**



Quelle: BITKOM, Big Data und Geschäftsmodell, 2015, Seite 13.

Bei Big Data bzw. Big Data Analytics handelt es sich um ein noch recht junges Technologiegebiet, wie man leicht an der Suchentwicklung bei Google nach dieser Begrifflichkeit erkennen kann. In Abb. 2-15 sieht man, dass die Nutzung des Begriffs erstmals um das Jahr 2010 einsetzt und seitdem immer öfter in Suchanfragen auftaucht. Allerdings gab es auch schon lange vor Big Data (Analytics) Methoden wie beispielsweise Data Mining, Data Warehouse, usw., welche sich der Analyse damals großer Datenmengen verschrieben haben.

**Abb. 2-15: Interesse am Suchbegriff „Big Data“ im zeitlichen Verlauf (USA=rot, D=blau)**



Quelle: Google Trends, zuletzt abgefragt am 03.05.2015.

<sup>75</sup> Siehe z.B. Bharadwaj et al. (2013).

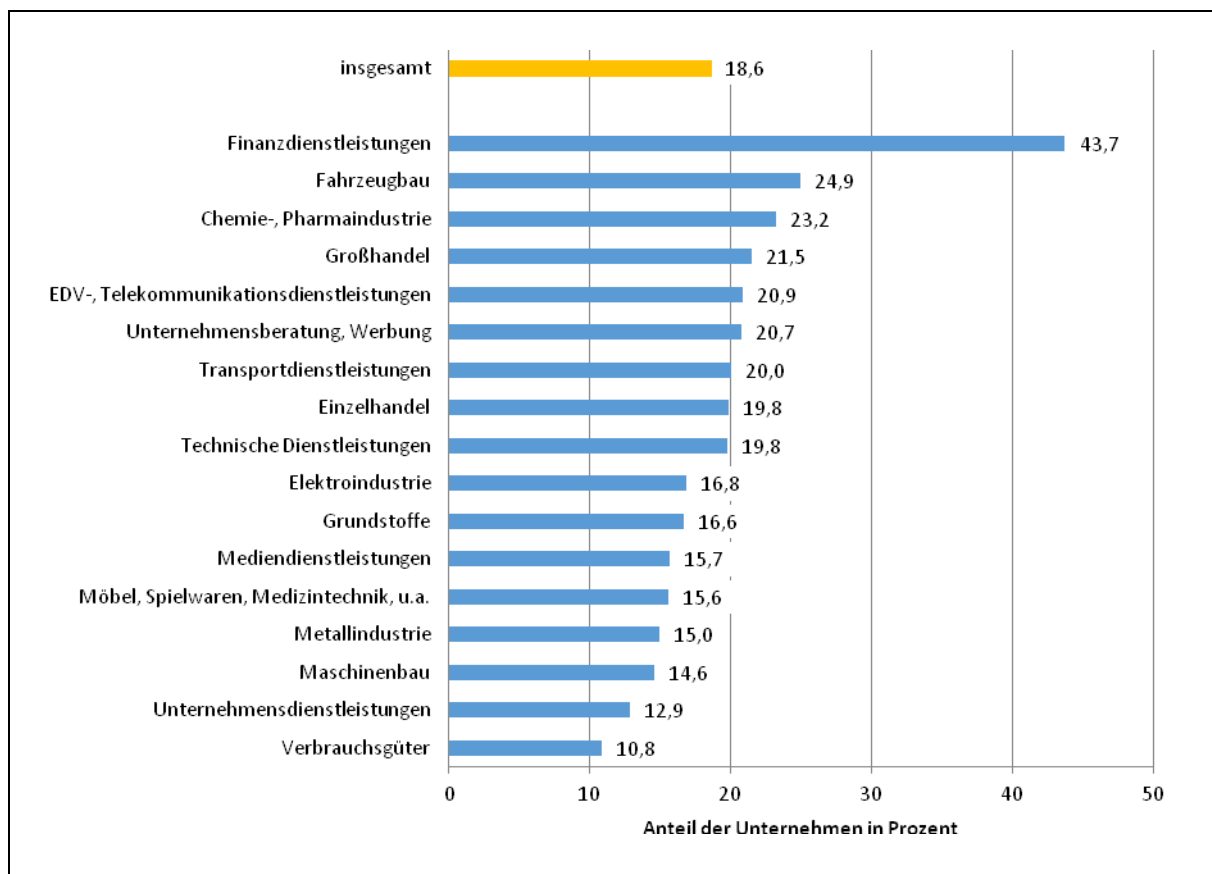
<sup>76</sup> Siehe Seite 9.



### 2.7.2 Ökonomische Bedeutung

Obwohl Big Data Analytics eine vergleichsweise junge Technologie ist, nutzen bereits rund 19 Prozent der Unternehmen in Deutschland die Möglichkeit der systematischen Auswertung großer Mengen an Daten zur strategischen Unterstützung des Geschäftsbetriebs und als Entscheidungsgrundlage für das Unternehmensmanagement. Insbesondere in der Branche Finanzdienstleistungen (siehe Abb. 2-16), in der schon vergleichsweise lange große Datenmengen aufgrund der elektronischen Abwicklung von Geschäftsprozessen anfallen, findet Big Data überdurchschnittliche Verbreitung. Fast 44 Prozent der Unternehmen der Branche geben an Big Data zu nutzen. Der Groß- und Einzelhandel nutzt zu 22 bzw. 20 Prozent Big Data Technologien. Beiden Branchen, ähnlich den Finanzdienstleistern, stehen aufgrund der schon lange vorhandenen elektronischen Erfassung ihrer Geschäftsprozesse, größere Datenvolumina zur Verfügung. Nahliegend ist es nun, diese jetzt auch strukturiert und analytisch auszuwerten und die gewonnenen Erkenntnisse für den Geschäftserfolg einzusetzen. Im onlinegestützten Vertrieb können so beispielsweise durch Big-Data-Analysen zielgenaue Produktangebote platziert werden bzw. im klassischen Briefkontakt ebenfalls an den prognostizierten Wünschen des Verbrauchers ausgerichtete Angebote platziert werden. Hierdurch kann die Kundenbindung gefestigt und höhere Umsätze pro Kunden erzielt werden.

**Abb. 2-16: Nutzung von Big Data nach Branchen in Deutschland**



Quelle: ZEW IKT-Umfrage 2014.

Der Fahrzeugbau und die Chemie- und Pharmaindustrie nutzen Big Data Analytics zu je 25 bzw. 23 Prozent. Im Maschinenbau und in der Elektrotechnik sind es 15 bzw. 17 Prozent der Unternehmen, die Big Data einsetzen. Im Verarbeitenden Gewerbe ist neben den Analysen von Stamm- und Transaktionsdaten der Kunden die Optimierung von Produktionsabläufen ein weiteres Feld von Big Data Analytics. Hier spielen beispielsweise die Daten der in zunehmender

Zahl verbauten Sensoren an den Maschinen, Robotern oder Produktionsketten eine entscheidende Rolle. Die dort gewonnenen Daten werden aufbereitet, zusammengeführt und analysiert. Damit lassen sich anhand der aus den Daten gewonnen Erkenntnisse beispielsweise Leerlaufzyklen minimieren. Bei Wartung bzw. Ausfall von Maschinen können die Daten helfen das Problem schneller zu diagnostizieren. Die so gewonnenen Zeitvorteile können dann zu einer erhöhten Produktivität beitragen.

Laut einer Studie von IDC steigt die weltweite Nachfrage nach Produkten und Services für Big Data derzeit jährlich um 32 Prozent. Für 2016 wird ein weltweites Marktvolumen von Big Data Analytics in Höhe von knapp 24 Milliarden US\$ erwartet. Im Vergleich zu den berechneten Vorteilen einer strukturierten Datenauswertung klingen die Investitionsausgaben eher gering. Beispielsweise schätzt McKinsey, dass Unternehmen weltweit Produkte im Wert von 600 Milliarden US\$ zusätzlich absetzen könnten, wenn sie mehr über den aktuellen Standort ihrer potenziellen Kunden wüssten.

### 2.7.3 Auswirkungen auf Beschäftigung und Qualifikationsniveau

Laut dem IT-Marktforschungsunternehmen Gartner (2012) werden bis Ende 2015 weltweit dank Big Data 4,4 Millionen neue Jobs in der IT-Wirtschaft entstanden sein. Sollten sich die Versprechungen, die an Big Data Analytics geknüpft werden, tatsächlich bewahrheiten, dürfte diese Entwicklung in Zukunft noch weiter vorangetrieben werden.

Im Zuge von Big Data Analytics ist davon auszugehen, dass neue Berufsfelder entstehen werden.<sup>77</sup> Darunter fallen solche, die teilweise auch schon in einschlägigen Stellenangeboten ausgeschrieben sind, wie beispielsweise Data Scientist oder Data Analyst. Zudem wird in diesem Kontext dem bereits in den 1980er Jahren diskutierten Beruf des Information Broker eine neue Bedeutung beigemessen. Momentan sind allerdings entsprechende sowohl universitäre als auch außeruniversitäre Aus- und Weiterbildungsangebote noch Mangelware. Entsprechende Ausbildungen müssten sich mit einem weiten Themenspektrum rund um Informationstechnologien und der Erfassung und Auswertung großer Datenmengen befassen. Um die Daten auch sinnvoll interpretieren zu können, sind, je nach Anwendungsgebiet, beispielsweise auch wirtschaftswissenschaftliche, sozialwissenschaftliche oder psychologische Kenntnisse wichtig.

## 2.8 Internet der Dinge und Dienste – Industrie 4.0/Industrial Internet of Things (IIoT)

Die in den vergangenen zehn bis 20 Jahren durch das Internet eingeleiteten Veränderungen fanden im Wesentlichen im Business-to-Consumer (B2C) Bereich statt und betrafen insbesondere die Gebiete Medien, Handel und das Finanzwesen (World Economic Forum, 2015). Durch das Internet der Dinge wird sich in Zukunft nun auch die industrielle Produktion einem durch die Digitalisierung induzierten grundlegenden technologischen Wandel unterziehen.

Deutschland wird (noch) als einer der weltweit konkurrenzfähigsten Industriestandorte angesehen. Dies liegt vor allem an der Fähigkeit, komplexe, arbeitsteilige und geografisch verteilte industrielle Prozesse zu steuern (Acatech, 2013).

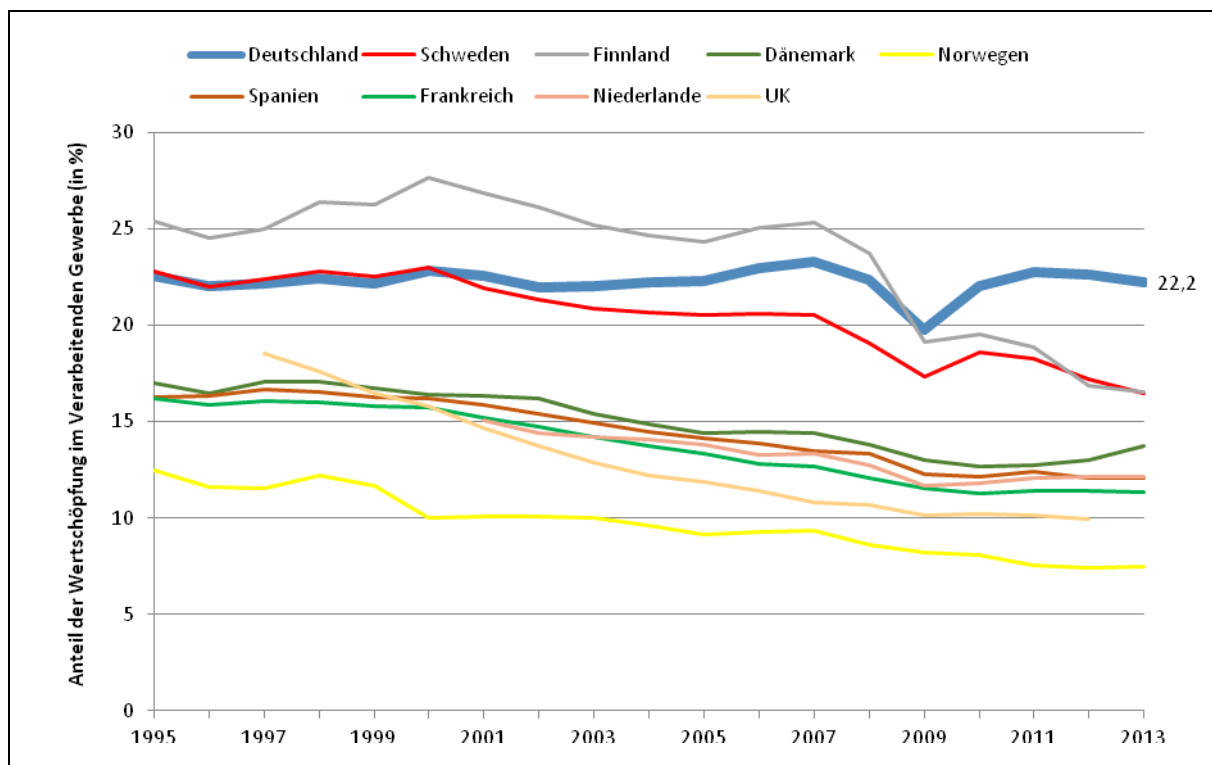
Im Gegensatz zu vielen anderen westlichen Industrienationen generiert Deutschland noch einen erheblichen Teil seiner Wertschöpfung im verarbeitenden Gewerbe. Abgesehen von der Krise im Jahr 2009 liegt der Anteil der Wertschöpfung in diesem Wirtschaftszweig, gemessen an der

---

<sup>77</sup> In gewissem Maße können auch Tätigkeiten, die bisher von Menschen verrichtet wurden, wegfallen (bspw. medizinische Analysen, die aufgrund großzahliger Vergleichsdatenbestände in Zukunft genauer durch entsprechende Big Data Analysemethoden untersucht werden können). Allerdings ist nicht davon auszugehen, dass hierdurch zumindest mittelfristig viele Arbeitsplätze in Deutschland wegfallen werden.

gesamten Wirtschaftsleistung, relativ stabil bei über 22 Prozent (siehe Abb. 2-17). Im Umkehrschluss bedeutet dies aber auch, dass immerhin rund 78 Prozent der Wertschöpfung in Deutschland im nicht-industriellen Umfeld, und hier im Wesentlichen im Dienstleistungssektor, stattfindet. Mit dem „Internet der Dinge“ und der Erweiterung zum „Internet der Dienste“ werden nun zwei Konzepte vorgestellt, deren Ursprung und Anwendungsbereich im Verarbeitenden Gewerbe liegt, und deshalb von besonderer Bedeutung für die Zukunftsfähigkeit der gesamten deutschen Volkswirtschaft sind. Die langfristige Verschmelzung von Internet der Dinge und Dienste und den dahinterstehenden Wirtschaftszweigen führt zu dem in der öffentlichen Diskussion so vielzitierten Schlagwort der Industrie 4.0.

**Abb. 2-17: Anteil der Wertschöpfung des Verarbeitenden Gewerbes**



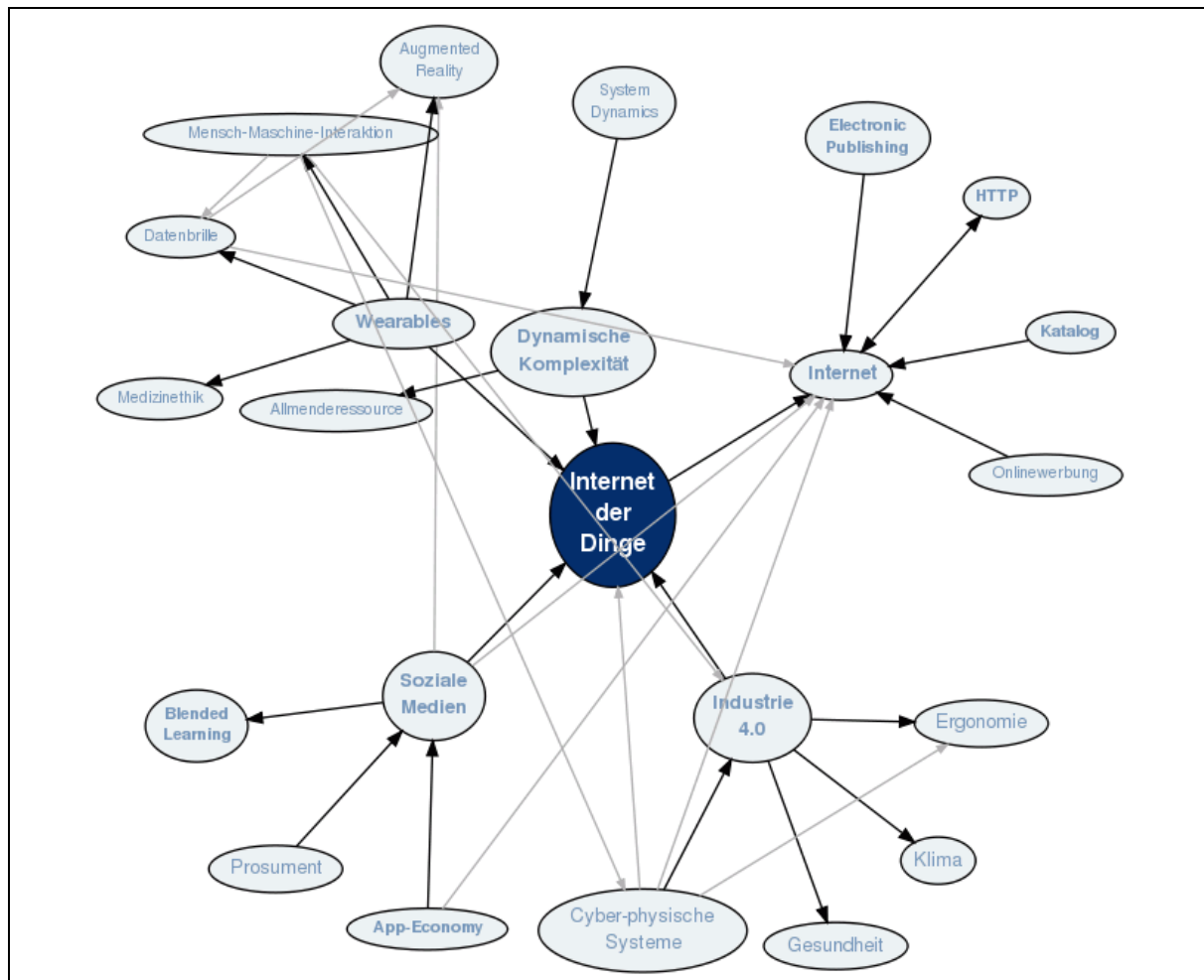
Quelle: Eurostat (2015).

### 2.8.1 Beschreibung und aktueller Stand

Das Internet der Dinge bezeichnet die über Sensoren und Funkchips durchgeführte Verknüpfung eindeutig identifizierbarer physischer Objekte (Dinge), die in ihrer Art, ihren Eigenschaften und ihrem Verhalten nach völlig unterschiedlich sein können. Dies reicht beispielsweise von Maschinen und Werkzeugen bis hin zu einzelnen Rohprodukten. Aber auch Alltagsgegenstände wie Autos, Rasierer, Kaffeemaschinen, usw. können mit einer virtuellen Repräsentation in einem Weitverkehrsnetz (bspw. dem Internet) und deren (intelligenten und selbständigen) Interaktion mit angeschlossenen Informationssystemen ausgestattet sein. Dieses so organisierte universelle Netzwerk besteht damit, im Gegensatz zu früheren Lösungen, nicht mehr nur aus menschlichen Teilnehmern, sondern auch aus intelligent miteinander kommunizierenden Dingen. Erstmals wurde der Begriff „Internet of Things“ von Kevin Ashton, einem Wissenschaftler am Massachusetts Institute of Technology, im Jahr 1999 verwendet.

Immer mehr Maschinen, Produkte und Alltagsgegenstände werden die Möglichkeit bieten, selbstständig miteinander kommunizieren zu können. Schätzungen von Gartner (2015) gehen davon aus, dass bis in fünf Jahren weltweit bereits rund 25 Milliarden Maschinen und Geräte miteinander kommunizieren. Ausgehend von einem Wert von knapp vier Milliarden Objekten im letzten Jahr, ist dies ein enormes Wachstum.

**Abb. 2-18: Internet der Dinge**



Quelle: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/internet-der-dinge.html?extGraphKwId=105774>

Mit dem Konzept des „Internet der Dienste“ wird der Tatsache Rechnung getragen, dass zum einen Dienstleistungen immer mehr an Bedeutung gewinnen und dass darüber hinaus viele Dienstleistungsangebote inzwischen mithilfe von modernen Informations- und Kommunikationstechnologien erstellt werden. „Mit dem Internet der Dienste entstehen Entwicklungs- und Dienstplattformen, um webfähige Dienste einfacher kreieren und im Internet anbieten zu können. Auf diesen Plattformen können Kunden Dienste suchen, diese vergleichen und je nach Bedarf zusammenstellen. Je nach Anwendungsgebiet werden Plattformen auf den Bedarf bestimmter Branchen (z.B. Automobilindustrie) oder auf bestimmte Anwendungsfälle (z.B. Autokauf) zugeschnitten sein. Hierbei spielen modulare und kombinierbare Softwareelemente sowie semantische Technologien eine wichtige Rolle“ (BMW 2015). Eng einhergehend mit dem Internet der Dienste sind die Technologien Cloud Computing und Big Data, da das Internet der Dienste ansonsten nicht realisiert werden könnte.

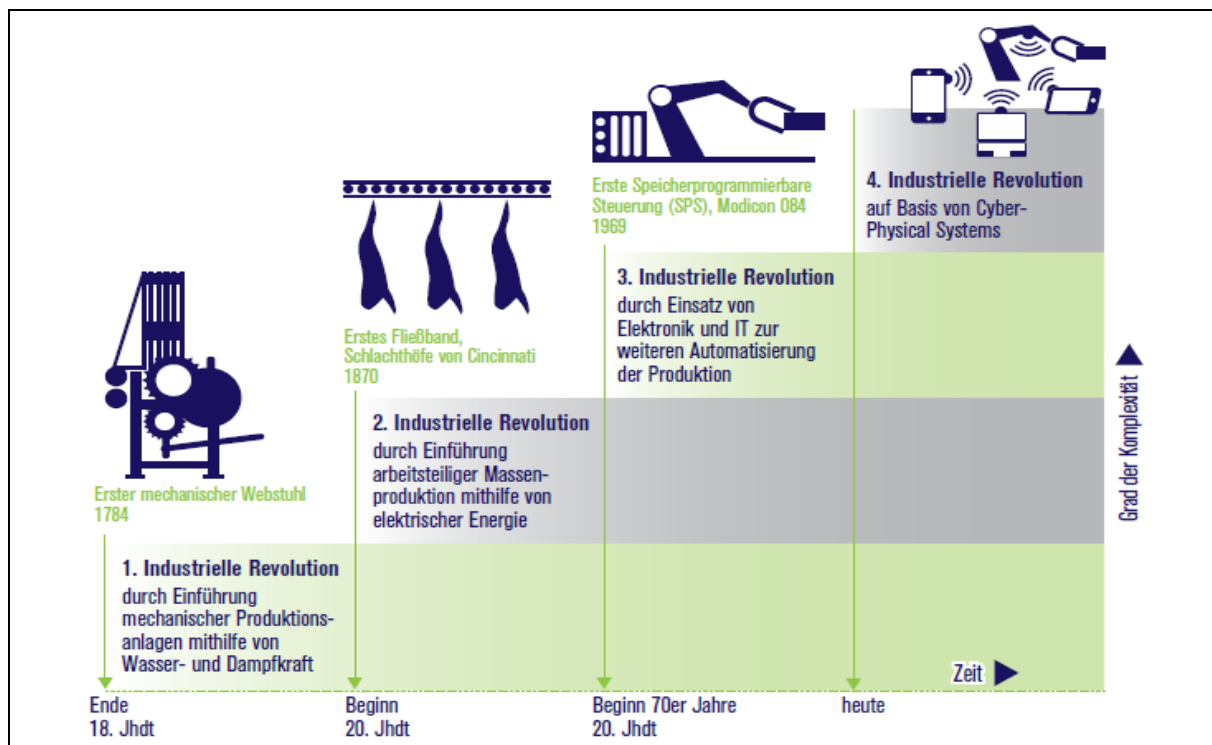
## 2.8.2 Zukünftige Entwicklung

Mit dem (auch aus Marketinggesichtspunkten recht gut gewählten) Begriff „Industrie 4.0“ will man die Veränderung hin zur vierten industriellen Revolution ausdrücken (siehe Abb. 2-19). Im Ausland, insbesondere in Nordamerika, ist der Begriff Industrie 4.0 (bzw. Industry 4.0) bisher kaum bekannt, dort spricht man in diesem Zusammenhang beispielsweise vom „Industrial Internet of Things“.

Unter Industrie 4.0 oder Industrial Internet of Things versteht man die Kombination des Internet der Dinge mit dem Internet der Dienste und den dahinterstehenden Technologien (Cloud Computing, Big Data). Damit soll das Internet der Dinge und Dienste mit der Produktion verschmelzen und die „Smart Factory“ entstehen. Beim hier dargestellten Verbund von informatischen und softwaretechnischen Komponenten mit mechanischen und elektronischen Teilen spricht man auch von Cyber-Physical-Systems (CPS). In der Smart Factory ist die individuelle, intelligente und selbstgesteuerte Produktion Realität und die Smart Factory unterliegt somit einer völlig neuen Produktionslogik.

Unter optimalen Industrie 4.0-Bedingungen sind flexible Reaktionen auf veränderte Umweltbedingungen jederzeit möglich. Der Ausfall einer Maschine wird weiterkommuniziert und sorgt dafür, dass eine Reparatur veranlasst wird, und dass die Produktion, durch flexibles Umlenken zu anderen Kapazitäten, auch ohne diese Maschine weitergehen kann.

**Abb. 2-19: Die vier Stufen der industriellen Revolution**



Quelle: Acatech (2013).

Die individuelle Produktion sorgt dafür, dass spezielle Kundenwünsche flexibel, rentabel und kurzfristig umgesetzt werden, da ein bisher notwendiges und aufwendiges Neuprogrammieren der Maschinen nicht mehr nötig ist. Letztendlich nimmt Industrie 4.0 auch die Beschäftigten mit in die neue Arbeitswelt. Dabei sollen Abläufe mithilfe von Assistenzsystemen genau auf die Belegschaft abgestimmt werden. Ziel hierbei ist es insbesondere, ältere Menschen länger im Berufsleben zu halten, sowie eine bessere Vereinbarung von Familie und Beruf zu ermöglichen.

Das Industrie 4.0-Konzept birgt allerdings auch Risiken und Probleme, insbesondere das Thema IT-Sicherheit spielt hier eine große Rolle. Durch die allgegenwärtige Vernetzung muss der automatisierte Datenaustausch eines Industrie 4.0-Produktionssystems zuverlässig und sicher gestaltet werden. Darüber hinaus sind für die Vernetzung und die Integration der verschiedenen Akteure und Prozesse einheitliche Normen und Standards wichtig, an denen entsprechende Gremien wie beispielsweise die Plattform Industrie 4.0 in Deutschland oder das Industrial Internet Consortium in den USA arbeiten. Vom Erfolg und der Durchschlagskraft dieser Standardsetzung hängt es ab, inwiefern die deutsche Wirtschaft in Zukunft auch als Anbieter von Industrie 4.0-Lösungen am weltweiten Markt agieren kann.

**Abb. 2-20: Neun Technologien, welche die industrielle Produktion verändern werden**



Quelle: Boston Consulting Group (2015).

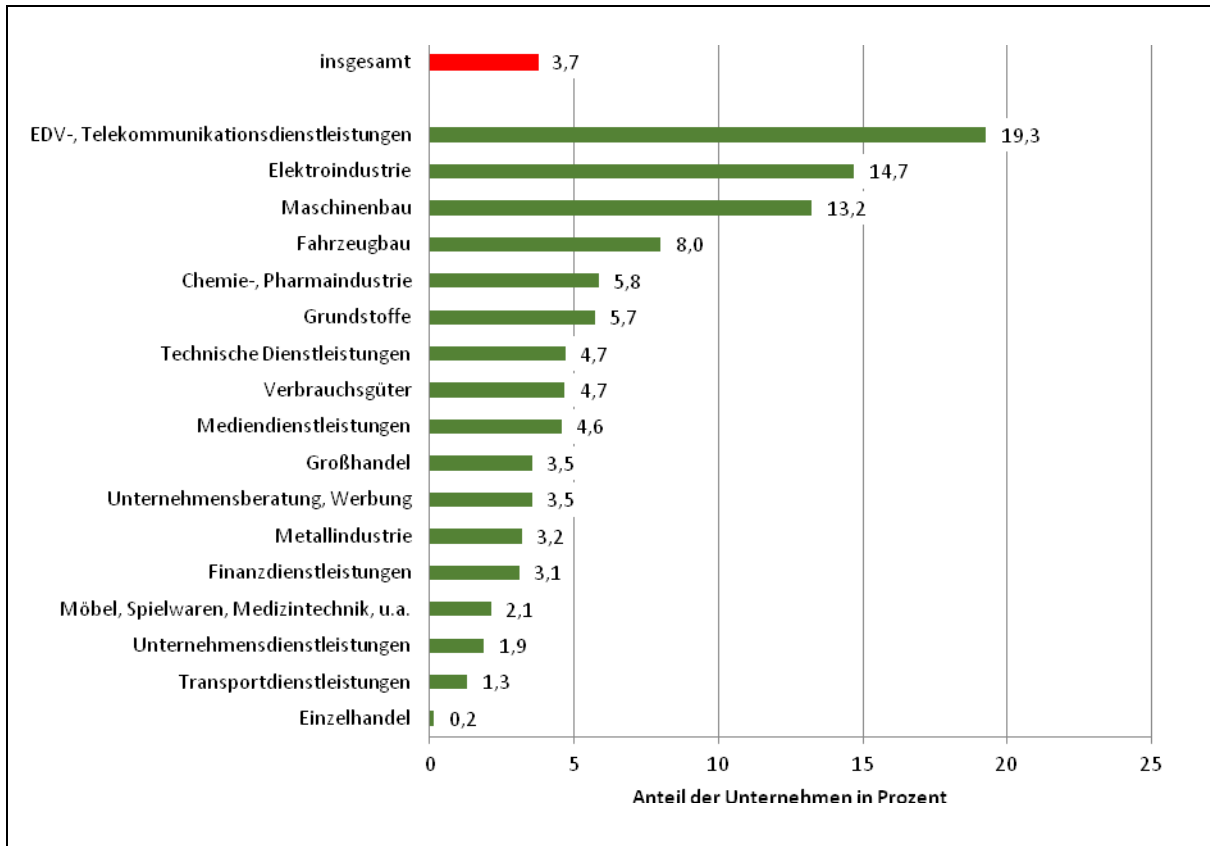
Insgesamt planen in Deutschland aktuell recht wenige Unternehmen die konkrete Umsetzung von Industrie 4.0-Projekten. Laut einer Erhebung des ZEW liegt der Anteil an Unternehmen mit konkreten Umsetzungsabsichten bei gerade einmal 3,7 Prozent (siehe Abb. 2-21). Auch die bisherige Realisierung von Industrie 4.0-Vorhaben ist ähnlich verhalten.

Betrachtet man die Größenverteilung der Unternehmen gemessen anhand der Anzahl der Beschäftigten, offenbart sich allerdings, dass insbesondere große Unternehmen mit mehr als 500 Beschäftigten sich an der Umsetzung von Industrie 4.0 beteiligen. Hier liegt der Anteil der Unternehmen bei fast 22 Prozent. Der deutsche Mittelstand ist dagegen deutlich zurückhaltender: Lediglich vier bis elf Prozent der Unternehmen wollen in Zukunft konkrete Industrie 4.0-Projekte implementieren.

Ein genauerer Blick auf die nach Branchen differenzierten Ergebnisse zeigt, dass gerade in den für Industrie 4.0 relevanten Branchen aus dem Verarbeitenden Gewerbe und der Informationstechnologien vergleichsweise viele Unternehmen Projektaktivitäten im Industrie 4.0-Kontext

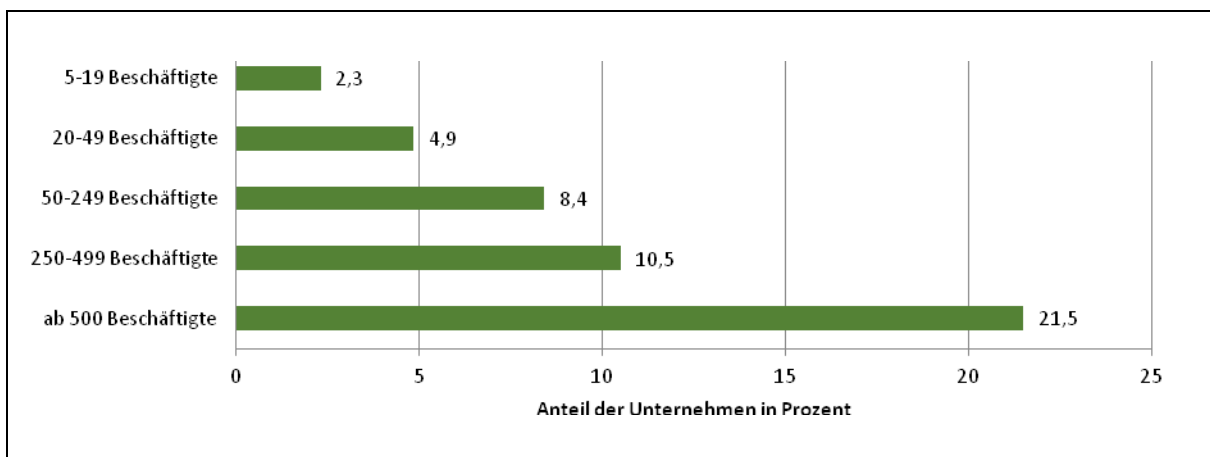
planen. In der IT-Branche planen rund 19 Prozent der Unternehmen Industrie 4.0-Projekte, in der Elektroindustrie sind es rund 15 Prozent und im Maschinenbau ca. 13 Prozent. Unternehmen aus dem Transportgewerbe, den unternehmensnahen Dienstleistungen und dem Einzelhandel stehen in der momentanen Umsetzungsbeteiligung von Industrie 4.0-Projekten dagegen mit Werten unter zwei Prozent am Ende der Branchenrangliste.

**Abb. 2-21: Anteil der deutschen Unternehmen, die in naher Zukunft Industrie 4.0-Projekte planen, nach Branchen**



Quelle: ZEW IKT Umfrage 2014.

**Abb. 2-22: Anteil der deutschen Unternehmen, die in naher Zukunft Industrie 4.0-Projekte planen, nach Größenklassen**



Quelle: ZEW IKT Umfrage 2014.

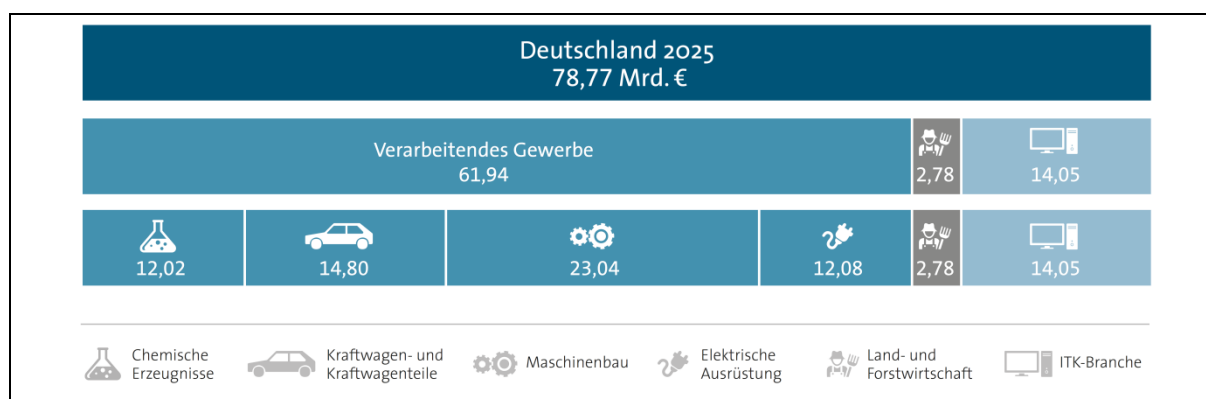


Obwohl diese Werte sicherlich ein guter Indikator für die aktuelle und mittelfristig geplante Umsetzung von Projekten im Kontext von Industrie 4.0 sind, lässt sich anhand der Zahlen keine quantitative Abschätzung des Effekts durchführen.

### 2.8.3 Ökonomische Wirkungen

Die ökonomischen Wirkungen von Industrie 4.0 zu quantifizieren ist aufgrund der Vielzahl an involvierten Parametern und der doch noch recht zurückhaltenden Umsetzungsstrategie von Industrie 4.0-Projekten relativ schwierig. Einer der ersten Quantifizierungsversuche unternahm der Branchenverband BITKOM in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut für Arbeitsorganisation. Allerdings ist diese Studie weit davon entfernt eine wirklich verlässliche Datengrundlage für die zukünftige Entwicklung zu bieten, da die zentrale Produktivitätsentwicklungsannahme auf der Einschätzung jeweils eines Branchenvertreters beruht. In Summe wird mit einem zusätzlichen Wertschöpfungspotenzial durch Industrie 4.0 bis zum Jahr 2025 in Höhe von 79 Mrd. Euro gerechnet, wobei mit über 23 Mrd. Euro der größte Anteil dem Maschinenbau zuzurechnen sein wird (siehe Abb. 2-23).

**Abb. 2-23: Wertschöpfungspotenzial ausgewählter Branchen durch Industrie 4.0 bis 2025**

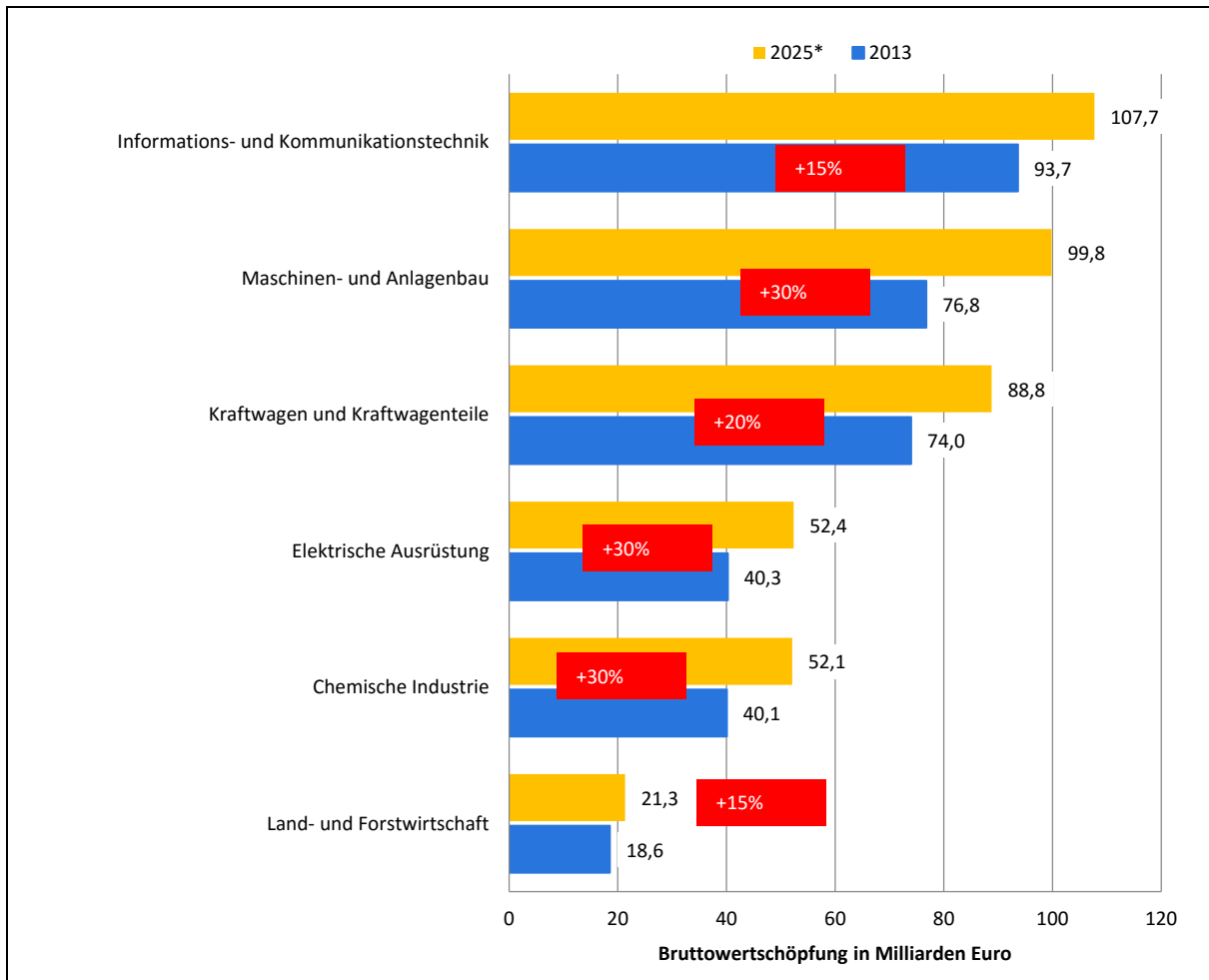


Quelle: BITKOM und Fraunhofer IAO (2014).

Die den Berechnungen zugrundeliegenden Annahmen der Steigerung der Bruttowertschöpfung in Deutschland im Zeitraum 2013 bis 2025 durch Industrie 4.0 betragen für den Maschinen- und Anlagebau, Elektrische Ausrüstungen und Chemische Industrie jeweils 30 Prozent. Für die Automobilindustrie wird ein zusätzliches Wachstum von 20 Prozent erwartet und die Bereiche IKT und Land- und Forstwirtschaft sollen um jeweils 15 Prozent steigen (siehe Abb. 2-24).

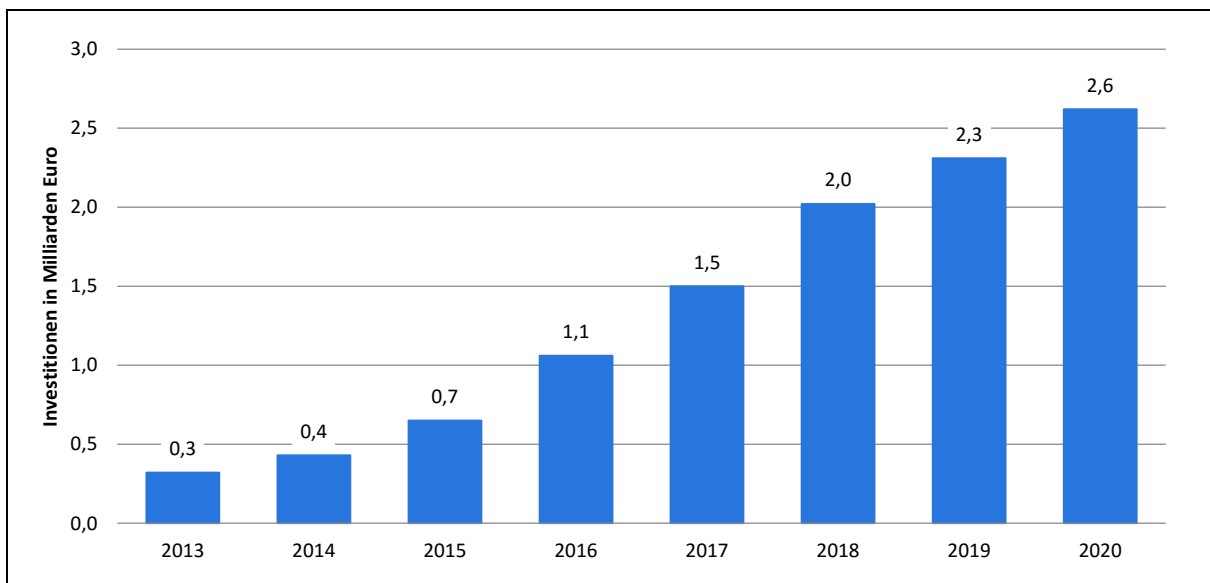
Laut einer Marktaberschätzung der Experton Group im Auftrag des Branchenverbands BITKOM aus dem Jahr 2014 werden die Investitionen in Industrie 4.0-Lösungen in den kommenden Jahren stetig zunehmen. Untersucht wurden 12 Branchen der deutschen Wirtschaft, darunter Chemie/Pharma, Automotive, Fertigung/Maschinenbau, Elektroindustrie, Landwirtschaft, Transport/Logistik, Dienstleistungen, Öffentlicher Sektor, Gesundheitswesen, Versorgung, Handel und Telekommunikation). Ausgehend von einem Investitionsvolumen in Höhe von 0,3 Mrd. Euro im Jahr 2013 sollen die investiven Ausgaben der Unternehmen für Industrie 4.0 auf 2,6 Mrd. Euro im Jahr 2020 anwachsen (BITKOM, 2014). Dies entspricht in etwa 2,5 Prozent der gesamten Bruttoanlageinvestitionen des Verarbeitenden Gewerbes aus dem Jahr 2013.

**Abb. 2-24: Prognose zur Steigerung der Bruttowertschöpfung ausgewählter Branchen durch Industrie 4.0 in Deutschland für das Jahr 2025**



Quelle: BITKOM und Fraunhofer IAO (2014); \*Prognose.

**Abb. 2-25: Investition in Industrie 4.0 in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2020**

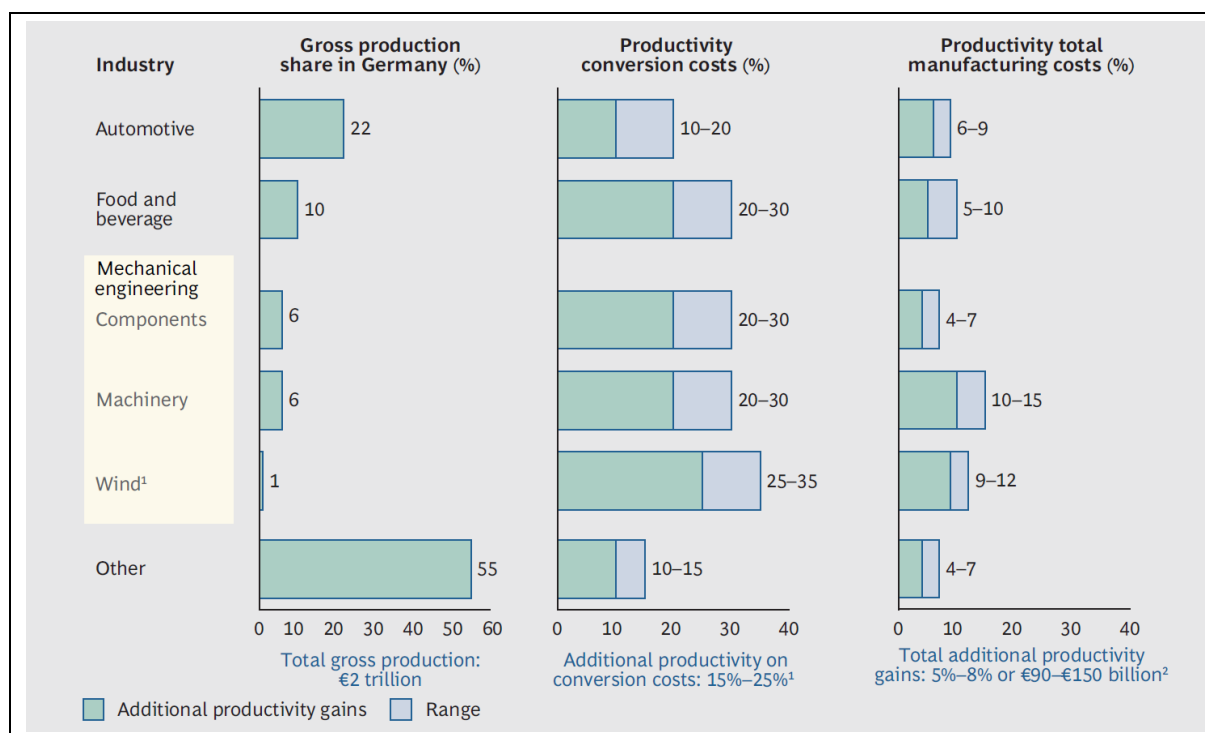


Quelle: BITKOM (2014).

Eine Studie von Accenture aus dem Jahr 2015 (Accenture, 2015) geht davon aus, dass das Industrial Internet of Things in Deutschland das kumulierte Bruttoinlandsprodukt bis zum Jahr 2030 um bis zu 700 Mrd. US\$ steigern könnte. Die Experten gehen dabei davon aus, dass die Wachstumsrate des BIP durch IIoT grundsätzlich um ein Prozent über dem Trendwachstums liegt. Die angestrebte Gesamtsumme kann zusammen mit zusätzlichen Investitionen (beispielsweise dem Ausbau der Breitbandinfrastruktur, etc.) erreicht werden.

Boston Consulting Group hat unlängst ebenfalls eine Studie zu den Auswirkungen von Industrie 4.0 für das deutsche Verarbeitende Gewerbe vorgelegt (BCG, 2015). Hierbei wird davon ausgegangen, dass in den nächsten 5 bis 10 Jahren verstärkt Industrie 4.0-Projekte realisiert werden und diese zu Produktivitätsgewinnen im gesamten Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland von in der Summe 90 bis 150 Mrd. Euro führen wird. Diese Werte entsprechen Produktivitätsgewinnen durch Industrie 4.0 zwischen 5 und 8 Prozent.<sup>78</sup> Die höchsten Zuwachsraten werden dabei für den Maschinenbau (10 bis 15 Prozent) und die Windkraftanlagenhersteller (9 bis 12 Prozent) erwartet. Für die bereits in hohem Maße automatisierte Automobilindustrie rechnet die Studie mit Produktivitätsgewinnen zwischen 6 und 9 Prozent.

**Abb. 2-26: Produktivitätsgewinne durch Industrie 4.0 in Deutschland**



Quelle: Boston Consulting Group (2015).

Anmerkungen: Conversion Cost (Herstellungskosten) = Herstellungskosten ohne Materialwert.

<sup>1</sup> Konstruktion von Windparks ist im Maschinenbau (einschließlich der technischen Komponenten, Turm und Gondel) enthalten.

<sup>2</sup> Ergänzender Nettoeffekte für das verarbeitende Gewerbe zusätzlich zur konventionellen Produktivitätssteigerung (einschließlich Investitionen).

Zusätzlich zu den prognostizierten Produktivitätssteigerungen in den einzelnen Branchen des Verarbeitenden Gewerbes, rechnet die Studie mit einem jährlichen Anstieg der gesamtwirtschaftlichen Einnahmen aufgrund einer gestiegenen Endnachfrage nach (jetzt) individualisierba-

<sup>78</sup> Das „normale“ Produktivitätswachstum im Verarbeitenden Gewerbe lag im Zeitraum 2001-2012 bei 26,5 Prozent. Siehe hierzu auch letzte Abbildung im Anhang.

ren Produkten und Dienstleistungen (mit Produktbezug) in Höhe von rund 30 Mrd. Euro pro Jahr.

Im Gegensatz zu den bereits vorgestellten Umfrageergebnissen des BITKOM zu den Investitionen in Industrie 4.0, geht Boston Consulting Group von wesentlich höheren Ausgaben aus. Insgesamt wird mit Investitionsaufwendungen in Höhe von rund 250 Mrd. Euro in den nächsten 10 Jahren gerechnet um die Anforderungen von Industrie 4.0-Lösungen im deutschen Verarbeitenden Gewerbe zu realisieren.

Diese Zahlen sind sehr optimistisch und sollten kritisch betrachtet werden. Zunächst ist davon auszugehen, dass es den „Endzustand“ der Industrie 4.0 im Sinne einer vollintegrierten, digitalisierten und vernetzten Wertschöpfungskette in allen Wirtschaftsbereichen und allen Unternehmen nicht geben wird (siehe auch Hirsch-Kreinsen 2014). Denn für zahlreiche, insbesondere kleinere Unternehmen, werden Insellösungen die geeignetere, da kostengünstigere und überschaubarere Variante sein. Hinzu kommt, dass Unternehmen, die neue Technologien einsetzen, sich darin unterscheiden können, wie gut und effizient sie diese Technologien wirklich nutzen. Der Erfolg hängt hier immer auch von begleitenden Maßnahmen wie Investitionen in die Arbeitsorganisation und in Humankapital ab, eine Erkenntnis, die sich sowohl in der ökonomischen (siehe z.B. Bresnahan et al. 2002) als auch in der industriesoziologischen Literatur (siehe z.B. Hirsch-Kreinsen 2014a) zeigt. Nettoeffekte zu prognostizieren, sowohl für die zu erwartenden Wachstumseffekte als auch für die Beschäftigungseffekte, ist daher sehr schwierig.

#### **2.8.4 Auswirkungen auf Beschäftigung und Qualifikation**

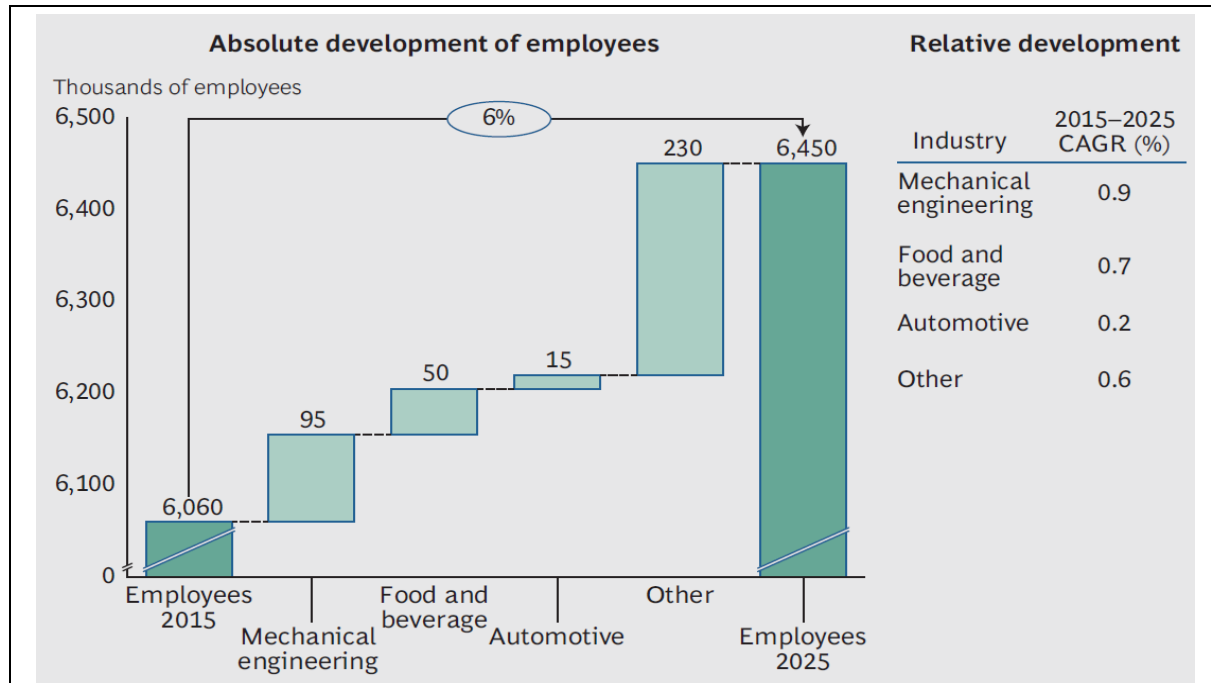
Umfrageergebnisse zeigen, dass die konsequente Umsetzung von Industrie 4.0 bzw. Industrial Internet zu einer strukturellen Verschiebung der Beschäftigung führen wird (World Economic Forum 2015). Routinetätigkeiten werden durch smarte Produktionsprozesse und intelligente Assistenzen und Roboter verdrängt. Diese Tätigkeiten können zukünftig von Maschinen/Prozessen in höherer Geschwindigkeit und Qualität und zu niedrigeren Kosten selbst durchgeführt werden.

Im Hinblick auf Industrie 4.0 und die Automatisierung zieht Hirsch-Kreinsen (2014a) Parallelen zu Computer-Integrated Manufacturing (CIM), das in den 80er und 90er Jahren entwickelt wurde um die Produktion zu automatisieren. Während sich die Diskussion in den 80er Jahren überwiegend um die Frage Mensch oder Maschine drehte, geht es bei der derzeitigen Diskussion eher darum, wie Mensch und Maschine miteinander arbeiten (Buhr 2015). Im Automatisierungsszenario übernehmen die Maschinen Kontroll- und Steuerungsaufgaben und lenken damit auch den Menschen. Die Arbeit Geringqualifizierter wird dadurch abgewertet. Hingegen nutzt im Spezialisierungsszenario der Mensch das System. In diesem Fall bleibt die Bedeutung des Facharbeiters oder Hochqualifizierten erhalten oder steigt sogar. Zwischen diesen beiden Szenarien sind Hybridszenarien denkbar (siehe Buhr 2015, S. 14).

Die Studie von Boston Consulting widmet sich auch der Arbeitskräfteabschätzung im Industrie 4.0-Kontext des Verarbeitenden Gewerbes. Bis zum Jahr 2025 sollen durch Industrie 4.0 im Verarbeitenden Gewerbe bis zu 390 Tausend zusätzliche Arbeitsplätze entstehen. Dies entspricht einem Anstieg von rund 6 Prozent. Der Anstieg fällt je nach Branche unterschiedlich aus (siehe dazu auch Abb. 2-27). Während im Maschinenbau mit 95.000 zusätzlichen Jobs gerechnet wird, liegt der Anteil in der Automobilindustrie bei 15.000. Auch die Experten von BCG sind sich allerdings sicher, dass einige Arbeiter aufgrund unzureichender Qualifikationen ihren Arbeitsplatz zukünftig verlieren werden, während IT-, Netzwerk- und Datenexperten, sowohl auf der Implementierungs- als auch auf der Anwendungsseite eine zusätzliche Nachfrage erfahren werden.

Vor allem soll der Bedarf an spezialisierten Fachkräften mit IT-Erfahrung steigen. Diese Fähigkeiten sind erforderlich für „das Management von intelligent vernetzten Maschinen, Produktionsabläufen und Services“ (BCG 2015c).

**Abb. 2-27: Entwicklung der Beschäftigung durch Industrie 4.0 im deutschen Verarbeitenden Gewerbe**



Quelle: Boston Consulting Group, 2015.

Die Anwendungen von Automatisierungstechnologien werden sich demnach auf bestimmte Bereiche konzentrieren, z.B. auf die Bereiche Produktion, Logistik und Transport sowie Prozessplanung- und steuerung. Die breitflächige Anwendung innerhalb eines Unternehmens im Sinne einer vollintegrierten, digitalisierten und vernetzten Wertschöpfungskette, wird eher die Ausnahme sein. Ebenso sei davon auszugehen, dass keine breitflächige Anwendung innerhalb von Branchen stattfinden wird. Der Einsatz von Automatisierungstechnologien wird eher auf einzelne Bereiche und eher auf mittlere und technologieintensive Unternehmen sowie auf größere Unternehmen beschränkt bleiben.

Für die betroffenen Beschäftigten zeichnet sich laut Hirsch-Kreinsen ab, dass gering qualifizierte repetitive Tätigkeiten durch Automatisierung substituiert werden. Beschäftigte mit mittlerer Qualifikation können eine Dequalifizierung erfahren, wenn sie lediglich bei Problemen eingreifen müssen und sich ihr Handlungsspielraum einschränkt. Zum anderen sind automatisierte Systeme komplexer und erfordern weitreichendere Kenntnisse über Zusammenhänge sowie die Fähigkeit die Systeme zu kontrollieren, die anfallenden Daten auszuwerten und entsprechend Handlungsbedarf zu identifizieren. Dies wiederum erfordert eine höhere Qualifikation, die komplementär zur Automatisierung ist. Hirsch-Kreinsen zieht zwei mögliche Organisationsformen in Betracht: Sowohl gering qualifizierte als auch hoch qualifizierte Beschäftigte gewinnen an Bedeutung und es kommt zu einer Polarisierung dieser beiden Gruppen (polarisierte Organisation) innerhalb des Unternehmens. Alternativ kann sich eine Schwarm-Organisation bilden, in der das gesamte Aufgabenspektrum von einem Team an hochqualifizierten Beschäftigten abgedeckt wird, die jeweils über einen unterschiedlichen Mix an Tätigkeiten und Qualifikationen verfügen und gleichberechtigt agieren. In beiden Szenarien ist davon auszugehen, dass es nicht zu einer großflächigen Freisetzung von Personal kommen wird.

Daraus folgt: Die direkten Beschäftigungswirkungen durch die Digitalisierung insbesondere in der industriellen Produktion lassen sich zurzeit kaum abschätzen. Entsprechend früherer Phasen der Digitalisierung oder Computerisierung ist davon auszugehen, dass gering qualifizierte und repetitive Tätigkeiten eher durch Automatisierung ersetzt werden, während die Bedeutung analytischer und steuernder sowie kreativer Tätigkeiten und damit die Bedeutung Hochqualifizierter Beschäftigung tendenziell zunimmt. Für Facharbeiter mittlerer Qualifikation besteht die Gefahr, dass sie dequalifiziert werden und dann zum Einsatz kommen, wenn das automatisierte System bzw. die Maschine versagt. Insgesamt gesehen sprechen diese Entwicklungen für eine weitere Polarisierung der Beschäftigung wie wir sie auch in den letzten Jahren beobachten konnten.

Was die Veränderungen innerhalb von Berufen angeht, so ist zu erwarten, dass analytische und kreative Tätigkeiten an Bedeutung gewinnen werden. Mit einer fortschreitenden Digitalisierung, unabhängig von der jeweiligen Branche, entstehen zunehmend Daten über Prozesse, Produkte, Kunden, Zulieferer etc. die analysiert werden müssen. Das heißt es bedarf Fähigkeiten, diese Daten aufzubereiten, auszuwerten, zu interpretieren und vor allem die richtigen Schlüsse daraus zu ziehen. Diese Fähigkeiten im Umgang mit Daten und mit statistischen Methoden werden in Zukunft stärker gefragt werden. Zudem ist zu erwarten, dass mehr interdisziplinäre Fähigkeiten gefragt sein werden, die an der Schnittstelle zwischen Ingenieurs- und Informatikwissen liegen.

Neben direkten Effekten sind auch indirekte Effekte möglich, die dadurch entstehen, dass durch Digitalisierung neue Produkte, Dienste und Geschäftsmodelle entstehen und Unternehmen ihren Absatzmarkt vergrößern (siehe auch Abschnitt 3.3).

### **3 Allgemeine Auswirkungen der Digitalisierung in Deutschland**

#### **3.1 Die Bedeutung der IKT-Branche und Internetwirtschaft in Deutschland**

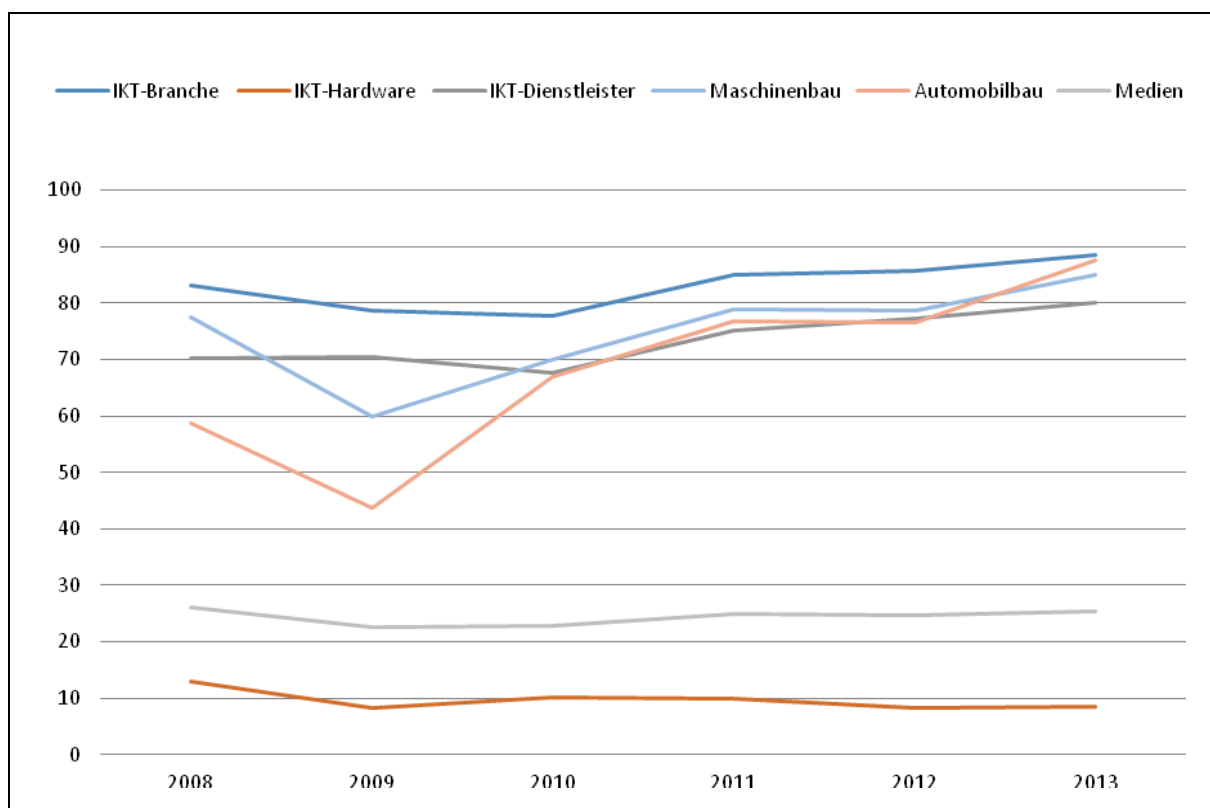
Die Branche der Unternehmen, die auf dem Gebiet der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) tätig sind, ist eine recht junge Branche. Sie setzt sich aus der IKT-Hardware, also der Herstellung von IKT-Geräten und den IKT-Dienstleistungsunternehmen zusammen. Zu den Dienstleistern zählen u.a. die Telekommunikationsdienstleister, die Softwarehersteller, sowie Anbieter weiterer IT-Dienste.

Trotz ihres recht jungen Alters, ist die IKT-Branche enorm wichtig für Deutschland. Sie ist für 4,7 Prozent der gesamten gewerblichen Wertschöpfung verantwortlich und liegt damit (leicht) vor dem Automobilbau und dem Maschinenbau. Seit der Finanzkrise konnte die IKT-Branche ihre Bruttowertschöpfung deutlich auf insgesamt rund 89 Milliarden Euro im Jahr 2013 steigern. Mit 91 Prozent entfällt ein Großteil der Bruttowertschöpfung der gesamten IKT-Branche im Jahr 2013 auf die IKT-Dienstleister. Die IKT-Hardwarebranche ist in stärkerem Maße auf Vorleistungen angewiesen als die IKT-Dienstleister. Ihr Anteil an der Bruttowertschöpfung der Gesamtbranche liegt daher bei vergleichsweise geringen neun Prozent bzw. 8,4 Milliarden Euro. In den vergangenen vier Jahren ist die Bruttowertschöpfung der IKT-Branche um fast 14 Prozent gestiegen. Dies geht im Wesentlichen auf einen kontinuierlichen Anstieg um insgesamt knapp 19 Prozent bei den IKT-Dienstleistern zurück. In der IKT-Hardwarebranche ist die Wertschöpfung bei unstemem Verlauf im Zeitraum 2010 bis 2013 um 17 Prozent gesunken (BMWi 2014).

Folgende Abbildungen geben einen Überblick über den Stand und die zeitliche Entwicklung der Bruttowertschöpfung in der IKT- und andere ausgewählter Branchen in Deutschland. Detaillierter Informationen finden sich zudem im Anhang.

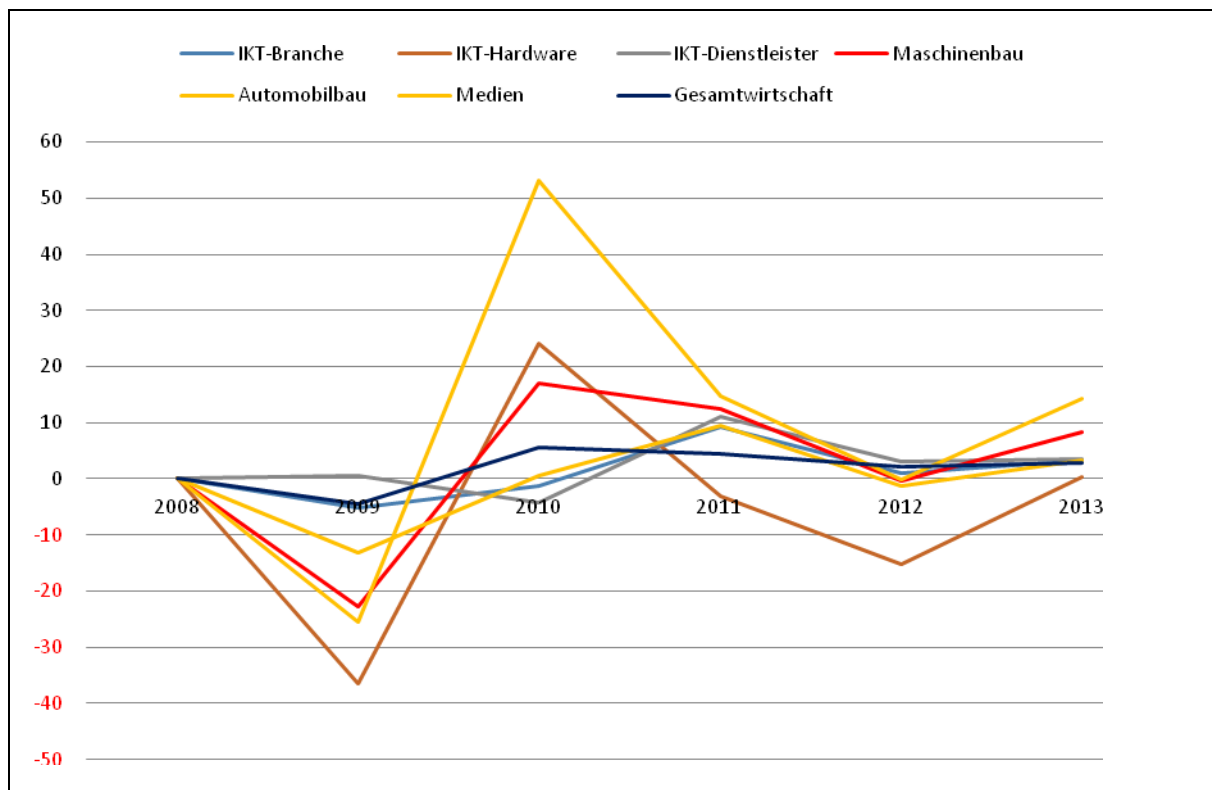
**Abb. 3-1: Bruttowertschöpfung der gewerblichen Wirtschaft in Deutschland**

Quelle: BMWi (2014).

**Abb. 3-2: Zeitliche Entwicklung der Bruttowertschöpfung (2008 bis 2013 in Mrd. Euro)**

Quelle: ZEW 2015.



**Abb. 3-3: Veränderung der Bruttowertschöpfung gegenüber Vorjahr (in Prozent)**

Quelle: ZEW 2015.

In der IKT-Branche sind Ende 2013 1.034.433 Menschen tätig. Damit ist die Beschäftigung in der Branche insgesamt im Vergleich zum Vorjahr um etwa ein Prozent gestiegen. Seit dem Jahr 2009 hat die Zahl der Erwerbstätigen in der gesamten IKT-Branche um 12,9 Prozent zugenommen. In absoluten Zahlen bedeutet das die Schaffung von fast 118.000 zusätzlichen Arbeitsplätzen. Die IKT-Branche trägt mit 4,2 Prozent zur gesamten gewerblichen Beschäftigung in Deutschland bei und liegt damit noch vor dem Automobilbau und auch sehr deutlich vor der Chemie- / Pharmabranche. So sind in der IKT-Branche absolut etwa 166.000 Menschen mehr beschäftigt als im Automobilbau, verglichen mit der Chemie- / Pharmabranche beschäftigen die Unternehmen der IKT-Branche weit mehr als die doppelte Anzahl an Menschen. Lediglich der Maschinenbau weist in diesem Branchenvergleich noch mehr Erwerbstätige als die IKT-Branche auf.

Innerhalb der IKT-Branche sind etwa 76 Prozent der Erwerbstätigen bei einem IKT-Dienstleister angestellt, während die IKT-Hardwarebranche im Jahr 2013 für 24 Prozent oder absolut 251.052 Arbeitsplätze verantwortlich ist. Sowohl die IKT-Hardwarebranche als auch die IKT-Dienstleister verzeichnen seit 2009 einen durchgehenden Anstieg der Beschäftigung (BMWi 2014).

Folgende Abbildungen geben einen Überblick über den Stand und die zeitliche Entwicklung der Erwerbstätigen in der IKT- und anderen ausgewählter Branchen in Deutschland. Auch hierzu finden sich detaillierter Informationen im Anhang.

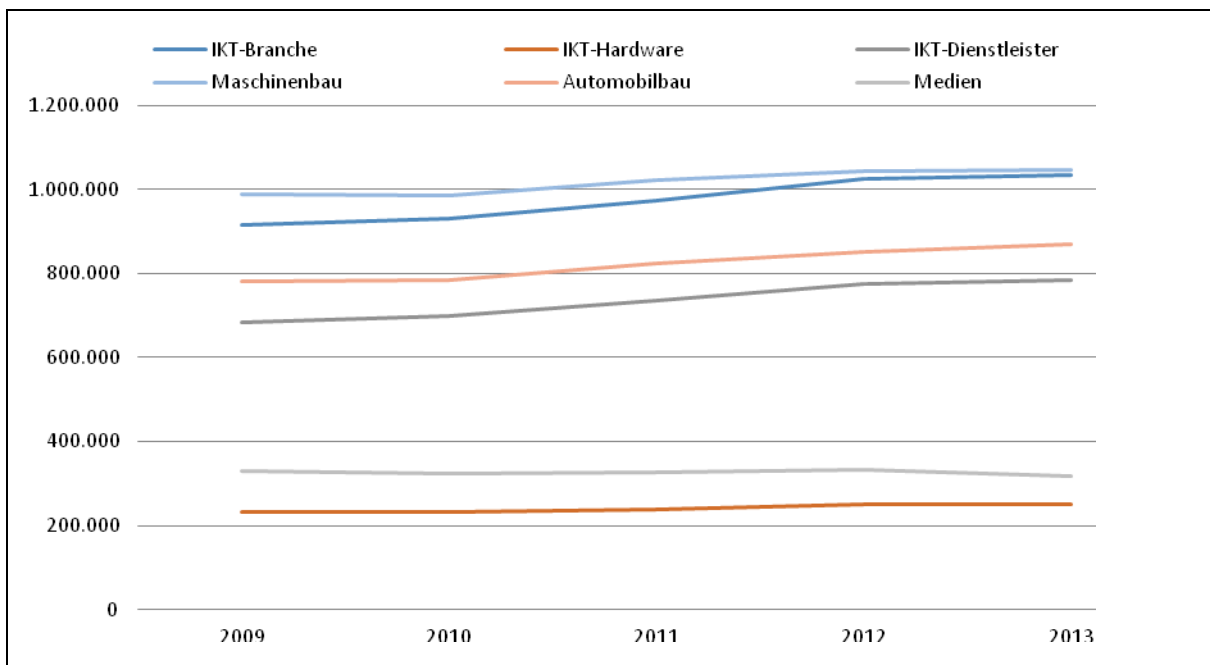
Mit dem Konzept der Internetwirtschaft werden sämtliche mit oder durch das Internet generierten Wirtschaftsaktivitäten gemessen. Die Internetwirtschaft in Deutschland weist im Jahr 2013 einen Umsatz von knapp 85 Milliarden Euro aus. Gemessen am Bruttoinlandsprodukt (BIP) entspricht dieser Wert einem Anteil von rund 3,1 Prozent. Sowohl wertmäßig als auch relativ zum BIP ist die Internetwirtschaft im Zeitraum 2011 bis 2013 in Deutschland stetig gewachsen. Alle Teilbereiche der Internetwirtschaft, inklusive des Außenhandelsaldos, haben sich in den vergangenen drei Jahren positiv entwickelt (BMWi 2014).

**Abb. 3-4: Erwerbstätigkeit der gewerblichen Wirtschaft in Deutschland**



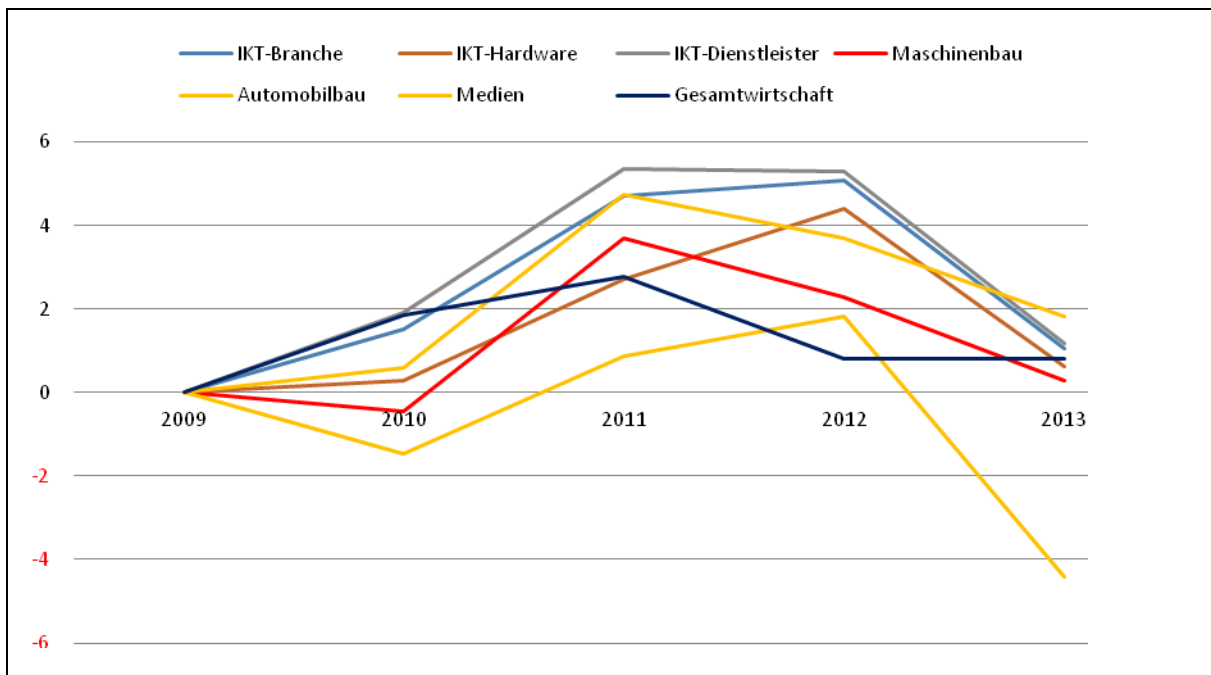
Quelle: BMWi (2014).

**Abb. 3-5: Zeitliche Entwicklung der Erwerbstätigen (2008 bis 2013)**



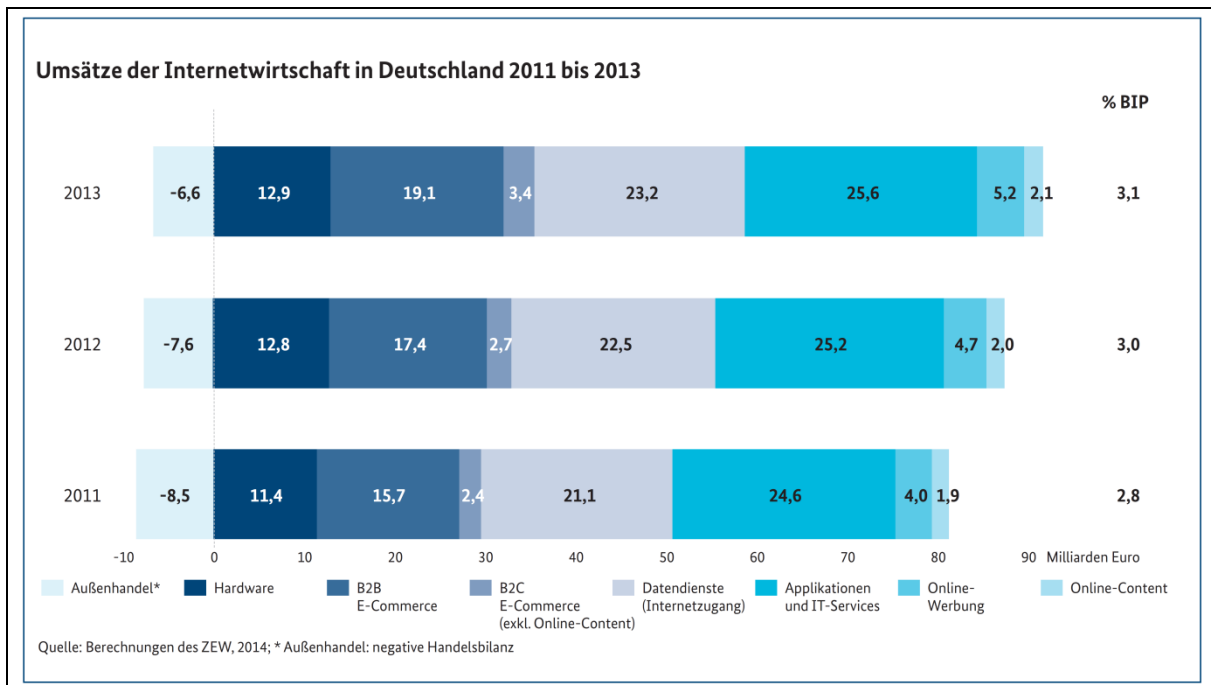
Quelle: BMWi (2014).

**Abb. 3-6: Veränderung der Erwerbstätigen gegenüber Vorjahr (in Prozent)**



Quelle: BMWi (2014).

**Abb. 3-7: Die Internetwirtschaft in Deutschland**



Quelle: BMWi (2014).

### 3.2 Stand der Digitalisierung auf Branchenebene

Branchen unterscheiden sich hinsichtlich ihres Digitalisierungsgrades. Abb. 3-8 zeigt den Digitalisierungsgrad und seine zeitliche Entwicklung in 21 Branchen der deutschen Wirtschaft. Der Branchenindex DIGITAL bildet die Verwendung der IKT-Investitionen in den jeweiligen Branchen ab. Er setzt sich aus den folgenden insgesamt acht Teilindikatoren zusammen:

- Anteil der Unternehmen mit Online-Verkäufen;
- Anteil des elektronischen Geschäftsverkehrs am Gesamtumsatz der Unternehmen;
- Anteil der Unternehmen, die auf ihrer Website Produktkataloge oder Preislisten bereitstellen;
- Anteil der Beschäftigten, die einen Computer verwenden;
- Anteil der Beschäftigten, die in einem Unternehmen mit Website arbeiten;
- Anteil der Beschäftigten, die eine DSL-Verbindung nutzen;
- Anteil der Beschäftigten, die eine mobile Breitbandverbindung über ein Mobilfunknetz nutzen;
- Anteil der Beschäftigten, die eine ortsfeste Breitbandverbindung nutzen.

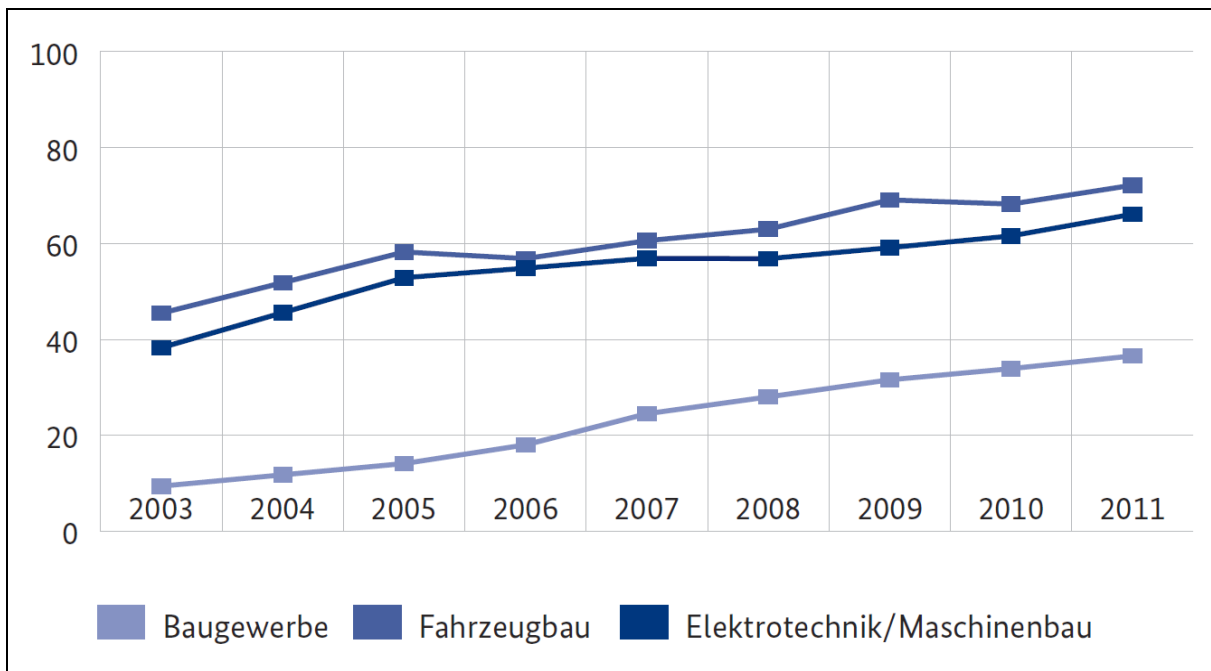
Der Index zeigt, dass die Dienstleistungsbranchen einen höheren Digitalisierungsgrad aufweisen als die Branchen des verarbeitenden Gewerbes, wobei die Branchen Telekommunikation und Medien an vorderster Stelle liegen, das Baugewerbe hingegen an letzter Stelle.

**Abb. 3-8: Branchenindex DIGITAL: Stand 2011 und Entwicklung seit 2003**

WZ 2008	Branchen	2011 (in Punkten)	Differenz 2003–2011 (in Punkten)
JB	Telekommunikation	83,0	20,6
JA	Verlagswesen, audiovisuelle Medien und Rundfunk	77,5	23,9
JC	IT- und Informationsdienstleister	76,6	12,7
K	Finanz- und Versicherungsdienstleister	76,6	35,7
CI	Datenverarbeitungsgeräte, elektronische und optische Produkte	76,5	28,5
CL	Fahrzeugbau	72,2	26,7
G	Handel	66,4	34,8
CJ_CK	Elektrotechnik und Maschinenbau	66,1	27,8
M	Freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleister	65,7	23,2
CD_CG	Chemie-/Pharmaindustrie sowie sonstige Grundstoffe	63,0	32,0
CB	Textil-, Bekleidungs- und Lederindustrie	62,8	40,2
CH	Metallindustrie	60,9	31,3
D_E	Energie- und Wasserversorgung	60,5	25,4
CC	Holz- und Papierindustrie, Druckerzeugnisse	60,4	37,2
CM	Sonstige Warenherstellung, Reparatur/Installation von Maschinen	58,6	34,0
L	Grundstücks- und Wohnungswesen	56,4	25,1
I	Gastgewerbe	56,2	38,3
H	Verkehr und Logistik	50,3	34,5
N	Sonstige Unternehmensdienstleister	49,6	32,8
CA	Nahrungsmittel-, Getränke- und Tabakindustrie	45,4	34,8
F	Baugewerbe	36,6	27,1

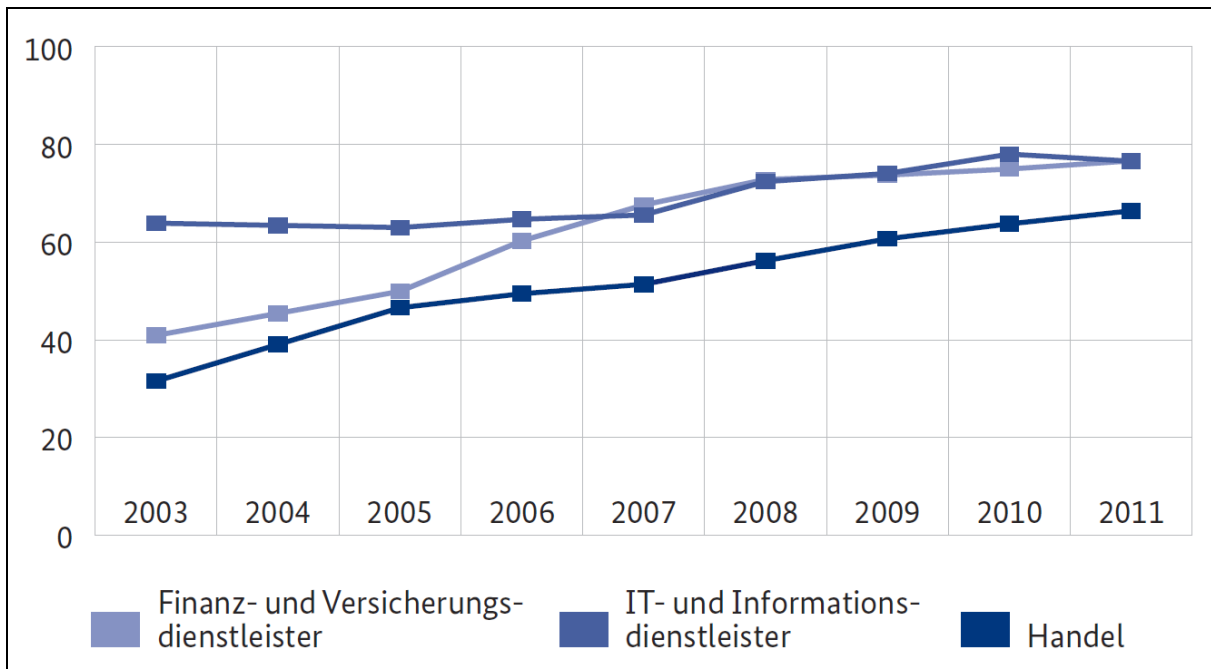
Quelle: BMWi (2014).

**Abb. 3-9: Branchenindex DIGITAL in drei ausgewählten Branchen des produzierenden Gewerbes**



Quelle: BMWi (2014).

**Abb. 3-10: Branchenindex DIGITAL in drei ausgewählten Branchen des Dienstleistungssektors**

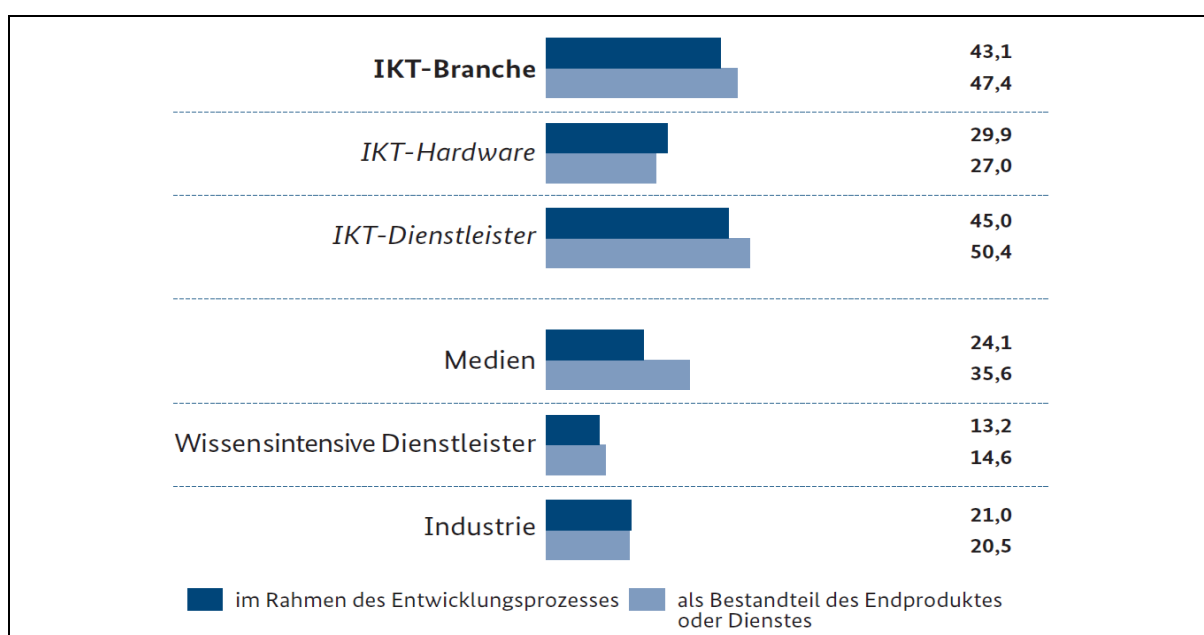


Quelle: BMWi (2014).

### 3.3 IKT als Innovationstreiber

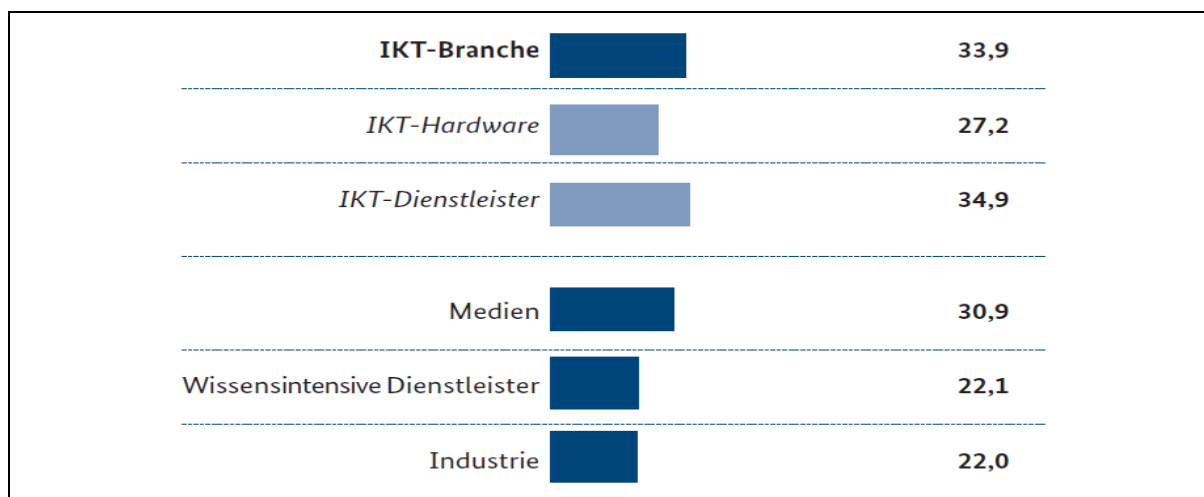
Ein wesentliches Charakteristikum der IKT ist, dass sie bei Unternehmen in Anwenderbranchen Impulse für Innovationen setzen können. Dies kann dadurch geschehen, dass IKT Bestandteil eines neuen oder merklich verbesserten Endprodukts oder Dienstes wird, wodurch neue Geschäftsmodelle oder Prozessinnovationen ermöglicht werden. Wie Abb. 3-11 zeigt, haben 50 Prozent der IKT-Dienstleister Produktinnovationen realisiert, für die IKT Bestandteil des Produkts oder Dienstes ist, bei 45 Prozent der Unternehmen spielten IKT eine Rolle im Entwicklungsprozess. Die entsprechenden Anteile in der Industrie liegen mit jeweils rund 20 Prozent deutlich darunter. Hinsichtlich neuer oder verbesserter Geschäftsmodelle haben 35 Prozent der IKT-Dienstleister und 22 Prozent der Industrieunternehmen neue oder verbesserte Geschäftsmodelle oder Geschäftsprozesse realisiert (siehe Abb. 3-12).

**Abb. 3-11: Neue oder verbesserte Produkte und Dienste durch IKT**



Quelle: ZEW Konjunkturumfrage Informationswirtschaft, Zusatzbefragung, 2014; Anteil der Unternehmen in Prozent.

**Abb. 3-12: Neue oder verbesserte Geschäftsmodelle oder -prozesse durch IKT**



Quelle: ZEW Konjunkturumfrage Informationswirtschaft, Zusatzbefragung, 2014; Anteil der Unternehmen in Prozent.

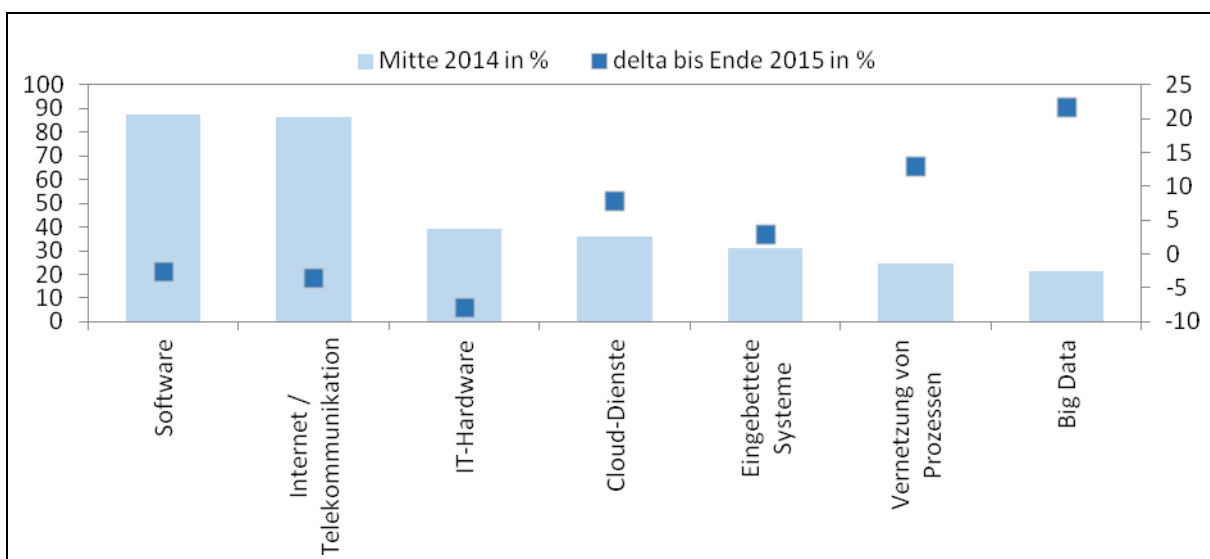
Sowohl in der IKT-Branche, die als Vorreiter der Digitalisierung gilt, als auch in der Industrie, erweisen sich Software und Internet beziehungsweise Telekommunikation als die wichtigsten digitalen Innovationstreiber. Sie sind Voraussetzung für die Anwendung vieler anderer IKT-Komponenten. Der Abstand zu den nachfolgenden Anwendungen ist dennoch groß: Nur acht Prozent der Industrieunternehmen mit IKT-getriebenen Innovationen sprechen Cloud-Diensten eine hohe Bedeutung im Innovationsprozess zu, nur ein Prozent sieht in Big Data eine Quelle von Innovationen. Selbst bei der Vernetzung von Prozessen wie sie für Industrie 4.0 charakteristisch ist, liegen die Industrieunternehmen deutlich hinter der IKT-Branche. Hingegen halten 71 Prozent der IKT-innovativen Industrieunternehmen Software für wichtig im Innovationsprozess, 70 Prozent sind es im Falle des Internets und der Telekommunikation. Das Potenzial neuer digitaler Anwendungen als Impulsgeber für Innovationen in Anwenderbranchen ist also bei weitem noch nicht ausgereizt. Die Bedeutung neuer IKT-Trends in der Industrie wird bis Ende 2015 verhalten zunehmen. Vergleichsweise hoch sind die Zuwachsraten der Unternehmen, die diese Trends als bedeutend im Innovationsprozess ansehen, bei den Cloud-Diensten und bei der Vernetzung von Prozessen wie sie sich im Kontext von Industrie 4.0 vollzieht. Die höchsten Wachstumsraten sind, ausgehend von sehr niedrigem Niveau, bei Big Data zu verzeichnen. Bis Ende 2015 soll bei sechs Prozent der Industrieunternehmen mit IKT-getriebenen Innovationen Big Data eine zentrale Rolle für Innovationen spielen. Es ist nicht absehbar, wie lange die Unternehmen brauchen werden, um die Innovationen in Produktivitätssteigerungen umzusetzen.

**Abb. 3-13: IKT-Komponenten mit hoher Bedeutung im Innovationsprozess**

	IKT-Branche	Industrie	Medien	Wissensintens. Dienstleister
Software	87,6	71,4	74,8	80,9
Internet / Telekommunikation	86,2	70,7	84,1	80,8
IT-Hardware	39,0	44,6	39,1	60,6
Cloud-Dienste	35,8	8,1	2,1	18,5
Eingebettete Systeme	31,0	24,4	24,6	32,5
Vernetzung von Prozessen	24,6	13,7	18,7	15,0
Big Data	21,1	1,1	8,0	9,5

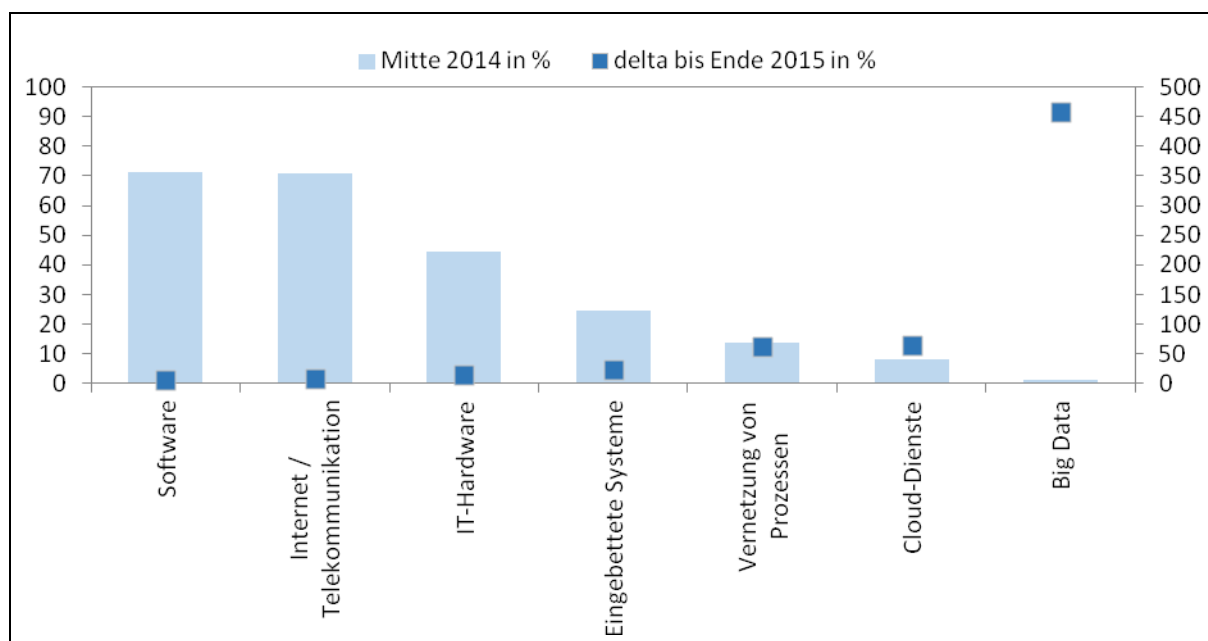
Quelle: ZEW Konjunkturumfrage Informationswirtschaft, Zusatzbefragung, 2014; Anteil der Unternehmen in Prozent.

**Abb. 3-14: IKT-Branche: Hohe Bedeutung von IKT-Komponenten im Innovationsprozess in 2014 und bis Ende 2015**



Quelle: ZEW Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 2014.



**Abb. 3-15: Industrie: Hohe Bedeutung von IKT-Komponenten im Innovationsprozess in 2014 und bis Ende 2015**

Quelle: ZEW Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 2014.

Die Realisierung IKT-basierter Innovationen wirkt sich positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen aus (siehe Abb. 3-16). Diese berichten in erster Linie davon, dass sie bestehende Kunden halten und besser auf deren Bedürfnisse reagieren konnten. Ebenso haben zum Teil deutlich mehr als die Hälfte der Unternehmen neue Kunden gewonnen, gegenüber ihren Wettbewerbern aufgeholt oder ihren Umsatz gesteigert.

**Abb. 3-16: Implikationen IKT-basierter Innovationen**

	IKT-Branche	Industrie	Medien	Wissensintens. Dienstleister
Halten bestehender Kunden	91,3	82,5	85,2	81,9
Bessere Reaktion auf veränderte Kundenbedürfnisse	85,5	78,5	79,2	80,2
Gewinnung neuer Kunden auf dem nationalen Markt	73,6	56,7	59,2	57,3
Aufholen gegenüber Wettbewerbern	67,3	60,5	50,8	58,5
Umsatzsteigerungen	59,3	49,1	51,5	54,7
Erhöhung der Marktanteile	55,3	46,9	43,7	47,0
Gewinnung neuer Kunden auf dem internationalen Markt	36,9	31,2	23,7	16,7
Kostensenkungen	29,2	39,0	40,6	25,2
Entwicklung umweltfreundlicherer Produkte	20,3	29,4	7,1	6,6

Quelle: ZEW Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 2014.

### 3.4 Auswirkungen von IKT auf den Energieverbrauch

Wie wirkt sich die Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) auf den Energieverbrauch und damit indirekt auf den Ausstoß von CO<sub>2</sub> aus? Um diese Frage zu beantworten, müssen verschiedene, teils gegenläufige Teileffekte betrachtet werden.

Einerseits geht mit der Herstellung und dem Einsatz von IKT, also beispielsweise Computer- und Kommunikationsequipment, stets ein direkter Verbrauch von elektrischer Energie einher. So zeigen Studien für Deutschland, dass etwa zehn Prozent des Stromverbrauchs durch die Nutzung von Computern und Telekommunikationsgeräten verursacht wird (Stobbe et al. 2009). Rund 60 Prozent davon fielen 2007 in Haushalten an. Wie sich dieser Verbrauch zukünftig entwickelt, hängt einerseits von der zukünftigen Entwicklung der Energieeffizienz solcher Geräte und andererseits von der zukünftigen Nutzungsintensität solcher Geräte ab. Steigt die durchschnittliche Energieeffizienz solcher Technologien über die Zeit stärker als ihre Nutzung an, so würde der direkte, durch die Nutzung von IKT verursachte, Energieverbrauch sinken. Verschiedene Studien kommen jedoch zu dem Schluss, dass der direkte Stromverbrauch durch die Nutzung von IKT in der Zukunft tendenziell eher ansteigt. So schätzen (Stobbe et al. 2009), dass der Verbrauch bis 2020 um ca. 20 Prozent ansteigen wird. Für einen wichtigen Teilbereich, Rechenzentren, schätzt Hintemann (2014), dass deren Energieverbrauch bis 2020 trotz anhaltender Effizienzsteigerungen gegenüber 2014 um 20 Prozent ansteigen wird.

Neben dem direkten Verbrauch von Energie durch die Herstellung und Nutzung von IKT, gilt es jedoch zusätzlich einen Substitutions- bzw. Effizienzeffekt zu beachten. So wird IKT ein erhebliches Potenzial zugeschrieben, den Energieverbrauch von Konsum- und Produktionsprozessen dadurch zu senken, dass sie es ermöglichen Prozesse (energie-)effizienter zu gestalten bzw. den Einsatz alternativer, energieverbrauchender Technologien und Tätigkeiten zu ersetzen oder zumindest zu verringern. Beispielsweise erlaubt es der Einsatz von IKT, industrielle Verfahren zu überwachen, besser zu steuern und zu optimieren. Auch ermöglichen es IKT physische, energieintensive Prozesse, wie etwa Reisen, durch virtuelle, weniger energieintensive Prozesse, wie Videokonferenzen, zu ersetzen. Ein weiteres Beispiel ist der Online-Handel (E-Commerce), der es ermöglicht physische durch virtuelle Kaufprozesse zu ersetzen und dadurch Energie einzusparen. GeSI (2008) schätzt, dass durch solche Effizienzsteigerungen und Substitutionsprozesse bis 2020 bis zu 15 Prozent der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen durch eine Reduktion des Energieverbrauchs eingespart werden können. Insbesondere im Energiesektor, dem Verarbeitenden Gewerbe, dem Transportsektor und dem Bausektor sehen sie erhebliche Einsparpotenziale durch smart grid-, smart building-, smart motor system-, und smart logistic system-Lösungen. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt die Studie von Labouze et al. (2008), in der mögliche Einsparpotenziale durch IT bis 2020 mit Hilfe von Szenarioanalysen abgeschätzt werden. Sie kommen zu dem Schluss, dass im Wohnungssektor bis zu 35 Prozent des Energieverbrauchs durch den Einsatz von IT-Lösungen eingespart werden. Genauso könnte im Dienstleistungssektor der Energieverbrauch für Gebäude um ca. 17 Prozent gesenkt werden. Für das Verarbeitende Gewerbe kommen sie auf ein Einsparpotenzial von ca. 10 Prozent. Auch für den Energiesektor sehen sie Einsparpotenziale. Insgesamt kommen sie zu dem Schluss, dass in ihren Szenarien die Einsparpotenziale durch IT die voraussichtlichen Steigerungen des direkten Energieverbrauchs durch die Nutzung von IT übersteigen (um 2,8 bis 53,4 Prozent des europäischen Gesamtstromverbrauchs).

Um Ex-Post-Evidenz zur Rolle von IKT für den Energieverbrauch (für die Zeit von 1995 bis 2007) zu generieren verwendet eine Studie des ZEW Informationen zur IKT-Nutzung und zum Energieverbrauch von 27 Branchen in 10 OECD-Ländern (Schulte et al., im Erscheinen). Die Ergebnisse zeigen, dass die Nutzung von IKT in dieser Zeit mit einer Senkung des Energieverbrauchs einherging. Branchen, die IKT verstärkt genutzt haben, konnten in besonderem Maße Energie-

einsparungen realisieren. Laut den Ergebnissen geht eine Erhöhung der IKT-Intensität um ein Prozent mit einer Reduktion des Energieverbrauchs um 0,24 Prozent einher. Die Ergebnisse der Studie zeigen jedoch auch, dass der beobachtete Einspareffekt vor allem auf Einsparungen bei nicht-elektrischer Energie im Verarbeitenden Gewerbe zurückzuführen ist, während für elektrische Energie und für den Dienstleistungssektor kaum Nettoeinsparungen festgestellt werden konnten.

Zusammenfassend lässt sich also schwer abschätzen, wie sich die zunehmende Verbreitung von IKT insgesamt zukünftig auf den Energieverbrauch auswirkt. Einerseits ist davon auszugehen, dass die Nutzung von IKT weiter zunimmt und mögliche Energieeffizienzsteigerungen in diesen Technologien diesen Anstieg nicht ausgleichen können. Andererseits wird der Einsatz solcher Technologien auch weiterhin Effizienz- und Substitutionseffekte haben, die dem direkten Verbrauchseffekt entgegenwirken, sodass nicht klar ist, welcher der verschiedenen Effekte letztendlich überwiegen wird. Entscheidend wird dafür vor allem die konkrete Ausgestaltung umwelt- und technologiepolitischer Maßnahmen sein.

### **3.5 Auswirkungen der Digitalisierung auf Produktivität und Beschäftigung**

#### *Produktivität*

Zahlreiche Studien befassen sich mit den ökonomischen Implikationen der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Insbesondere die Auswirkungen von IKT auf die Arbeitsproduktivität sind empirisch umfassend untersucht (siehe die Übersichtsartikel von Draca et al. 2007, Van Reenen et al. 2010, Bertschek 2012, Cardona et al. 2013). Laut dem Übersichtsartikel von Cardona et al. (2013) liegt die durchschnittliche geschätzte Produktionselastizität für IKT zwischen 0,05 und 0,06. Die meisten Studien beziehen sich auf IKT im Sinne von Investitionen in IKT oder im Sinne der Computertechnologie. Weniger umfassend und auch weniger eindeutig sind Studien zur Rolle der Internettechnologie. Während Untersuchungen auf der Grundlage von Industrie- oder Länderdaten positive und signifikante Produktivitätseffekte finden (siehe z.B. Czernich et al. 2011 oder Koutroumpis 2009), ist die Evidenz auf Grundlage von Firmendaten eher gemischt. Czernich et al. (2011) zeigen auf Basis von OECD-Länderdaten, dass eine Steigerung der Breitbandpenetration um 10 Prozent zu 0,9 bis 1,5 Prozent mehr jährlichem Wachstum führt. Hingegen können beispielsweise die Analysen von Bertschek et al. (2013) für deutsche Unternehmen, DeStefano et al. (2014) für britische Unternehmen und Haller und Lyons (2015) für irische Unternehmen keine signifikanten Effekte des Internets für die Arbeitsproduktivität nachweisen. Mögliche Erklärungsansätze sind, dass Breitbandinternet zunächst die Innovationsfähigkeit der Unternehmen erhöht (so genannte Enablerfunktion), und dass sich diese durch das Internet ermöglichten Innovationen erst mittel- bis langfristig in Produktivitätsgewinne umsetzen. Die positiven Auswirkungen auf die Wahrscheinlichkeit, Produkt- und Prozessinnovation zu realisieren, zeigen sich beispielsweise in der Studie von Bertschek et al. (2013) für in Deutschland ansässige Unternehmen sowie in der Studie von Polder et al. (2010) für die Niederlande. Diese Enablerfunktion von IKT zeigt sich auch, wenn Unternehmen direkt gefragt werden, ob das Internet ein wesentlicher Treiber von Produkt- und Prozessinnovationen ist (siehe Abschnitt 0).

Eine weitere Erklärung für die insignifikanten Schätzergebnisse bezüglich der Produktivitätseffekte des Internets ist, dass es davon abhängt, wie Unternehmen das Breitbandinternet konkret einsetzen oder was sie komplementär zum Breitband einsetzen. Colombo et al. (2013) beispielsweise berücksichtigen verschiedene Softwareanwendungen sowie organisatorische Veränderungen und zeigen, dass diese gemeinsam mit Breitband zu höherer Nettowertschöpfung (value added) führen. Die Ergebnisse beziehen sich auf kleine und mittlere italienische Unternehmen aus dem Verarbeitenden Gewerbe und dem Dienstleistungssektor. Die Komplementarität von IKT, organisatorischem Kapital und Humankapital wurde bereits von Bresnahan et al. (2002) untersucht und als wichtig befunden, um die Potenziale der eingesetzten Technologien nutzen zu können.

### *Beschäftigung und Qualifikation*

Studien auf der Grundlage von Arbeitnehmerdaten beziehen sich insbesondere in den 90er Jahren auf die Nutzung der Computertechnologie am Arbeitsplatz und untersuchen deren Beziehung zu Löhnen als Maß der individuellen Produktivität (siehe z. B. Krueger 1993, DiNardo und Pischke 1997 oder Entorf et al. 1999). In den frühen 2000er Jahren führen Autor et al. (2003) den so genannten „Task-Based Approach“ ein und berücksichtigen damit, dass Arbeit durch verschiedene Routine- und Nichttroutinetätigkeiten charakterisiert ist und dass sich Berufe in der Zusammensetzung dieser Tätigkeiten unterscheiden.

So lassen sich beispielsweise Routinetätigkeiten leicht kodifizieren und in Form von Routinen durch Computer automatisieren. Solche Tätigkeiten sind häufig in Berufen mit mittleren Qualifikationsanforderungen anzutreffen, wie beispielsweise in der Buchhaltung oder in Berufen mit repetitiven Tätigkeiten in der Produktion. Nichttroutinetätigkeiten hingegen lassen sich bisher nicht durch Computer erbringen. Diese sind sowohl in Berufen mit hohen als auch in Berufen mit niedrigen Qualifikationsanforderungen anzutreffen. Sie umfassen einerseits manuelle Tätigkeiten, welche komplexes, situationsangepasstes Verhalten voraussetzen (Beispiel Friseur). Andererseits geht es um kognitive Tätigkeiten, welche Flexibilität, Kreativität oder Problemlösungskompetenz erfordern. Dies führt zu einem Tätigkeitswandel, bei dem die Nachfrage nach menschlicher Arbeit für Routinetätigkeiten relativ zu menschlicher Arbeit für Nichttroutinetätigkeiten zurückgeht. Die Anpassung kann dadurch erfolgen, dass sich Tätigkeitsstrukturen innerhalb der Berufe verändern, aber auch dadurch, dass die Beschäftigtenanteile von routine-intensiven Berufen zurückgehen, da die entsprechenden Tätigkeiten von Computern oder digitalen Technologien generell übernommen werden (Acemoglu und Autor 2011).

Empirische Evidenz für den Tätigkeitswandel wurde unter anderem in den USA (Autor et al. 2003, 2006) und in Deutschland (Spitz-Oener 2006) festgestellt. Autor et al. (2003) zeigen für die USA und Spitz-Oener (2006) zeigt für Deutschland, dass die Anpassung der Tätigkeitsstrukturen sich insbesondere innerhalb von Berufen vollzieht. Da Routinetätigkeiten vor allem in Berufen mit mittleren Qualifikationsanforderungen und mit mittlerer Entlohnung relativ weit verbreitet sind, kann es zu einer Beschäftigungs- und Lohnpolarisierung kommen. Bei der Beschäftigungspolarisierung sinkt der Anteil der Beschäftigten im mittleren Lohnsegment relativ zu den Beschäftigtenanteilen am unteren und am oberen Ende des Lohnsegments. Bei der Lohnpolarisierung wachsen die Löhne im mittleren Lohnsegment langsamer als im unteren und im oberen Lohnsegment. In den USA kann sowohl die Beschäftigungs- als auch die Lohnpolarisierung beobachtet werden (Autor et al. 2008, Autor und Dorn 2013, Firpo et al. 2011). In Deutschland hingegen kann zwar eine Beschäftigungspolarisierung, aber keine Lohnpolarisierung festgestellt werden (Antonczyk et al 2010, Dustmann et al. 2009, Kampelmann und Rycx 2011, Senftleben und Wielandt 2013).

Diese Studien zeigen nur Kompositionseffekte technologischen Wandels auf die Beschäftigung auf, sie treffen jedoch keine Aussagen über Effekte auf die Gesamtbeschäftigung. Zwar können neue Technologien in Form von Prozess-innovationen dazu führen, dass menschliche Arbeitskraft durch Maschinen substituiert und damit freigesetzt wird. Verschiedene makroökonomische Anpassungsprozesse können aber die Effekte auf die Gesamtbeschäftigung teilweise, ganz oder sogar überkompensieren. Beispielsweise entstehen neue Arbeitsplätze in den Sektoren, welche die neuen Technologien produzieren. Neue Technologien führen über Kosten- und Preissenkungen zu einem Anstieg der Nachfrage und über eine Ausdehnung der Produktion zu neuer Beschäftigung. Die Freisetzung von Arbeitskräften kann über sinkende Löhne wiederum zu steigender Arbeitsnachfrage führen. Aufgrund der höheren Produktivität könnten zudem die am Produktionsprozess weiterhin beteiligten Arbeitskräfte höhere Löhne verhandeln, was über steigende Konsumnachfrage auch zu einer höheren Arbeitsnachfrage führen könnte (Pianta 2009; Vivarelli 2007). Die Gesamtbeschäftigungseffekte sind damit unklar.

Aktuelle empirische Studien zu den Gesamtbeschäftigungseffekten des technologischen Wandels gibt es bisher wenige. Ergebnisse für Großbritannien und OECD-Länder aus den 1990er Jahren zeigen, dass makroökonomische Anpassungsprozesse ausreichen um die Freisetzungseffekte auszugleichen (Layard und Nickell 1985; Layard et al. 1994, 2003; Pini 1995). In einer aktuelleren Studie stellt Feldmann (2013) für 21 Industrieländer fest, dass technologischer Fortschritt in Form von Innovationen nur mittelfristig, aber nicht langfristig die Arbeitslosigkeit erhöht. Aktuellere Studien, wie Autor und Dorn (2013), Goos et al. (2014) oder Gregory et al. (2015) nähern sich makroökonomischen Beschäftigungseffekten durch Digitalisierung, indem sie weitere Anpassungskanäle miteinbeziehen. Da sie bisher jedoch nicht alle Anpassungskanäle einbeziehen können, lassen sich noch keine Aussagen über die Gesamtbeschäftigungseffekte treffen.

Pantea et al. (2014) kommen in ihrer Untersuchung für verschiedene EU-Länder zu dem Schluss, dass IKT in IKT-nutzenden Unternehmen nicht zu einer Freisetzung von Beschäftigten führt.

Aussagen über zukünftige Auswirkungen der Digitalisierung auf die Beschäftigung sind schwierig, belastbare Studien dazu gibt es bisher kaum. Eine Ausnahme bilden Frey und Osborne (2013). Die Autoren ermitteln auf Grundlage von technischen Engpässen, Tätigkeitsstrukturen und Experteneinschätzungen ein Maß für das technologische Automatisierungspotenzial von Berufen in den USA. Sie kommen zu dem Schluss, dass derzeit 47 Prozent der Beschäftigten in den USA in Berufen arbeiten, die mit einer hohen Wahrscheinlichkeit (größer 70 Prozent) in den nächsten 10 bis 20 Jahren automatisiert werden können. Drei Tätigkeitskategorien bezeichnen Frey und Osborne als so genannte „Engineering Bottlenecks“, d.h. als Tätigkeitskategorien, die sich nicht leicht durch Technologie ersetzen lassen (siehe Frey und Osborne 2013, Tabelle 1, sowie Bonin et al. 2015, S. 3ff.): (i) Wahrnehmungs- und Manipulationstätigkeiten, Zurechtfinden in komplexen und unstrukturierten Umgebungen, z.B. die Identifizierung von Fehlern und anschließende Korrektur wie beim Fallenlassen eines Objekts beim Transport. (ii) Kreativ-intelligente Tätigkeiten, d.h. die Fähigkeit neue und wertvolle Ideen oder Artefakte zu entwickeln, z.B. Entwicklung von Konzepten, Musikkompositionen oder wissenschaftlichen Theoremen. (iii) Sozial-intelligente Tätigkeiten, die z.B. beim Verhandeln, Überzeugen oder in der Pflege notwendig ist.

In Termini von Berufen bedeutet dies (siehe Frey und Osborne 2013, S. 39-40), dass vor allem Berufe in den Bereichen Transport und Logistik, Unterstützung von Büro- und Verwaltungsaufgaben und Produktion eine hohe Automatisierungswahrscheinlichkeit haben. Hinzu kommen Berufe im Dienstleistungsbereich (durch die Weiterentwicklung von Service Robotern), insbesondere im Verkauf (Kassierer, Sachbearbeiter, Telefonverkäufer), aber auch in der Konstruktion, da die Vorfertigung von Elementen zunehmend automatisiert erfolgen kann.

Entsprechend der Klassifizierung der Berufe nach Frey und Osborne (Standard Occupational Classification – SOC) hätten alle Berufe ab Rang 387 in der Tabelle des Appendix eine hohe Automatisierungswahrscheinlichkeit, d.h. die Wahrscheinlichkeit der Automatisierung ist größer als 0,7.

In einer Kurzexpertise für das BMAS übertragen Bonin et al. (2015) die Studie von Frey und Osborne (2013) auf Deutschland. Sie kommen zum Ergebnis, dass derzeit 42 Prozent der Beschäftigten in Deutschland in Berufen mit hoher Automatisierungswahrscheinlichkeit arbeiten.<sup>79</sup> Problematisch an der Methodik der berufs-basierten Berechnung der Automatisierungswahrscheinlichkeiten von Frey und Osborne ist allerdings die Annahme, dass Beschäftigte in den gleichen Berufsgruppen ähnliche Tätigkeiten ausüben (Bonin et al. 2015, Seite 11). Um

---

<sup>79</sup> Eine Studie der ING-DiBa kommt hingegen auf einen Wert von 59 Prozent für Deutschland (Brzeski und Burk, 2015).

diese strikte Annahme zu umgehen, werden in Bonin et al. (2015) auch tätigkeitsbasierte Berechnungen anhand von Individualdaten (PIAAC) erstellt. Dadurch ergibt sich ein deutlich geringerer Anteil der Arbeitsplätze mit hoher Automatisierungswahrscheinlichkeit in Deutschland von 12 Prozent (für die USA 9 Prozent).

Abbildung 7 in Bonin et al. (2015) zeigt die Automatisierungswahrscheinlichkeit nach ISCO-Berufen, wenn die SOC-Klassifikation auf die ISCO-Klassifikation übertragen wird. Demnach ergibt sich für die Berufe mit ISCO-Code 11 (Geschäftsführer und Vorstände), 13 (Führungskräfte in der Produktion), 22 (Akademische Gesundheitsberufe), 23 (Lehrkräfte), 25 (Akademische IKT-Fachkräfte) eine recht niedrige Automatisierungswahrscheinlichkeit und für die Berufe mit ISCO-Code 41 (Büro- und Sekretariatskräfte), 43 (Bürokräfte im Finanz- und Rechnungswesen, 82 (Maschinenbediener und Montierer), 92 (Hilfsarbeiter in der Land- und Forstwirtschaft, und Fischerei), 94 (Hilfskräfte in der Nahrungsmittelzubereitung) und 95 (Straßenhändler und auf der Straße arbeitende Dienstleistungskräfte) eine recht hohe Automatisierungswahrscheinlichkeit (siehe auch Bonin et al. 2015, Tabelle 2 auf Seite 34). Allerdings geht es bei dieser Darstellung im Kern darum zu zeigen, dass einem Beruf recht unterschiedliche Automatisierungswahrscheinlichkeiten zugeordnet werden können und somit eindeutige Aussagen zur Automatisierung anhand der Berufsklassifikation sehr schwierig sind.

Der tätigkeitsbasierte Ansatz von Bonin et al. (2015) berücksichtigt, dass in den Berufen zum Teil sehr unterschiedliche Tätigkeiten ausgeübt werden und die Personen in demselben Beruf damit teilweise sehr unterschiedlich betroffen sein können. Tabelle 4 (S. 42) zeigt in der letzten Spalte den Einfluss der Indikatoren, vor allem der Tätigkeiten, auf die Automatisierungswahrscheinlichkeit. Die Automatisierungswahrscheinlichkeit ist demnach umso geringer, je mehr die Beschäftigten interaktive, komplexe oder Nichtroutine-Tätigkeiten ausüben. Dieses Ergebnis ist relativ ähnlich zu Frey und Osborne und deren Definition der drei "Bottleneck"-Tätigkeitsfelder, die bisher nicht automatisiert werden können und in eine ähnliche Richtung zeigen. Bonin et al. (2015) verdeutlichen anhand der Nutzung der PIAAC-Individualdaten, dass solche schwer automatisierbaren Tätigkeiten weit verbreitet sind - auch in Berufen, die nach Frey und Osborne leicht automatisierbar sind.

Frey und Osborne treffen explizit keine Aussagen über Beschäftigungseffekte. Das technologische Automatisierungspotenzial wird in der öffentlichen Diskussion dennoch häufig mit der Rate missverstanden, mit der Berufe zukünftig aufgrund neuer digitaler Technologien obsolet werden und wegfallen. Aus dem technischen Automatisierungspotenzial können jedoch keine direkten Rückschlüsse über mögliche Beschäftigungseffekte gezogen werden. Das ist auf zwei zentrale Gründe zurückzuführen.

Erstens sind Beschäftigte durchaus in der Lage, ihre Tätigkeitsstrukturen an technologischen Wandel anzupassen. Die bisherige Erfahrung hat gezeigt, dass ein Großteil der Anpassung an die Computerisierung über die Anpassung der Tätigkeitsstrukturen innerhalb der Berufe erfolgt (Autor et al. 2003, Spitz-Oener 2006). Zudem lassen sich berufliche Tätigkeiten häufig nicht oder nur schwer trennen. Zwar könnten neue digitale Technologien bestimmte berufliche Tätigkeiten übernehmen. Da aber nicht alle damit verknüpften Tätigkeiten notwendigerweise automatisierbar sind, verschiebt sich die Arbeitsteilung zwischen Menschen und Maschinen lediglich innerhalb des Berufs. Die Berufe verschwinden nicht zwangsläufig (Autor 2013).

Zweitens finden makroökonomische Anpassungsprozesse statt. Diese haben bisher technologisch bedingte Arbeitslosigkeit in größerem Ausmaß verhindert, wie oben beschrieben. Dies lässt darauf schließen, dass diese Anpassungsprozesse auch in Zukunft den Freisetzungseffekten technologischen Wandels entgegenwirken werden. Abschätzungen darüber, in welchem Ausmaß dies zukünftig geschehen könnte, gibt es jedoch nicht.

Es bleibt somit festzuhalten, dass von dem durch Frey und Osborne ermittelten technischen Automatisierungspotenzial nicht direkt auf Beschäftigungseffekte geschlossen werden kann. Die Bedrohung von Arbeitsplätzen fällt voraussichtlich deutlich geringer aus als das technische Automatisierungspotenzial. Weiterhin gibt es Anzeichen dafür, dass Frey und Osborne das technische Automatisierungspotenzial überschätzen. Erstens beruhen die Ergebnisse von Frey und Osborne auf Experteneinschätzungen. Experten neigen jedoch dazu, die Potenziale neuer Technologien zu überschätzen. Dies geschieht vor allem bei Tätigkeiten mit hohen Anforderungen an Flexibilität, Urteilskraft und gesunden Menschenverstand. Solche Tätigkeiten üben Menschen meist intuitiv aus, ohne dass die zugrundeliegenden Prozesse genau verstanden werden. Die Probleme, die bei der Automatisierung solcher Tätigkeiten auftreten, werden von Experten häufig unterschätzt (Autor 2014). Zweitens vernachlässigen Frey und Osborne gesellschaftliche, rechtliche und ethische Hürden bei der Einführung neuer Technologien. Solche Hürden können die Einführung neuer Technologien verzögern oder gar verhindern. Technologische Potenziale werden weder zwangsläufig noch unmittelbar umgesetzt.

Die Studie von BITKOM und Prognos (2013) analysiert für Deutschland die volkswirtschaftlichen Effekte der Digitalisierung. Auf Basis von Patentdaten (Anteil der Patente mit IKT-Bezug an den Gesamtpatenten) wird für den Zeitraum 1998 bis 2012 der Beitrag der Digitalisierung zum technischen Fortschritt und damit zur Wertschöpfung berechnet. Aus dem durch die Digitalisierung hervorgerufenen Wachstumsimpuls je Branche wird weiterhin ein Effekt auf die Erwerbstätigkeit berechnet (siehe Abb. 3-17).

Der auf die Wertschöpfung bezogene Wachstumsimpuls liegt in den einzelnen Branchen zwischen 0,3 und 0,9 Prozentpunkten. Hohe Werte werden im Bergbau und im Bereich der Energieversorgung erreicht, niedrige Werte sind hingegen neben dem Bereich private Haushalte und sonstige Dienstleistungen insbesondere im Verarbeitenden Gewerbe (Metallerzeugnisse, EDV-, elektronische und optische Geräte, elektrische Ausrüstungen, Maschinenbau, Fahrzeugbau und sonstiges VG) zu finden. Im Durchschnitt über die Gesamtwirtschaft beläuft sich der Wachstumsbeitrag der Digitalisierung auf 0,5 Prozentpunkte. Dieser Impuls führt zu einem höheren Niveau der gesamten Wertschöpfung im Jahre 2012 in Höhe von 145 Milliarden Euro. Bezogen auf die Erwerbstätigkeit führt der auf die Digitalisierung zurückführbare Wertschöpfungsimpuls zu einer höheren Erwerbstätigenzahl von insgesamt 1,46 Millionen Personen im Jahre 2012 (BITKOM und Prognos, 2013).



**Abb. 3-17: Digitalisierungseffekt auf die Wertschöpfung und Erwerbstätigkeit nach Wirtschaftsbereichen, Wachstumsimpuls (1998-2012) und Niveaueffekt (Mrd. Euro real)**

Wirtschaftsbereiche		Wertschöpfung		Erwerbstätige	
		Wachstumsimpuls (% p.a.)	Niveaueffekt (Mrd. Euro) in 2012	Wachstumsimpuls (% p.a.)	Niveaueffekt (Tsd. ET) in 2012
A	Land-/Forstwirtschaft, Fischerei	0,6%	1,3	0,4%	39
B-E	Produzierendes Gewerbe (ohne Baugewerbe)	0,5%	38,3	0,3%	300
B	Bergbau	0,9%	1,1	0,6%	11
C	Verarbeitendes Gewerbe	0,5%	30,1	0,3%	258
C10-C12	Nahrungsmittel, Getränke, Tabak	0,7%	4,0	0,4%	41
C13-C15	Textilien, Bekleidung, Leder	0,5%	0,7	0,3%	10
C16-C18	Holz, Papier, Druck	0,5%	2,2	0,3%	27
C19	Kokerei, Mineralölverarbeitung	0,6%	1,3	0,4%	1
C20	Chemie	0,7%	3,4	0,4%	19
C21	Pharmazie	0,6%	0,7	0,4%	5
C22	Gummi, Kunststoffe	0,5%	1,5	0,3%	13
C23	Glas, Keramik, Steine und Erden	0,5%	1,1	0,3%	11
C24	Metallerzeugung	0,5%	1,7	0,3%	12
C25	Metallerzeugnisse	0,4%	2,0	0,2%	23
C26	EDV-, elektronische und optische Geräte	0,4%	0,6	0,3%	12
C27	elektrische Ausrüstungen	0,3%	1,6	0,2%	11
C28	Maschinenbau	0,4%	3,8	0,3%	28
C29	Kraftwagen/-teile	0,4%	3,5	0,3%	24
C30	sonstiger Fahrzeugbau	0,4%	0,3	0,3%	4
C31-C33	sonstige verarbeitendes Gewerbe	0,4%	1,6	0,2%	18
D-E	Energie, Wasser, Abfall	0,8%	7,1	0,5%	31
D	Energieversorgung	0,8%	4,8	0,5%	19
E	Wasserversorgung, Abwasser und Abfall	0,7%	2,3	0,4%	12
F	Baugewerbe	0,6%	10,2	0,4%	146

Fortsetzung nächste Seite.

Fortsetzung von vorheriger Seite.

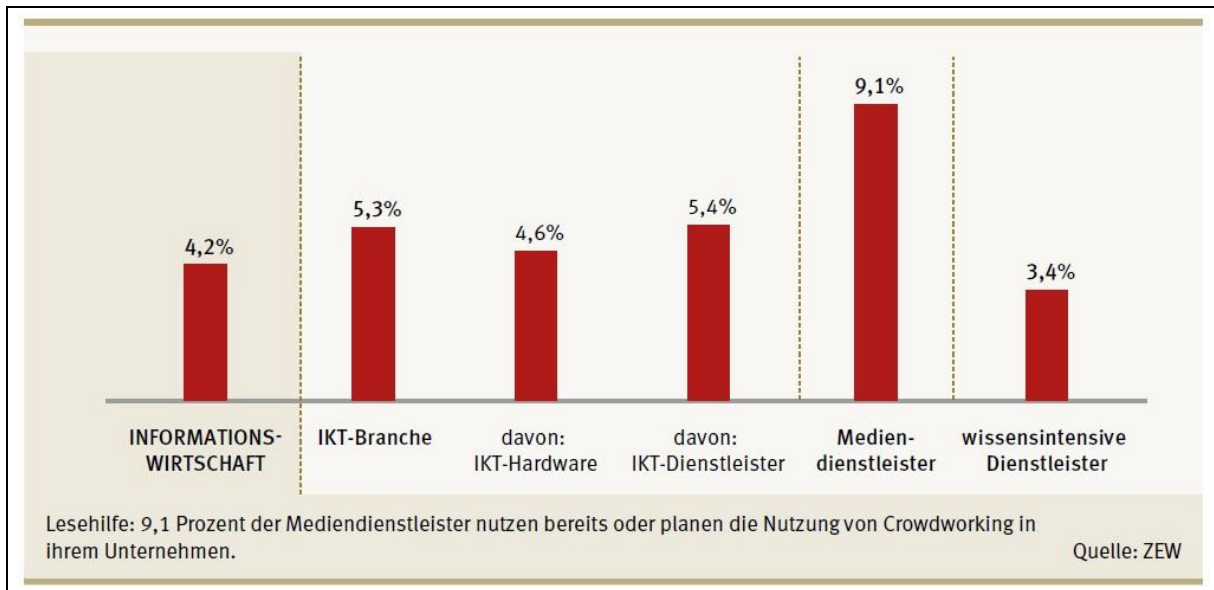
Wirtschaftsbereiche		Wertschöpfung		Erwerbstätige	
		Wachstumsimpuls (% p.a.)	Niveaueffekt (Mrd. Euro) in 2012	Wachstumsimpuls (% p.a.)	Niveaueffekt (Tsd. ET) in 2012
G-U	Dienstleistungen	0,5%	95,1	0,3%	976
G-I	Handel, Verkehr, Gastgewerbe	0,5%	21,1	0,3%	313
G	Handel, Reparatur von Kraftfahrzeugen	0,5%	11,8	0,3%	196
H	Verkehr und Lagerei	0,6%	7,2	0,4%	77
I	Gastgewerbe, Beherbergung	0,4%	2,1	0,3%	40
J	Information, Kommunikation	0,4%	3,8	0,2%	32
K	Finanz-/Versicherungsdienstleistungen	0,6%	12,4	0,3%	45
L	Grundstücks-/Wohnungswesen	0,5%	14,6	0,3%	14
M-N	unternehmensnahe Dienstleistungen	0,4%	12,5	0,3%	114
O-Q	Staat, Gesundheits-/Sozialwesen	0,5%	25,3	0,3%	358
O	Öffentliche Verwaltung	0,5%	8,9	0,3%	110
P	Erziehung, Unterricht	0,5%	6,5	0,3%	86
Q	Gesundheits-/Sozialwesen	0,6%	10,0	0,3%	163
R-U	Private Haushalte, sonst. Dienstleistungen	0,4%	5,4	0,3%	99
A-U	Alle NACE-Wirtschaftszweige	0,5%	144,9	0,3%	1.460

Quelle: BITKOM und Prognos AG (2013).

### *Crowdworking*

Im Laufe der letzten Jahre hat sich ein Markt für bezahlte Arbeit in der Crowd entwickelt, der es Unternehmen ermöglicht, Aufgaben flexibel an externe Arbeitskräfte zu vergeben. Dieser Markt für bezahlte Online-Arbeit wird in der Literatur unter dem Schlagwort „Crowdworking“ diskutiert (vgl. etwa Kawalec und Menz 2013 oder Blohm et al. 2014). Bis heute hat sich ein recht heterogenes Feld an Crowdworking-Plattformen etabliert, welche ein breites Spektrum an Tätigkeiten vermitteln, von Design- und Kreativaufgaben, über Programmierfähigkeiten und -projekte, bis hin zu unspezialisierten Kleinstaufgaben (so genannten Microtasks), wie der Datenrecherche oder dem Verfassen kurzer Texte.

Crowdworking ist ein Trend, der momentan noch am Anfang steht. Laut einer aktuellen Studie des Zentrums für Europäischen Wirtschaftsforschung von Ende 2014 ist Crowdworking (zumindest in Teilen der Deutschen Wirtschaft) ein eher unbekanntes Phänomen. Nur rund 4,2 Prozent der Unternehmen der Informationswirtschaft (IKT, Medien und wissensintensive Dienstleister) in Deutschland nutzen Crowdworking-Plattformen aktuell bzw. planen diese in naher Zukunft zu nutzen. Allerdings gibt es bereits heute Branchen die überdurchschnittlich häufig Crowdworking einsetzen. Dies sind beispielsweise die Mediendienstleister, sowie innerhalb der wissensintensiver Dienstleister die Werbebranche.

**Abb. 3-18: Aktuelle und zukünftige Nutzung von Crowdfunding**

## Literatur

Acemoglu, D. und D. Autor (2011), Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings, *Handbook of Labor Economics*, 4b, 1043-1171.

Accenture (2013), Making Business Sense of 3D-Printing: Technology Jump Starts Opportunities for Mass Customization, On-Demand Production and Long-Tail Support.

Akamai (2010), State of the Internet Q4 2009 Report.

Akamai (2015), State of the Internet Q4 2014 Report.

Allied Market Research (2014), 3D Printing Market is Expected to Reach \$8.6 Billion, Globally, by 2020. Pressemitteilung. <http://www.alliedmarketresearch.com/press-release/allied-market-research-3d-printing-market-is-expected-to-reach-8-6-billion-globally-by-2020.html>.

Antonczyk, D., T. DeLeire und B. Fitzenberger (2010), Polarization and Rising Wage Inequality: Comparing the U.S. and Germany, IZA Discussion Paper No. 4842.

Arbeitskreis Smart Service Welt und acatech (2015), Smart Service Welt – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft. Abschlussbericht, Berlin, März.

Autor, D. (2013): The “tasks approach” to labor markets: an overview. *Journal for Labor Market Research*, 46, 185-199.

Autor, D. (2014), Polanyi's Paradox and the Shape of Employment Growth, NBER Working Paper No. 20485.

Autor, D. H., Levy, F., und Murnane, R. J. (2003), The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration, *The Quarterly Journal of Economics* 118(4), 1279-1333.

Autor, D. und D. Dorn (2013), The Growth of Low Skill Service Jobs and the Polarization of the U.S. Labor Market, *American Economic Review* 103, 1553-1597.

Autor, D., L. Katz und M. Kearney (2006), Measuring and Interpreting Trends in Economic Inequality – The Polarization of the U.S. Labor Market, *American Economic Review* 96, 189-194.

Autor, D., L. Katz und M. Kearney (2008), Trends in U.S. Wage Inequality: Revising the Revisionists, *The Review of Economics and Statistics*, 90, 300-323.

Bertschek, I. (2012), ICT, Internet and Worker Productivity, in: S. N. Durlauf and L. E. Blume (eds.), *The New Palgrave Dictionary of Economics*, Palgrave Macmillan. Online Edition.

Bertschek, I., Cerquera, D. und G. J. Klein (2013), More Bits-More Bucks? Measuring the Impact of Broadband Internet on Firm Performance, *Information Economics and Policy* 25(3), 190–203.

Bharadwaj, A., El Sawy, O. A., Pavlou, P. A. und N. Venkatraman (2013), Digital Business Strategy: Toward a Next Generation of Insight, *MIS Quarterly* 37(2), 471-482.

BITKOM und Prognos (2013), *Digitale Arbeitswelt: Gesamtwirtschaftliche Effekte – Endbericht*.

BITKOM (2014), Investitionen in Industrie 4.0 steigen rasant. [https://www.bitkom.org/de/markt\\_statistik/64086\\_79916.aspx](https://www.bitkom.org/de/markt_statistik/64086_79916.aspx).

BITKOM und Fraunhofer IAO (2014), Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland.

BITKOM (2015), Big Data und Geschäftsmodell-Innovationen in der Praxis: 40+ Beispiele.

BITKOM (2015b), Jeder Zweite würde selbstfahrende Züge nutzen. Pressemitteilung. [http://www.bitkom.org/de/presse/8477\\_82328.aspx](http://www.bitkom.org/de/presse/8477_82328.aspx).

BITKOM und KPMG (2015), Cloud Monitor 2015.

BMWi (2014), Monitoring Digitale Wirtschaft, Innovationstreiber IKT, Berlin.

Blohm, I., L. Jan Marco und S. Zogaj (2014). "Crowdsourcing und Crowd Work–ein Zukunftsmodell der IT-gestützten Arbeitsorganisation?" *Wirtschaftsinformatik in Wissenschaft und Praxis: Festschrift für Hubert Österle*: 51-64.

Bonin, H., Gregory, T. und U. Zierahn (2015), Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. Kurzexpose Nr. 57 an das Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Mannheim. [http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/Kurzexpose\\_BMAS\\_ZEW2015.pdf](http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/Kurzexpose_BMAS_ZEW2015.pdf).

Boston Consulting Group (2014), The Rise of Robotics.

Boston Consulting Group (2015), The Shifting Economics of Global Manufacturing: How a Takeoff in Advanced Robotics Will Power the Next Productivity Surge.

Boston Consulting Group (2015b), Revolution in the Drivers Seat – The Road to Autonomous Vehicles.

Boston Consulting Group (2015c), Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries.

Bresnahan, T. F., Brynjolfsson, E. und Hitt, L. M. (2002), 'Information Technology, Workplace Organization, and the Demand for Skilled Labor: Firm-Level Evidence', *The Quarterly Journal of Economics* 117(1), 339–376.

Bresnahan, T. F., Brynjolfsson, E. und Hitt, L. M. (2002), Information Technology, Workplace Organization, and the Demand for Skilled Labor: Firm-Level Evidence, *The Quarterly Journal of Economics* 117(1), 339–376.

Brynjolfsson, E., und McAfee, A. (2014), *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. WW Norton & Company.

Bundesagentur für Arbeit (2015), Sozialversicherungspflichtig und geringfügig Beschäftigte nach der ausgeübten Tätigkeit der KIdB 2010.

Bundesanstalt für Straßenwesen (2013), Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung. BASt-Bericht.

Bundesnetzagentur (2015), Jahresbericht 2014.

Bundesverband CarSharing (2015), CarSharing wächst in der Fläche – mehr als ein Viertel neuer CarSharing-Orte gegenüber dem Vorjahr. Pressemitteilung. <http://www.carsharing.de/pressemitteilung-vom-16032015/>.

Buhr, D. (2015), Soziale Innovationspolitik für die Industrie 4.0 : Expertise im Auftrag der Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik der Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn.

Brzeski, C. und I. Burk (2015), Die Roboter kommen – Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt. ING-DiBa Economic Research, April 2015.

Cardona, M., Kretschmer, T. und T. Strobel (2013), ICT and Productivity: Conclusions from the Empirical Literature, *Information Economics and Policy* 25(3), 109–125.

Centre for Economics and Business Research (2010), The Cloud Dividend: Part One: The Economic Benefits of Cloud Computing to Business and the Wider EMEA Economy: France, Germany, Italy, Spain and the UK.

Centre for Economics and Business Research (2011), The Cloud Dividend: Part Two: The Economic Benefits of Cloud Computing to Business and the Wider EMEA Economy: Comparative Analysis of the Impact on Aggregated Industry Sectors.

Cisco (2015), Visual Networking Index 2015 – Germany – 2019 Forecast Highlights. [http://www.cisco.com/web/solutions/sp/vni/vni\\_forecast\\_highlights/index.html](http://www.cisco.com/web/solutions/sp/vni/vni_forecast_highlights/index.html).

Colombo, M. G., Croce, A. und Grilli, L. (2013), 'ICT Services and Small Businesses' Productivity Gains: An Analysis of the Adoption of Broadband Internet Technology', *Information Economics and Policy* 25(3), 171–189.

Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, T. und L. Woessmann (2011), Broadband Infrastructure and Economic Growth, *The Economic Journal* 121(552), 505–532.

c't (2015), Blicken statt klicken – Microsofts ambitioniertes HoloLens-Projekt. c't 5/15, 58.

Daimler (2014), Future Truck 2025. Pressemitteilung. <http://media.daimler.com/dcmmedia/0-921-1737505-49-1737551-1-0-1-0-0-0-0-0-1-0-0-0-0-0.html>.

De Stefano, T., Kneller, R. und J. Timmis (2014), The (Fuzzy) Digital Divide: The Effect of Broadband Internet Use on UK Firm Performance, Discussion Papers 14/06, University of Nottingham, School of Economics.

LeCun, Y., Bengio, Y., und Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.

DHL (2014), Augmented Reality in Logistics: Changing the Way We See Logistics – a DHL Perspective.

DHL (2015), DHL testet erfolgreich Augmented Reality-Anwendung im Lagerbetrieb. Pressemitteilung. [http://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2015/dhl\\_testet\\_augmented\\_reality-anwendung.html](http://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2015/dhl_testet_augmented_reality-anwendung.html).

DiNardo, J. E. und J.-S. Pischke (1997), The Returns to Computer Use Revisited: Have Pencils Changed the Wage Structure too? *The Quarterly Journal of Economics* 112(1), 291–303.

Die Zeit (2014), Augmented Reality – So leben wir in fünf Jahren. <http://www.zeit.de/2014/36/augmented-reality-computer-information>

Die Zeit (2015), Willkommen, Kollege! N° 22 vom 28.05.2015, 26-27.

Dörner, R., Broll, W., Grimm, P. und B. Jung. (Eds.), (2014), *Virtual und Augmented Reality (VR/AR), Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. Springer Berlin Heidelberg.

Draca, M., Sadun, R. und J. van Reenen (2007), *Productivity and ICT: A Review of the Evidence*, in: R. Mansell, ed., *The Oxford Handbook of Information and Communication Technologies* (pp. 100-147), Oxford University Press.

Dufft, N., K. Schleife, I. Bertschek, M. Vanberg, T. Böhmman, A.K.Schmitt und M. Barnreiter (2010), *Das wirtschaftliche Potenzial des Internet der Dienste*, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Berlin.

Dustmann, C., Ludsteck, J. und U. Schönberg (2009), *Revisiting the German Wage Structure*, *The Quarterly Journal of Economics* 124, 843-881.

EFI (2015), *3D Printing: A Qualitative Assessment of Applications, Recent Trends and the Technology's Future Potential*.

Entorf, H., Gollac, M. und F. Kramarz (1999), *New Technologies, Wages, and Worker Selection*, *Journal of Labor Economics* 17(3), 464–491.

EPoSS (2015), *European Roadmap: Smart Systems for Automated Driving*.

Etro, F. (2009), *The Economic Impact of Cloud Computing on Business Creation, Employment and Output in Europe*, *Review of Business and Economics* 54(2), 179-208.

Etro, Federico (2010), *The Economic Consequences of the Diffusion of Cloud Computing*, *Global Information Technology Report 2009-2010*, Soumitra Dutta and Irene Mia, (Editoren), Genf, World Economic Forum, 107-112.

Etro, F. (2011), *The Economics of Cloud Computing*, *The IUP Journal of Managerial Economics* 9(2), 7-22.

Europäische Kommission (2012), *Public Attitudes Towards Robots*.

Europäische Kommission (2012b), *Unleashing the Potential of Cloud Computing in Europe*.

Europäische Kommission (2015), *The 5G Infrastructure Public Private Partnership: the next Generation of Communication Networks and Services*.

European Automobile Manufacturers Association (2014), *Carsharing: Evolution, Challenges and Opportunities*.

Experton Group und Bitkom (2014), *Markt für Cloud Computing wächst ungebrochen*, [https://www.bitkom.org/de/markt\\_statistik/64086\\_80724.aspx](https://www.bitkom.org/de/markt_statistik/64086_80724.aspx).

Feldmann, H. (2013), *Technological Unemployment in Industrial Countries*, *Journal of Evolutionary Economics* 23, 1099-1126.

Firpo, S., N. Fortin und T. Lemieux (2011), *Occupational Tasks and Changes in the Wage Structure*, IZA Discussion Paper No. 5542.



Frey, C. und M. A. Osborne (2013), *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization?* University of Oxford.

Forrester Research (2014) *The Public Cloud Market is now in Hypergrowth – Sizing the Public Cloud Market, 2014 to 2020.*

Gartner (2012), *Gartner Says Big Data Creates Big Jobs: 4.4 Million IT Jobs Globally to Support Big Data By 2015.* <http://www.gartner.com/newsroom/id/2207915>.

Gartner (2013), *Gartner Says Smartglasses Will Bring Innovation to Workplace Efficiency.* <http://www.gartner.com/newsroom/id/2618415>.

Gartner (2014), *Gartner's 2014 Hype Cycle for Emerging Technologies Maps the Journey to Digital Business.* <http://www.gartner.com/newsroom/id/2819918>.

Gartner (2015), *Mass Adoption of the Internet of Things Will Create New Opportunities and Challenges for Enterprises.*

GE Look Ahead (2014), *Robot nurses are big business.* <http://geloookahead.economist.com/robot-nurses-big-business/>.

GeSI (2008), *SMART 2020: Enabling the Low Carbon Economy in the Information Age*, Technical report, A Report by The Climate Group on Behalf of the Global e-Sustainability Initiative.

Gibson, I., Rosen, D., und B. Stucker (2015), *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing.* Springer New York.

Goos, M., Manning, A., und A. Salomons (2014), *Explaining Job Polarization: Routine – Biased Technological Change and Offshoring.* *The American Economic Review* 104(8), 2509-2526.

Graetz, G., und Michaels, G. (2015), *Robots at Work.* CEP Discussion Paper No 1335.

Gregory, T., Salomons, A. und U. Zierahn (2015), *Technological Change and Regional Labor Market Disparities in Europe.* ZEW, Mannheim.

Haller, S. A. und S. Lyons (2015), *Broadband Adoption and Firm Productivity: Evidence from Irish Manufacturing Firms,* *Telecommunications Policy* 39(1), 1–13.

Haag, M. (2015), *Kollaboratives Arbeiten mit Robotern – Vision und realistische Perspektive in: Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0 (pp. 59-64),* Springer Berlin Heidelberg.

Heinrich-Böll-Stiftung (2012), *Nutzen statt Besitzen: Auf dem Weg zu einer ressourcenschonenden Konsumkultur.*

Heng, S. und S. Neitzel (2012), *Cloud Computing: Clear Skies Ahead,* Deutsche Bank Research.

heise online (2015), *Mitfahrdienst UberPOP tritt auf die Bremse.* <http://www.heise.de/-2616250>.

heise online (2015b), *Uber versucht mit UberX den Neustart in Deutschland.* <http://www.heise.de/-2654930>.

Hirsch-Kreinsen, H. 2014: Wandel von Produktionsarbeit – Industriearbeit 4.0. WSI-Mitteilungen, 6/2014, 421-429.

Hirsch-Kreinsen, H. (2014a): Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“. Soziologisches Arbeitspapier, Nr. 38. Dortmund.

Hintemann, R. (2014), Deutliches Wachstum bei deutschen Rechenzentren im Jahr 2014, Kurzstudie Borderstep Institut.

IDC (2011), The Digital Universe Study: Big Data Is Here, Now What?

IDC (2014), The Digital Universe of Opportunities: Rich Data and the Increasing Value of the Internet of Things.

IDC (2015), Worldwide Cloud IT Infrastructure Market Growth Expected to Accelerate to 21% in 2015, <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS25576415>.

International Federation of Robotics (2014), Executive Summary: World Robotics 2014.

Kampelmann, S. und F. Rycx (2011), Task-Biased Changes of Employment and Remuneration: The Case of Occupations, IZA Discussion Paper No. 5470.

Kawalec, S. und W. Menz (2013). "Die Verflüssigung von Arbeit. Crowdsourcing als unternehmerische Reorganisationsstrategie–das Beispiel IBM." Arbeits- und Industriesoziologische Studien. Jg 6: 5-23.

KPMG (2013), Global Automotive Executive Survey 2013.

KPMG (2014), Cloud Survey Report 2014: Elevating Business in the Cloud.

KPMG (2015), Global Automotive Executive Survey 2015.

Koutroumpis, P. (2009), The Economic Impact of Broadband on Growth: A Simultaneous Approach, Telecommunications Policy 33(9), 471–485.

Krueger, A. B. (1993), How Computers Have Changed the Wage Structure: Evidence from Microdata, 1984–1989, Quarterly Journal of Economics 108(1), 33–60.

Labouze, E., C. S. Iyama, A. Beton, L. Stobbe, S. Gallehr, und L. G. Scheidt (2008), Impacts of Information and Communication Technologies on Energy Efficiency, Bio Intelligence Service, Brussels, Belgium: European Commission DGINFSO.

Layard, R. und S. Nickell (1985), The Causes of British Unemployment, National Institute Economic Review 111, 62-85.

Layard, R., Nickell, S. und R. Jackman (1994), The Unemployment Crisis, Oxford University Press.

Layard, R., Nickell, S. und R. Jackman (2003), Unemployment. Macroeconomic Performance and the Labour Market, Reprint, Oxford University Press.

Lämmel, U., und J. Cleve (2012), Künstliche Intelligenz. Hanser München.

McAfee, A. und E. Brynjolfsson (2012), Big Data: The Management Revolution, Harvard Business Review 90(10), 60-68.

McKinsey Global Institute (2013), Disruptive Technologies: Advances that Will Transform Life, Business, and the Global Economy. McKinsey Global Institute (2013b), Ten IT-enabled Business Trends for the Decade Ahead.

McKinsey (2014), 15 Technologien, die die deutsche Wirtschaft verändern, WirtschaftsWoche 20/2014.

McKinsey (2015), Are you ready for 3-D Printing?

Mehler-Bicher, A. und L. Steiger (2014), Augmented Reality – Theorie und Praxis, De Gruyter Oldenbourg.

Meyer, G. und S. Deix (2014), Research and Innovation for Automated Driving in Germany and Europe, in Road Vehicle Automation (pp. 71-81), Springer International Publishing.

MHP (2014), Industrie 4.0 – Eine Standortbestimmung der Automobil- und Fertigungsindustrie.

Ministry of Economy, Trade and Industry (2013), Nursing Care and Robots.

Monopolkommission (2015), Wettbewerbspolitik – Herausforderung digitale Märkte, Sondergutachten 68.

NGMN Alliance (2015), 5G White Paper.

NIST (2013), Economics of the US Additive Manufacturing Industry, NIST Special Publication 1163.

Opel Post (2015), Die Realität auf dem Prüfstand. <https://opelpost.com/03/2015/die-realitaet-auf-dem-pruefstand/>.

PAC und Freudenberg IT (2014), IT Innovation Readiness Index.

Pantea, S., Biagi, F. und A. Sabadash (2014), Are ICT Displacing Workers? Evidence from Seven European Countries, JRC Technical Reports, IPTS Digital Economy Working Paper 2014/07.

PCWorld (2015), Samsung's Tinkering with Wearables and a VR Headset for Business. <http://www.pcworld.com/article/2916232/samsung-tinkering-with-wearables-and-vr-headset-for-business.html>.

Peitz, M. (2014), Die Entzauberung von Airbnb und Uber. ifo Schnelldienst 21/2014.

Pianta, M. (2009), Innovation and Employment, in: Fagerberg, J., D. Mowery und R. Nelson (eds), The Oxford Handbook of Innovation, Online Publication, Chapter 21, DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0021/>.

Pini, P. (1995), Economic Growth, Technological Change and Employment: Empirical Evidence for a Cumulative Growth Model with External Causation for Nine OECD Countries: 1960-1990, Structural Change and Economic Dynamics 6, 185-213.

Polder, M., Leeuwen, G. v., Mohnen, P. und Raymond, W. (2010), Product, Process and Organizational Innovation: Drivers, Complementarity and Productivity Effects, UNU-MERIT Working Paper Series 2010-035, United Nations University, Maastricht Economic and Social Research and Training Centre on Innovation and Technology.

puls Marktforschung (2015), Deutschlands Autofahrer freunden sich mit autonomen Fahrfunktionen an.

PWC (2014), 3D Printing and the New Shape of Industrial Manufacturing. <http://www.pwc.com/us/en/industrial-products/3d-printing.jhtml>.

Rammer, C. und B. Peters (2015), Innovation als Erfolgsfaktor der deutschen Industrie? Der Beitrag von Produkt- und Prozessinnovationen zu Beschäftigung und Exporten, Vierteljahresheft zur Wirtschaftsforschung 1.

Rammer, C. und G. Metzger (2010), Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland und im internationalen Vergleich, Studien zum Deutschen Innovationssystem 10-2010, Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation.

Rheinische Post (2015), Virtuelle Realität im Autobau: Datenautobahn statt Teststrecke. <http://www.rp-online.de/wirtschaft/unternehmen/daten-autobahn-statt-teststrecke-aid-1.5040404/>.

Roland Berger (2013), Additive Manufacturing: A Game Changer for the Manufacturing Industry.

Roland Berger (2014), Shared Mobility – How new Businesses are Rewriting the Rules of the Private Transportation Game.

SAE International (2014), Automated Driving: Levels of Driving Automation are Defined in New SAE International Standard J3016.

Schulte, P., H. Welsch und S. Rexhäuser (im Erscheinen), ICT and the Demand for Energy: Evidence from OECD Countries, Environmental and Resource Economics.

Senftleben, C. und H. Wielandt (2013), The Polarization of Employment in German Local Labor Markets, Humboldt-Universität zu Berlin.

Skype (2014), Skype Translator – How it Works. <http://blogs.skype.com/2014/12/15/skype-translator-how-it-works/>.

Spitz-Oener, A. (2006), Technical Change, Job Tasks, and Rising Educational Demands: Looking Outside the Wage Structure, Journal of Labor Economics 24, 235-270.

Stocker, A., Brandl, P., Michalczuk, R. und Rosenberger, M. (2014), Mensch-zentrierte IKT-Lösungen in einer Smart Factory. e & i Elektrotechnik und Informationstechnik, 131(7), 207-211.

Stobbe, L., N.F. Nissen, M. Proske, A. Middendorf, B. Schlomann, M. Friedwald, P. Georgieff und T. Leimbach (2009), Abschätzung des Energiebedarfs der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft, Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.

Theurl, T., Haucap, J., Demary, V., Priddat, B. P., und N. Paech (2015), Ökonomie des Teilens – nachhaltig und innovativ?, Wirtschaftsdienst 95(2), 87-105.

TechCrunch (2015), Augmented and Virtual Reality To Hit \$150 Billion, Disrupting Mobile By 2020. <http://techcrunch.com/2015/04/06/augmented-and-virtual-reality-to-hit-150-billion-by-2020>.

Transparency Market Research (2015), Medical Robotic Systems Market to be Worth US\$13.64 Billion by 2018. Pressemitteilung. <http://www.transparencymarketresearch.com/pressrelease/medical-robotic-systems.htm>.

UITP Observatory of Automated Metros (2013), World Atlas Report.

Van Reenen, J., Bloom, N., Draca, M., Kretschmer, T. und Sadun, R. (2010), The Economic Impact of ICT, London School of Economics, Centre for Economic Performance. [http://cep.lse.ac.uk/textonly/\\_new/research/productivity/Management/PDF/breugel\\_cStudyTheImpactofICTLSE.pdf](http://cep.lse.ac.uk/textonly/_new/research/productivity/Management/PDF/breugel_cStudyTheImpactofICTLSE.pdf).

VDA (2014), Automatisiertes Fahren. <https://www.vda.de/de/themen/innovation-und-technik/automatisiertes-fahren.html>.

VDI (2014), Statusreport: Additive Fertigungsverfahren.

VDMA (2014), Arbeitsgemeinschaft Additive Manufacturing. <http://am.vdma.org/technology/>.

Vivarelli, M. (2007), Innovation and Employment: A Survey, IZA Discussion Paper No. 2621.

Wirtschaftswoche (2014), Virtual Reality: Mit echten Brillen in künstlichen Welten. <http://www.wiwo.de/technologie/gadgets/virtual-reality-mit-echten-brillen-in-kuenstlichen-welten/10038298.html>.

Wirtschaftswoche (2014b), Künstliche Intelligenz: Mein Chef ist ein Computer. <http://www.wiwo.de/technologie/smarthome/kuenstliche-intelligenz-mein-chef-ist-ein-computer/9829550.html>.

Wired (2015), Microsoft Shows HoloLens' Augmented Reality Is No Gimmick. <http://www.wired.com/2015/04/microsoft-build-hololens/>.

Wohlers Associates (2014), Wohlers Report 2014. Pressemitteilung. <https://www.wohlersassociates.com/press63.html>.

Wohlers Associates (2015), Wohlers Report 2015. Pressemitteilung. <https://www.wohlersassociates.com/press69.html>.

World Economic Forum (2015), Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services.

Zervas, G., Proserpio, D. und J. W. Byers (2015), The Rise of the Sharing Economy: Estimating the Impact of Airbnb on the Hotel Industry, Boston University, School of Management.

## 4 Anhang

**Abb. 4-1: Bruttowertschöpfung (in Mio. Euro) ausgewählter Branchen in Deutschland**

Branche	WZ 2008	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>IKT-Branche</b>		<b>83.045,470</b>	<b>78.753,899</b>	<b>77.729,681</b>	<b>84.970,406</b>	<b>85.744,753</b>	<b>88.566,082</b>
<b>IKT-Hardware</b>		<b>12.912,400</b>	<b>8.211,700</b>	<b>10.189,900</b>	<b>9.885,900</b>	<b>8.390,447</b>	<b>8.413,671</b>
Herstellung von elektronischen Bauelementen und Leiterplatten	26.1	5.474,300	4.061,600	5.789,500	5.490,900	4.069,485	4.041,991
Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten	26.2	2.665,300	1.294,800	1.523,700	1.626,000	1.668,258	1.790,525
Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik	26.3	3.886,500	1.958,200	1.906,900	1.730,900	1.645,312	1.533,846
Herstellung von Geräten der Unterhaltungselektronik	26.4	827,400	870,900	947,100	1.002,500	969,063	1.004,052
Herstellung von magnetischen und optischen Datenträgern	26.8	58,900	26,200	22,700	35,600	38,329	43,258
<b>IKT-Dienstleister</b>		<b>70.133,070</b>	<b>70.542,199</b>	<b>67.539,781</b>	<b>75.084,506</b>	<b>77.354,306</b>	<b>80.152,411</b>
Verlegen von Software	58.2	379,879	398,597	539,018	1.878,083	1.938,942	2.534,952
Telekommunikation	61	32.070,992	29.543,217	26.109,667	26.265,574	24.789,708	23.379,246
Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie	62	35.501,293	37.753,688	38.081,185	43.135,793	46.817,979	50.042,727
Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten; Webportale	63.1	2.180,906	2.846,697	2.809,911	3.805,056	3.807,677	4.195,486
<b>Verarbeitendes Gewerbe</b>	<b>10-33</b>	<b>453.779,2</b>	<b>381.547,6</b>	<b>455.788,2</b>	<b>490.206,5</b>	<b>481.846,9</b>	<b>515.378,5</b>
<b>Chemie/Pharma</b>		<b>49.555,600</b>	<b>45.063,900</b>	<b>52.086,500</b>	<b>53.342,300</b>	<b>50.685,776</b>	<b>52.497,919</b>
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	20	33.190,200	29.790,500	36.650,300	37.192,800	34.726,680	36.261,784
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	21	16.365,400	15.273,400	15.436,200	16.149,500	15.959,096	16.236,135

Fortsetzung auf nächster Seite.

Fortsetzung von vorheriger Seite.

Branche	WZ 2008	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Instrumententechnik</b>		<b>11.321,700</b>	<b>9.943,600</b>	<b>12.805,800</b>	<b>14.782,400</b>	<b>14.502,363</b>	<b>16.067,652</b>
Herstellung von Mess-, Kontroll-, Navigations- u. ä. Instrumenten und Vorrichtungen; Herstellung von Uhren	26.5	7.839,600	7.363,500	9.585,900	11.240,000	11.211,790	12.531,687
Herstellung von Bestrahlungs- und Elektrotherapiegeräten und elektromedizinischen Geräten	26.6	1.223,400	1.223,400	991,600	903,000	861,408	743,950
Herstellung von optischen und fotografischen Instrumenten und Geräten	26.7	2.258,700	1.356,700	2.228,300	2.639,400	2.429,165	2.792,014
<b>Elektrotechnik</b>	<b>27</b>	<b>33.920,300</b>	<b>31.084,100</b>	<b>36.631,600</b>	<b>38.097,400</b>	<b>36.886,395</b>	<b>38.773,664</b>
<b>Maschinenbau</b>	<b>28</b>	<b>77.444,400</b>	<b>59.825,100</b>	<b>70.030,700</b>	<b>78.791,100</b>	<b>78.588,924</b>	<b>85.094,111</b>
<b>Automobilbau</b>	<b>29</b>	<b>58.610,100</b>	<b>43.639,200</b>	<b>66.839,400</b>	<b>76.700,200</b>	<b>76.648,609</b>	<b>87.537,512</b>
<b>Medien</b>		<b>26.110,278</b>	<b>22.673,613</b>	<b>22.822,293</b>	<b>24.992,996</b>	<b>24.680,647</b>	<b>25.499,827</b>
Verlegen von Büchern und Zeitschriften; sonstiges Verlagswesen (ohne Software)	58.1	12.450,833	11.526,812	11.744,945	11.682,330	11.421,442	11.383,570
Herstellung, Verleih und Vertrieb von Filmen und Fernsehprogrammen; Kinos; Tonstudios und Verlegen von Musik	59	3.427,656	3.172,078	3.466,817	4.347,600	4.655,193	5.188,206
Rundfunkveranstalter	60	5.068,097	6.145,194	5.983,466	6.385,483	6.841,794	7.090,976
Erbringung von sonstigen Informationsdienstleistungen	63.9	5.163,692	1.829,529	1.627,065	2.577,583	1.762,218	1.837,077
<b>Beratung / Kreativwirtschaft</b>		<b>28.742,425</b>	<b>25.348,921</b>	<b>26.812,104</b>	<b>29.810,938</b>	<b>31.233,487</b>	<b>33.298,740</b>
Public-Relations- und Unternehmensberatung	70.2	12.305,429	11.634,509	12.005,041	13.714,160	14.228,849	15.178,063
Werbung und Marktforschung	73	10.137,279	8.138,735	8.622,107	9.608,087	9.902,939	10.530,798
Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten	74	6.299,717	5.575,677	6.184,956	6.488,691	7.101,699	7.589,879
<b>Technische Dienstleister</b>	<b>71</b>	<b>28.843,780</b>	<b>28.520,822</b>	<b>30.558,566</b>	<b>33.085,768</b>	<b>34.143,867</b>	<b>36.083,501</b>
<b>Gesamtwirtschaft</b>		<b>2.217.000</b>	<b>2.117.050</b>	<b>2.235.160</b>	<b>2.334.890</b>	<b>2.386.790</b>	<b>2.453.850</b>
<b>gewerbliche Wirtschaft (B-N)</b>		<b>1.716.080</b>	<b>1.604.090</b>	<b>1.705.030</b>	<b>1.789.290</b>	<b>1.819.980</b>	<b>1.871.620</b>

Quelle: Destatis und Eurostat, eigene Berechnungen ZEW, 2015.



**Abb.4-2: Anteil Bruttowertschöpfung ausgewählter Branchen in Deutschland an Gesamtwirtschaft (in Prozent)**

Branche	WZ 2008	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>IKT-Branche</b>		3,746	3,720	3,478	3,639	3,592	3,609
<b>IKT-Hardware</b>		0,582	0,388	0,456	0,423	0,352	0,343
Herstellung von elektronischen Bauelementen und Leiterplatten	26.1	0,247	0,192	0,259	0,235	0,171	0,165
Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten	26.2	0,120	0,061	0,068	0,070	0,070	0,073
Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik	26.3	0,175	0,092	0,085	0,074	0,069	0,063
Herstellung von Geräten der Unterhaltungselektronik	26.4	0,037	0,041	0,042	0,043	0,041	0,041
Herstellung von magnetischen und optischen Datenträgern	26.8	0,003	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002
<b>IKT-Dienstleister</b>		3,163	3,332	3,022	3,216	3,241	3,266
Verlegen von Software	58.2	0,017	0,019	0,024	0,080	0,081	0,103
Telekommunikation	61	1,447	1,395	1,168	1,125	1,039	0,953
Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie	62	1,601	1,783	1,704	1,847	1,962	2,039
Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten; Webportale	63.1	0,098	0,134	0,126	0,163	0,160	0,171
<b>Verarbeitendes Gewerbe</b>	<b>10-33</b>	20,468	18,023	20,392	20,995	20,188	21,003
<b>Chemie/Pharma</b>		2,235	2,129	2,330	2,285	2,124	2,139
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	20	1,497	1,407	1,640	1,593	1,455	1,478
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	21	0,738	0,721	0,691	0,692	0,669	0,662
<b>Instrumententechnik</b>		0,511	0,470	0,573	0,633	0,608	0,655
Herstellung von Mess-, Kontroll-, Navigations- u. ä. Instrumenten und Vorrichtungen; Herstellung von Uhren	26.5	0,354	0,348	0,429	0,481	0,470	0,511
Herstellung von Bestrahlungs- und Elektrotherapiegeräten und elektromedizinischen Geräten	26.6	0,055	0,058	0,044	0,039	0,036	0,030
Herstellung von optischen und fotografischen Instrumenten und Geräten	26.7	0,102	0,064	0,100	0,113	0,102	0,114
<b>Elektrotechnik</b>	<b>27</b>	1,530	1,468	1,639	1,632	1,545	1,580
<b>Maschinenbau</b>	<b>28</b>	3,493	2,826	3,133	3,375	3,293	3,468
<b>Automobilbau</b>	<b>29</b>	2,644	2,061	2,990	3,285	3,211	3,567
<b>Medien</b>		1,178	1,071	1,021	1,070	1,034	1,039
Verlegen von Büchern und Zeitschriften; sonstiges Verlagswesen (ohne Software)	58.1	0,562	0,544	0,525	0,500	0,479	0,464
Herstellung, Verleih und Vertrieb von Filmen und Fernsehprogrammen; Kinos; Tonstudios und Verlegen von Musik	59	0,155	0,150	0,155	0,186	0,195	0,211
Rundfunkveranstalter	60	0,229	0,290	0,268	0,273	0,287	0,289
Erbringung von sonstigen Informationsdienstleistungen	63.9	0,233	0,086	0,073	0,110	0,074	0,075
<b>Beratung / Kreativwirtschaft</b>		1,296	1,197	1,200	1,277	1,309	1,357
Public-Relations- und Unternehmensberatung	70.2	0,555	0,550	0,537	0,587	0,596	0,619
Werbung und Marktforschung	73	0,457	0,384	0,386	0,412	0,415	0,429
Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten	74	0,284	0,263	0,277	0,278	0,298	0,309
<b>Technische Dienstleister</b>	<b>71</b>	1,301	1,347	1,367	1,417	1,431	1,470
		3,746	3,720	3,478	3,639	3,592	3,609
<b>Gesamtwirtschaft</b>		0,582	0,388	0,456	0,423	0,352	0,343
<b>gewerbliche Wirtschaft (B-N)</b>		0,247	0,192	0,259	0,235	0,171	0,165

Quelle: Destatis und Eurostat, eigene Berechnungen ZEW, 2015.

**Abb. 4-3: Jährliche Veränderung der Bruttowertschöpfung ausgewählter Branchen in Deutschland (in Prozent)**

Branche	WZ 2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>IKT-Branche</b>		<b>-5,17</b>	<b>-1,30</b>	<b>9,32</b>	<b>0,91</b>	<b>3,29</b>
<b>IKT-Hardware</b>		<b>-36,40</b>	<b>24,09</b>	<b>-2,98</b>	<b>-15,13</b>	<b>0,28</b>
Herstellung von elektronischen Bauelementen und Leiterplatten	26.1	-25,81	42,54	-5,16	-25,89	-0,68
Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten	26.2	-51,42	17,68	6,71	2,60	7,33
Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik	26.3	-49,62	-2,62	-9,23	-4,94	-6,77
Herstellung von Geräten der Unterhaltungselektronik	26.4	5,26	8,75	5,85	-3,34	3,61
Herstellung von magnetischen und optischen Datenträgern	26.8	-55,52	-13,36	56,83	7,67	12,86
<b>IKT-Dienstleister</b>		<b>0,58</b>	<b>-4,26</b>	<b>11,17</b>	<b>3,02</b>	<b>3,62</b>
Verlegen von Software	58.2	4,93	35,23	248,43	3,24	30,74
Telekommunikation	61	-7,88	-11,62	0,60	-5,62	-5,69
Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie	62	6,34	0,87	13,27	8,54	6,89
Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten; Webportale	63.1	30,53	-1,29	35,42	0,07	10,18
<b>Verarbeitendes Gewerbe</b>	<b>10-33</b>	<b>-15,92</b>	<b>19,46</b>	<b>7,55</b>	<b>-1,71</b>	<b>6,96</b>
<b>Chemie/Pharma</b>		<b>-9,06</b>	<b>15,58</b>	<b>2,41</b>	<b>-4,98</b>	<b>3,58</b>
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	20	-10,24	23,03	1,48	-6,63	4,42
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	21	-6,67	1,07	4,62	-1,18	1,74
<b>Instrumententechnik</b>		<b>-12,17</b>	<b>28,78</b>	<b>15,44</b>	<b>-1,89</b>	<b>10,79</b>
Herstellung von Mess-, Kontroll-, Navigations- u. ä. Instrumenten und Vorrichtungen; Herstellung von Uhren	26.5	-6,07	30,18	17,26	-0,25	11,77
Herstellung von Bestrahlungs- und Elektrotherapiegeräten und elektromedizinischen Geräten	26.6	0,00	-18,95	-8,94	-4,61	-13,64
Herstellung von optischen und fotografischen Instrumenten und Geräten	26.7	-39,93	64,24	18,45	-7,97	14,94
<b>Elektrotechnik</b>	<b>27</b>	<b>-8,36</b>	<b>17,85</b>	<b>4,00</b>	<b>-3,18</b>	<b>5,12</b>
<b>Maschinenbau</b>	<b>28</b>	<b>-22,75</b>	<b>17,06</b>	<b>12,51</b>	<b>-0,26</b>	<b>8,28</b>
<b>Automobilbau</b>	<b>29</b>	<b>-25,54</b>	<b>53,16</b>	<b>14,75</b>	<b>-0,07</b>	<b>14,21</b>
<b>Medien</b>		<b>-13,16</b>	<b>0,66</b>	<b>9,51</b>	<b>-1,25</b>	<b>3,32</b>
Verlegen von Büchern und Zeitschriften; sonstiges Verlagswesen (ohne Software)	58.1	-7,42	1,89	-0,53	-2,23	-0,33
Herstellung, Verleih und Vertrieb von Filmen und Fernsehprogrammen; Kinos; Tonstudios und Verlegen von Musik	59	-7,46	9,29	25,41	7,08	11,45
Rundfunkveranstalter	60	21,25	-2,63	6,72	7,15	3,64
Erbringung von sonstigen Informationsdienstleistungen	63.9	-64,57	-11,07	58,42	-31,63	4,25
<b>Beratung / Kreativwirtschaft</b>		<b>-11,81</b>	<b>5,77</b>	<b>11,18</b>	<b>4,77</b>	<b>6,61</b>
Public-Relations- und Unternehmensberatung	70.2	-5,45	3,18	14,24	3,75	6,67
Werbung und Marktforschung	73	-19,71	5,94	11,44	3,07	6,34
Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten	74	-11,49	10,93	4,91	9,45	6,87
<b>Technische Dienstleister</b>	<b>71</b>	<b>-1,12</b>	<b>7,14</b>	<b>8,27</b>	<b>3,20</b>	<b>5,68</b>
<b>Gesamtwirtschaft</b>		<b>-4,51</b>	<b>5,58</b>	<b>4,46</b>	<b>2,22</b>	<b>2,81</b>
<b>gewerbliche Wirtschaft (B-N)</b>		<b>-6,53</b>	<b>6,29</b>	<b>4,94</b>	<b>1,72</b>	<b>2,84</b>

Quelle: Destatis und Eurostat, eigene Berechnungen ZEW, 2015.

**Abb. 4-4: Erwerbstätige ausgewählter Branchen in Deutschland**

Branche	WZ 2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>IKT-Branche</b>		916.617	930.453	974.237	1.023.742	1.034.433
<b>IKT-Hardware</b>		231.983	232.681	238.988	249.496	251.052
Herstellung von elektronischen Bauelementen und Leiterplatten	26.1	136.733	140.100	148.207	166.641	165.309
Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten	26.2	25.283	22.499	22.537	26.268	26.215
Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik	26.3	56.649	55.057	52.826	40.164	42.175
Herstellung von Geräten der Unterhaltungselektronik	26.4	11.350	12.095	12.223	12.562	11.056
Herstellung von magnetischen und optischen Datenträgern	26.8	1.968	2.930	3.195	3.861	6.297
<b>IKT-Dienstleister</b>		684.634	697.772	735.249	774.246	783.381
Verlegen von Software	58.2	31.134	31.633	32.166	35.137	38.492
Telekommunikation	61	88.516	77.749	78.557	81.413	73.644
Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie	62	546.231	570.233	602.322	634.525	648.467
Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten; Webportale	63.1	18.753	18.157	22.204	23.171	22.778
<b>Verarbeitendes Gewerbe</b>	<b>10-33</b>	6.607.566	6.643.664	6.793.410	6.875.222	6.901.530
<b>Chemie/Pharma</b>		445.362	448.091	446.939	452.833	457.411
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	20	322.429	325.084	319.015	314.560	315.298
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	21	122.933	123.007	127.924	138.273	142.113
<b>Instrumententechnik</b>		185.318	189.407	196.651	189.240	196.872
Herstellung von Mess-, Kontroll-, Navigations- u. ä. Instrumenten und Vorrichtungen; Herstellung von Uhren	26.5	139.779	142.389	147.824	141.355	147.783
Herstellung von Bestrahlungs- und Elektrotherapiegeräten und elektromedizinischen Geräten	26.6	14.833	15.415	16.307	14.309	14.998
Herstellung von optischen und fotografischen Instrumenten und Geräten	26.7	30.706	31.603	32.520	33.576	34.091
<b>Elektrotechnik</b>	<b>27</b>	340.457	347.357	357.048	361.212	357.556
<b>Maschinenbau</b>	<b>28</b>	988.574	984.197	1.020.649	1.043.855	1.046.777
<b>Automobilbau</b>	<b>29</b>	780.685	785.241	822.373	852.683	868.331
<b>Medien</b>		329.471	324.612	327.421	333.423	318.683
Verlegen von Büchern und Zeitschriften; sonstiges Verlagswesen (ohne Software)	58.1	152.150	150.421	149.922	156.403	145.291
Herstellung, Verleih und Vertrieb von Filmen und Fernsehprogrammen; Kinos; Tonstudios und Verlegen von Musik	59	64.542	63.203	63.945	61.969	67.168
Rundfunkveranstalter	60	58.672	59.287	61.454	66.372	63.606
Erbringung von sonstigen Informationsdienstleistungen	63.9	54.107	51.701	52.100	48.679	42.618
<b>Beratung / Kreativwirtschaft</b>		550.406	575.713	609.935	608.801	605.456
Public-Relations- und Unternehmensberatung	70.2	219.933	229.357	242.097	240.827	243.304
Werbung und Marktforschung	73	173.131	174.661	182.053	179.098	172.348
Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten	74	157.342	171.695	185.785	188.876	189.804
<b>Technische Dienstleister</b>	<b>71</b>	526.041	541.740	587.429	604.655	615.577
<b>Gesamtwirtschaft</b>		31.702.648	32.292.220	33.192.090	33.457.561	33.730.437
<b>gewerbliche Wirtschaft (B-N)</b>		22.892.193	23.368.378	24.045.359	24.262.537	24.448.975

Quelle: Destatis und Bundesagentur für Arbeit, eigene Berechnungen ZEW, 2015.

**Abb. 4-5: Anteil Erwerbstätige ausgewählter Branchen in Deutschland an Gesamtwirtschaft (in Prozent)**

Branche	WZ 2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>IKT-Branche</b>		2,89	2,88	2,94	3,06	3,07
<b>IKT-Hardware</b>		0,73	0,72	0,72	0,75	0,74
Herstellung von elektronischen Bauelementen und Leiterplatten	26.1	0,43	0,43	0,45	0,50	0,49
Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten	26.2	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08
Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik	26.3	0,18	0,17	0,16	0,12	0,13
Herstellung von Geräten der Unterhaltungselektronik	26.4	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
Herstellung von magnetischen und optischen Datenträgern	26.8	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
<b>IKT-Dienstleister</b>		2,16	2,16	2,22	2,31	2,32
Verlegen von Software	58.2	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11
Telekommunikation	61	0,28	0,24	0,24	0,24	0,22
Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie	62	1,72	1,77	1,81	1,90	1,92
Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten; Webportale	63.1	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07
<b>Verarbeitendes Gewerbe</b>	<b>10-33</b>	<b>20,84</b>	<b>20,57</b>	<b>20,47</b>	<b>20,55</b>	<b>20,46</b>
<b>Chemie/Pharma</b>		1,40	1,39	1,35	1,35	1,36
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	20	1,02	1,01	0,96	0,94	0,93
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	21	0,39	0,38	0,39	0,41	0,42
<b>Instrumententechnik</b>		0,58	0,59	0,59	0,57	0,58
Herstellung von Mess-, Kontroll-, Navigations- u. ä. Instrumenten und Vorrichtungen; Herstellung von Uhren	26.5	0,44	0,44	0,45	0,42	0,44
Herstellung von Bestrahlungs- und Elektrotherapiegeräten und elektromedizinischen Geräten	26.6	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
Herstellung von optischen und fotografischen Instrumenten und Geräten	26.7	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
<b>Elektrotechnik</b>	<b>27</b>	<b>1,07</b>	<b>1,08</b>	<b>1,08</b>	<b>1,08</b>	<b>1,06</b>
<b>Maschinenbau</b>	<b>28</b>	<b>3,12</b>	<b>3,05</b>	<b>3,07</b>	<b>3,12</b>	<b>3,10</b>
<b>Automobilbau</b>	<b>29</b>	<b>2,46</b>	<b>2,43</b>	<b>2,48</b>	<b>2,55</b>	<b>2,57</b>
<b>Medien</b>		1,04	1,01	0,99	1,00	0,94
Verlegen von Büchern und Zeitschriften; sonstiges Verlagswesen (ohne Software)	58.1	0,48	0,47	0,45	0,47	0,43
Herstellung, Verleih und Vertrieb von Filmen und Fernsehprogrammen; Kinos; Tonstudios und Verlegen von Musik	59	0,20	0,20	0,19	0,19	0,20
Rundfunkveranstalter	60	0,19	0,18	0,19	0,20	0,19
Erbringung von sonstigen Informationsdienstleistungen	63.9	0,17	0,16	0,16	0,15	0,13
<b>Beratung / Kreativwirtschaft</b>		1,74	1,78	1,84	1,82	1,79
Public-Relations- und Unternehmensberatung	70.2	0,69	0,71	0,73	0,72	0,72
Werbung und Marktforschung	73	0,55	0,54	0,55	0,54	0,51
Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten	74	0,50	0,53	0,56	0,56	0,56
<b>Technische Dienstleister</b>	<b>71</b>	<b>1,66</b>	<b>1,68</b>	<b>1,77</b>	<b>1,81</b>	<b>1,82</b>
		2,89	2,88	2,94	3,06	3,07
<b>Gesamtwirtschaft</b>		<b>0,73</b>	<b>0,72</b>	<b>0,72</b>	<b>0,75</b>	<b>0,74</b>
<b>gewerbliche Wirtschaft (B-N)</b>		<b>0,43</b>	<b>0,43</b>	<b>0,45</b>	<b>0,50</b>	<b>0,49</b>

Quelle: Destatis und Bundesagentur für Arbeit, eigene Berechnungen ZEW, 2015.

**Abb.4-6: Jährliche Veränderung der Erwerbstätigen ausgewählter Branchen in Deutschland (in Prozent)**

Branche	WZ 2008	2010	2011	2012	2013
<b>IKT-Branche</b>		1,51	4,71	5,08	1,04
<b>IKT-Hardware</b>		0,30	2,71	4,40	0,62
Herstellung von elektronischen Bauelementen und Leiterplatten	26.1	2,46	5,79	12,44	-0,80
Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten	26.2	-11,01	0,17	16,55	-0,20
Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik	26.3	-2,81	-4,05	-23,97	5,01
Herstellung von Geräten der Unterhaltungselektronik	26.4	6,56	1,06	2,77	-11,99
Herstellung von magnetischen und optischen Datenträgern	26.8	48,88	9,04	20,85	63,09
<b>IKT-Dienstleister</b>		1,92	5,37	5,30	1,18
Verlegen von Software	58.2	1,60	1,68	9,24	9,55
Telekommunikation	61	-12,16	1,04	3,64	-9,54
Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie	62	4,39	5,63	5,35	2,20
Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten; Webportale	63.1	-3,18	22,29	4,36	-1,70
<b>Verarbeitendes Gewerbe</b>	<b>10-33</b>	0,55	2,25	1,20	0,38
<b>Chemie/Pharma</b>		0,61	-0,26	1,32	1,01
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	20	0,82	-1,87	-1,40	0,23
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	21	0,06	4,00	8,09	2,78
<b>Instrumententechnik</b>		2,21	3,82	-3,77	4,03
Herstellung von Mess-, Kontroll-, Navigations- u. ä. Instrumenten und Vorrichtungen; Herstellung von Uhren	26.5	1,87	3,82	-4,38	4,55
Herstellung von Bestrahlungs- und Elektrotherapiegeräten und elektromedizinischen Geräten	26.6	3,92	5,79	-12,25	4,82
Herstellung von optischen und fotografischen Instrumenten und Geräten	26.7	2,92	2,90	3,25	1,53
<b>Elektrotechnik</b>	<b>27</b>	2,03	2,79	1,17	-1,01
<b>Maschinenbau</b>	<b>28</b>	-0,44	3,70	2,27	0,28
<b>Automobilbau</b>	<b>29</b>	0,58	4,73	3,69	1,84
<b>Medien</b>		-1,47	0,87	1,83	-4,42
Verlegen von Büchern und Zeitschriften; sonstiges Verlagswesen (ohne Software)	58.1	-1,14	-0,33	4,32	-7,10
Herstellung, Verleih und Vertrieb von Filmen und Fernsehprogrammen; Kinos; Tonstudios und Verlegen von Musik	59	-2,07	1,17	-3,09	8,39
Rundfunkveranstalter	60	1,05	3,66	8,00	-4,17
Erbringung von sonstigen Informationsdienstleistungen	63.9	-4,45	0,77	-6,57	-12,45
<b>Beratung / Kreativwirtschaft</b>		4,60	5,94	-0,19	-0,55
Public-Relations- und Unternehmensberatung	70.2	4,28	5,55	-0,52	1,03
Werbung und Marktforschung	73	0,88	4,23	-1,62	-3,77
Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten	74	9,12	8,21	1,66	0,49
<b>Technische Dienstleister</b>	<b>71</b>	2,98	8,43	2,93	1,81
<b>Gesamtwirtschaft</b>		1,86	2,79	0,80	0,82
<b>gewerbliche Wirtschaft (B-N)</b>		2,08	2,90	0,90	0,77

Quelle: Destatis und Bundesagentur für Arbeit, eigene Berechnungen ZEW, 2015.

**Abb.4-7: Branchenabgrenzung der ZEW IKT-Umfrage**

<b>Branche</b>	<b>WZ 2008</b>	<b>Bezeichnung</b>
Verbrauchsgüter	10	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln
	11	Getränkeherstellung
	12	Tabakverarbeitung
	13	Herstellung von Textilien
	14	Herstellung von Bekleidung
	15	Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen
	16	Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)
Chemie-, Pharmain- dustrie	17	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus
	20	Herstellung von chemischen Erzeugnissen
Grundstoffe	21	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen
	22	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren
Metallindustrie	23	Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden
	24	Metallerzeugung und -bearbeitung
Elektroindustrie	25	Herstellung von Metallerzeugnissen
	26	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen
Maschinenbau	27	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen
	28	Maschinenbau
Fahrzeugbau	29	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen
	30	Sonstiger Fahrzeugbau
Möbel- /Spielwarenindustrie,	31	Herstellung von Möbeln
	32	Herstellung von sonstigen Waren
Medizin-technik, Reparatur/Installation von Anlagen/Geräten	33	Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen
Einzelhandel	45	Handel mit Kraftfahrzeugen; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen
	47	Einzelhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen)
Großhandel	46	Großhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen)
Transportdienstleistun- gen	49	Landverkehr und Transport in Rohrfernleitungen
	50	Schifffahrt
	51	Luftfahrt
	52	Lagerei sowie Erbringung von sonstigen Dienstleistungen für den Verkehr
	53	Post-, Kurier- und Expressdienste
	79	Reisebüros, Reiseveranstalter und Erbringung sonstiger Reservierungsdienstleistungen

Fortsetzung auf nächster Seite.

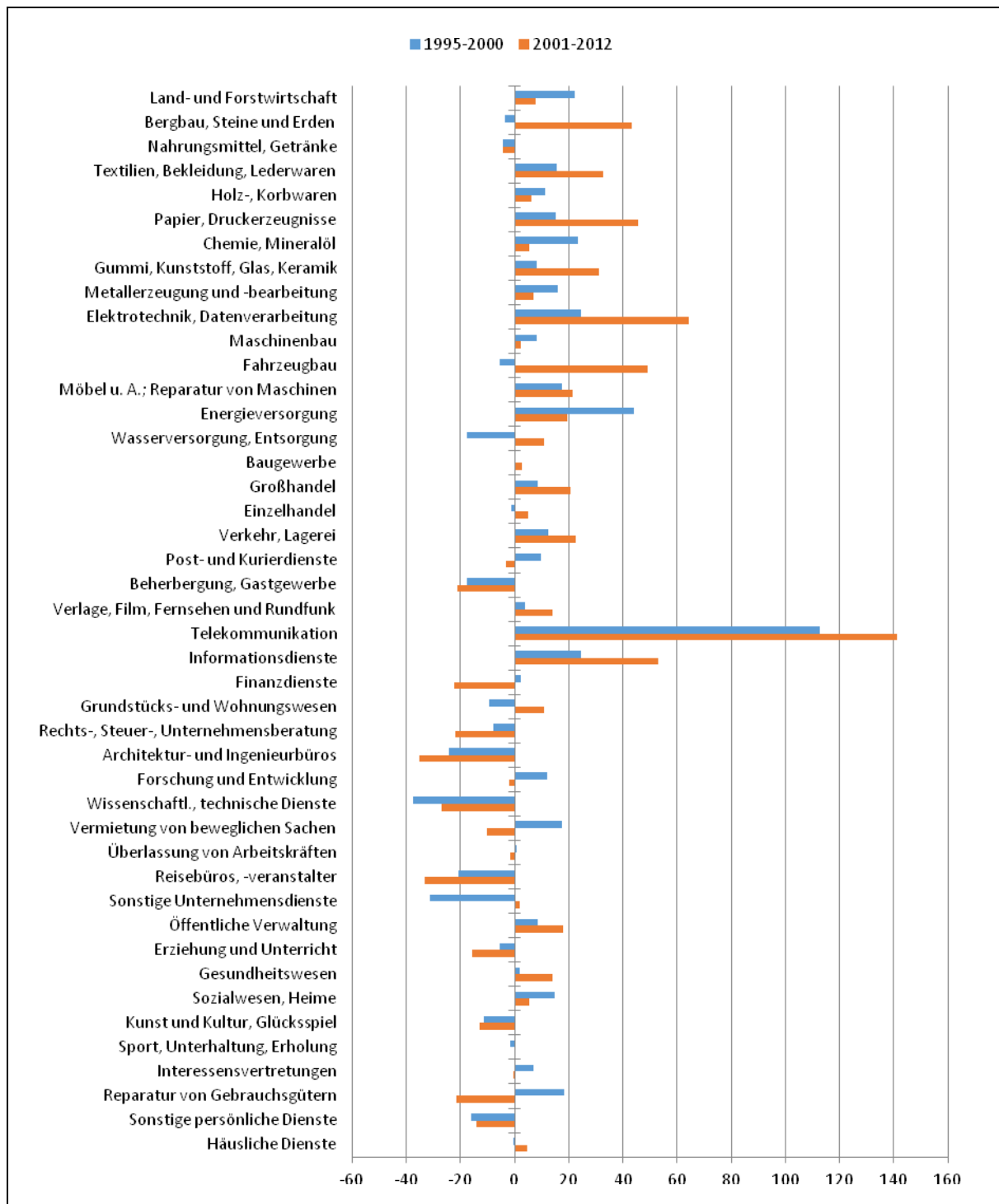
Fortsetzung von vorheriger Seite.

<b>Branche</b>	<b>WZ 2008</b>	<b>Bezeichnung</b>
Mediendienstleistungen	18	Herstellung von Druckerzeugnissen; Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern
	58	Verlagswesen
	59	Herstellung, Verleih und Vertrieb von Filmen und Fernsehprogrammen; Kinos; Tonstudios und Verlegen von Musik
	60	Rundfunkveranstalter
EDV-, Telekommunikationsdienstleistungen	61	Telekommunikation
	62	Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie
	63	Informationsdienstleistungen
Finanzdienstleistungen	64	Erbringung von Finanzdienstleistungen
	65	Versicherungen, Rückversicherungen und Pensionskassen (ohne Sozialversicherung)
	66	Mit Finanz- und Versicherungsdienstleistungen verbundene Tätigkeiten
Unternehmensberatung, Werbung	69	Rechts- und Steuerberatung, Wirtschaftsprüfung
	702	Public-Relations- und Unternehmensberatung
	73	Werbung und Marktforschung
Technische Dienstleistungen	71	Architektur- und Ingenieurbüros; technische, physikalische und chemische Untersuchung
	72	Forschung und Entwicklung
Unternehmensdienstleistungen	74	Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten
	78	Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften
	80	Wach- und Sicherheitsdienste sowie Detekteien
	81	Gebäudebetreuung; Garten- und Landschaftsbau
	82	Erbringung von wirtschaftlichen Dienstleistungen für Unternehmen und Privatpersonen a. n. g.

Quelle: ZEW (2014)

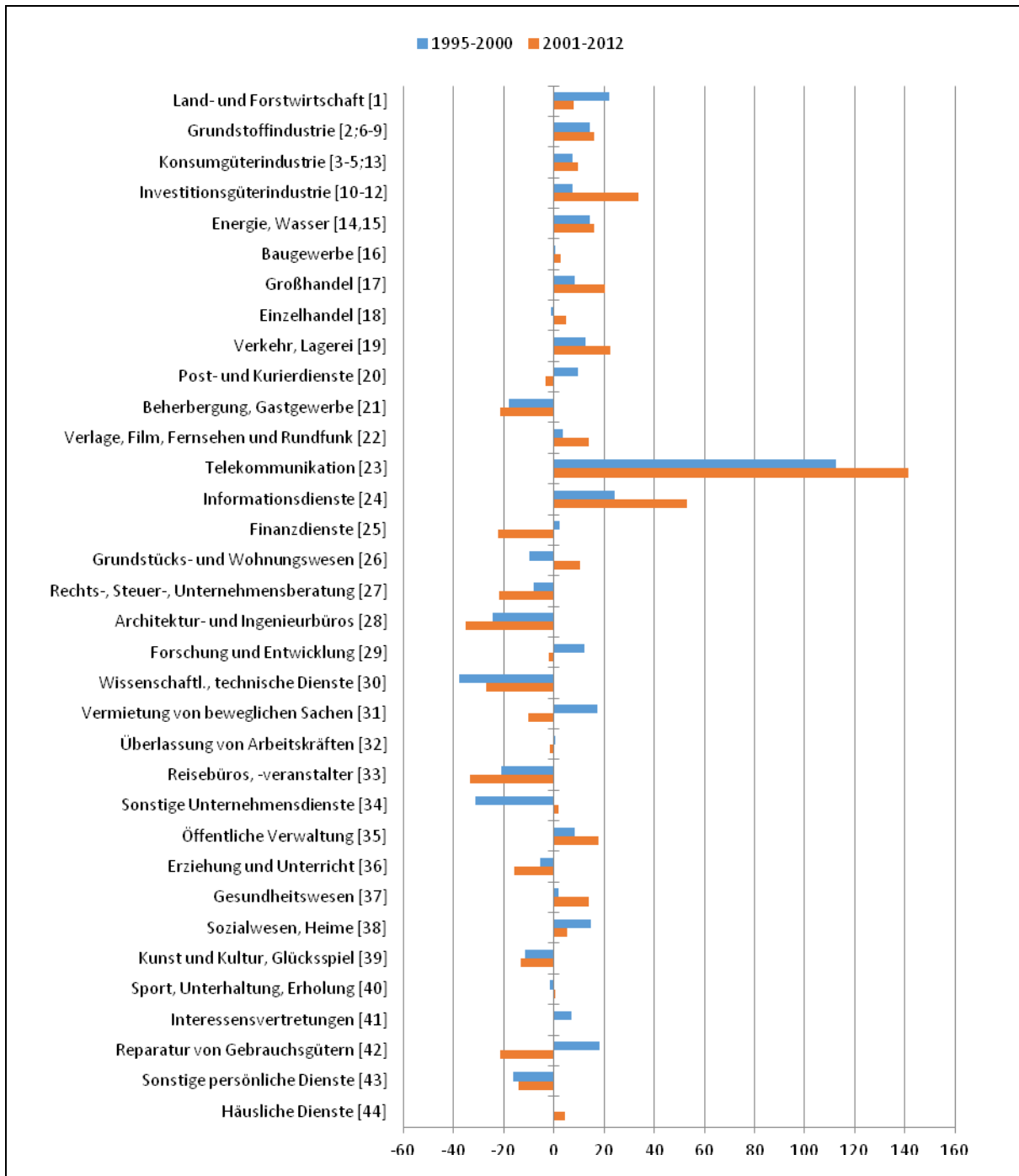


**Abb. 4-8: Produktivitätswachstum (Veränderung der realen Bruttowertschöpfung pro Erwerbstätigem) in Deutschland (Veränderung in Prozent) (Branchenabgrenzung 1)**



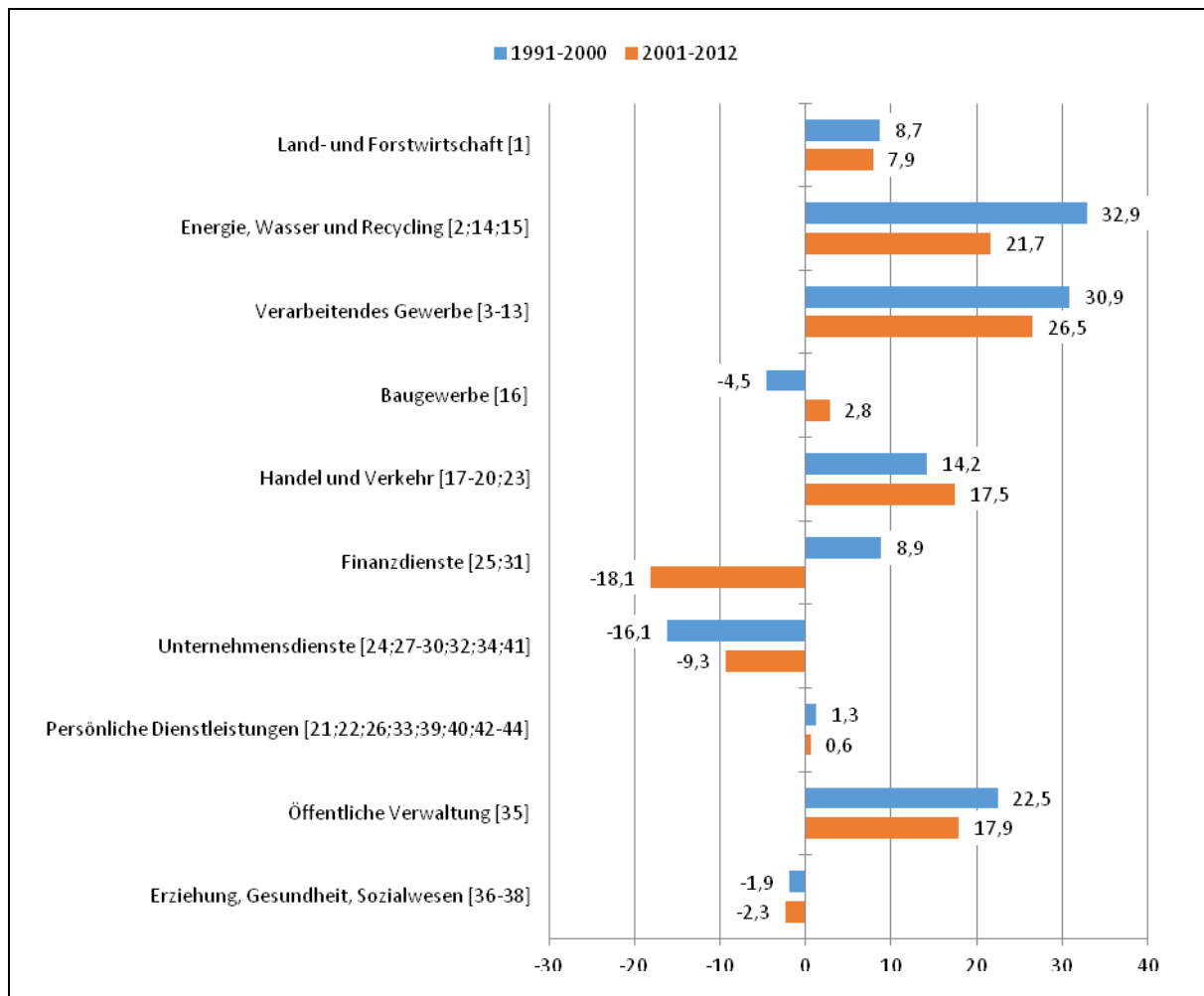
Quelle: Destatis, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, eigene Berechnungen ZEW, 2015.

**Abb.4-9: Produktivitätswachstum (Veränderung der realen Bruttowertschöpfung pro Erwerbstätigem) in Deutschland (Veränderung in Prozent) (Branchenabgrenzung 2)**



Quelle: Destatis, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, eigene Berechnungen ZEW, 2015.

**Abb. 4-10: Produktivitätswachstum (Veränderung der realen Bruttowertschöpfung pro Erwerbstätigem) in Deutschland (Veränderung in Prozent) (Branchenabgrenzung 3)**



Quelle: Destatis, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, eigene Berechnungen ZEW, 2015.

## D Digitale Arbeit, digitale Beschäftigung und die Zukunft des Arbeitsmarkts: Eine soziologische Perspektive

Pamela Meil

Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung, e.V. (ISF München)

Das Ziel dieses Kurzberichts ist es, aus soziologischer Perspektive einen Überblick über die Diskussionen rund um digitale Arbeit und Beschäftigung zu geben. Der Bericht stützt sich auf die einschlägige Literatur sowie Diskussionen, die im Rahmen europäischer Netzwerke und Foren stattgefunden haben.

### 1 Digitalisierung , Arbeit und Beschäftigung

#### *Mensch-Maschine-Interaktion*

Ein großes Diskussionsthema ist die Nutzung von Künstlicher Intelligenz (Artificial Intelligence, AI), Sensoren, Data Analytics und Robotern, verbunden mit der Frage, welche Veränderungen dies an vielen Arbeitsplätzen vorantreiben wird. Es besteht kein Zweifel, dass die Transformation körperlicher oder geistiger Routineaufgaben durch die Einführung neuer digitaler Technologien weitergehen wird; dieser Prozess ist bereits im Gange. Nicht so klar ist jedoch, wie schnell und umfassend technologische Entwicklungen zum Verlust von Arbeitsplätzen führen werden und welche Arbeitsplätze dies genau betreffen wird. Der Einsatz von Robotern und Augmented Reality ist in den Fertigungsbereichen der Automobilindustrie und des Maschinenbaus bereits im Entwicklungsstadium, an einer zukünftigen Implementation dieser Technologien gibt es kaum Zweifel. Dies wird sich auf die Arbeitsorganisation auswirken, denn die Interaktion zwischen Robotern bzw. Maschinen und Menschen wird weitaus intensiver ausfallen, als das bei der schlichten Bedienung eines Kontrollsystems der Fall war. Von der Einführung derartiger Prozesse erwartet man sich einen Produktivitätsgewinn. Ein weiteres Merkmal, das die Arbeit in so gestalteten Umgebungen prägen wird, besteht darin, dass das Hauptaugenmerk bei der Maschine und deren Programmierung liegen wird und die menschliche Arbeit den so definierten Prozessen daher untergeordnet wird. Routinejobs werden sicherlich verschwinden, aber es ist nicht klar, ob die verbleibenden Arbeitstätigkeiten eher hoch qualifiziert (Bearbeitung von nicht routinierbaren Aufgaben, Einrichtung, Konfiguration usw.) oder niedrig qualifiziert sein werden (Hilfstätigkeiten für die Roboter).

All diese Entwicklungen werden für gewöhnlich unter dem Etikett „Industrie 4.0“ zusammengefasst. In der Industrie 4.0 sind IKT-Produkte in die sonstige Maschinerie eingebettet, und Kunden und Geschäftspartner werden in den Wertschöpfungsprozess eingebunden. Wie die Wertschöpfungsketten aufgebaut sein werden und welche Art von Arbeitsteilung dort herrschen wird, ist noch ungewiss. Die Unternehmen gehen offenbar weitgehend davon aus, dass menschliche Arbeit an Bedeutung verlieren wird und durch Maschinen ersetzt oder diesen zumindest untergeordnet werden kann. Betrachtet man jedoch die gegenwärtige Realität des Einsatzes von IKT-Produkten in der Fertigung, so zeigt sich, dass die Koordinationsaufgaben, die Schnittstellen und die Reintegrationsprozesse noch sehr komplexer Natur sind und ihre Bewältigung sehr hochqualifizierter Expertise bedarf. Daher sind Arbeitsplätze in anderen Bereichen geschaffen worden, um die Prozesse zu koordinieren und zu managen. Ein weiterer Trend ist der Einsatz von Zulieferern (auch aus dem Bereich der Software-Entwicklung, und hier von sehr unterschiedlicher Unternehmensgröße: vom multinationalen Konzern bis zum Kleinunternehmen) und von Resident Engineers (also Beschäftigten von Fremdfirmen, die ihren Arbeitsplatz im Unternehmen haben). Oft wird die These aufgestellt (etwa in: *Arbeit 30/2030: Thesen zur Zukunft der Arbeit im Telekommunikationsbereich – Tendenzen der Experteninterviews und Sekundäranalysen*), dass die Fähigkeiten von Big Data und Künstlicher Intelligenz so stark wachsen werden, dass mehr und mehr Arbeit tatsächlich von Maschinen ausgeführt werden kann. Derzeit ist dies jedoch nicht der Fall, und so stellt sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt zunächst die

Frage, ob dieses Szenario realistisch ist, in welchem Zeitrahmen es eintreffen könnte und welche Art von Maßnahmen nötig ist, um künftige Entwicklungen gestalten zu können.

### *Big Data und Data Mining: Branchen- und Beschäftigungseffekte*

Ob und wie weit die Arbeitsorganisation in anderen Branchen und Bereichen von dieser Entwicklung betroffen sein wird, ist weniger eindeutig und daher Gegenstand unterschiedlicher Interpretationen und hypothetischer Szenarien. Es wird erwartet, dass Big Data, intelligente Maschinen, Data Mining, Data Analytics usw. künftig in der Lage sein werden, immer mehr Aufgaben zu übernehmen und im Prozess des Arbeitsvollzugs auch zu lernen. Dies könnte immer höher qualifizierte Tätigkeiten und Dienstleistungen betreffen. Diese Technologien könnten daher Auswirkungen auf viele Tätigkeiten und Branchen haben, beispielsweise auf Übersetzung und Veröffentlichung von Texten, das Gesundheitswesen, das Rechtswesen, die Logistik, die Telekommunikation, ja selbst Bildung und Erziehung. Es gibt eine große Spannweite von Hypothesen, welche Arten von Arbeitsplätzen davon betroffen sein werden. So wird teilweise vertreten, die Entwicklung zielt vor allem auf den Ersatz von menschlicher Arbeit mittlerer Qualifikation, und daher werde vor allem niedrig und hoch qualifizierte menschliche Beschäftigung übrig bleiben: „Im Wesentlichen geht der Trend am Arbeitsmarkt zur Polarisierung, so dass die Beschäftigung hoch bezahlter Personen, die kognitive Arbeit verrichten, und die Beschäftigung niedrig bezahlter Personen, die manuelle Arbeit oder Dienstleistungen verrichten, wachsen wird, während bei Routinetätigkeiten mit mittlerem Einkommen eine Aushöhlung stattfindet“ (Goos et al. 2009). Andere Autoren vertreten die entgegengesetzte Ansicht: Sowohl niedrig als auch hoch qualifizierte Arbeitsplätze werden verschwinden, so dass nur Arbeit mittlerer Qualifikation verbleibt. „Sowohl niedrig als auch hoch qualifizierte Dienstleistungstätigkeiten könnten aufgrund preisgünstiger AI, Sensoren, Data Analytics oder Robotern dramatischen Veränderungen ausgesetzt sein oder ganz verloren gehen“ (Policy Horizons Canada 2014).

### *Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und Arbeitsplätze*

Die Diskussion über die Nachfrage nach IKT-Beschäftigung ist hitzig und verwirrend. Unbestritten scheint der Sachverhalt, dass die Informations- und Kommunikationstechnologien beträchtlich zum Wirtschaftswachstum beigetragen haben und dass ihre Bedeutung überall zunimmt, auch in den Entwicklungs- und Schwellenländern. Unklar bleibt aber, welche Beschäftigungseffekte dieses Wachstum hat und wo es eigentlich stattfindet. Unternehmen wie Google und Facebook (wo sehr viel Geld mit den Daten verdient wird, die die Nutzer kostenlos zur Verfügung gestellt haben) sowie Crowdsourcing-Plattformen generieren sehr hohe Erlöse, schaffen aber nur sehr wenige Arbeitsplätze. Ein großer Teil des internetbedingten Wachstums bezieht sich auf Vertrieb und Marketing, realisiert sich aber nicht in hoch qualifizierten IKT-Jobs.

Hinter vielen virtuellen Arbeitstätigkeiten steht „reale“ Arbeit: beispielsweise die Validitätsprüfung von Wikipedia-Inhalten, die Lagerlogistik bei Amazon, Buchlektorat und Layout bei Online-Publikationen usw. Viele IKT-Profis arbeiten außerhalb der IKT-Branche, etwa im Investmentbanking oder im Öffentlichen Dienst. Zwar gehen Prognosen öfter davon aus, dass es einen Fachkräftemangel im Bereich der IKT bzw. der digitalen Wirtschaft geben wird, doch zugleich sind IKT-Arbeitsplätze häufig Zielscheibe von Freisetzungswellen (O'Brien 2015), und ihr Ruf in Bezug auf Arbeitsplatzsicherheit und Work-Life-Balance ist nicht der beste (Legault und Chasserio 2010). Und obwohl speziell Prognosen im Zusammenhang mit Industrie 4.0 und anderen Programmen digitaler Arbeit immer wieder einen Mangel an hoch qualifizierten Arbeitskräften voraussagen, gibt es auch die Gegenposition, dass Künstliche Intelligenz und Data Mining zunehmend in der Lage sein werden, auch hoch qualifizierte menschliche Arbeit zu ersetzen. Eine Rolle für die zukünftigen Chancen von IKT-Beschäftigten spielt auch der Umstand, dass die Personalrekrutierung der Unternehmen auf räumliche Bindung verzichten kann.

### *Crowdsourcing*

Crowdsourcing wird definiert als „der Akt, eine traditionell von einem dafür vorgesehenen Agenten (gewöhnlich einem Beschäftigten) verrichtete Tätigkeit an eine unbestimmte, im Allgemeinen große Gruppe von Personen auszulagern, in Form einer offenen Ausschreibung [im Internet]“ (Howe 2006). „Die entscheidenden Bedingungen ... bestehen in der offenen Ausschreibung und dem großdimensionierten Netzwerk potenzieller Arbeitskräfte“ (Howe 2006).

Crowdsourcing bezieht sich auf ein breites Spektrum von Funktionen, von Aufgaben minimalen Umfangs (kurz andauernde, niedrig qualifizierte und schlecht bezahlte Tätigkeiten wie etwa der Identifikation doppelt vorhandener Webseiten oder das Tagging von Bildern mit Informationen) bis zu komplexen und besser bezahlten Aufgaben. Beispiele für Arbeitsaufgaben, die oft per Crowdsourcing vergeben werden, sind die Entwicklung von Web Content und Software, der Aufbau und die Wartung von Datenbanken, die Einstufung von Webseiten, die Transkription von eingescannten Dokumenten oder Audio-Clips, die Klassifizierung und Auszeichnung von Bildern, das Review von Dokumenten, das Durchsuchen von Webseiten auf spezifische Inhalte, die Validierung von Suchergebnissen, das Design von Logos und das Texten von Slogans für die Werbewirtschaft (Horton und Chilton 2010; Felstiner 2011). Der Seite [crowdsourcing.org](http://crowdsourcing.org) zufolge gab es Ende 2012 weltweit beinahe 1000 verschiedene Crowdsourcing-Plattformen.

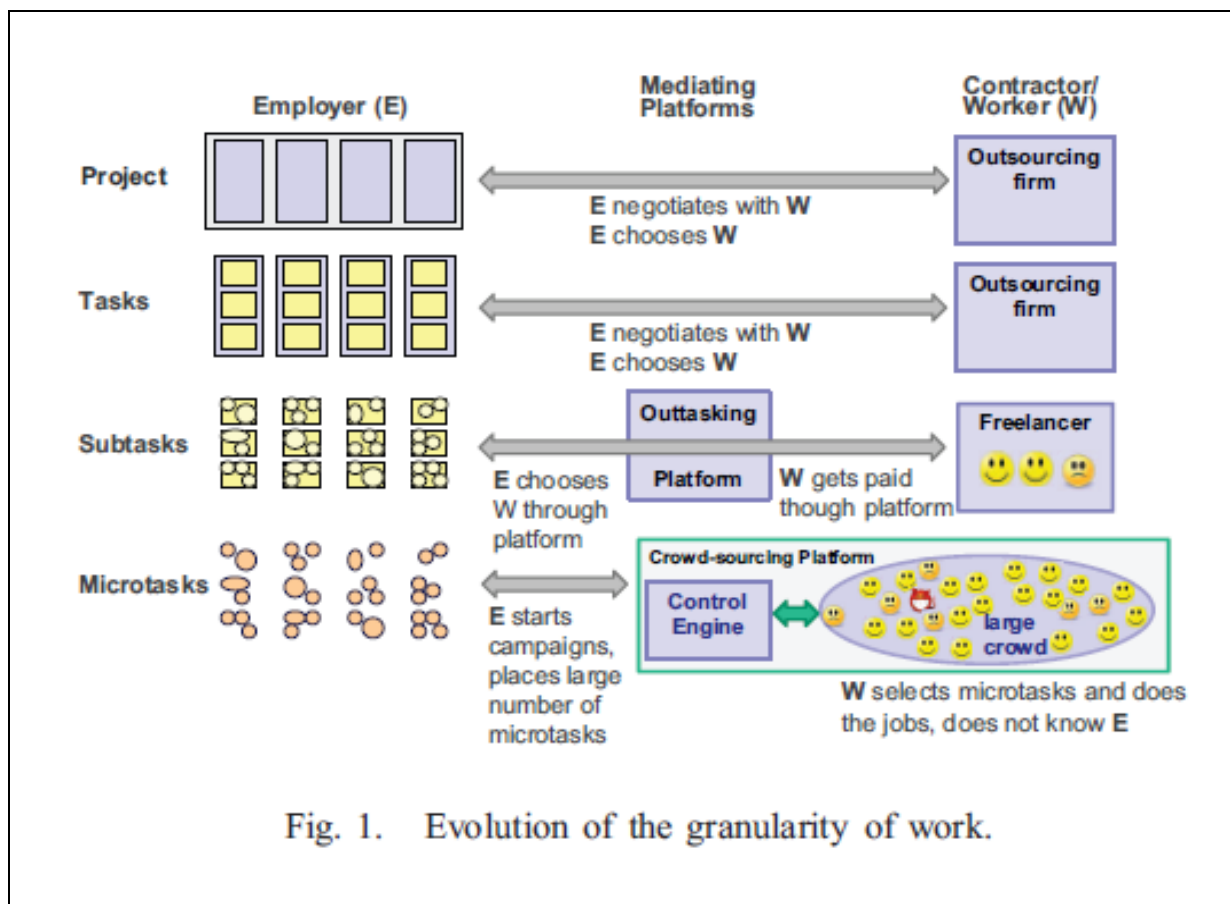
Crowd-Beschäftigung basiert auf individuell vergebenen Aufgaben oder Projekten statt auf einem kontinuierlichen Beschäftigungsverhältnis. Eine größere Aufgabe wird gewöhnlich aufgeteilt in kleinere Unteraufgaben („subtasks“ oder „micro tasks“ genannt). Sie sind homogener Natur, voneinander unabhängig und erzeugen jeweils ein spezifisches Arbeitsergebnis (Felstiner 2011; Kittur et al. 2013; siehe Abbildung 1). Die Tätigkeiten werden getrennt voneinander verrichtet und erzeugen so eine Art globale Arbeitsteilung. Dieses vorherrschende Modell des Aufteilens von Aufgaben in „micro tasks“ könnte einen Vorgeschmack davon bieten, was aus einer Ausweitung von Crowdsourcing für die Arbeitsorganisation folgen könnte. Niedrig qualifizierte standardisierte Arbeit mit wenig Entwicklungsmöglichkeiten ist kennzeichnend für die typischen Crowdsourcing-Aufgaben. Allerdings hält Felstiner (2013) fest, dass Crowdsourcing durchaus auch auf spezifische Projekte oder operationale Teile von Projekten angewandt wird. So können Crowdworker auch mit „Makroaufgaben“ (weniger automatisierte Funktionen, die mehr eigenständiges Ermessen des arbeitenden Menschen verlangen), „einfachen Projekten“ (nicht automatisierte Aufgaben, die mehr Engagement des Crowdworkers erfordern) oder „komplexen Projekten“ betraut werden, wenn letztere auch selten sind (Felstiner 2011). Teilweise profilieren und spezialisieren sich die Plattformen auch nach der Art des Arbeitsangebots.

Gemäß Eurofound (2015) gibt es in Deutschland einen steigenden Einsatz von Crowd-Beschäftigung, und Deutschland gehört zu den wenigen mittel- und nordeuropäischen Nationen, wo eine schnelle Entwicklung dieser Beschäftigungsart stattfindet (zusammen mit Großbritannien und Belgien). Eine wichtige Crowdsourcing-Plattform ist in Deutschland entstanden: Clickworker. Ihre Nutzung hat rasch zugenommen. Von den bei Clickworker registrierten Arbeitskräften besteht etwa ein Drittel aus Deutschen, ein weiteres Drittel lebt in anderen europäischen Ländern, und das letzte Drittel kommt aus Amerika. Die Plattform besteht länger und ist einem breiten Publikum besser bekannt als andere europäische Plattformen, die es meist noch nicht so lange gibt. „Clickworker“ sind im Schnitt relativ jung, die größte Gruppe hat ein Lebensalter zwischen 22 und Ende 40.

Es besteht Uneinigkeit bezüglich der Bedeutung der Crowd-Beschäftigung für den zukünftigen Arbeitsmarkt. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird Crowdsourcing in Europa definitiv seltener genutzt als in den USA. Doch Kaganer et al. (2012) sprechen von einem „sprunghaften Anstieg“ des jährlichen globalen Umsatzes von Crowdsourcing-Plattformen, um 53 % im Jahr 2010 und 74 % im Jahr 2011, was auf das Potenzial dieser Beschäftigungsform schließen lässt. Dieses Potenzial lässt sich auch an der amerikanischen Plattform „Mechanical Turk“ illustrieren, auf der nicht weniger als 350.000 Aufgaben gleichzeitig ausgeschrieben werden. Die Nutzung nach Geschlecht unterscheidet sich von Land zu Land, so sind 65 %

der NutzerInnen in den USA weiblich, aber nur 35 % in Indien. Diese Gender-Differenzen lassen sich sehr wahrscheinlich durch die Aufgabenarten erklären: Software-Entwicklung und Kodierung werden meist von Männern übernommen; Übersetzungen, Design und „micro tasks“ hauptsächlich von Frauen. Die Motive, eine Crowd-Beschäftigung zu wählen, differieren: zusätzliches Einkommen für Studierende; Sammeln von Erfahrungen und Aufbau eines Portfolios bei neu in den Arbeitsmarkt eintretenden Personen; Zusatzeinkommen für die zu Hause bleibenden Familienmitglieder; usw. Da Arbeitsangebote im Internet prinzipiell einen grenzenlosen Charakter haben, werden manche Aufgaben von Personen übernommen, die in Entwicklungs- oder Schwellenländern leben, etwa in Indien, den Philippinen oder (soweit Europa betroffen ist) in den osteuropäischen Staaten. Dies verschärft die Konkurrenz und hält die Entgelte für bestimmte Aufgaben niedrig. Allerdings hatte eine Analyse von Fallstudien in Europa das bemerkenswerte Ergebnis, dass die Nutzer der Plattformen meistens aus den Ländern kommen, in denen die Online-Plattform ihren Sitz hat. Das kann daran liegen, dass die meisten Plattformen noch sehr neu sind und man sie meist über Mundpropaganda kennt; es könnte sich ändern, wenn die Plattformen sich etablieren (wie bei Mechanical Turk). Mit Einzelaufgaben kann man nur sehr wenig verdienen; um ein einigermaßen akzeptables Entgelt zu erreichen, muss man entweder sehr viele Aufgaben an einem Tag erledigen oder sich ein gewisses Maß an Erfahrung und Geschwindigkeit erworben haben.

**Abbildung 1** Entwicklung der Granularität der Arbeit



**Fig. 1.** Evolution of the granularity of work.

Quelle: Hoßfeld et al. 2011

Als Vorteil von Crowdsourcing wird die Autonomie in der Zeiteinteilung und der Aufgabenwahl angesehen. Die Nachteile bestehen im Fehlen jeglicher Schutzbestimmungen, im Mangel an Beschäftigungssicherheit und in der potenziell unregelmäßigen und zudem niedrigen Bezahlung. Es ist ungewiss, ob die EU den Versuch unternimmt, die Beschäftigungsbedingungen im Crowdsourcing zu regulieren, ob Einzelstaaten nationale Regulierungen durchzusetzen versuchen oder ob Gewerkschaften Druck ausüben werden, um stärker regulierte oder standardisierte Beschäftigungsformen zu erreichen. Dies wäre



angesichts der Natur von Crowdsourcing sicher kein leichtes Unterfangen. Wahrscheinlich würde in diesem Fall das wichtigste Druckmittel darin bestehen, Plattformen zu sperren oder zu ächten, die sich den Regeln nicht fügen oder besonders schlechte Arbeitsbedingungen und Entgelte bieten.

## 2 Arbeitsorganisation und Arbeitsbedingungen

Digitale Technologien erleichtern Outsourcing in verschiedener Gestalt: durch erweiterte globale Wertschöpfungsketten über Unternehmens- und Staatsgrenzen hinweg, sowohl in der Produktion als auch in der Erstellung von Dienstleistungen; durch Crowdsourcing; durch User-Generated Content. Dieser Umstand hat großen Einfluss auf die Art und Weise, wie Arbeit organisiert wird, und auf die Art der angebotenen Arbeit selbst. Arbeit wird in diesem Zusammenhang tendenziell in Projekten organisiert. In diesen Projekten werden Tätigkeiten, Aufgaben und Teilprodukte zuerst aufgespalten und unter verschiedene Personen aufgeteilt, die potenziell auch an verschiedenen Orten leben und arbeiten können; danach müssen die verschiedenen Teile wieder in ein Endprodukt oder eine Dienstleistung re-integriert werden. Es gibt zwar keine zwangsläufige Beschränkung bezüglich der Art der Arbeitsverträge oder der Arbeitsbedingungen, die unter dieser Prämisse angeboten werden können, faktisch hat es aber einen Anstieg befristeter und prekärer Arbeitsverhältnisse gegeben und eine generelle Abnahme derjenigen Arbeitsverhältnisse, die man als Normalarbeit bezeichnen kann: d.h. geregelte Arbeitszeiten innerhalb eines Unternehmens auf lange Sicht und mit Sozialleistungen.

Natürlich sind bestimmte Beschäftigungsverhältnisse davon stärker betroffen als andere. So wirkt sich dieser Wandel stark auf die Kreativwirtschaft bzw. kreative Jobs aus, in denen es schon immer einen relativ hohen Anteil an „freien Mitarbeitern“ gegeben hat. Dazu gehören etwa Journalisten und Personen, die für Verlage, für Medien oder im Design arbeiten. Betroffen sind auch Personen, die in der IT, in der Software-Entwicklung oder in Social Media tätig sind. Mit diesen Entwicklungen ist auch ein wachsendes Interesse an Arbeitskräftepools und kollaborativer Arbeit verbunden. In einem Szenario wird angenommen, dass es Pools mit Arbeitskräften bestimmter Qualifikationen geben wird, die mittels digitaler „Marktplätze“ auf Arbeitgeber treffen, welche bestimmte Jobs oder Projekte vergeben. Kollaborative Arbeit hingegen ist eher eine Initiative „von unten“: Selbstständige Freelancer oder KMU treten über eine Art Dachorganisation in wechselseitige Kooperation, als Netzwerk von KollegInnen oder als Kooperative. Solches „Co-working“ schließt oft auch ein, dass man sich einen Arbeitsplatz teilt, da die Arbeitenden nicht über traditionelle Büroräume verfügen. Die Idee ist, so die finanziellen Belastungen der freien Mitarbeit zu reduzieren und sich zugleich wechselseitig bei der Jobsuche oder der Bewältigung der Arbeit zu unterstützen.

Ein weiterer Trend, der in Deutschland Interesse gefunden hat, ist die „Verflüssigung“ von Beschäftigung. Es geht darum, virtuelle Pools zu nutzen, um Projektteams unabhängig vom physischen Ort zusammensetzen zu können. Als allgemeineres Konzept mit ähnlicher Stoßrichtung kann die „Talent Cloud“ betrachtet werden. Sie ähnelt den oben beschriebenen Ideen der Arbeitskräftepools bzw. der kollaborativen Arbeit, ist aber stärker vom Auftraggeber bestimmt. In diesem Fall sind Arbeitskräftepools auf verschiedenen Plattformen registriert, und ihre Arbeit und ihre Leistung werden online evaluiert und bewertet. Auftraggeber können die Fähigkeiten dieser Personen je nach Bedarf abrufen. Es gibt in solchen digitalen Umgebungen zwei Arten der Bewertung: nach formalen Qualifikationen und nach Leistungsbeurteilung. Ein Zertifizierungssystem, das die Qualifikations- und Leistungsprofile kombiniert, schafft eine digitale Reputation der einzelnen Arbeitskräfte, auf deren Basis die Auftraggeber sie für bestimmte Projekte auswählen und beschäftigen (Holtgrewe 2013).

### *User-Generated Content*

Aus digitalen Arbeitsumgebungen stammt das Konzept des User-Generated Content (UGC), das häufig bei kreativen Berufen oder Arbeiten Anwendung findet. UGC wird folgendermaßen definiert: User sind aktive Internet-Beiträger, die ein „gewisses Maß an kreativer Leistung“ einsetzen, welches „außerhalb professioneller Routinen und Plattformen“ geschaffen wird und in einem bestimmten



Kontext veröffentlicht wird (OECD 2007). Ein weiterer Aspekt von UGC ist User Innovation: Innovation, die durch intermediäre User (ob Firmen, Personen oder Communities) statt durch Zulieferer (Produzenten oder Fertigungsstätten) zustande kommt (Bogers et al. 2010). Crowdsourcing-Plattformen können für die Erstellung von UGC genutzt werden. Peer-to-Peer-Produktion, Freiwilligenarbeit, Kunden- und Verbraucherbeiträge usw. lassen sich als Teil von UGC verstehen. Dazu kann zum Beispiel gehören, dass Einzelpersonen für ein Unternehmen T-Shirts gestalten, dass Verbraucher Produkte bewerten oder Touristen Reisearrangements, aber auch die Produktion von Musik, die Gestaltung von Apps oder die Entwicklung von Software in kollaborativer Arbeit (Open-Source-Software) usw. In diesem Bereich ist das Konzept der Allmende (Commons), die gemeinschaftliche Beteiligung an gemeinwohlbestimmten Aktivitäten in der Digitalwirtschaft, am weitesten verbreitet. Hier verschwimmen die Grenzen zwischen Produktion, Konsum und Distribution, ebenso wie in anderen Bereichen der Digitalwirtschaft. Das Phänomen hat verschiedene Seiten: Einerseits können Bürger freiwillige Beiträge leisten oder in digitalen Foren untereinander Informationen austauschen. Die Kehrseite ist jedoch eine Verschiebung der Grenzen von Beschäftigungsverhältnissen, die zur Prekarisierung und zur Deprofessionalisierung von Berufen beitragen kann. So nutzen Online-Veröffentlichungen und -Zeitungen oftmals umsonst oder gegen sehr geringes Entgelt journalistische Beiträge. Musik, Bilder und Texte werden außerhalb urheberrechtlicher Beschränkungen oder ohne jede Bezahlung aufgeführt, gehandelt und veröffentlicht. Im Bildungssystem gibt es Massive Open Online Courses (MOOC), kostenlose oder sehr billige Online-Kurse an oft sehr bekannten Universitäten. Dadurch sehen sich Dozenten oft dazu genötigt, ihre Kurse so zu gestalten, dass sie mit standardisierten Online-Plattformen kompatibel sind. Auch die Bilder, die für videobasierte Lehre erforderlich sind, müssen passend geliefert werden. Dieser Trend scheint zusammenzufallen mit einem starken Rückgang regulärer Arbeitsverträge und Laufbahnpositionen in Kreisen der nordamerikanischen und europäischen akademischen Lehre. Andererseits werden so für Studierende aus Entwicklungsländern oder ländlichen Räumen neue Möglichkeiten eröffnet, an qualitativ hochwertigen Kursen teilzunehmen. Fast immer gibt es bei den Entwicklungen im Zusammenhang mit UGC, ja generell bei den digitalen Arbeitsumgebungen, zwei verschiedene Seiten: positive Seiten, etwa die Flexibilität, neue Möglichkeiten, leichteren Zugang und potenzielle Innovationen zu fördern; negative Seiten, nämlich Beschäftigungsverhältnisse mit befristeten und nicht normierten Verträgen, nachteilige Fluktuation, und Arbeitsintensivierung. Beides existiert nebeneinander. Arbeit kann an Autonomie gewinnen – und gleichzeitig intensiviert werden und unter weltweiten Konkurrenzdruck geraten.

### *Arbeitsmärkte?*

Gemeinsam haben viele der Entwicklungen im Kontext virtueller Arbeitsformen (also solcher Formen, die über digitale Umgebungen und globale Wertschöpfungsketten vermittelt werden), dass ihnen so etwas wie interne Arbeitsmärkte oder Laufbahnen im traditionellen Sinn fehlen. Daher weisen mehr und mehr Beschäftigungsverhältnisse Ähnlichkeiten mit den Bedingungen von Kreativarbeit in der Kulturindustrie auf. Gute Reputationen und Portfolios können zu besserem Verdienst und lückenloser Beschäftigung führen, aber es gibt keine Karriereleiter, auf der man aufsteigen könnte, und auch keine klare Aussichten auf Einkommenssteigerung. Die Arbeitsmärkte haben weniger klar definierte Grenzen, und wenn die Bindung von Arbeitgebern an ihre Beschäftigten schwächer wird lockert sich auch die Bindung der Beschäftigten an bestimmte Firmen oder Unternehmen. Wenn Bindungen existieren, dann eher an den Beruf, die Tätigkeit, die Community oder das Selbst; das Modell des Arbeitskraftunternehmers erlangt weit größere Verbreitung. Traditionelle Modelle bürokratischer Stabilität, wie sie früher die Wohlfahrtsstaaten entscheidend geprägt haben, verlieren weiter an Boden. Wenn sich nun außerdem der Trend bestätigen sollte, dass Maschinen immer mehr menschliche Arbeit übernehmen, und zugleich große Schritte in Richtung einer Ökonomie des Teilens (Sharing Economy) stattfinden, dann sehen sich die Nationalstaaten mit einer wahrhaft schwierigen Frage konfrontiert: Wie wird sich das auf Sozialversicherungsbeiträge und Steuereinnahmen auswirken?

### *Commons versus Kommodifizierung*

In Diskussionen um die Digitalisierung stellt sich regelmäßig die Frage, wie viele neue Möglichkeiten digitale Arbeitsformen bieten und wie groß die Risiken sind, die damit verbunden sind. Es gibt jedenfalls zwei diametral verschiedene Antworten auf die Frage nach der Bewertung der neuen Entwicklungen, die im Zuge der Digitalisierung sichtbar werden. Eine dieser beiden Antworten kommt einer Utopie nahe und betrachtet Peer-Produktion, die Ökonomie des Teilens und den Einsatz digitaler Technik für das Gemeinwohl als den Königsweg in die Zukunft (Benkler 2013). Die andere sieht die Entwicklung kritisch und betrachtet die Erosion des Normalarbeitsverhältnisses, Ausbeutung und De-Professionalisierung als die Hauptmerkmale der Digitalisierung. Doch obwohl beide Szenarien gerade entgegengesetzte Standpunkte bezeichnen, folgen aus beiden ähnliche Auswirkungen auf reguläre Beschäftigungsverhältnisse und ähnliche Veränderungen bestehender Arbeitsbeziehungen.

### **3 Digital Shift**

In der digitalen Welt spielt sich eine deutlich erkennbare Verschiebung innerhalb der Wertschöpfungsketten ab, die als Digital Shift bezeichnet worden ist (Simon 2012). Die Prozesse der Fertigung, Lagerhaltung, Distribution und Konsumtion, die bisher gewöhnlich von verschiedenen Unternehmen an verschiedenen Orten vollzogen wurden, und zwar meist in linearer zeitlicher Folge, nähern sich einander sehr weitgehend an. Sie können sich überlappen und verdichten, potenziell können sie sogar simultan ablaufen. Beim User-Generated Content werden Konsumenten zu Produzenten; Lagerung oder Speicherung kann theoretisch direkt am Ort der Fertigung stattfinden. In der Theorie bietet die Digitalisierung neue Möglichkeiten für kleine Nischenunternehmen und kann Innovationen in einer Reihe verschiedener Bereiche induzieren, wie App-Entwicklung, Spieleindustrie, Website-Erstellung, Software-Entwicklung usw. Als Beispiel mag ein kleiner, auf ein Nischenthema spezialisierter Verlag dienen, der auf einem normalen Markt keine Überlebenschance hätte. Ihr Bestehen ist nur möglich, weil die Autoren ihre Texte elektronisch liefern können, das Lektorat auf einem digitalen Marktplatz ausgeschrieben werden kann, ein großer Teil der Marketing- und Vertriebsprozesse online stattfinden kann.

Jedoch sieht die Realität hauptsächlich so aus: die Digitalisierung führt zur Konzentration und zu internationaler Dominanz großer Unternehmen, die immer größere Teile der Wertschöpfungsketten kontrollieren und immer mehr kleinere Marktakteure aufkaufen. Über beispielsweise war ein Kleinunternehmen in Kalifornien, wurde von Google übernommen und entwickelte sich zum internationalen Mega-Akteur. Solche Unternehmen werden so groß und mächtig, dass sie über einen großen Teil der verfügbaren Ressourcen bestimmen können und Einfluss auf die Techniknutzung ganzer Gesellschaften erhalten – und auch Einfluss darauf ausüben, was es an Arbeitsangeboten gibt, sowohl bezüglich der Menge als auch bezüglich der Art der Arbeit und der Arbeitsbedingungen.

### *Abschließende Überlegungen*

Dass die Digitalisierung der Arbeitswelt Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt hat und auch in Zukunft haben wird, ist unstrittig. Welche Auswirkungen das genau sein werden, ist schwer vorauszusagen, weil fast alle Bereiche der Wirtschaft und der Arbeit und zudem auch der Privatsphäre in der einen oder anderen Weise von der Digitalisierung erfasst werden und der Wandel noch sehr im Fluss ist. Es wird sicherlich Unterschiede nach Branchen und Berufen geben, was die Stärke und den Umfang der Auswirkungen betrifft, aber auch was die positive oder negative Bewertung angeht. Traditionelle Produktionsbranchen werden sicherlich in vielen Bereichen eine verstärkte Automatisierung erleben, die sich höchstwahrscheinlich auf Stellen für Arbeitskräfte niedriger oder mittlerer Qualifikation auswirken wird. Aber es wird auch wachsende Einflüsse der Digitalisierung auf Dienstleistungsarbeit, hochqualifizierte Wissensarbeit und die Kulturindustrie geben. Hier ist es aber schwerer zu prognostizieren, in welche Richtung und in welchem Ausmaß dies die entsprechenden Arbeitsmärkte verändern wird. Die Komplexität solcher Entwicklungen wird noch erhöht durch die Grenzenlosigkeit

und Globalität der digitalen Welt. Aber auch soziale Prozesse, etwa in Form von Regulierung, staatlicher Politik, oder Unternehmens- und Brancheninteressen, werden eine Rolle dabei spielen, wie die Ergebnisse ausfallen.

Qualifikationsstrukturen, Arbeitsinhalte und -qualität, Arbeitsverhältnisse, Arbeitsbedingungen und Arbeitsorganisation – all dies beeinflusst die Digitalisierung in hohem Maße. Vieles deutet darauf hin, dass es eine wachsende Standardisierung von Arbeit und Beschäftigung geben wird, zumindest in einigen Bereichen. Doch es ist auch ein Anstieg nicht-normierter Arbeitsverhältnisse, eine wachsende Beschäftigungsunsicherheit und eine Zunahme von sozial kaum abgesicherten Arbeitsplätzen zu konstatieren – ebenfalls in einigen Bereichen. Die positive Seite der Digitalisierung besteht darin, dass sie Gemeinschaftshandeln und eine Ökonomie des Teilens fördern kann; potenziell kann sie jenen neue Chancen bieten, die keinen leichten Zugang zu den regulären Arbeitsmärkten haben, wie älteren Personen, Menschen, die zu Hause Familien- und Pflegearbeit verrichten, Behinderten, Bewohnern abgelegener Regionen usw. Als neutrales Werkzeug kann die Digitalisierung neue Möglichkeiten für Innovation schaffen. Anlass zur Sorge über die Zukunft der Arbeitsbedingungen bereitet jedoch die Beobachtung, dass große Unternehmen immer stärkere Dominanz in den Wertschöpfungsketten erlangen.

## Literatur

Agrawal Ajay, John Horton, Nico Lacetera, Elizabeth Lyons (2013): Digitization and the Contract Labor Market: A Research Agenda September, 2013.

Aquinas H., Lawal SO (2013): A review and research agenda for bridging the science–practice gap Human Resource Management Review, - Elsevier.

Benkler, Y. (2013): Practical Anarchism: Peer Mutualism, Market Power, and the Fallible State, In: Politics & Society 41(2) 213–251.

Bogers M., A. Afuah, B.Bastian (2010): Users as Innovators: A Review, Critique, and Future Research Directions, Journal of Management, January 26, 2010.

Eurofound (2012): Born global: the potential of job creation in new international businesses, Luxembourg: <http://www.eurofound.europa.eu/pubdocs/2012/65/en/1/EF1265EN.pdf>.

Eurofound (2015): New forms of employment, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Felstiner, A. (2011): ‘Working the crowd: Employment and labor law in the crowdsourcing industry’, Berkeley Journal of Employment & Labor Law, Vol. 32, No. 1, pp. 143-203.

Goos, Maarten, Alan Manning, and Anna Salomons (2009). “Job Polarization in Europe.” American Economic Review 99 (2): 58–63.

Hirsch-Kreinsen, H. (2014): Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“. Soziologisches Arbeitspapier Nr. 38. Dortmund.

Holtgrewe U. (2014): New New Technologies. The future and present of work in information and communication technology, In: New Technology, Work and Employment vol. 29, no. 1 March 2014.

Hoßfeld ,T., M. Hirth, P. Tran-Gia (2011): Modeling of Crowdsourcing Platforms and Granularity of Work organization in future Internet, Proceedings of the 2011 23rd International Teletraffic Congress (ITC 2011).

Horton J.J. and Lydia B. Chilton, (2010): The labor economics of paid crowdsourcing, Proceedings of the 11th ACM conference on Electronic commerce, Pages 209-218 ACM New York, NY, USA 2010.

Howe, J. (2006): ‘The rise of crowdsourcing’, Wired, No. 14.06.

Ipeirotis, P. (2009): Turker Demographics vs Internet Demographics. <http://behind-the-enemy-lines.blogspot.com/2009/03/turker-demographics-vs-internet.html>.

Ipeirotis, P. (2010): The New Demographics of Mechanical Turk, <http://behind-the-enemy-lines.blogspot.com/2010/03/new-demographics-of-mechanical-turk.html>.

Kaganer, E., Carmel, E., Hirschheim, R. and Olsen, T. (2013): ‘Managing the human cloud’, MIT Sloan Management Review, Winter 2013.

Kittur, A., Nickerson, J. V., Bernstein, M. S., Gerber, E. M., Shaw, A., Zimmerman, J. et al (2013): The future of crowd work, Stanford University, Stanford, USA.

Kraemer, Kenneth L., Greg Linden, and Jason Dedrick (2011): Capturing Value in Global Networks: Apple's iPad and iPhone July 2011.

Legault M.J. and Chasserio, S. (2010): Professionalization, risk transfer and effect on gender gap in project management, International Journal of Project Management, 30, 6.

Mayer-Schönberger V, Cukier K. (2013): Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think.

O'Brien C. (2015): Disposable employees may be tech industry's greatest achievement, <http://venturebeat.com/author/chris-o'brien/>.

OECD (2012): Internet Economy Outlook, Paris: OECD, [http://www.keepeek.com/oecd/media/science-and-technology/oecd-internet-economy-outlook-2012\\_9789264086463-en](http://www.keepeek.com/oecd/media/science-and-technology/oecd-internet-economy-outlook-2012_9789264086463-en).

OECD (2014): ICTS AND JOBS: COMPLEMENTS OR SUBSTITUTES? THE EFFECTS OF ICT INVESTMENT ON LABOUR DEMAND IN 19 OECD COUNTRIES 8-9 December 2014, OECD Conference Centre, Paris Working Party on Measurement and Analysis of the Digital Economy.

Policy Horizons Canada (2013): MetaScan 2, Building resilience in the transition to a digital economy and a networked society October 2012. [www.horizons.gc.canada](http://www.horizons.gc.canada).

Policy Horizons Canada (2014): Metascan 3, Emerging technologies: A FORESIGHT STUDY EXPLORING HOW EMERGING TECHNOLOGIES WILL SHAPE THE ECONOMY AND SOCIETY AND THE CHALLENGES AND OPPORTUNITIES THEY WILL CREATE. [www.horizons.gc.canada](http://www.horizons.gc.canada).

Simon J.P. (2011): The ICT Landscape in BRICs countries. Brazil, India, China. European Commission Joint Research Center – Institute for Prospective Technology Studies.

SPIEZIA, V. (2013): Economic Analysis and Statistics Division (EAS), Filling the Gaps. E-skills and education for digital jobs. European Commission Conference Report. <http://www.filling-the-gaps.eu/report.pdf>.

Thesenpapier (2014): "Zur Zukunft der Arbeit in der Telekommunikationsindustrie", Projektvorhaben der Gewerkschaft ver.di und der HR-Abteilung der Deutschen Telekom.

## **E Digitalisierung in Verwaltung, Öffentlichen Dienst und der Industrie**

*Bernd Dworschak und Helmut Zaiser  
Fraunhofer IAO, Stuttgart*

### **1 Einleitung**

„Digitalisierung“ wird derzeit zum neuen Schlagwort für die weiter zunehmende Durchdringung nahezu aller Lebensbereiche durch Technologien, zu denen wesentlich Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und mit IKT verwobene Technologien gehören. Dieser zuvor mit „Informatisierung“ bezeichnete Prozess nahm seinen Anfang mit der Anwendung der Mikroelektronik in der Industrie und mündete zunächst in die „Automatisierungsdebatte“ über Wirkungen der Technik auf individuelle Arbeitsbelastungen, Qualifikationsentwicklungen und Beschäftigung ein, die hauptsächlich in den 1970er und 80er Jahren geführt wurde. Vor allem mit dem PC begann Mitte der 1980er Jahre eine schnell zunehmende IKT-Verbreitung sowohl in den Büros der Privatunternehmen und öffentlichen Verwaltung als auch – um dies in seiner Bedeutung nicht zu vergessen – in den Privathaushalten. Ein Ergebnis war, dass computergesteuerte Arbeitsmittel Ende der 1990er Jahre in industriebezogenen Berufsbereichen von maximal knapp 60 % der Erwerbstätigen eingesetzt wurden, während dies schon bei gut 70 % der Dienstleistungskaufleute und über 90 % der Erwerbstätigen in Verwaltungs- und Büroberufen der Fall war.

Seit zehn bis 15 Jahren spielen einander ähnliche Konzepte eine zunehmend wichtige Rolle, zu denen „Ubiquitous Computing“, „Pervasive Computing“, „Ambient Intelligence“ oder das „Internet der Dinge“ gehören, wobei das „Internet der Dinge in der Industrie“ als Synonym für die derzeit mit „Industrie 4.0“ verbundenen Vorstellungen verstanden werden kann. Die in einem anhaltend fortschreitenden Entwicklungs- und Umsetzungsprozess befindlichen Konzepte sind durch drahtlose Vernetzung von Computern, Sensoren, Steuerungselementen, mobilen Endgeräten und weiteren Objekten sowohl untereinander als auch mit dem Internet gekennzeichnet. Entscheidend für diese Vernetzung ist die Einbettung immer kleinerer und leistungsfähigerer Sensoren sowie Informations- und Kommunikationshardware in kleine Objekte und ihre Umgebung. Die vernetzten Systeme können Informationen sammeln, automatisch agieren, Aktionen dem jeweiligen Kontext anpassen. Auch wenn Vollautonomie solcher Systeme in der Regel noch weiter entfernt scheint, als dies teils suggeriert wird, steigen die Autonomiegrade der verteilten Systeme weiter an.

Das neue Schlagwort „Digitalisierung“ scheint in hohem Maße mit der zunehmenden Durchdringung von Gesellschaft und Wirtschaft durch diese Systeme verbunden zu sein. Die Themen über deren Nutzbarmachung und Risiken liegen, neben Fragen nach der IT-Sicherheit sowie digitaler Medien- und Technikkompetenz, bei Fragen nach den Wirkungen auf Beschäftigung und Arbeit. Für die Arbeitsmarktprognose 2030 des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) befasst sich das vorliegende Papier mit der Frage nach Wirkungen der Digitalisierung auf die Arbeit in Büros und öffentlichen Verwaltungen sowie mit der Digitalisierung in der Industrie („Industrie 4.0“). Der Schwerpunkt liegt bei Einschätzungen über qualitativ-inhaltliche Kompetenzanforderungen und Qualifikationsentwicklungen als wichtigen Faktoren weiterhin unterschiedlich gestaltbar bleibender Arbeit.

## 2 Digitalisierung im öffentlichen Dienst und der Verwaltung

### 2.1 Umsetzungsstand und zukünftige Entwicklungen

Ein Anwendungsfeld von Digitalisierung, das oftmals in den Betrachtungen aus dem Blick gerät, ist das weite Feld des öffentlichen Dienstes, hier nicht zuletzt der Bereich der öffentlichen Verwaltung. Schon allein der Beschäftigungsumfänge wegen ist eine Betrachtung dieses Feldes sinnvoll. Die Beschäftigungszahlen nehmen zwar seit den 1990er Jahren nahezu kontinuierlich ab, belaufen sich in 2013 aber immer noch auf über 4,6 Millionen Beschäftigte (Statistisches Bundesamt 2013, 82).

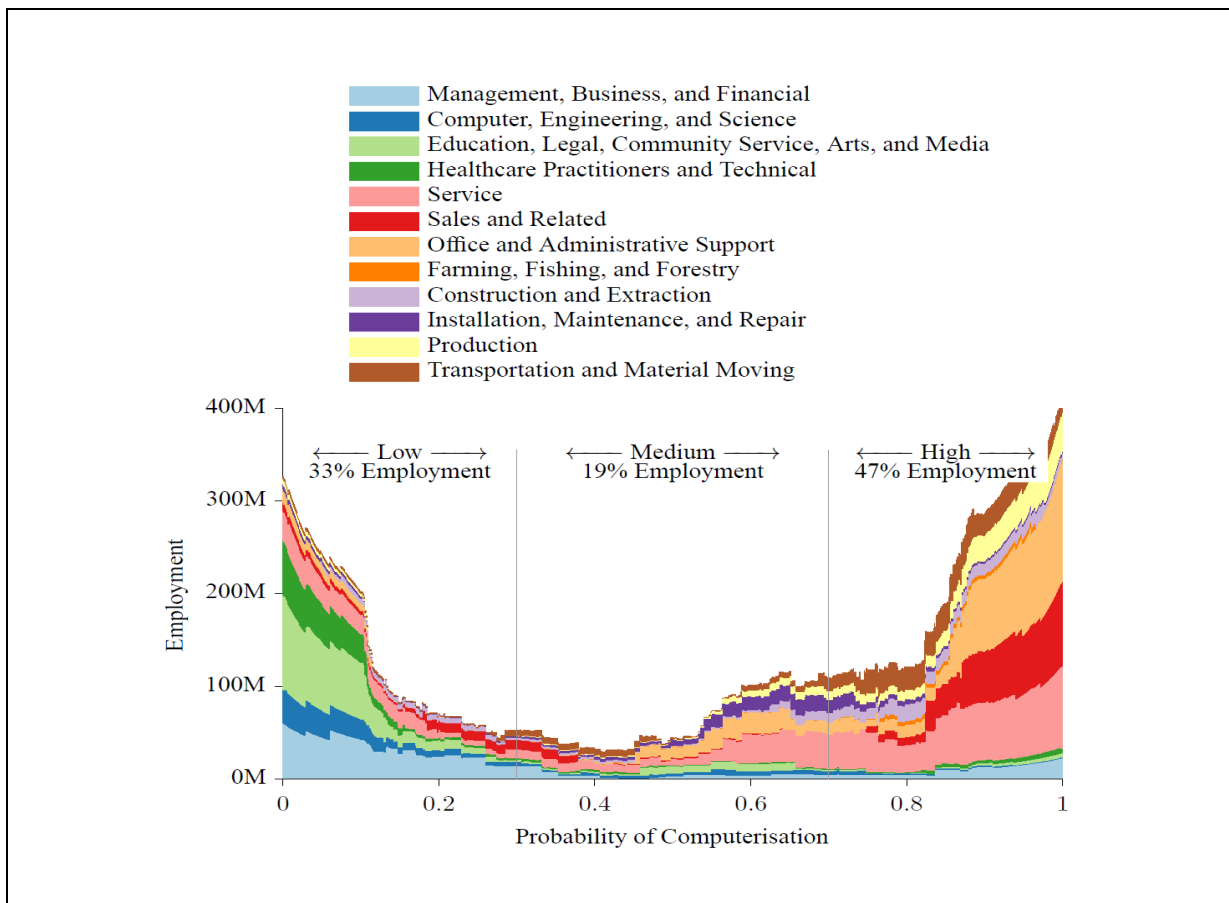
Mit der deutschen Variante des New Public Management, dem Neuen Steuerungsmodell (Prigge/Sudek 2004), hielten in die Verwaltungen Begriffe und Werkzeuge wie Kontraktmanagement, Budgetierung, Qualitätssicherung Einzug und prägen unterdessen den Alltag in vielen Arbeitsfeldern, vom Kindergarten bis zum Altenheim, von der Jugendsozialarbeit bis zur Arbeitsmarktpolitik. Es wurden verstärkt Aufgaben privatisiert, Personal abgebaut, einzelne Verwaltungseinheiten verselbständigt und Managementkonzepte aus dem Privatsektor in die staatlichen Behörden übertragen (Oschmiansky 2010). Auf allen öffentlichen Ebenen wurden zumindest Elemente des New Public Managements umgesetzt. Auch die Reform der Arbeitsmarktpolitik und insbesondere die Neuorganisation der Bundesanstalt für Arbeit orientieren sich stark an dem Konzept des "New Public Managements". Einzelne Wissenschaftler sehen die BA als bereits vollständig nach diesem Prinzip umgestaltet, andere sehen zumindest fast alle Instrumente des "New Public Management" zum Einsatz kommen (Oschmiansky 2010). Während einerseits vom Scheitern des Neuen Steuerungsmodells (Holtkamp 2008) gesprochen wird, so ist doch unbestritten, dass eine Vielzahl an Elementen umgesetzt wurde und entsprechende Qualifikationsanforderungen für Fachkräfte begründen. Inwieweit indes eine Entwicklung von Fachkräften vom „regel- und verfahrensorientierten Staatsdiener zum ergebnisorientierten Public Manager“ stattfindet und inwiefern davon Berufe wie Verwaltungsfachangestellte (VFA), die Fachangestellten für Bürokommunikation (FfB), die Sozialversicherungsfachangestellten (SoFA), die Fachangestellten für Arbeitsförderung (FfA), die Fachangestellten für Medien- und Informationsdienste (FAMI) sowie die Justizfachangestellten (JFA) betroffen sind, bleibt abzuwarten (Elsner 2004).

Festgehalten werden muss allerdings, dass der Einzug der Digitalisierung in der öffentlichen Verwaltung kein neues Phänomen ist und sich graduelle Veränderungen in diesem Bereich seit Jahrzehnten vollziehen. Lenk spricht daher mit gutem Grund von einer „ununterbrochenen Informatisierung der Verwaltung“ (Lenk 2011), die sich allmählich vollzogen habe und eng mit dem Begriff des *Electronic Government* (E-Government) verbunden ist. Sie bewirkt grundlegende Veränderungen der Arbeit der öffentlichen Verwaltung, neue Arbeitsweisen und neue „Geschäftsmodelle“. Diese Veränderungen vollziehen sich weniger radikal sondern vielmehr graduell (Leitner 2006). Seit den 1970er Jahren ist eine stetige Entwicklung zu beobachten, worin menschliche Arbeitsvorgänge teilweise oder ganz von der Technik übernommen, Raum und Zeit effektiver kommunikativ überwunden und Informationen zunehmend umfassend und zugänglich bereitgestellt wurden. Diese beständige Digitalisierung ist zur Basis vielen Veränderungsprozesse geworden die das Arbeiten der Verwaltung, ihre Leistungserstellung und Entscheidungen betreffen. Im Laufe der Jahre stellten sich vielfache Veränderungen der Verwaltungspraxis ein wie bspw. in der technischen Unterstützung einzelner Arbeitsschritte und Geschäftsprozesse oder auch in den Rollen der Beschäftigten, die mit diesen neuen Arbeitsumgebungen umgehen mussten (Lenk 2011, S. 317).



Einerseits stellt sich nun die Frage, in welchem Umfang Megatrends der Verwaltungsmodernisierung wie etwa Verwaltungsbetriebswirtschaft, Electronic Government, Qualitätsmanagement sowie Geschäftsprozessorientierung (Elsner 2004, 19f) weiterhin Umsetzung finden und Zukunftsbilder wie die des „digitalen Bürgerservicebüros“ (Online-Abwicklung typischer Behördengänge) Wirklichkeit werden (Münchner Kreis 2011, 31). Andererseits erscheint die Fokussierung auf E-Government und deren Einengung auf die Bereitstellung von Online-Bürgerdiensten irreführend, da sich eine Vielzahl an Veränderungen in der Binnenstruktur der Verwaltungen vollzieht. So bleibt zu betonen, dass E-Government das gesamte Handeln von Staat und Verwaltung betrifft und eben nicht nur neue Bürgerdienste und elektronische Demokratie (Lenk 2011, S. 319).

**Abbildung 1 Verteilung berufsspezifischer Beschäftigung nach Wahrscheinlichkeit durch Maschinen oder Computer ersetzt zu werden (niedrige, mittlere, hohe Wahrscheinlichkeit)**



Quelle: Frey/Osborne 2013, 37

In den letzten zehn Jahren hat sich Digitalisierung des Verwaltungshandelns beschleunigt und schlägt sich in einer zunehmenden Systematisierung und Modularisierung als übergreifender Trend nieder. Die Einführung und Nutzung bspw. von Verwaltungsdienstverzeichnissen, Leistungskatalogen, Prozessregistern, gemeinsam nutzbaren Identifizierungs-, Zustell- oder Bezahlendiensten treibt die Digitalisierung voran und erfordert bspw. neue Formen der Kooperation von Beschäftigten und Verwaltungseinheiten. Von der Erforschung hierfür notwendiger Kompetenzen und Qualifikationen dieser informationstechnischen und organisatorischen Infrastruktur aus Netzen, Basisregistern, Geodaten, Prozessbausteinen usw. und der Bedeutung für die Beschäftigten kann allerdings kaum gesprochen werden, weshalb die Abschätzung von Richtung und Intensität zukünftiger Trends schwierig ist: „Die Realität des Dienstwissens, die aus



der innigen Verbindung von offiziellem und lokalem Wissen entsteht, ist schwer fassbar“ (Lenk 2011, S. 324). Insbesondere auf der Mikro-Dimension der unmittelbaren operativen Verwaltungsarbeit und projektmäßigen Reorganisation bleibt Verwaltungsarbeit aber durchaus gestaltbar, was wiederum Auswirkungen auf Richtung und Intensität zukünftiger Entwicklungen in der Verwaltung haben dürfte.

Der Trend zum Beschäftigungsabbau im öffentlichen Dienst, der seit den 1990er Jahren anhält, könnte sich indes in den nächsten Jahrzehnten fortsetzen und sogar verschärfen. Wie die Oxford-Studie von Frey und Osborne (2013) prognostiziert, könnten es nicht zuletzt unterstützende Büro- und Verwaltungstätigkeiten sein, die längerfristig der Digitalisierung zum Opfer fallen. In einer ersten „Welle“ könnten gemeinsam mit Berufen aus Transport und Logistik sowie Produktionsberufen insbesondere Büro- und Verwaltungsberufe betroffen sein (Frey/Osborne 2013, S. 38) bevor in einer zweiten Welle auch weitere Berufe, nicht zuletzt der mittleren Qualifikationsebene substituiert werden.

### 3 Kompetenz- und Qualifikationsanforderungen in der öffentlichen Verwaltung

Kompetenz- und Qualifikationsanforderungen in der öffentlichen Verwaltung und des E-Government betreffen verschiedene Gruppen und Aufgaben in den Verwaltungen. Es handelt sich um Beschäftigte in E-Government-Projekten, Beschäftigte im Projektmanagement und Beschäftigte in übergeordneten Managementebenen (Schulz/Schuppan 2012).

Zu jenen Kompetenzen, die als die wichtigsten für allgemeine Projektbeschäftigte erachtet werden, gehören *IT Literacy, Information Processing, IT Specialist, Process Management* und *Organisational Design Skills*. Wichtige personelle und soziale Kompetenzen sind Kooperationsfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit und Selbstkontrolle. Wichtige Kompetenzen von Projektmanagern von E-Government-Projekten betreffen *Project Management, Process Management, Organisational Design, Risk Management* und *IT Strategy Skills*. Wichtige personelle und soziale Kompetenzen sind Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit, Zeitmanagement und Führung. Manager auf übergeordneten Ebenen der öffentlichen Verwaltung benötigen als wichtigste Kompetenzen *IT Strategy, Organisational Design, Project Management, Risk Management* und *Change Management Skills*. Wichtige soziale und personelle Kompetenzen betreffen Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit sowie Führung. In der öffentlichen Verwaltung rekrutieren sich Projektmanager oftmals aus höheren Managementebenen der jeweiligen Organisation. Anders als in der Privatwirtschaft, gibt es normalerweise keine separate Gruppe von Projektmanagern. Die Manager aus den höheren Ebenen behalten oft ihre ursprünglichen Zuständigkeiten und Aufgaben und gehen auf ihre angestammten Positionen zurück, sobald das Projekt beendet ist (Schulz/Schuppan 2012, 53).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Manager von E-Government in öffentlichen Verwaltungen Kenntnisse über mögliche Anwendungen und Möglichkeiten der IT-Architektur und auch operationales Prozesswissen benötigen, um zukünftige Veränderungen zu verstehen und strategische Entscheidungen treffen zu können. Die Arbeitsebene ist mit Anforderungen konfrontiert, die das bloße Wissen über IT-Anwendungen übersteigen. Die Beschäftigten benötigen hier ein neues Verständnis von Arbeitsprozessen und Kompetenzen der Selbstorganisation. Projektleiter müssen über sehr tiefgreifendes interdisziplinäres, technisches Expertenwissen und zunehmende soziale Kompetenzen verfügen. Die Managementebene benötigt ebenfalls Spezialistenwissen, zum Teil in großer Tiefe, um Projekte durchzubringen und die notwendige politische Unterstützung sicherzustellen (Schulz/Schuppan 2012, 54). Mit dem Blick auf zukünftige Entwicklungen kann davon ausgegangen werden, dass die Relevanz einzelner IT-Anwendungskompetenzen abnimmt, auch da sich die Interaktion von Mensch und Maschine weiterhin verbessern wird. Technische Expertise wird an Bedeutung zunehmen, dennoch bleibt

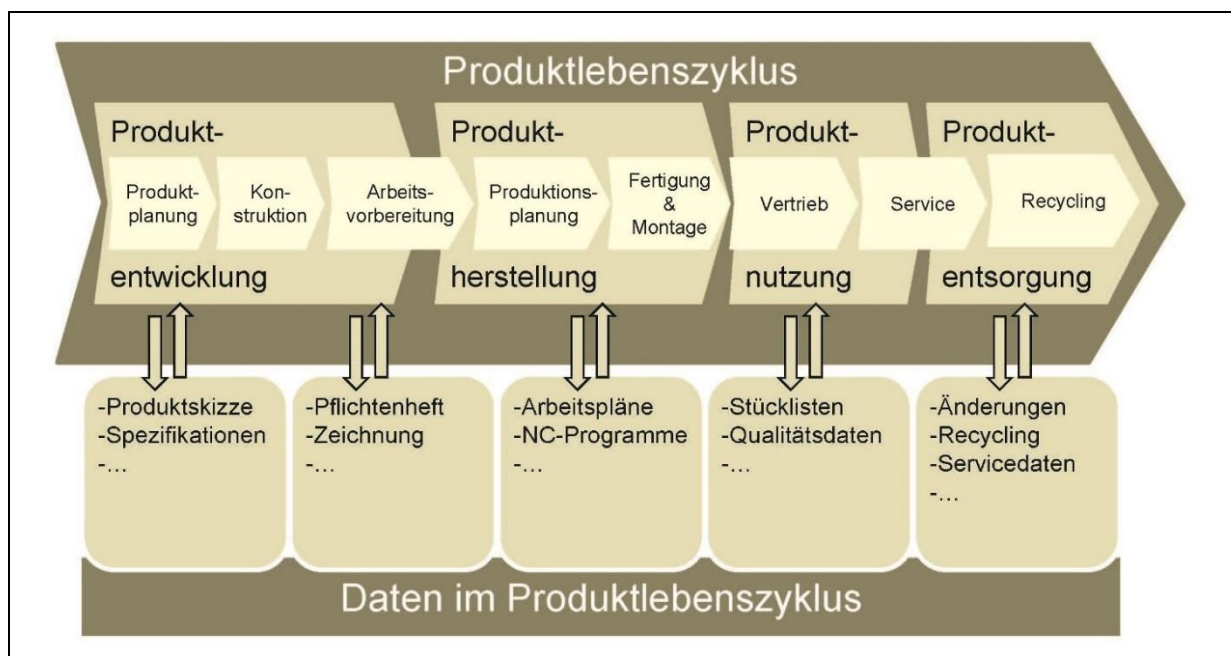
zu betonen, dass zukünftige Kompetenzanforderungen weniger von der Digitalisierung selbst, sondern von neuen Prozeduren und Prozessen der öffentlichen Verwaltung abhängen.

## 4 Digitalisierung in der Industrie

### 4.1 Industrie 4.0 (I4.0): Vorstellungen und Umsetzungsstand

Die Vorstellungen, die derzeit mit der weiteren Digitalisierung in der Industrie und dem Ausdruck „Industrie 4.0“ („I4.0“) verbunden werden, können in etwa gleichgesetzt werden. Diese Vorstellungen – deren Umsetzung zu einer sehr viel flexibleren und dadurch produktiveren Vernetzung von Werkzeugen, Maschinen, Anlagen und Produktionssystemen führen soll – lassen sich anhand einer am Produktlebenszyklus als Wertschöpfungskette orientierten Betrachtungsweise erläutern (vgl. MFW BW; Fraunhofer IPA 2014) (siehe Abbildung 2):

**Abbildung 2 Daten im Produktlebenszyklus**



Quelle: MFW BW/Fraunhofer IPA 2014, 9 (nach Schuh 2006)

Die Lebenszyklusphasen der Produktentwicklung, -herstellung, -nutzung und -entsorgung sollen betriebs-, wenn nicht unternehmensübergreifend vernetzt werden. Die Vernetzung soll vor allem durchgängig integriert, ohne (Medien-)Brüche, z. B. aufgrund nicht-kompatibler Softwaresysteme erfolgen (vgl. Lindner; Friedewald 2008, 95-97). Über Durchgängigkeit hinaus, setzt die mit „Industrie 4.0“ anvisierte Flexibilität und Produktivität eine echtzeitnahe Synchronisierung der physischen Prozesse mit digitalen Daten und Modellen voraus. Den technischen Ansatz für die durchgängig-synchrone Integration von physischen Prozessen und digitalen Daten bilden – miteinander vernetzbare – „Cyber-Physical Systems“ (CPS). In der Industrie werden vernetzte CPS zur zentralen oder dezentralen Steuerung von Engineering-, Produktions-, Logistik- und Managementprozessen eingesetzt. CPS sind in ihrer Grundstruktur mechatronische, in Objekte oder deren Umgebung „eingebettete Systeme“.

Mittels Sensoren können CPS Veränderungen am physischen „Grundsystem“ (z. B. einer Mechanik) oder ihrer Umgebung (Umwelt) erfassen und an eine (digitale) Informationsverarbeitungskomponente weiterleiten. Deren Ergebnisse werden an Aktoren weitergegeben, die

entsprechend auf physische Vorgänge einwirken. In Automatisierungssystemen findet eine Kopplung von mit Prozessoren ausgestatteten Informationsverarbeitungs-komponenten mit physischen Prozessen schon seit den 1970er Jahren statt. Technisch mitentscheidend für „Industrie 4.0“ ist die fortschreitende Verkleinerung und Leistungssteigerung der Mikroprozessoren. Dies ist die Voraussetzung für die Einbettung von Informationsverarbeitungs-komponenten mit komplexen Funktionen in kleine Objekte, deren Vernetzung, und damit verteilten Entscheidungen („eingebettete“ und „verteilte“ Systeme).

Es wird deutlich, dass die Vorstellungen, die derzeit mit „Industrie 4.0“ bezeichnet werden, sich auf längerfristige Entwicklungen der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), Automations- und Mikrosystemtechnik beziehen, die nun aber sowohl untereinander als auch mit Elektronik und Mechanik zunehmend stärker integriert werden können. Den konstitutiven Schritt zur „Industrie 4.0“ als „Internet der Dinge in der Industrie“ stellt allerdings die gegebene Vernetzung der „verteilten“ Systeme mit dem Internet dar. Dies stellt erhebliche zusätzliche Anforderungen an die IT-Sicherheit. Unter Abschnitt 4.2. dieses Papiers wird auf das Internet der Dinge als „Internet der Dienste“ eingegangen (vgl. MFW BW; Fraunhofer IPA 2014, VDI/VDE 2013).

Wie deutlich geworden sein dürfte, ist Industrie 4.0 abhängig von zahlreichen Technologien und deren Konvergenz; das heißt davon, inwieweit diese zusammenwachsen, vernetzt werden und interagieren können (sollen), um schließlich autonomes Handeln von Systemen zu erreichen. Neben den Konvergenzen der im Zusammenhang mit CPS genannten Technologien, hängt die weitere – entsprechend schwer vorhersehbare – Entwicklung u.a. von Konvergenzen mit Mensch-Maschine-Schnittstellen, Robotik, Materialien und Künstlicher Intelligenz (KI) ab (vgl. Brand et al. 2009, S. 16, Dworschak et al. 2010). Zwar spielen schon heute viele Elemente auf dem Weg zu selbstkonfigurierenden Systemen, wie beispielsweise intelligente Produktionsanlagen oder Echtzeitüberwachung eine wichtige Rolle. Dennoch scheint I4.0 schon rein technologisch in weiten Teilen noch stärker in der Entwicklung zu sein, als dies teilweise suggeriert wird, so etwa bei der digitalen Beschreibung von Produktionssystemen. Ein Internet der Dinge in der Industrie, das eine vollautonome Steuerung von Prozessen ermöglicht, und als Voraussetzung für selbstkonfigurierende Produktionssysteme genannt wird, könnte nach heutiger Einschätzung erst nach 2020 anwendungsreif sein (Hartmann; Bovenschulte 2013).

Ebenso ist der Verbreitungsgrad der heute verfügbaren I4.0-Technologien sowohl in der industriellen Produktion als auch in der Logistik der Unternehmen eher noch gering (vgl. Dworschak et al. 2012). Bisher scheint statt einer „revolutionären“ eher eine schrittweise „Migration“ zu erfolgen. Während laut IHK-Unternehmensbarometer zur Digitalisierung 94 % der Unternehmen eine Beeinflussung ihrer Prozesse durch eine vermehrte Digitalisierung sehen, sieht sich beim Thema I4.0 mit 37 % der Unternehmen mit über 500 Mitarbeitern und 26 % der kleineren Unternehmen ein wesentlich geringerer Anteil gut aufgestellt (DIHK 2015). Schließlich werden auch I4.0-Technologien kein bestimmtes Arbeitsorganisationsmodell determinieren. Vielmehr wählen Unternehmen u. a. aufgrund unterschiedlicher Markt- und Produktionsanforderungen verschiedene Kombinationen aus Arbeitsorganisations- und Technologieoptionen (vgl. TAB 2008).

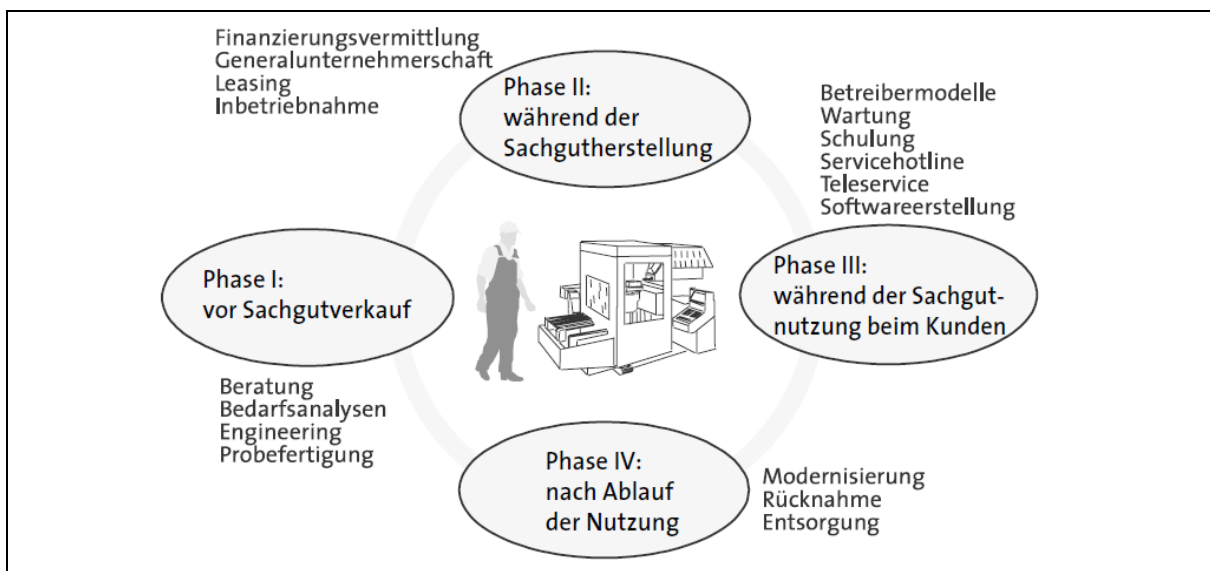
Somit können Aussagen über weitere Technologie-, Arbeitsorganisations- und damit verbundene Kompetenzentwicklungspfade von Industrie 4.0 in großen Teilen nicht eindeutig getroffen werden. Dies macht unter den Abschnitten 4.3 und 4.4 dieser Expertise szenarienabhängige Einschätzungen erforderlich. Im folgenden Abschnitt 4.2 können die jeweils für die obere, mittlere und untere Qualifikationsebene gegebenen Einschätzungen zunächst noch szenari-unabhängig, das heißt etwas allgemeiner getroffen werden. Die auch als Hochqualifizierte bezeichneten Angehörigen der oberen Qualifikationsebene sind Beschäftigte mit einem akademischen bzw. Hochschulabschluss. Die mittlere Qualifikationsebene wird von Fachkräften

sowohl mit dualer Berufsausbildung oder Berufsfachschulabschluss als auch mit bundesweit anerkannten Fortbildungsabschlüssen (wie z. B. Meister, Techniker oder Prozessmanager) gebildet. An- und Ungelernte, als die Angehörigen der „unteren“ Qualifikationsebene, werden auch als „Werker“ bezeichnet (womit auch im Folgenden Werkerinnen und Werker gemeint sind).

#### 4.2 Dienstleistungsorientierung und Industrie 4.0

Seit den 1990er Jahren besteht ein allgemeiner Trend zu einer auch bewusst steigenden Dienstleistungsorientierung der deutschen Industrieunternehmen. Damit ist in der Regel die Steigerung des Umsatzanteils „produktbegleitender Dienstleistungen“ gemeint, zu denen in den verschiedenen Phasen eines Produktlebenszyklus’ unter anderem Forschung & Entwicklung (F&E), Finanzierungsangebote, Softwareerstellung, Inbetriebnahme und Wartung sowie Entsorgung/Recycling gehören (einen Überblick gibt Abbildung 3).

**Abbildung 3 Arten produktbegleitender Dienstleistungen nach Lebenszyklusphasen**



Quelle: Lay/Rainfurth 2002

Es wird betont, dass durch die Ergänzung von Sachgütern mit den produktbegleitenden Dienstleistungen den Kunden komplette „Lösungen“ angeboten werden sollen. Unterstützt durch schon in den 1990er Jahren zur Verfügung stehende technologische Neuerungen wurde es möglich, Sachgüter und Dienstleistungen schneller „maßgeschneidert“ anzubieten, und die Kunden schon in der Entwicklungsphase stärker einzubinden („Kundenentwicklung“) (vgl. etwa Ganz et al. 2011, 20; TAB 2008, 43-53; Willke 1999).

Wie sich schon länger feststellen lässt, ist auch mit der steigenden Dienstleistungsorientierung ein sinkender Bedarf nach An- und Ungelernten bei steigendem Bedarf nach Hochqualifizierten verbunden (vgl. TAB 2008).

Der vermehrte Bedarf nach Hochqualifizierten scheint sich bisher vor allem auf bestimmte Arten produktbegleitender Dienstleistungen in den frühen Phasen des Produktlebenszyklus’, wie etwa Engineering, Inbetriebnahme, anspruchsvolle Softwareerstellung sowie F&E in Verbindung mit den aus Sachgut und Dienstleistung bestehenden Problemlösungen, bezogen zu haben. Da hier inzwischen disziplinenübergreifende Aspekte, Lebenswelt und Wertewandel eine wesentliche Rolle spielen, sind neben Ingenieuren und (Wirtschafts-)Informatikern ebenso Arbeitswissenschaftler, Psychologen und Sozialwissenschaftler mit einer Fähigkeit zu disziplinenübergreifendem Denken und entsprechender Kommunikation gefragt (vgl. Ganz et al. 2011).

Wie unter Abschnitt 4.1. erwähnt, stellt die Vernetzung der „verteilten“ Systeme mit dem Internet den konstitutiven Schritt zum „Internet der Dinge“ dar, das auch als „Internet der Dienste“ dient. Letzteres ist in Bezug auf die weitere Verschränkung von Industrie und Dienstleistungen die bisher wohl relevanteste I4.0-Neuerung.

Im „Internet der Dienste“ werden Dienste und Funktionalitäten als Softwarekomponenten abgebildet und von Diensteanbietern – zu denen auch klassische Industrieunternehmen gehören können – über das Internet (in der „Cloud“) für die Nachfrager flexibel zur Verfügung gestellt. Da die Anwendungen webbasiert bereit gestellt werden, können sie plattform- und endgeräteunabhängig, z. B. auf mobilen Endgeräten genutzt werden. Über das „Internet der Dienste“ können Angebote beispielsweise bis hin zu Bereitstellung von Entwicklungsumgebungen für Softwarearchitekten und Anwendungsentwickler bereit gestellt werden. Technologiekonzepte wie Service-Orientierte Architekturen (SOA), bei denen Anwendungskomponenten zu kompletten Architekturen zusammengeführt werden müssen, und für die reine Programmierkenntnisse nicht mehr ausreichen (IG Metall 2007), spielen in Verbindung mit dem Internet der Dienste eine wesentliche Rolle (vgl. BMWi 2010).

Somit wird das Internet der Dienste den Bedarf nach Hochqualifizierten aller Wahrscheinlichkeit nach nochmals erhöhen und die Dienstleistungsorientierung der Industrie aller Wahrscheinlichkeit nach vertiefen.

Hinsichtlich der großen Potenziale, die dem Internet der Dienste zugeschrieben werden, sollten die Beschäftigungserwartungen allerdings nicht zu hoch sein. Wo es zu welchen Beschäftigungseffekten kommt, dürfte unter anderem davon abhängen, in welchem Umfang die Industrieunternehmen selbst „Internet der Dienste“-Anbieter werden, wie sich die Produktinnovations- im Verhältnis zu den Rationalisierungseffekten entwickeln oder wie sich die Neigung zum Outsourcing an Anbieter im Internet der Dienste entwickelt. Das Internet der Dienste wird die Internationalisierung gerade von IT-Dienstleistungen weiter fördern. Insofern wird wesentlich sein, in welchem Verhältnis die Angebote der Anbietern aus dem jeweiligen Inland oder Ausland nachgefragt werden.

Bisher konnte ein Teil der (ebenfalls in Abbildung 3 illustrierten) produktbegleitenden Dienstleistungen in den späteren Phasen des Produktlebenszyklus, wie z. B. Wartung und Instandhaltung oder Servicetechnik oder die „Werkstattprogrammierung“, als Domäne der Fachkräfte der mittleren Qualifikationsebene gelten. Doch unter anderem gerade für diesen Bereich der industriellen Dienstleistungstätigkeiten können aufgrund der offenen Entwicklung der „Industrie 4.0“ keine eindeutigen Einschätzungen getroffen werden. Deshalb werden im Folgenden Einschätzungen in Verbindung mit zwei unterschiedlichen, möglichen Entwicklungsszenarien gegeben.

### **4.3 Szenarien und mögliche Entwicklungspfade**

Um mit der Schwierigkeit umzugehen, dass aufgrund der offenen Entwicklung der „Industrie 4.0“ noch keine eindeutigen Einschätzungen über Technologie- Arbeitsorganisations- und damit verbundene Kompetenzentwicklungspfade getroffen werden können, werden im Folgenden Einschätzungen in Verbindung mit zwei auf Windelband und Spöttl (2011) zurück gehende Extremszenarien bzw. polar entgegengesetzten Entwicklungsrichtungen gegeben.

Bei der ersten Richtung, dem „Automatisierungsszenario“, wird ein immer größer werdender Teil der Entscheidungen durch die Technik getroffen. Dies würde den Raum für autonome menschliche Entscheidungen und Handlungsalternativen immer weiter einschränken und wäre mit der Entstehung einer Kompetenzlücke verbunden: In einem zunehmend automatisierten

System muss der Mensch nur noch in Störfällen eingreifen, aber zumindest die Mitarbeiter der unteren wie auch mittleren Qualifikationsebene könnten die dazu notwendigen Kompetenzen nicht mehr aufbauen.

Bei der zweiten Entwicklungsrichtung, die hier als „Spezialisierungsszenario“ bezeichnet wird, dient die Technik zur Unterstützung menschlicher Entscheidungen und somit von Problemlösungen. Im Vergleich mit dem „Automatisierungsszenario“ bleibt hier auch den Produktionsmitarbeitern zumindest der mittleren Qualifikationsebene ein wesentlich größerer Anteil der Entscheidungen überlassen, womit Prozessoptimierungen, Eingriffe bei Störungen und Problemlösungen, und damit vielfältigere, wenn nicht höhere Anforderungen verbunden sind.

Im Automatisierungsszenario sollen die Aufgaben von den technischen Teilen des sozio-technischen Systems übernommen werden, in die nur Hochqualifizierte eingreifen können. Im Spezialisierungsszenario sind die Mensch-Technik-Schnittstellen so gestaltet, dass neben den Hochqualifizierten zumindest Fachkräfte der mittleren Qualifikationsebene mit der Technik interagieren können.

Im Zuge der Implementation von I4.0-Technologie wird der Anteil der Hochqualifizierten an den Belegschaften in beiden Szenarien steigen, im Automatisierungsszenario allerdings stärker als im Spezialisierungsszenario. Der Anteil der Werker wird in beiden Szenarien sinken, auch wenn er in bestimmten Betriebsarten, die dem Spezialisierungsszenario folgen (wie am Ende dieses Abschnitts noch erläutert wird), unter Umständen nahezu gleich bleiben könnte.

Für die mittlere Qualifikationsebene sind die Wirkungen der möglichen Kombinationen aus I4.0-Technologieoptionen und Arbeitsorganisationsformen wohl am uneinheitlichsten. So könnte ein Teil der Tätigkeiten der Mittelqualifizierten, wie etwa bestimmte Kontroll- und Steuerungsaufgaben automatisiert werden. Bei anderen Tätigkeiten, wie etwa Dispositionsentscheidungen, könnte das Anforderungsniveau durch Teilautomatisierung reduziert werden (vgl. Lindner; Friedewald 2008).

Eine Hauptfrage ist, inwieweit Aufgaben, die ein hohes Erfahrungs- und Prozesswissen erfordern, wie es für Fachkräfte der mittleren Ebene typisch ist, durch die neuen Technologien leichter automatisiert werden können und tatsächlich automatisiert werden. Hierzu gehören anspruchsvolle Instandhaltungsaufgaben. Es ist zu erwarten, dass im Zuge der Implementation der „Instandhaltung 4.0“ in absehbarer Zeit zunehmend Echtzeitdaten über Maschinenzustände vorliegen werden (vgl. Biedermann 2014, S. 26). Wohl auch aufgrund dessen wird der Anteil der ungeplanten Instandsetzungen voraussichtlich abnehmen. Aber vorerst wird noch angenommen, dass die schwer automatisierbare schadensbedingte Instandsetzung an Komplexität zunehmen und die zunehmende Automatisierung mehr Wissen verlangen wird, um Störungen schnell zu beheben. An dieser Stelle stellt sich die Folgefrage, ab welchem Komplexitäts- und Automatisierungsgrad von Produktionssystemen die Instandhaltungsaufgaben von den hochschulisch qualifizierten Ingenieuren nicht nur im Automatisierungs-, sondern auch im Spezialisierungsszenario übernommen werden.

Zumindest im Rahmen des Spezialisierungsszenarios ist entscheidend, ob die mit I4.0 verbundene Flut von Daten für die Fachkräfte der mittleren Ebene so aufbereitet werden können, dass sie als richtig ausgewählte Informationen am richtigen Ort vor allem schnell als Entscheidungsunterstützung zur Verfügung stehen. Die Fähigkeit Daten und Informationen richtig auszuwählen, aufzubereiten und zu interpretieren, stellt eine der wesentlichsten I4.0-Anforderungen dar.

Allgemein erscheint wichtig, dass zumindest wohl ein größerer Teil der Unternehmen bisher zur Verfügung stehende Automatisierungspotenziale nicht voll ausgenutzt haben, und der Trend eher in Richtung einer weiteren Teilautomatisierung geht.



Insbesondere gibt es, unter anderem gerade in den Kernbranchen der deutschen Wirtschaft, wie etwa dem Maschinen- und Anlagenbau, Unternehmen mit in Teilen automatisierten, aber unumgänglich hoch flexiblen Prozessen. Für diese Unternehmen hat sich eine „prozessorientierte“ Arbeitsorganisation in ihrer Kombination aus Flexibilität und Produktivität gegenüber anderen Organisationsformen als vorerst überlegen erwiesen und dort seit den 1990er Jahren verstärkt Einzug gehalten. Die prozessorientierte Arbeitsorganisation ist auf fach- und funktionsübergreifende Prozesse sowie eine Dezentralisierung von Kompetenzen und Verantwortung ausgerichtet. Dementsprechend sind mit einer prozessorientierten Arbeitsorganisation über die Gesamtbelegschaft eines Betriebes hinweg stärkere Anforderungen an Kommunikation, Kooperation und Arbeitsprozesswissen verbunden und breitere Qualifikationsprofile notwendig als zum Beispiel bei einer tayloristischen. Die prozessorientierte Arbeitsorganisation zielt darauf ab, die einer besseren Nutzung der Qualifikationspotenziale zugeschriebenen Vorteile zu erlangen, zu denen eine höhere betriebliche Anpassungsfähigkeit bzw. Flexibilität gehört (vgl. Schumann 2003; Dorsch-Schweizer/Schwarz 2007).

Dies korrespondiert mit dem „Spezialisierungsszenario“ und impliziert, dass die betreffenden Unternehmen in Verbindung mit „Industrie 4.0“ zumindest zunächst wohl eher dieser Entwicklungsrichtung folgen werden. Hierbei würden die Fachkräfte der mittleren Ebene ihre quantitative und qualitative Bedeutung in und für die betreffenden Unternehmen bis auf weiteres behaupten.

Sowohl bei der prozessorientierten Arbeitsorganisation als auch bei der so genannten Tertiärisierung des industriellen Produktionsprozesses kommt es zumindest bei den Fachkräften der mittleren Ebene unter anderem zu einer „horizontalen“ Erweiterung des Tätigkeitsprofils, das mit Bereichen wie zum Beispiel der Terminplanung, Arbeitsvorbereitung und Qualitätsprüfung industrielle Dienstleistungstätigkeiten betrifft, die der eigentlichen Produktion vor- und nachgelagert sind. Eine maßgebliche Untersuchung zur Tertiärisierung des industriellen Prozesses von Spöttl et al. (2003) gewinnt an Aussagekraft, indem sie sowohl Fertigungs- als auch Montagebetriebe der Metallindustrie einbezieht (vgl. auch TAB 2008, 53-54).

Mit Blick auf die Werkerebene macht die Untersuchung deutlich, dass es selbst in der Metallindustrie Montagebetriebe gibt, in denen das Verhältnis von Fachkräften und Angelernten 20:80 beträgt – und auch bei prozessorientierter Organisation ein Anlernprozess als ausreichend erachtet wird.

Dagegen stehen die Fertigungsbetriebe, in denen auch die Mitarbeiter unterhalb der Facharbeiterebene mit Kompetenzanforderungen konfrontiert sind, die über das üblicherweise damit assoziierte Qualifizierungsniveau hinaus gehen – sind sie doch ebenfalls mit „der Sicherstellung der Prozessabläufe, der Teilekoordination, der Kooperation mit der Produktion ‚vorgelagerten‘ und ‚nachgelagerten‘ Kunden, der Terminkoordination“ (Hecker/Spöttl 2002, 73) befasst. Es sind solche Betriebe, in denen der Anteil der Werker unter Umständen nahezu gleich bleiben könnte. Dies soll allerdings nicht darüber hinweg täuschen, dass „Industrie 4.0“ bei den An- und Ungelernten aller Wahrscheinlichkeit nach insgesamt weiteren Stellenabbau und Beschäftigungsverlust bedeuten wird.

#### **4.4 Qualifikationsanforderungen der produktionsnahen I4.0-Arbeit**

Mit Blick auf den Produktlebenszyklus (in Abbildung 2) findet die produktionsnahe Arbeit in der Phase der Produktherstellung statt. „Industrie 4.0“ bedeutet hier hauptsächlich eine sozusagen möglichst (daten- und medien-)bruchlose Integration der Fertigung und Montage mit der Produktionsplanung. Es sei bewusst wiederholt, dass dies in Unternehmen, die eher dem Automatisierungsszenario folgen, von den technischen Teilen des sozio-technischen Systems

übernommen werden soll, in die nur Hochqualifizierte eingreifen können. Im Spezialisierungsszenario sind die Mensch-Technik-Schnittstellen so gestaltet, dass neben den Hochqualifizierten zumindest Fachkräfte der mittleren Qualifikationsebene mit der Technik interagieren können.

In beiden Fällen ist Prozesskompetenz in zweifacher Hinsicht erforderlich: Zum einen zumindest ein die Phasen der Produktentwicklung und Produktherstellung übergreifendes Prozessverständnis mit überfachlichen Kompetenzen zur Kommunikation und Kooperation. Zum anderen Kompetenzen nicht nur in Bezug auf die physischen, sondern auch auf die digitalen Prozesse. Die fachlichen Anforderungen betreffen ein breites Feld von Kenntnissen und Fähigkeiten über Mechanik und Elektronik, Mikrosystemtechnik, Automatisierung sowie Produktions-IT und vor allem deren Integration.

Hinsichtlich der hochschulischen Ausbildung scheinen für Industrie 4.0 derzeit zwei entgegengesetzte Arten von Studiengängen relevant zu sein: einerseits grundständige Studiengänge, wie z. B. Maschinenbau, Elektrotechnik oder Informatik, und andererseits schon auf Bachelorniveau enger spezialisierte Studiengänge, wie z. B. Mikrosystemtechnik, Energietechnik oder IT-Sicherheit. Wie für andere Bereiche, in denen Technologien konvergieren, wird für Industrie 4.0 die Notwendigkeit von stärker interdisziplinär angelegten Studiengängen durchaus gesehen. Zumindest unter dem Blickwinkel der Eignung für Industrie 4.0 gibt es solche Studiengänge bisher jedoch wohl nur vereinzelt (vgl. Die Länder der Bundesrepublik Deutschland/Bundesagentur für Arbeit 2014). Zudem scheint ein breiteres Angebot an solchen Studiengängen vor 2020 eher nicht erwartet zu werden (vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung, ohne Jahr).

Auf mittlerer Ebene sind über die letzten 15 Jahren die „produktionstechnologischen“ Berufe entstanden, die auf einem integrativen Ansatz beruhen und nicht mehr ausschließlich den Metall-, Elektro- oder IT-Berufen zugeordnet werden können (vgl. Schlausch/Zinke 2009; Zinke/Wasiljew 2011). Neben Mechatroniker/-in handelt es sich hauptsächlich um die Berufe Mikrotechnologe/-in und Produktionstechnologe/-in, wobei für die beiden letzteren Fortbildungsregelungen zum Prozessmanager bzw. zur Prozessmanagerin in verschiedenen Spezialisierungsrichtungen bestehen. Die Ausbildungen der Mikrotechnologen und Prozesstechnologen sind auf Prozessbeherrschung ausgerichtet, wobei ein Schwerpunkt des breiten Profils der Produktionstechnologen in der Tat auf der Verbindung der direkten Produktherstellung mit Planung und Konstruktion liegt.

Doch selbst vor dem Hintergrund des Profils der Produktionstechnologen beginnen sich Gründe abzuzeichnen, warum weder die (hoch-)schulischen noch dualen Ausbildungen zur nachhaltigen I4.0-Kompetenzsicherung ausreichen. So decken selbst die produktionstechnologischen Berufe nicht das gesamte, bereits heute für die produktionsnahe I4.0-Arbeit erforderliche Spektrum an Kenntnissen und Fähigkeiten ab. Zudem scheint eine Fortbildung, etwa in Richtung Prozessmanagerebene mit einer Vertiefung von Kenntnissen und Fähigkeiten verbunden zu sein, die eine Spezialisierung bedingt. Den Hochschulstudiengängen scheint die für konvergierende Technologiefelder notwendige interdisziplinäre Ausrichtung zumindest in der Breite noch zu fehlen. Schließlich befindet sich die „Industrie 4.0“ schon rein technologisch nach wie vor in einer offenen Entwicklung. Dies bedeutet, dass die produktionsnahe I4.0-Arbeit zu den Feldern gehört, in denen stetige und anpassungsfähige Weiterbildungsaktivitäten sowohl zur Ergänzung fachlicher Kenntnisse und Fähigkeiten als auch hinsichtlich der (fach-)bereichsübergreifenden Kooperation notwendig sind. Wenn dies schon auf die Hochqualifizierten und Fachkräfte mit den relevantesten Ausbildungen zutrifft, dann umso mehr auf die großen Teile der Belegschaften, die nicht über neuere Abschlüsse verfügen.

Weiterbildung sollte überbetrieblich anerkannte (so z. B. überbetrieblich zertifizierbare) Teile beinhalten, um die Mobilität der Arbeitnehmer/innen und ihrer Kompetenzen auch für die relevanten Wirtschaftsbereiche zu sichern. Kompetenz scheint jedoch am wesentlichsten



dadurch entwickelt zu werden, dass Mitarbeiter in den betrieblichen Arbeitsprozessen lernen, Aufgaben zu erfüllen, die sie zuvor noch nicht beherrscht haben (vgl. etwa Bremer 2005, S. 287). Ein Hauptbestandteil eines Weiterbildungskonzeptes, gerade für Felder wie die produktionsnahe I4.0-Arbeit, sollte deshalb ein entsprechend begleitetes und gestaltetes Lernen in und an den Arbeitsprozessen sein (vgl. Dehnbostel 2007; Schneider/Wilke 2005).

## Literatur

Biedermann, H. (2014): Anlagenmanagement im Zeitalter von Industrie 4.0. In: Biedermann, H. (Hrsg.): Instandhaltung im Wandel. Industrie 4.0 – Herausforderungen und Lösungen. Köln, S. 23-32.

BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (Hrsg.) (ohne Jahr): Zukunftsbild „Industrie 4.0“, Bonn. [http://www.bmbf.de/pubRD/Zukunftsbild\\_Industrie\\_40.pdf](http://www.bmbf.de/pubRD/Zukunftsbild_Industrie_40.pdf).

BMWI (2010): Das wirtschaftliche Potenzial des Internet der Dienste. [http://www.berlecon.de/studien/downloads/Berlecon\\_IDD.pdf](http://www.berlecon.de/studien/downloads/Berlecon_IDD.pdf).

Brand, L. et al. (2009): Internet der Dinge. Übersichtsstudie, Zukünftige Technologien Nr. 80, hrsg. v. Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum GmbH, Düsseldorf.

Bremer, R. (2005): Lernen in Arbeitsprozessen - Kompetenzentwicklung. In: Rauner, F. (Hrsg.): Handbuch Berufsbildungsforschung. Bielefeld, S. 282-295.

Dehnbostel, P.; Lindemann, H.-J.; Ludwig, C. (Hrsg.) (2007): Lernen im Prozess der Arbeit in Schule und Betrieb, Münster.

Die Länder der Bundesrepublik Deutschland/Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.) (2014): [www.studienwahl.de](http://www.studienwahl.de). Thema des Monats. „Industrie 4.0“ – Digitalisierung in der Produktion <http://studienwahl.de/de/thema-des-monats/-industrie-4-digitalisierung-in-der-produktion01629.htm;jsessionid=CCDCE390C8AE6141027A77E8577CC850>.

DIHK (Deutscher Industrie- und Handelskammertag) (Hrsg.) (2015): Wirtschaft 4.0: Große Chancen, viel zu tun. Das IHK-Unternehmensbarometer zur Digitalisierung. Berlin. <http://www.dihk.de/presse/meldungen/2015-02-05-unternehmensbarometer-digitalisierung>.

Dorsch-Schweizer, M.; Schwarz, H. (2007): Beruflichkeit zwischen Arbeitsteilung und Prozessorientierung? In: Sozialwissenschaften und Berufspraxis, 30. Jg. (Heft 2), S. 300-18.

Dworschak, B.; Zaiser, H.; Brand, L.; Windelband, L.; Abicht, L., Achtenhagen, C. (2010): Internet der Dinge – Zwischen angewandter Forschung und kommerzieller Verbreitung. In: FreQueNz Newsletter 2010, S. 1-4. [http://www.frequenz.net/uploads/tx\\_freqnewsletter/frequenz\\_newsletter2010\\_web.pdf](http://www.frequenz.net/uploads/tx_freqnewsletter/frequenz_newsletter2010_web.pdf).

Dworschak, B.; Zaiser, H.; Brand, L.; Windelband, L. (2012): Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge und dessen Umsetzung in der Praxis. In: Abicht, L.; Spöttl, G. (Hrsg.) Qualifikationsanforderungen durch das Internet der Dinge, FreQueNz-Buchreihe „Qualifikationen erkennen – Berufe gestalten“ (hrsg. v. H.-J. Bullinger); Bd. 15. Bielefeld, S. 7-24.

Elsner, M. (2004): Vom regel- und verfahrensorientierten Staatsdiener zum ergebnisorientierten Public Manager. Wissenschaftliche Diskussionspapiere, Heft 72, BIBB, Bonn. [http://www.bibb.de/dokumente/pdf/wd\\_72\\_public\\_manager.pdf](http://www.bibb.de/dokumente/pdf/wd_72_public_manager.pdf).

Frey, C. B.; Osborne, M. A. (2013): The future of employment. How susceptible are jobs to computerisation? [http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The\\_Future\\_of\\_Employment.pdf](http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf).

Ganz, W. et al. (2011): Dienstleistungen in der Zukunftsverantwortung. Ein Plädoyer für eine (neue) Dienstleistungspolitik. Memorandum des Arbeitskreises Dienstleistungen, Bonn.  
<http://library.fes.de/pdf-files/wiso/08120.pdf>.

Hartmann E. A.; Bovenschulte M. (2013): Neue Qualifikationsentwicklungen in der »Industrie 4.0«.  
[http://www.frequenz.net/fileadmin/Docs/Veranstaltungen/Tagungsdokumentation\\_Forum2013/Hartmann.pdf](http://www.frequenz.net/fileadmin/Docs/Veranstaltungen/Tagungsdokumentation_Forum2013/Hartmann.pdf).

Hecker, O.; Spöttl, G. (2002): Dienstleistungen im produzierenden Metallgewerbe – Konsequenzen für Berufsbilder. In: lernen & lehren Heft 66, 17. Jg. (2002), S. 69-76.  
[http://www.lernenundlehren.de/heft\\_dl/Heft\\_66.pdf](http://www.lernenundlehren.de/heft_dl/Heft_66.pdf).

Holtkamp, L. (2008): Das Scheitern des Neuen Steuerungsmodells. In: dms – der moderne staat – Zeitschrift für Public Policy, Recht und Management, Heft 2/2008, S. 423-446.

IG Metall (2007): Programmieren allein reicht nicht aus. IT-Magazin 2/2007, S. 8-10.  
[http://www.igmetall-itk.de/files/it\\_magazin\\_2\\_2007.pdf](http://www.igmetall-itk.de/files/it_magazin_2_2007.pdf).

Lay, G.; Rainfurth, C. (2002): Zunehmende Integration von Produktions- und Dienstleistungsarbeit. In: Brödner, P.; Knuth, M. (Hrsg.): Nachhaltige Arbeitsgestaltung. Trendreports zur Entwicklung und Nutzung von Humanressourcen, München; Mering, S. 61-122.

Leitner, C. (2006): eGovernment: People and Skills in Europe's Administrations, Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on Systems Sciences (HICCS) 2006.

Lenk, K. (2011): Perspektiven der ununterbrochenen Informatisierung der Verwaltung. In: dms – der moderne staat – Zeitschrift für Public Policy, Recht und Management, 4. Jg. (Heft 2), S. 315-334.

Lindner R.; Friedewald M. (2008): Ubiquitäres Computing und seine Auswirkungen auf die Industriearbeit. In: Arbeit 17 Jg., S. 91-105.

MFW BW (Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg); Fraunhofer IPA (Hrsg) (2014) Strukturstudie "Industrie 4.0 für Baden-Württemberg". Balingen: SV Druck + Medien.  
[http://mfw.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mfw/intern/Dateien/Downloads/Industrie\\_und\\_Innovation/IPA\\_Strukturstudie\\_Industrie\\_4.0\\_BW.pdf](http://mfw.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mfw/intern/Dateien/Downloads/Industrie_und_Innovation/IPA_Strukturstudie_Industrie_4.0_BW.pdf).

Münchener Kreis (2011): Zukunftsbilder der digitalen Welt. Nutzerperspektiven im internationalen Vergleich. Zukunftsstudie MÜNCHNER KREIS Band IV.  
[http://www.muenchner-kreis.de/zukunftsstudie/wp-content/uploads/2011/12/2011\\_zukunftsbilder\\_der\\_digitalen\\_welt1.pdf](http://www.muenchner-kreis.de/zukunftsstudie/wp-content/uploads/2011/12/2011_zukunftsbilder_der_digitalen_welt1.pdf).

Oschmiansky, F. (2010): Neues Steuerungsmodell und Verwaltungsmodernisierung.  
[http://www.bpb.de/themen/9D035X,0,0,Neues\\_Steuerungsmodell\\_und\\_Verwaltungsmodernisierung.html](http://www.bpb.de/themen/9D035X,0,0,Neues_Steuerungsmodell_und_Verwaltungsmodernisierung.html).

Prigge, W.-U.; Sudek, R. (2004) (Hg.): Neue Steuerung in der Öffentlichen Verwaltung? Eine empirische Untersuchung des Leitbildprozesses und des Neuen Steuerungsmodells in der Zentralen Verwaltung der Universität Mainz. München und Mering.

Schlausch, R.; Zinke, G. (2009): Produktionstechnologische Ausbildungsberufe – Ausdruck eines Wandels in der gewerblich-technischen Berufsbildung. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (bwp) 3/2009, S. 40-43. <http://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/bwp/show/id/1714>.

Schneider, P.; Wilke, J. (2005): Arbeitsintegrierte Ansätze der Personalentwicklung. In: Ryschka, J./Solga, M.; Mattenklott, A. (Hrsg.): Praxishandbuch Personalentwicklung. Wiesbaden, S. 117-136.

Schuh, G. (Hrsg.) (2006): Produktionsplanung und -steuerung, 3. Aufl., Berlin; Heidelberg.

Schulz, S.; Schuppan, T. (2012): Development of a European Framework for e-Government Competences. In: Jörn von Lucke et al. (Hrsg.): Auf dem Weg zu einer offenen, smarten und vernetzten Verwaltungskultur. Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 47-58.

Schumann, M. (2003): Struktureller Wandel und Entwicklung der Qualifikationsanforderungen. In: SOFI-Mitteilungen Nr. 31, S. 105-12.

Spöttl, G.; Hecker, O.; Holm, C.; Windelband, L. (2003): Dienstleistungsaufgaben sind Facharbeit. Qualifikationsanforderungen für Dienstleistungen des produzierenden Gewerbes, Bielefeld.

Statistisches Bundesamt (2013): Finanzen und Steuern. Personal des öffentlichen Dienstes 2013. Fachserie 14 Reihe 6. Wiesbaden. <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/FinanzenSteuern/OeffentlicherDienst/PersonaloeffentlicherDienst.html>.

TAB (2008): Zukunftsreport: Arbeiten in der Zukunft – Strukturen und Trends der Industriearbeit. Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (18. Ausschuss) gemäß § 56a der Geschäftsordnung. Deutscher Bundestag Drucksache 16/7959. <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/16/079/1607959.pdf>.

VDI/VDE (2013): Cyber-Physical Systems. Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation. [https://www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme\\_Cyber-Physical\\_Systems.pdf](https://www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme_Cyber-Physical_Systems.pdf).

Willke, G. (1999): Die Zukunft unserer Arbeit, Frankfurt a. M.; New York.

Windelband, L.; Spöttl, G. (2011): Konsequenzen der Umsetzung des "Internet der Dinge" für Facharbeit und Mensch-Maschine-Schnittstelle. In: FreQueNz-Newsletter 2011, 11-12. [http://www.frequenz.net/uploads/tx\\_freqprojerg/frequenz\\_newsletter2011\\_web\\_final.pdf](http://www.frequenz.net/uploads/tx_freqprojerg/frequenz_newsletter2011_web_final.pdf).

Zinke, G.; Wasiljew, E. (2011): Implementation der Aus- und Fortbildungsberufe Produktionstechnologe/Produktionstechnologin, Prozessmanager/Prozessmanagerin. Abschlussbericht Entwicklungsprojekt 4.0.875. Bonn. [https://www2.bibb.de/bibbtools/tools/fodb/data/documents/pdf/eb\\_40875.pdf](https://www2.bibb.de/bibbtools/tools/fodb/data/documents/pdf/eb_40875.pdf).

## F Politikmaßnahmen im Bereich Digitalisierung – eine Übersicht

Tim Vetter

Economix Research & Consulting, München

### 1 Einleitung

Im Nationalen Reformprogramm 2016 heißt es: „Die Digitalisierung birgt große gesellschaftliche Chancen und eröffnet enorme Potenziale für zusätzliche Wertschöpfung. Die Bundesregierung greift den digitalen Wandel auf und schafft gemeinsam mit Wirtschaft, Gewerkschaften, Wissenschaft und Zivilgesellschaft die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Digitalisierung.“ (BMW 2016: 34). Dementsprechend breit gefächert gestalten sich die Aufgaben, die aus der Steuerung des Digitalisierungsprozesses in Wirtschaft, Gesellschaft und Arbeitsmarkt erwachsen. Um diese Aufgaben in Angriff zu nehmen haben die Bundesregierung und ihre Ministerien mehrere Rahmenprogramme und Strategien aufgelegt.

Am 20.08.2014 beschloss das Kabinett die Digitale Agenda 2014-2017, die das „Dach der Digitalpolitik der Bundesregierung“ (BMW 2016: 64) bildet. Die Agenda verfolgt drei Ziele: Bis zum Jahr 2018 sollen Breitbandanschlüsse mit einem Datenvolumen von mindestens 50 Mbit pro Sekunde flächendeckend in allen deutschen Haushalten angeboten werden, das Innovationspotenzial Deutschlands soll stärker erschlossen werden, und die Sicherheit der IT-Systeme und IT-Dienste soll verbessert werden (Bundesregierung 2014: 6). Dazu werden Dialogprozesse mit den Stakeholdern angestoßen. So befassen sich auf der im April 2015 gegründeten Plattform Industrie 4.0 250 Akteure und 108 Organisationen aus Politik, Wirtschaft, Gewerkschaften und Wissenschaft mit der Frage, wie „die vierte industrielle Revolution in Deutschland zusammen erfolgreich zu gestalten“<sup>80</sup> ist. Im Rahmen der Digitalen Agenda findet zudem Jährlich der IT-Gipfel statt, auf dem die Ergebnisse der Plattform Industrie 4.0 präsentiert und diskutiert werden (BMW 2015: 15). Aus der Digitalen Agenda ging die Strategie Intelligente Vernetzung hervor, die im September 2015 vom Kabinett beschlossen wurde. Sie dient der Umsetzung der Digitalen Agenda in den Sektoren Bildung, Energie, Gesundheit, Verkehr und Verwaltung (BMW 2016: 34). Auf Initiative des BMAS wird die Zukunft der Arbeitsgesellschaft im Dialogprozess „Arbeiten 4.0“ von Wissenschaftlern, den Sozialpartnern, Verbänden und Unternehmensvertretern diskutiert. In diesem Rahmen wurde im April 2015 ein Grünbuch Arbeiten 4.0<sup>81</sup> vorgelegt, zudem wird Ende 2016 ein Weißbuch erscheinen.

Von der im September 2014 verabschiedeten, übergeordneten Rahmenstrategie der gemeinsamen Forschungs- und Innovationspolitik des Bundes, der Hightech-Strategie, sollen unter Einbezug der Gesellschaft technologische und soziale Innovationen in Zukunftsmärkten (Innovative Arbeitswelt, Big Data, Cyber Security, Green Economy, Gesundheit im Lebenslauf) unter Einbezug der Gesellschaft ausgehen (Bundesregierung 2014: 28; BMW 2016: 61). Teil der Hightech-Strategie ist etwa das Forschungsprogramm Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen des BMBF, für das bis 2020 insgesamt Mittel in Höhe von etwa einer Milliarde Euro vorgesehen sind.<sup>82</sup>

Mit der im März 2016 vorgelegten Digitalen Strategie 2025 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMW 2016) soll es gelingen, Deutschland „zum modernsten Industrie-

---

<sup>80</sup> [http://www.plattform-](http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Service/FAQ/faq.html;jsessionid=00A9D2F6FE8DD7A39B07A79097BE1374)

[i40.de/I40/Navigation/DE/Service/FAQ/faq.html;jsessionid=00A9D2F6FE8DD7A39B07A79097BE1374](http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Service/FAQ/faq.html;jsessionid=00A9D2F6FE8DD7A39B07A79097BE1374)

<sup>81</sup> [http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen-DinA4/gruenbuch-arbeiten-vier-null.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen-DinA4/gruenbuch-arbeiten-vier-null.pdf?__blob=publicationFile)

<sup>82</sup> <https://www.bmbf.de/de/innovationen-fuer-die-produktion-dienstleistung-und-arbeit-von-morgen-599.html>

standort zu machen“ (Bundesminister Sigmar Gabriel auf der CeBIT 2016<sup>83</sup>). Innovationsimpulse sollen zudem vom Europäischen Rahmenprogramm „Horizont 2020“<sup>84</sup> ausgehen.

Eine Auswahl der Politikmaßnahmen, die zum Teil aus den genannten Rahmenprogrammen, Dialogprozessen und Strategien hervorgegangen sind, wird in den Abschnitten 2 bis 6 dargestellt. In Abschnitt 7 werden Herausforderungen diskutiert, die sich aus der Digitalisierung der Arbeitswelt in den Bereichen (Weiter-)Bildung, soziale Sicherung und Arbeitsbedingungen ergeben.

## 2 Maßnahmen zur Förderung der digitalen Infrastrukturen (Breitbandausbau)

„Neue IKT-Anwendungen wie Cloud Computing oder Big Data und Industrie 4.0 auf Unternehmensseite, aber auch Video on Demand oder eHealth profitieren vom exponentiellen Wachstum der Rechen- und Speicherkapazität, jedoch erfordern sie auch immer leistungsfähigere Internetinfrastrukturen.“ (Bertschek et al. 2016, 26). Die Bundesregierung investierte bis Dezember 2015 600 Millionen Euro im Rahmen der Bundesrahmenregelung Lehrrohre<sup>85</sup> sowie seit November 2015 im Rahmen des Bundesförderprogramms 2,7 Milliarden Euro für den flächendeckenden Ausbau der nicht versorgten Gebiete bis 2018 (Bertschek et al. 2016, 28). Rund 2 Milliarden Euro davon steuert der Bund bei, 600 Millionen kommen von den Ländern.<sup>86</sup> Diese Mittel werden auch unter Einsatz der Vergabeerlöse aus der Versteigerung von Mobilfunkfrequenzen aufgebracht (Bundesregierung 2014, 10). Auf Länderebene werden erhebliche Mittel in den Breitbandausbau investiert. Beispielsweise stellt Bayern den bayerischen Kommunen bis 2018 bis zu 1,5 Milliarden Euro für den Breitbandausbau zur Verfügung mit dem Ziel, bis 2018 jede bayerische Gemeinde an das Hochgeschwindigkeitsinternet anzubinden (BMW i 2016, 41). In anderen Bundesländern existieren ähnliche Programme. Im Rahmen der Netzallianz Digitales Deutschland wurden der Bundesregierung zudem Investitionszusagen der Telekommunikationsunternehmen gemacht, die im Jahr 2016 8 Milliarden Euro in den Ausbau der digitalen Netze investieren wollen (Deutscher Bundestag 2016a, 6).

Auch gesetzliche Regelungen wurden getroffen, um den Breitbandausbau zu flankieren. Um den Regulierungsrahmen des Netzausbaus investitionsfreundlicher zu gestalten, hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie am 19. April 2016 einen Gesetzesentwurf zur Novellierung der Anreizregulierungsverordnung vorgelegt.<sup>87</sup> Mit dem Gesetzesentwurf zur Erleichterung des Ausbaus digitaler Hochgeschwindigkeitsnetze<sup>88</sup> (Mai 2016) sollen Kosten für den Breitbandausbau in Deutschland durch effizientere Verfahren und mehr Transparenz gesenkt werden.

Im Jahr 2015 hatten mindestens 90% aller Haushalte Zugang zu Internet auf Basis des LTE-Mobilfunkstandards, der die schnelle Datenübertragung über Mobilfunk ermöglicht; die Verfügbarkeit von schnellen Breitbandanschlüssen von mindestens 50 Mbit/s war in einigen Bundesländern allerdings deutlich geringer (siehe Tabelle 1). Das für 2018 gesetzte Ziel der Bundesregierung, eine flächendeckende Internetversorgung mit einer Mindestgeschwindigkeit von 50 Mbit/s zu gewährleisten, wird nur in Verbindung mit den dafür bereit gestellten Fördermitteln sowie einem Technologiemix (z.B. Open WLAN, mobiles Internet) zu erreichen sein (Bertschek et al. 2016, 25-30). Jedoch werden Übertragungsgeschwindigkeiten von 50 Mbit/s von Experten des Bundesrechnungshofes in absehbarer Zeit ohnehin nicht mehr als ausreichend

<sup>83</sup> <http://www.bmwi.de/DE/Presse/pressemitteilungen,did=757460.html>

<sup>84</sup> <http://www.horizont2020.de/>

<sup>85</sup> <http://breitbandbuero.de/index.php?id=141#c229>

<sup>86</sup> <http://www.breitbandbuero.de/bundesfoerderprogramm>

<sup>87</sup> <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/M-O/novelle-anreizregulierung-faq,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>

<sup>88</sup> <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/083/1808332.pdf>

schnell angesehen (Deutscher Bundestag 2016a, 7). In Deutschland droht zudem eine digitale Spaltung auf regionaler Ebene. So hatten die Ostdeutschen Bundesländer im Bezug auf die Verfügbarkeit von schnellem Breitbandinternet im Jahr 2015 noch großen Nachholbedarf (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1 Verfügbarkeit von Breitband in deutschen Bundesländern nach Downloadspeed 2015**

Verfügbarkeit von Breitbandinternet für Haushalte in deutschen Bundesländern im Jahr 2015 nach Übertragungsgeschwindigkeit, in %

	≥ 1 Mbit/s	≥ 2 Mbit/s	≥ 6 Mbit/s	≥ 16 Mbit/s	≥ 30 Mbit/s	≥ 50 Mbit/s	LTE-Versorgung
Baden-Württemberg	99,6	99,4	97,2	87,7	80,5	71,6	91,7
Bayern	99,7	99,6	97,7	88,0	80,3	68,4	94,8
Berlin	100,0	100,0	100,0	98,7	95,1	90,1	100,0
Brandenburg	99,5	99,3	97,3	85,2	70,1	55,4	91,9
Bremen	100,0	100,0	99,8	98,5	96,4	93,5	100,0
Hamburg	100,0	100,0	99,9	99,3	97,4	94,4	100,0
Hessen	99,8	99,7	98,7	90,4	81,4	72,1	96,3
Mecklenburg-Vorpommern	99,0	98,6	93,1	72,3	61,2	52,5	90,4
Niedersachsen	99,8	99,7	97,3	85,3	79,0	71,1	96,6
Nordrhein-Westfalen	99,9	99,9	98,8	90,5	83,4	76,2	98,1
Rheinland-Pfalz	99,6	99,4	97,4	86,0	80,2	69,0	92,8
Saarland	99,9	99,8	98,8	90,6	77,8	70,9	93,7
Sachsen	99,8	99,7	97,2	75,9	61,3	49,6	95,7
Sachsen-Anhalt	99,4	99,2	95,6	70,4	51,9	41,9	96,5
Schleswig-Holstein	99,8	99,7	96,2	84,9	79,0	74,6	97,6
Thüringen	99,6	99,4	96,4	74,7	63,3	50,4	94,5

Quelle: Statista, BMVI, TÜV Rheinland

Ein flächendeckender Breitbandausbau ist zudem Voraussetzung dafür, dass auch ländliche Regionen von der Digitalisierung profitieren können. Ansonsten droht eine digitale Spaltung zwischen Stadt und Land (Bertelsmann 2016, 29-32, 47-48). Der Fokus der Breitbandinvestitionen sollte also weiterhin darauf liegen, die genannten Spaltungen zu verhindern und gleichzeitig noch schnellere Internetverbindungen zu fördern. Dies kann auch über die Förderung der Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Übertragungstechnik unterstützt werden (Vogler-Ludwig/Düll/Kriechel 2016).

### 3 Maßnahmen zur Förderung der Entwicklung und Erprobung von Industrie 4.0-Technologien

Bisher wurden zahlreiche sektorspezifische und sektorübergreifende Maßnahmen zur Flankierung von Industrie-4.0-Technologien ergriffen. In diesem Abschnitt werden ausgewählte Maßnahmen zur Förderung von Industrie 4.0-Technologien im für die Industrie 4.0 wohl bedeutendsten Sektor Mikroelektronik, im Dienstleistungssektor, in Forschung und Entwicklung, im Fahrzeugbau, im Energiesektor, in der Öffentlichen Verwaltung, und im Gesundheitssektor dargestellt.

#### *Mikroelektronik*

Mit dem Kabinettsbeschluss vom 17.02.2016 wurde das Rahmenprogramm der Bundesregierung Mikroelektronik aus Deutschland – Innovationstreiber der Digitalisierung“ mit einer Laufzeit von 2016 bis 2020 verabschiedet (BMW 2016, 61). Mit diesem Rahmenprogramm soll die nationale Förderung im Bereich der Mikroelektronik ausgebaut und somit deren Innovationskraft

gefördert werden. Hierzu werden vom BMBF von 2016 bis 2020 bis zu 400 Millionen Euro bereitgestellt, des Weiteren soll die Verzahnung mit europäischen Maßnahmen verbessert werden (Deutscher Bundestag 2016a). Im Rahmenprogramm werden fünf Forschungsschwerpunkte identifiziert, in denen die Stärken der deutschen Mikroelektronikindustrie ausgebaut und entwickelt werden sollen (Deutscher Bundestag 2016a): Elektroniksysteme mit vielfältigen Funktionen, Leistungselektronik für die effiziente Energienutzung, Werkzeuge für den Chip- und Systementwurf, sichere Chips für die digitale Gesellschaft, sowie Elektronikproduktionstechnologien und Elektronikproduktion. Vom Rahmenprogramm Mikroelektronik angesprochene Zukunftstechnologien sind Industrie 4.0, Elektrosysteme für Elektromobilität, Automatisiertes Fahren, Nachhaltige und effiziente Energieversorgung, sowie Elektroniksysteme für ein gesundes Leben/Medizintechnik (Deutscher Bundestag 2016a). In mehreren Programmen wird die Förderung des Austauschs von Expertise und Erfahrungen von Unternehmen, Interessensverbänden und Forschungseinrichtungen in der Mikroelektronik ins Auge gefasst (siehe Deutscher Bundestag 2016a).

### *Dienstleistungssektor*

Zur Flankierung der Industrie 4.0 werden mit dem Technologieprogramm Smart Service Welt seit 2016 intelligente, kundenzentrierte, unternehmens- und bereichsübergreifende Dienstleistungen auf Service-Plattformen gefördert (BMW i 2015). Diese Projekte werden den Clustern „Smart Services für die Produktion“, „Smart Services für die Mobilität“, „Smart Services für ein gutes Leben“ und „Querschnittstechnologien für Smart Services“ zugeordnet und dienen der Vernetzung von Produktions- und Wertschöpfungsketten (BMW i 2016). Das Budget des Programms beträgt rund 50 Millionen Euro (BMW i 2015). Mit dem Technologieprogramm Smart Data – Innovationen aus Daten fördert die Bundesregierung 13 Projekte, in deren Mittelpunkt die Entwicklung innovativer Dienste und Dienstleistungen steht, die sich beispielsweise auf Big Data stützen. Vor allem KMU in den Sektoren Industrie, Gesundheit, Mobilität und Energie sollen von diesen Diensten profitieren. Es stehen Mittel von rund 30 Millionen Euro bereit (BMW i 2015, 66).

### *Forschung und Entwicklung*

Anwendungsorientierte Forschungsvorhaben an Hochschulen werden von der Bundesregierung im Rahmen der Technologiespezifischen Fachprogramme gefördert. Ein Schwerpunkt hierbei bildet auch die Erforschung von IT-Technologien (BMW i 2016, 61). Forschungsförderung im Bereich der IKT wird durch das BMBF oder das BMW i entweder institutionell oder projektbasiert geleistet (Deutscher Bundestag 2016a, 3). 2014 wendete das BMVF dafür ca. 470 Millionen Euro für Projektförderung, im Rahmen des Energie-Klima-Fonds, sowie für institutionelle Förderung der Helmholtz- und Leibniz-Forschungszentren auf, und das BMW i ca. 60 Millionen Euro für Projektförderung und aus Mitteln des Konjunkturpaketes II sowie des Energie-Klima-Fonds (Deutscher Bundestag 2016a, 4). Auch auf Länderebene existieren mehrere (Grundlagen-)Forschungsprogramme auf dem Gebiet der Digitalisierung (BMW i 2016, 62-63).

### *Fahrzeugbau*

Die Strategie autonomes und vernetztes Fahren des Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur sieht Fahrzeuge in Zukunft als „volldigitalisierte Mobilitäts-, Informations- und Kommunikationsplattformen“ (BMVI 2015, 3). Dazu soll bis 2018 zunächst eine Internetanbindung von 50Mbit/s entlang der Autobahnen sichergestellt werden (BMVI 2015, 15). Auch Rechtssicherheit bezüglich des autonomen Fahrens (etwa in Haftungsfragen bei Unfällen) soll hergestellt werden (BMVI 2015, 16-18). Zur Erprobung von Innovationen wird zudem ein Digitales Testfeld Autobahn eingerichtet (BMVI 2015, 19). Im Rahmen des Projektplans Straßenverkehrstelematik werden den Ländern jährlich ca. 50 Millionen Euro zum Aufbau von Intelligenten Verkehrssystemen auf Bundesfernstraßen bereitgestellt (Deutscher Bundestag 2016b, 2). Forschungsschwerpunkt des Fachprogrammes Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien bildet Automatisiertes Fahren und Innovative Fahrzeuge. Projekte werden von 2015 bis 2018 durch



jährlich steigende Mittel zwischen 15 und 45 Millionen Euro pro Jahr gefördert (BMW 2015, 17, 63).

### *Energiesektor*

Mit dem Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende (Kabinettsbeschluss in November 2015<sup>89</sup>, aktualisierter Gesetzesentwurf im Februar 2016<sup>90</sup>) sollen rechtliche Grundlagen für die Anwendung digitaler Innovationen im Energiebereich geschaffen werden, wie etwa für den Einbau intelligenter Mess- und Zuteilungssysteme (Smart Grids) in das Stromnetz (BMW 2016, 18, 46, 69). Im Technologieprogramm Schaulaufen intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende (SINTEG) sollen Schaulaufenregionen für die intelligente Energieversorgung der Zukunft entwickelt werden (etwa durch IKT-basierte Netze - Smart Grids), die Energiesicherheit auch bei regenerativen Energien sicherstellen (BMW 2015, 43). SINTEG wurde bisher mit 80 Millionen Euro für vier Jahre gefördert, eine Aufstockung auf 120 Millionen Euro ist vereinbart (BMW 2015, 69).

### *Öffentliche Verwaltung*

Die Bedeutung der Digitalisierung für die Öffentliche Verwaltung lässt sich bereits daran ablesen, dass 32 E-Government-Projekte auf Bundes- sowie 344 auf Länder- und Kommunalebene (Bertschek et al. 2016, 31) existieren. Mit dem Regierungsprogramm Digitale Verwaltung 2020 (BMI 2014) setzt sich die Bundesregierung zum Ziel, Standards für bürgerfreundliche elektronische Dienstleistungen in der Verwaltung zu etablieren.

### *Gesundheitssektor*

Die Initiative digitale Gesundheitswirtschaft fördert etwa telemedizinische Leistungen mit Fokus auf Start-ups im Gesundheits-, Life-Sciences- und Medizintechnikbereich (BMW 2015, 25, 65). Mit der Initiative Pflegeinnovationen 2020<sup>91</sup> wird die Entwicklung neuer technischer Lösungen in der Alten- und Krankenpflege gefördert (BMBF 2014, 25).

### *Zusammenfassung*

Im Hinblick auf die Förderung des Digitalisierungsprozesses profitiert eine Vielzahl weiterer Sektoren von Fortschritten im Sektor Mikroelektronik, der IT-Dienstleistungen, der Softwareentwicklung und allgemein von (Grundlagen-)Forschung im Bereich Digitalisierung. Nicht zuletzt aufgrund der Synergieeffekte für wirtschaftsstarke, einheimische Sektoren sind genannte Förderungsmaßnahmen sinnvoll, selbst wenn der Rückstand Deutschlands zu den Weltmarktführern wohl nicht mehr aufgeholt werden kann.

Maßnahmen zur Flankierung der Digitalisierung in spezifischen Sektoren können die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in Absatzmärkten mit (zunehmend) digitalisierten Produkten unterstützen – etwa im Fahrzeugbau. Die Umsätze rund um das vernetzte Auto sollen sich bis 2020 auf weit über 100 Milliarden Euro vervielfachen, zudem ständen Einsparungen durch mehr Verkehrssicherheit und effizientere Fahrweise in Aussicht (Deutscher Bundestag 2016b, 3). Um auf dem Exportmarkt nicht den Anschluss an China und die USA zu verlieren und Arbeitsplätze zu erhalten, sind Investitionen in den Zukunftsmarkt des autonomen Fahrens unerlässlich. Der Verband der Automobilindustrie (VDA) erwartet die Automatisierung des Verkehrs für die Zeit um 2025.<sup>92</sup> Eine Voraussetzung zur intelligenten Mobilität sind schnelle (mobile) Internetverbindungen (Deutscher Bundestag 2016b, 2; vgl. Abschnitt 2). Der Trend zur Automatisierung betrifft nicht nur den Fahrzeugbau, sondern beispielsweise auch den Schienenverkehr, die Logistik und den Luft- und Seeverkehr. Dabei stellen sich jedoch Fragen der Haftung, der Standardisierung

<sup>89</sup> [http://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2015/0501-0600/543-15.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](http://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2015/0501-0600/543-15.pdf?__blob=publicationFile&v=1)

<sup>90</sup> [http://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2015/0501-0600/543-15.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](http://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2015/0501-0600/543-15.pdf?__blob=publicationFile&v=1)

<sup>91</sup> <http://demoscreen.de/demoscreen/beitraege/bekanntmachung-des-bmbf-innovationen-f%C3%BCr-die-intensiv-und-palliativpflege>

<sup>92</sup> <http://www.bundestag.de/presse/hib/201604/-/420652>

und des Datenschutzes, der Datensicherheit sowie der (technischen) Bewältigung von großen Datenmengen (Deutscher Bundestag 2016b, 3-5; vgl. auch Abschnitt 6).

In einigen Sektoren hat Deutschland, trotz zahlreicher Projekte und Maßnahmen, noch Nachholbedarf. So ist die Nutzung von E-Government-Angeboten durch Unternehmen im internationalen Vergleich unterdurchschnittlich (Bertschek et al. 2016, 31). Auch Bürgern bleibt der „analoge“ Weg zum Amt meist nicht erspart. In den Worten des Vorsitzenden des Nationalen Normenkontrollrates, Johannes Ludewig: "E-Government in Deutschland gibt es de facto nicht"<sup>93</sup>. Für den Arbeitsmarkt ist entscheidend, ob der E-Government-Prozess nur zur Kostensenkung, oder auch zur Verbesserung des Bürgerservices und zum Abbau der Bürokratie vorangetrieben wird. Maßnahmen zur Effizienzsteigerung werden die in den Modellrechnungen gezeigten Erwerbstätigenrückgänge im Öffentlichen Sektor zur Folge haben (vgl. Vogler-Ludwig, Düll, Kriechel 2016).

In der Betrachtung der Maßnahmen nach Sektoren zeigt sich, dass auch Politikziele jenseits der Wettbewerbsfähigkeit auf internationalen Märkten durch Investitionen in Industrie-4.0-Technologien flankiert werden können. Investitionen in die Digitalisierung der Pflege können helfen, den Fachkräftemangel im Pflegesektor vor dem Hintergrund des demografischen Wandels zu mildern. Die arbeitsmarktpolitischen Auswirkungen der Digitalisierung im Gesundheitssektor werden allerdings davon abhängen, wie die Bevölkerung die technischen Innovationen annehmen wird. Und vor dem Hintergrund der Energiewende und zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit machen Investitionen in digitale Innovationen im Energienetz Sinn. Zugleich dürften sie Nachfrageeffekte mit sich bringen und die Rolle Deutschlands als Vorreiter der Energiewende untermauern.

#### **4 Maßnahmen zur Förderung der Digitalisierung in kleinen und mittelgroßen Unternehmen**

Kleine und mittelgroße Unternehmen (KMU) sind eine Fokusgruppe der Maßnahmen der Bundesregierung zur Unterstützung des digitalen Wandels, was eine Vielzahl spezifischer Programme belegt. KMU stehen hier vor zwei Herausforderungen: Zum einen müssen die kapitalintensiven Investitionen aufgebracht werden, um den Pfad der Digitalisierung einschlagen zu können. Hier werden mehrere Finanzierungsmöglichkeiten von staatlicher Seite aus angeboten. Und zum anderen muss klar sein, wie dieser Digitalisierungspfad aussieht – und ob er für das jeweilige Unternehmen sinnvoll ist. Hier setzen Maßnahmen an, die darauf zielen, KMU im Hinblick auf den Einsatz digitaler Technologien zu beraten und zu vernetzen.

##### *Finanzierung der Digitalisierung von KMU*

Mit dem Programm EXIST wird die Bildung von technologieintensiven Start-Ups an Hochschulen und Forschungseinrichtungen gefördert (BMW i 2015, 37). Durch den High-Tech Gründerfond werden kapitalintensiven Start-ups im Technologiebereich Finanzierungsmöglichkeiten angeboten sowie Know-How und Kontakte vermittelt (BMBF 2014, 38). Das 2013 eingerichtete Programm INVEST – Zuschuss für Wagniskapitel konnte in den ersten 1,5 Jahren ein Investitionsvolumen von 60 Millionen Euro von 1000 Investoren akquirieren (Bertschek et al. 2016, 24). Mit der Neuausrichtung des Programms in 2014 wurde ein Zuschuss in Höhe von 20% der Investition mit einer Obergrenze von 250,000 Euro im Jahr gewährt<sup>94</sup>. Geplant ist ein Ausbau des Programms ab 2016 (Kabinettsbeschluss September 2015), unter anderem durch die Verdoppelung der Zuschussobergrenze auf 500,000 Euro und Änderungen in der Besteuerung von Streubesitzanteilen an innovativen Unternehmen (BMW i 2015, 36, 67; BMW i 2016, 45). Die

<sup>93</sup> <http://www.bundestag.de/presse/hib/201604/-/420654>

<sup>94</sup> <http://www.bafa.de/bafa/de/wirtschaftsfoerderung/invest/>

Plattform Deutsche Börse Venture Network wurde im Juni 2015 gestartet, um wachstumsstarken Start-Ups den Börsengang zu ermöglichen (BMWi 2015, 37, 67).

Weitere Finanzierungsmöglichkeiten für neu gegründete Unternehmen sind beispielsweise der ERP-Startfond, die ERP/EIF-Dachfonds oder der European Angels Fund.<sup>95</sup>

Der Technologiewettbewerb Digitale Technologien für die Wirtschaft (PAiCE) setzt die Förderung an dynamische Felder wie Produktengineering, Logistik, Service Robotik, industrielle 3D-Anwendungen und industrielle Kommunikation und deren Verbindung an (BMWi 2015, 32-33). Zur Förderung sind im Haushaltsjahr 2016 Mittel in Höhe von rund 45 Millionen Euro eingeplant (BMWi 2015, 66), der Wettbewerb läuft von 2016 bis 2019/2020 (BMWi 2016, 65). Der ab Juli 2016 halbjährlich stattfindende Gründungswettbewerb digitale Innovationen<sup>96</sup> soll wenig genutzte Potenziale bei gründungswilligen Arbeitnehmern und Arbeitgebern sowie Frauen realisieren (BMWi 2015, 38). Das Finanzierungsvolumen beträgt circa 6,5 Millionen Euro inklusive der Preisgelder (BMWi 2015, 68).

### *Beratung und Vernetzung von KMU*

Ein Teil der Maßnahmen zielt darauf ab, strukturbedingten Nachteile kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) auf dem Gebiet von Forschung und Entwicklung auszugleichen und die Vernetzung von KMU mit diversen anderen Akteuren aus Wirtschaft und Wissenschaft zu fördern. Das Programm Autonomik für Industrie 4.0 unterstützt Lösungen für neue Produktionsmethoden, neue Produkte (Service-Roboter), und neue Dienstleistungsmodelle (Produkt-Engineering) im Mittelstand in 14 Projekten mit rund 100 Partnern (BMWi 2015, 45). Zudem wird Begleitforschung zu den Querschnittsthemen Recht, IT-Sicherheit, Normen und Standards sowie Arbeit durchgeführt (BMWi 2016, 65). Dazu gehört auch die Entwicklung und das Erproben von Assistenz- oder Tutorensystemen, die zur Weiterbildung von Mitarbeitern oder zur Inklusion von körperlich oder geistig benachteiligten Arbeitern beitragen können (Deutscher Bundestag 2016c, 3). Der Finanzierungsrahmen beläuft sich auf rund 40 Millionen Euro (BMWi 2015, 66), das Programm läuft seit 2013 und bis 2016/2017 (BMWi 2016, 65). Das Programm Industrielle Gemeinschaftsforschung umfasst vorwettbewerbliche, unternehmensübergreifende Forschungsvorhaben (BMWi 2015, 34). Einschließlich der im Rahmen des ZIM geförderten Projekte wurden 2014 400 Digitalisierungsprojekte mit einem Volumen von über 100 Millionen Euro gefördert (BMWi 2015, 34). Für 2015 betragen die Fördermittel des BMWi 140,5 Millionen Euro.<sup>97</sup> Im Rahmen der Förderinitiative KMU-innovativ sollen Kooperationen zwischen jungen, innovativen Unternehmen und Forschungseinrichtungen im Rahmen der technologiespezifischen Fachprogramme gefördert werden (BMWi 2016, 61). Das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) ist ein technologieoffenes Programm, mit dem jährlich 4500 Forschungs- und Entwicklungsprojekte im Mittelstand in Kooperation mit Forschungseinrichtungen durchgeführt werden (BMWi 2016, 61). Der Schwerpunkt der Projekte innerhalb des Programms, dessen neue Richtlinie seit 2015 in Kraft ist, liegt dabei häufig auf der Digitalisierung in Technologiebereichen wie Produktionstechnologie, Elektro-/Messtechnik/Sensorik und IKT (BMWi 2016, 61). Mit der Werkstattgesprächsreihe Dienstleistungen 4.0, die im September 2015 gestartet ist, wird das Ziel verfolgt, Start-ups, etablierte Unternehmen und Forschungseinrichtungen zu vernetzen und Best-Practice-Beispiele aufzuzeigen (BMWi 2016, 65). Die Start-up-Accelerators des BMWi im Silicon Valley, New York, und seit Frühjahr 2016 Boston unterstützten deutsche Start-ups dabei, ihr Geschäftsmodell auf dem amerikanischen Markt weiterzuentwickeln, Netzwerke in den USA aufzubauen und in Kontakt mit amerikanischen Wagniskapitalgebern zu treten (BMWi 2015, 38). Das Programm Go-cluster unterstützt die Vernetzung von Unternehmen mit Wirtschaft und der

<sup>95</sup> Siehe auch hier:

<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Mittelstand/Mittelstandsfinanzierung/innovationsfinanzierung.html>

<sup>96</sup> <http://www.gruenderwettbewerb.de/wettbewerb>

<sup>97</sup> <http://www.aif.de/?id=72>

Wissenschaft in allen Technologiefeldern; 12 der 100 Innovationscluster sind auf digitale Themen und Industrie 4.0 ausgerichtet (BMW 2015, 34).

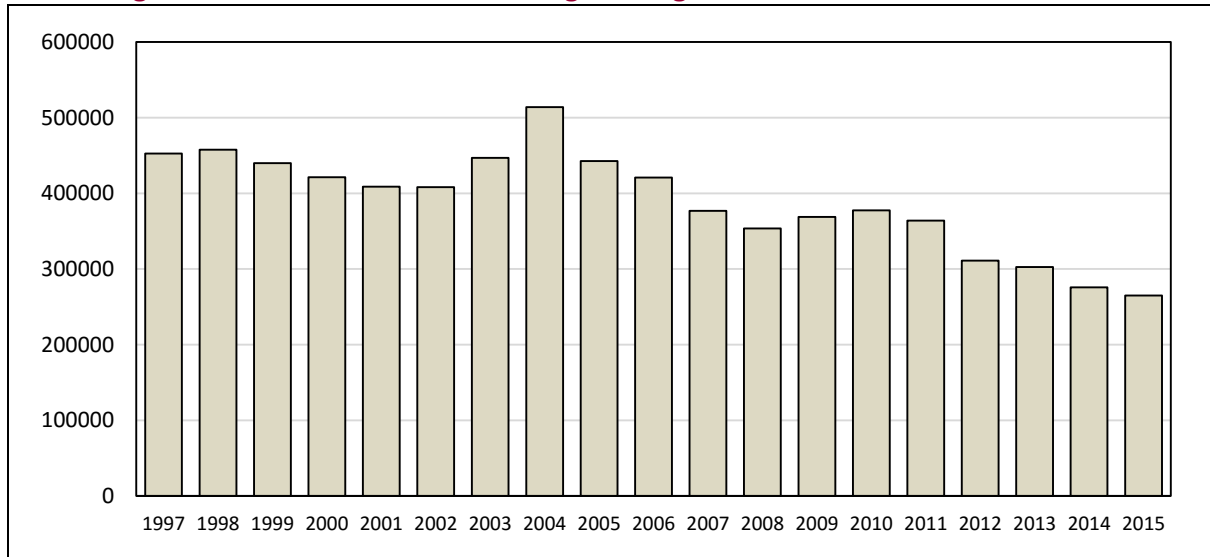
Folgende Maßnahmen erleichtert es KMU, Unterstützungs- und Beratungsleistungen in Anspruch zu nehmen: Die Initiative IT-Sicherheit in der Wirtschaft fördert Unterstützungsprojekte zur IT-Sicherheit für kleine- und mittlere Unternehmen mit einem Volumen von 3 Millionen Euro im Jahr (BMW 2015, 70). Im Rahmen des Förderschwerpunkts Mittelstand-Digital (Laufzeit 2016 bis 2019) des BMW werden Unterstützungsleistungen, Leitfäden und Best-Practice-Beispiele zu digitalen Themen für das Handwerk und den „Mittelstand 4.0“ (eBusiness, digitale Kommunikation, Cloud, Prozessmanagement) über Mittelstandsagenturen bzw. Kompetenzzentren angeboten (BMW 2016, 65). Als Teil der Initiative Mittelstand Digital zielt das Programm Einfach intuitiv - Usability für den Mittelstand auf die Verbesserung der Nutzerfreundlichkeit betrieblicher IT-Anwendungen im Mittelstand (Deutscher Bundestag 2016c, 2-3). Das Budget für vier Mittelstand 4.0-Agenturen und fünf Informations- und Demonstrationen Industrie 4.0 beträgt für fünf Jahre insgesamt 10 Millionen Euro (BMW 2015, 64). Im Modellversuch go digital wurden ab Juli 2015 externe Beratungsdienstleistungen für KMU einschließlich Handwerksunternehmen im Ruhrgebiet und in Sachsen mit bis zu 75% gefördert (BMW 2015, 21). Beratungsleistungen können dabei Internet-Marketing, Digitalisierung der Geschäftsprozesse oder IT-Sicherheit umfassen (BMW 2015, 64). 2015 wurden 24 Beratungen mit einem Gesamtvolumen von ca. 115,000 Euro gefördert (Deutscher Bundestag 2016c, 6). Das BMW plant, das Programm nach erfolgreicher Evaluation und Bereitstellung der notwendigen Haushaltsmittel 2017 als Förderprogramm für das gesamte Bundesgebiet auszubauen.<sup>98</sup> Mit der Förderlinie Innovationsmanagement des Programms go-Inno werden Beratungsleistungen für Unternehmen bis höchstens 100 Beschäftigte zu 50 % der Kosten erstattet, die im Haushaltsjahr 2015 mit insgesamt 5,8 Millionen Euro veranschlagt wurden (BMW 2015, 21, 64). Ziel ist die Verbesserung des Innovationsmanagement und Steigerung Rohstoff- und Materialeffizienz in KMU (BMBF 2014, 37). Die Landkarte Industrie 4.0 soll anhand bestehenden Industrie-4.0-Projekte ein besseres Verständnis für Digitalisierungsprozesse erwirken sowie Unternehmen bei der Abwägung helfen, inwieweit sich diese Projekte auch firmenspezifisch umsetzen lassen (BMW 2015, 15).

### *Zusammenfassung*

Junge, innovative, und kleine Unternehmen (Start-ups) spielen eine zentrale Rolle in der Digitalwirtschaft. „Verschiedenen Erhebungen des BMBF und des Branchenverbandes BITKOM zufolge haben rund 88 Prozent der etwa 20 000 Unternehmen der IT-Primärbranche in Deutschland weniger als 50 Mitarbeiter.“ (Deutscher Bundestag 2016a, 10). Die gewerblichen Unternehmensneugründungen in Deutschland sind seit 2010 jedoch durchgängig rückläufig (Abbildung 4). Die Förderung der Gründung von innovativen Unternehmen ist demnach der richtige Weg, um die Digitalisierung voranzubringen.

Wie Start-ups spielen aber auch wirtschaftlich bereits etablierte, traditionelle KMU eine zentrale Rolle im Digitalisierungsprozess. Nur müssen hier vorhandene, vordigitale Strukturen an die wirtschaftlichen Digitalisierungsprozesse angepasst werden, was erhebliche Investitionen voraussetzt. Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland sind jedoch gering, da die Instrumente zu zersplittert sind (Bertschek et al. 2016, 22-24). Hier kann noch viel getan werden, um den bürokratischen Aufwand zu verringern. Im internationalen Vergleich ist die staatliche Finanzierung von Forschung und Entwicklung zudem vergleichsweise gering (Bertschek et al. 2016, 17), weswegen über eine steuerliche Förderung innovativer Unternehmen nachgedacht werden sollte (Bertschek et al. 2016, 18-20).

<sup>98</sup> <http://www.bmw.de/DE/Themen/Digitale-Welt/Mittelstand-Digital/modellvorhaben-go-digital.html>

**Abbildung 4 Gewerbliche Unternehmensgründungen in Deutschland**

Quelle: Statistisches Bundesamt, IfM Köln, Statista

Es mangelt KMU vor allem an eigenen IT-Abteilungen sowie an personellen und finanziellen Ressourcen, um die Digitalisierung voranzutreiben (Deutscher Bundestag 2016c, 4-5). Zudem haben KMU meist keine eigene Rechtsabteilung, weswegen Unterstützung in der IT-Sicherheit und bei Haftungsfragen wichtig ist (Deutscher Bundestag 2016c, 5). Die Förderung von Vernetzungs- und Beratungsmaßnahmen ist demnach sinnvoll. Laut Betschek et al. (2016, 17) stieg vor allem aufgrund der Förderinitiativen KMU-innovativ und des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand der Anteil der innovationsaktiven Unternehmen mit öffentlichen Fördermitteln von 12% in 2006 auf 18 % in 2012.

## **5 Maßnahmen zur Regulierung der Auswirkungen von Digitalisierung auf Datensicherheit, Datenschutz und Planungssicherheit für Unternehmen**

Mit der fortschreitenden Digitalisierung geht ein erhebliches Ausmaß an ordnungspolitischer Unsicherheit einher. Wer haftet im Zeitalter des autonomen Fahrens, wenn es zu einem Unfall kommt? Wie werden Datenschutz und IT-Sicherheit reguliert? Zudem stellen sich Akteuren aus Wirtschaft Fragen der Normierung und Standardisierung von digitalen Produkten und Dienstleistungen, über die Effizienzgewinne realisiert werden können. Mit ihrem Fortschreiten wird die Digitalisierung wohl neue Fragen und somit auch neue Regulierungsbedarfe aufwerfen. Die in Tabelle 2 dargestellten Maßnahmen wurden bereits ergriffen, um in diesen Fragen einen Konsens zu etablieren.

**Tabelle 2 Maßnahmen zur Regulierung der Auswirkungen der Digitalisierung**

Maßnahme	Beschreibung	Bereich
Cyber-Sicherheitsstrategie des Bundes	Den Rahmen der strategischen Ausrichtung im Bereich der Datensicherheit bildet die 2011 verabschiedete Cyber-Sicherheitsstrategie des Bundes (BMI 2011). So ist etwa das IT-Sicherheitsgesetz am 25.07.2015 in Kraft getreten, um Mindeststandards der Sicherheit bei kritischen Infrastrukturen zu schaffen (BMWi 2015, 51).	IT-Sicherheit
Forschungsrahmenprogramm der Bundesregierung zur IT-Sicherheit – Selbstbestimmt und sicher in der digitalen Welt 2015 – 2020	Das Forschungsrahmenprogramm der Bundesregierung zur IT-Sicherheit – Selbstbestimmt und sicher in der digitalen Welt 2015 – 2020 (Kabinettsbeschluss im März 2015) bündelt die Forschungsaktivitäten in der IT-Sicherheit und konzentriert sich auf vier Forschungsschwerpunkte: Hightech für die IT-Sicherheit, Sichere und vertrauenswürdige IKT-Systeme, IT-Sicherheit in Anwendungsfeldern, sowie Privatheit und der Schutz von Daten (Deutscher Bundestag 2015c, BMWi 2016, 61).	IT-Sicherheit
Privatheit – selbstbestimmtes Leben in der Digitalen Welt	Das Forschungsforum Privatheit – selbstbestimmtes Leben in der Digitalen Welt dient der Erforschung neuer Ansätze zum Schutz der Privatheit, etwa im Internet (Bundesregierung 2014, 28, BMBF 2014, 29).	Schutz vor Datenmissbrauch
Technologieprogramm Trusted Cloud	Bis 2015 wurde in mehreren Projekten an Cloud-Angeboten mit Datenschutzzertifizierung für verschiedene Sektoren gearbeitet (Technologieprogramm Trusted Cloud <sup>99</sup> ). Das Finanzierungsvolumen lag bei rund 2 Millionen Euro. Angestrebt wird ein europäisches Datenschutzgütesiegel (BMWi 2015, 52; 70).	Zertifizierung
Elektronische Signatur bzw. elektronisches Siegel für Unternehmen (nPA)	Bis zum 01.07.2016 soll eine elektronische Signatur bzw. ein elektronisches Siegel für Unternehmen (nPA) etabliert werden, das EU-weit sichere Transaktionen erlauben soll (BMWi 2015, 52).	Zertifizierung
Zentrale Kontakt- und Koordinierungsstelle der Bundesnetzagentur	Bei der Bundesnetzagentur wird seit Herbst 2015 eine zentrale Kontakt- und Koordinierungsstelle aufgebaut, die vertrauensvolle digitale Anwendungen zertifizieren soll. Dies soll die Abhängigkeit von ausländischen (US-amerikanischen) Zertifizierungsinfrastrukturen verringern (BMWi 2015, 52).	Zertifizierung
RAMI 4.0	Das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0) zur systematischen Einordnung und Weiterentwicklung von Industrie-4.0-Technologien soll in Zukunft Grundlage einer internationalen Norm werden (BMWi 2015, 15)	Standardisierung
Errichtung einer Digitalagentur	Im Gespräch ist die Errichtung einer Digitalagentur, die regulatorische und administrative Aufgaben im Zusammenhang mit der Digitalisierung übernehmen soll (BMWi 2015, 41, 61). Eine Einführung wird momentan geprüft (Deutscher Bundestag 2016e).	Standardisierung

<sup>99</sup> <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Digitale-Welt/Digitale-Technologien/trusted-cloud.html>

## Fortsetzung von Tabelle 2

Maßnahme	Beschreibung	Bereich
eStandards: Geschäftsprozesse standardisieren, Erfolg sichern	Für die Initiative eStandards werden von 2012 bis 2018 Fördermittel von 20,4 Millionen Euro veranschlagt (Deutscher Bundestag 2016c, 6). eStandards erlauben die effektive Vernetzung und einen automatischen Austausch von Daten zwischen Unternehmen und/oder der Öffentlichen Verwaltung. <sup>100</sup>	Standardisierung
Bund-Länder-Kommission Medienkonvergenz	Im Rahmen der Bund-Länder-Kommission Medienkonvergenz werden Anpassungen in der Medienaufsicht, im Telekommunikationsrecht und im Wettbewerbsrecht erarbeitet (BMW i 2015, 59, 71).	Gesetzliche Regulierung
Zweites Gesetz zur Änderung des Telemediengesetzes	Durch das zweite Gesetz zur Änderung des Telemediengesetzes (Gesetzesentwurf im November 2015 <sup>101</sup> ) soll Rechtssicherheit in Haftungsfragen für WLAN-Betreiber hergestellt werden, um so die Grundlage für eine schnelle Verbreitung von öffentlichem WLAN zu bereiten (BMW i 2015, 41)	Gesetzliche Regulierung
Kleinanlegerschutzgesetz	Mit dem Kleinanlegerschutzgesetz (in Kraft seit Juli 2015) wurde ein Rechtsrahmen für Crowd-/ bzw. Schwarmfinanzierungen geschaffen, die meist über digitale Kanäle durchgeführt werden (BMW i 2015, 36)	Gesetzliche Regulierung
Strategie für einen digitalen Binnenmarkt / EU-Datenschutz Grundverordnung	Auf EU-Ebene kann die Strategie für einen digitalen Binnenmarkt <sup>102</sup> sowie die EU-Datenschutz Grundverordnung <sup>103</sup> (anzuwenden ab 2018) ein höheres Maß an Rechtssicherheit im digitalen Raum schaffen.	Gesetzliche Regulierung
9. Novellierung des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen	Durch die 9. Novellierung des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB), die Ende 2016 in Kraft treten soll, soll eine Ergänzung der Aufgreifkriterien der Fusionskontrolle vorgenommen werden, um Fälle zu erfassen, bei denen trotz geringer Umsätze des erworbenen Unternehmens der Transaktionswert einer Übernahme besonders hoch ist, um auf Entwicklungen der Märkte im Bereich der Digitalisierung zu reagieren (BMW i 2016, 53; BMW i 2015, 58, 71).	Gesetzliche Regulierung

<sup>100</sup> <https://www.mittelstand-digital.de/DE/Foerderinitiativen/e-standards.html><sup>101</sup> <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/18/067/1806745.pdf><sup>102</sup> [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-15-4919\\_de.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-4919_de.htm)<sup>103</sup> [http://ec.europa.eu/justice/data-protection/reform/files/regulation\\_oj\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/justice/data-protection/reform/files/regulation_oj_en.pdf)



## 6 Maßnahmen im Bereich Bildung und Weiterbildung

### *Maßnahmen zur Sicherung des Angebots an Fachkräften mit digitalen Kompetenzen*

„... die Digitalisierung der Wirtschaft stellt, wegen des steigenden Bedarfs an Fachkräften der Informations- und Kommunikationstechnologie, aber auch aufgrund der notwendigen Weitentwicklung der klassischen sowie der Etablierung neuer Berufsfelder, große Herausforderungen an Bildung und Ausbildung“ (Deutscher Bundestag 2015a, 1). In allen Sektoren sind zunehmend Querschnittsfähigkeiten wie Lern- und Problemlösungskompetenz gefragt, denn „Produktions- und Wissensarbeit gehen mehr und mehr zusammen und es entstehen sog. hybride Tätigkeiten, die nicht mehr trennscharf einzelnen Berufsprofilen zugeordnet werden können. Die erhöhte Eigenverantwortlichkeit und Komplexität in der vernetzten Arbeitswelt stellen neue Anforderungen an die Beschäftigten und das Aus- und Weiterbildungssystem dar.“ (Deutscher Bundestag 2015b, 4). Wie kann sichergestellt werden, dass das Arbeitsangebot in Deutschland in Zukunft über die Kompetenzen verfügt, die durch die fortschreitende Digitalisierung vermehrt nachgefragt werden?

Um die Arbeitskräfte von morgen nicht mit einem Erfahrungsrückstand im Umgang mit digitalen Medien in das Berufsbildungssystem zu schicken, müssen zunächst im Bildungssystem verstärkt digitale Kompetenzen vermittelt werden. Die IKT-Ausstattung deutscher Schulen ist im internationalen Vergleich unterdurchschnittlich (Bertschek et al. 2016 35). Zudem wurde in der International Computer and Information Literacy Study (ICILS), die computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich untersucht, 2013 festgestellt, dass etwa jeder zehnte Jugendliche mit Zuwanderungshintergrund nur über sehr einfache Fertigkeiten im kompetenten Umgang mit digitalen Medien verfügt (Bos et al. 2014, 323).

In Berufen mit mittleren Qualifikationen werden viele (zukünftige) Fachkräfte von Veränderungen, die die Umstellung auf Industrie 4.0 mit sich bringt, betroffen sein. In der Produktion werden in Zukunft die meisten Umwälzungen erwartet, hier werden durch die Digitalisierung zum Beispiel Softwarekompetenzen wichtiger werden (Apt et al. 2016). Die Ausbildungsordnungen im dualen Ausbildungssystem werden stetig an die Anforderungen der Digitalisierung angepasst, indem neue Ausbildungsberufe (E-Commerce-Kaufmann) eingeführt werden (BMWi 2015, 46). Pfeiffer et al. (2015, 127) sehen dieses System als anpassungsfähig genug an, um den digitalen Wandel in der dualen Ausbildung mitzugehen. Zudem existieren schon erste Maßnahmen in Reaktion auf den digitalen Wandel. Die BMBF-BIBB Initiative „Berufsbildung 4.0 – Fachkräftequalifikationen und Kompetenzen für die digitalisierte Arbeit von morgen“ zur Unterstützung der digitalen Agenda werden Projekte und Aktivitäten gebündelt, die die Herausforderungen der Digitalisierung für die Berufsbildung zum Gegenstand haben. Dies beinhaltet den Aufbau eines Screening von ausgewählten Branchen, Ausbildungsberufen und Fortbildungsregelungen, die Definition und Überprüfung der aus Sicht der Berufsbildung notwendigen Medienkompetenz von Ausbildungsanfängern, die Entwicklung eines berufs- und branchendifferenziertes Monitoring- und Prognosesystem. In diesem Zusammenhang sollen quantitative und qualitative Untersuchung zur Identifikation der von der Digitalisierung besonders betroffenen Branchen, Tätigkeitsfelder und Berufe durchgeführt werden und künftige Handlungsempfehlungen für Qualifizierungsnotwendigkeiten abgeleitet werden (BMBF, BIBB 2016). Das Im Förderprogramm Digitale Medien in der Beruflichen Bildung soll etwa der Einsatz digitaler Aus- und Weiterbildungsinstrumente in der beruflichen Bildung gesteigert werden (Bundesregierung 2014, 28).

Nachholbedarf besteht in der Entwicklung eines strukturierten Weiterbildungssystems, das die vorhandenen (digitalen) Kompetenzen entwickelt und durch geeignete Validierungsverfahren für den Arbeitsmarkt sichtbar und verwertbar macht. Zwar wird in der selbständigen Weiterbildung der Fachkräfte am Arbeitsplatz, etwa mit Hilfe von digitalen Tutorien- und Assistenzsystemen



men, ein enormes Potenzial gesehen. Adressiert wird dieses Potenzial beispielsweise im Programm Autonomik für Industrie 4.0 (siehe Abschnitt 4). Ein Weiterbildungssystem kann diese fachspezifische Fortbildung allerdings nicht ersetzen. Zudem setzt die digitale Weiterbildung am „Lernort Arbeitsort“ die Vertrautheit der Beschäftigten im Umgang mit digitalen Medien voraus. Und wenn die Souveränität im Umgang mit digitalen Medien zur Erfüllung einer Aufgabe mit Hilfe eines Tutorien- oder Assistenzsystems ausreicht, muss auch die Frage gestellt werden, ob es hierdurch nicht auch zu einer Abwertung von Qualifikationen (und schlechterer Bezahlung) in Berufen kommt, die vorher ohne Industrie 4.0-Unterstützung auskommen mussten. Andererseits könnten mit Hilfe von Tutorien- oder Assistenzsysteme Geringqualifizierte besser in den Arbeitsmarkt integriert werden. So könnte auch diese Gruppe vom digitalen Wandel profitieren.

Neben der Entwicklung eines strukturierten Weiterbildungssystems gilt es, die Vereinbarkeit von Weiterqualifizierung und Erwerbstätigkeit zu fördern. Ansätze sind in einzelnen Tarifverträgen bereits vorhanden (Bildungsfreizeit). Weiterbildung muss sowohl für die Erwerbstätigen als auch für die Unternehmen zeitlich und finanziell möglich sein. Es wird ein formales Kompetenzfeststellungsverfahren mit entsprechenden Institutionen benötigt, das auch selbsterlernte, informelle oder fachübergreifende Qualifikationen erfassen kann. In der (digitalen) Weiterbildung und der Vermittlung von digitalen Grundkompetenzen für junge Erwerbspersonen können die Jugendberufsagenturen eine Rolle spielen. Zudem müssen stärkere (steuerliche) Weiterbildungsanreize für gering- und mittelqualifizierte Erwerbstätige gesetzt werden, die stark vom digitalen Wandel betroffen sind. Auch die gezielte Anwerbung von Fachkräften mit IKT-Kenntnissen aus dem Ausland kann helfen, die Nachfrage nach entsprechend qualifizierten Arbeitern zu stillen, wie es momentan bereits (wenn auch im geringen Umfang) über die Blaue Karte möglich ist.

### *Neue Anforderungen an die Erwerbstätigen: Digitalisierung führt zu einem erhöhten Weiterbildungsbedarf*

Weitgehend unumstritten ist, dass die zunehmende Digitalisierung der Arbeitswelt zu Tätigkeitsveränderungen in zahlreichen Sektoren führen wird und in einigen Sektoren bereits geführt hat. Treiber dieser Tätigkeitsveränderungen sind beispielsweise die sich stetig verkürzenden Innovationszyklen, die zunehmende Automatisierung in der Produktion oder ein verstärkter Wandel zur (On-Demand-)Dienstleistungsökonomie. Aufgrund der immer kürzer werdenden Innovationszyklen werden Fachkenntnisse und anwendungsbezogene IKT-Kenntnisse schnell veralten und in regelmäßigen Abständen aktualisiert werden müssen (BMAS 2015, 62; Bertelsmann 2016, 46). Insgesamt führt die Digitalisierung der Arbeitswelt also zu einem erhöhten Weiterbildungsbedarf für informelle und formelle Qualifikationen. Doch wie soll Weiterbildung in einem digitalisierten Arbeitsmarkt aussehen?

Bisher ist das deutsche Weiterbildungssystem zersplittert, intransparent und unübersichtlich. Ein allgemein anerkannter Nachweis von Qualifikationen, die außerhalb des formalen Bildungssystems erworben wurden, ist schwierig. Vor allem im Bereich der informellen/prozessimmanenten Weiterbildung muss das Problem gelöst werden, ob und wie Kompetenzen formal anerkannt werden können. Apt et al. (2016, 37) schlagen ein System der Digitalen Credit Points vor, die von Arbeitgebern im Falle eines Wechsels anerkannt werden.

In Bezug auf selbständige Weiterbildung wird auch die Qualifizierung über OER (Open Educational Resources), das heißt offene Bildungsmaterialien, die über digitale Kanäle schnell verbreitet werden können, eine Rolle spielen. Im gesamten Bildungssystem verankerte OER-Infrastrukturen haben das Potenzial, ein wichtiger Bestandteil des lebenslangen Lernens zu werden (DIPF 2016, 54). Auch hier stellt sich die Frage der Anerkennung dieser Qualifikationen.

Bleibt die Hauptverantwortung für die (digitale) Weiterbildung bei den Arbeitnehmern und Unternehmen, werden zunächst nur Besserverdienende und Angestellte in weiterbildungs-

freundlichen Unternehmen von ihr profitieren können. Zurück bleiben Langzeitarbeitslose, Geringverdiener sowie Erwerbstätige, die in Betrieben arbeiten, in denen (digitale) Weiterqualifizierung nicht bedeutend ist oder in denen keine betriebsfinanzierte Weiterbildung verfügbar ist (Bertelsmann 2016). Das heißt vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung von digitalen und Querschnitts-Kompetenzen, dass letztgenannte Gruppen in einer zunehmend flexibler werdenden Arbeitswelt unflexibel bleiben (müssen). Es liegt am Staat die finanziellen Rahmenbedingungen und auch zeitliche Freiräume zu schaffen, um Erwerbstätigen, die bislang geringere Chancen zur Teilnahme an Weiterbildung haben (wie etwa Geringqualifizierte und Arbeitslose) für Weiterbildungsmaßnahmen zu gewinnen. Hier könnten die im Digitalisierungsprozess erwarteten Produktivitätsgewinne (BMAS 2015, 44) investiert werden. Dabei dürfen nicht nur Maßnahmen zur Verhinderung drohender Arbeitslosigkeit, sondern auch Maßnahmen zur Unterstützung der beruflichen Flexibilität und beruflichen Weiterbildung im Mittelpunkt stehen. Gestaltungsbedarf besteht also nicht nur an den Rändern des Arbeitsmarktes (BMAS 2015, 36), sondern auch bei Erwerbstätigen, die fest im Arbeitsleben stehen. Wesentlich sind dabei auch Maßnahmen zur Förderung der digital literacy (BMAS 2015, 62). Im Grünbuch Arbeiten 4.0 wird dies als Etablierung einer Neuen Weiterbildungskultur in Deutschland bezeichnet (BMAS 2015, 63).

## **7 Die Digitalisierung der Arbeitswelt: Herausforderungen für Politik und Sozialpartner**

Handlungsfelder und Leitfragen der Digitalisierung der Arbeitswelt werden im vom BMAS gestarteten Dialogprozess Arbeiten 4.0 thematisiert und diskutiert. Hier wird nach dem im Dialogprozess erarbeiteten Grünbuch Arbeiten 4.0 (BMAS 2015) noch 2016 ein Weißbuch erscheinen, das die Ergebnisse zu Handlungsfeldern und Leitfragen der Digitalisierung der Arbeitswelt zusammenfassen wird. Im Forschungs- und Entwicklungsprogramm Zukunft der Arbeit, die ein Teil der Hightech-Strategie ist, werden gemeinsam mit den Sozialpartnern soziale Innovationen in Betrieben unterstützt, die durch die Digitalisierung ermöglicht werden (Deutscher Bundestag 2015c, 4). Dabei sollen die Bedürfnisse der Menschen im Arbeitsprozess unter Bedingungen des digitalen Wandels berücksichtigt werden.<sup>104</sup> In den folgenden Absätzen werden diese Handlungsfelder und Leitfragen vorgestellt.

### *Arbeitsbedingungen in einer digitalisierten Arbeitswelt: Digitalisierung und die Suche nach einem neuen Flexibilisierungskompromiss*

Digitalisierung verstärkt den Trend zur Flexibilisierung von Arbeitszeiten (vgl. auch Kapitel B, Abschnitt 8 in diesem Band). In diesem Zusammenhang wird häufig vom mobilen Arbeiten, der Telearbeit bzw. dem Nutzen von Home-Office-Regelungen gesprochen.

Im Grünbuch Arbeiten 4.0 (BMAS 2015, 64) wird die Studie Arbeitsqualität und wirtschaftlicher Erfolg zitiert, nach der 30 % der Angestellten zumindest gelegentlich von zu Hause aus arbeiten (im Vergleich dazu nur 2 % der Arbeiter). Nach Angaben des Mikrozensus arbeiten nur 3,4 % aller Erwerbstätigen hauptsächlich zu Hause (d.h. in den letzten drei Monaten an der Hälfte der Arbeitstage) und nur 7,8 % manchmal; 88,5 % geben an, nie zu Hause zu arbeiten (Pfeiffer 2015, 9, nach Klein et al. 2015, 61ff.) Noch wird also ein Großteil der Arbeit nicht von zu Hause aus verrichtet. Generell stagniert mobiles Arbeiten in Deutschland (BMAS 2015, 48).

Telearbeit kann den kulturellen Wertewandel (Vielfalt der Lebensentwürfe, partnerschaftliches Rollenverständnis, Wunsch nach mehr Zeitsouveränität und Work-Life-Balance – siehe BMAS 2015: 36) unterstützen. Sie kann den Beschäftigten mehr Arbeitszeitsouveränität bzw. mehr selbstbestimmte zeitliche Souveränität geben (BMAS 2015, 15, 64, 71), die sie auch in persönli-

<sup>104</sup> <https://www.bmbf.de/de/die-arbeit-von-morgen-chancen-und-risiken-961.html>

che Weiterbildung, Freizeit und Erholung, oder Familie investieren können. Die Abkehr von der Präsenzkultur am Arbeitsplatz kann zudem zur besseren Arbeitsmarktintegration von psychisch oder körperlich Beeinträchtigten beitragen.

Auf der anderen Seite ermöglicht mobiles Arbeiten die ständige berufliche Erreichbarkeit und fördert somit die Entgrenzung von Arbeit und Freizeit (BMAS 2015, 48, Apt et al. 2016, 25-27). Heute bereits erledigen 12 % der Angestellten und 4 % der Arbeiter berufliche Dinge auch in ihrer Freizeit (BMAS 2015, 64). Durch die Digitalisierung verändern sich gleichzeitig die Zeitbedarfe der Unternehmen. Beispielsweise fordert der Trend zur On-Demand-Dienstleistungsgesellschaft oder zur individualisierten Produktion, die durch zunehmende Automatisierungsmöglichkeiten besser umsetzbar wird, eine flexible Belegschaft. Im Extremfall könnten Unternehmen ihren Personalbedarf nur noch für begrenzte Zeiträume mit Selbständigen und angestellten Projektarbeitern decken (Bertelsmann 2016, 9), die zudem noch jederzeit erreichbar sind. Hier muss der Schutz von Mitarbeitern vor Überforderung und nachhaltigen Stressbelastungen gewährleistet werden (Apt et al. 2016, 55). Zudem erschwert mehr mobile Arbeit und mehr atypische Beschäftigung die Mitbestimmung der Mitarbeiter im Betrieb (BMAS 2015, 69-70). Ein „Neuer Flexibilisierungskompromiss“ (BMAS 2015, 51) zwischen Arbeitgebern und Arbeitnehmern wird in Zukunft nötig sein. Dazu müssen schließlich auch Antworten auf folgende Fragen gefunden werden: Muss der Arbeitnehmerschutz an die Trends, die durch die Digitalisierung ausgelöst werden, angepasst werden? Wie kann Scheinselbständigkeit auf Online-Plattformen verhindert werden? Wie gewährleistet man faire Standards für Crowdworker? Wie können sich (Solo-)Selbständige organisieren, um bessere Arbeitsbedingungen durchzusetzen? Wie ermöglicht man es Erwerbstätigen in Berufen, in denen Home Office nicht umsetzbar ist (z.B. in der Produktion), ihre Arbeitszeit flexibler zu gestalten?

### *Digitalisierung und atypische Beschäftigungsverhältnisse: Eine Herausforderung für die sozialen Sicherungssysteme*

Es besteht die Befürchtung, dass im Zuge der Digitalisierung atypische Beschäftigungsformen, insbesondere die Solo-Selbständigkeit, zunehmen (BMAS 2015, 57; Apt et al. 2016, 68). Durch das Outsourcing von Arbeit in Richtung von (Solo-)Selbständigen oder (tariflich nicht gebundene) Unternehmen können Unternehmen Lohnkosten einsparen (Apt et al. 2016, 58). Die Digitalisierung fördert das Outsourcing von Arbeit und die (Solo-)Selbständigkeit, zum Beispiel da Dienstleistungen unkompliziert über Online-Plattformen angeboten werden können. Dies geht für die Arbeitnehmer bzw. Selbständigen häufig mit (im Vergleich zu einem regulären Beschäftigungsverhältnis) schlechteren Arbeitsbedingungen einher (Bertelsmann 2016, 45-46). 30% der Solo-Selbständigen erzielen Einkommen unterhalb der Niedriglohnschwelle (im Vergleich zu 23% der Angestellten); in dieser Teilmenge der Solo-Selbständigen ist das Armutsrisiko hoch und das Qualifikationsniveau meist niedrig (Ortlieb/Weiss 2015, 23). Gleichzeitig führt eine Zunahme der atypischen Beschäftigung dazu, dass Unternehmen weniger in die Qualifizierung ihrer Mitarbeiter investieren, was damit wiederum ein größeres Risiko für Individuen (Einkommensverlust) und Unternehmen (Fachkräftengpässe) darstellt (BMAS 2015, 61).

Das Paradebeispiel für Solo-Selbständige im Zeichen der Digitalisierung sind Cloudworker, die innerhalb und außerhalb eines Betriebs flexibel ihre Arbeiten ausführen (Apt et al. 2016, 18) und die ihre Dienstleistungen (auch international) über Online-Plattformen anbieten. Dem Crowdfunding wird eine zunehmende Bedeutung im Dienstleistungsbereich, der Kreativwirtschaft und der wissensintensiver Arbeit zugeschrieben (Apt et al. 2016, 8, 20-21). Crowdworker können kleinteilige, zeitaufwendige Arbeiten kostengünstiger übernehmen als etwa Agenturen (Apt et al. 2016, 76-77). In den USA erzielten Crowdworker einen durchschnittlichen Stundenlohn von 1,38 US-Dollar in 2009, in Deutschland verdienen sie durchschnittlich 200 Euro im Monat (Apt et al. 2016, 23). In dieser Form kann beim Crowdfunding nicht von typischer Beschäftigung gesprochen werden.

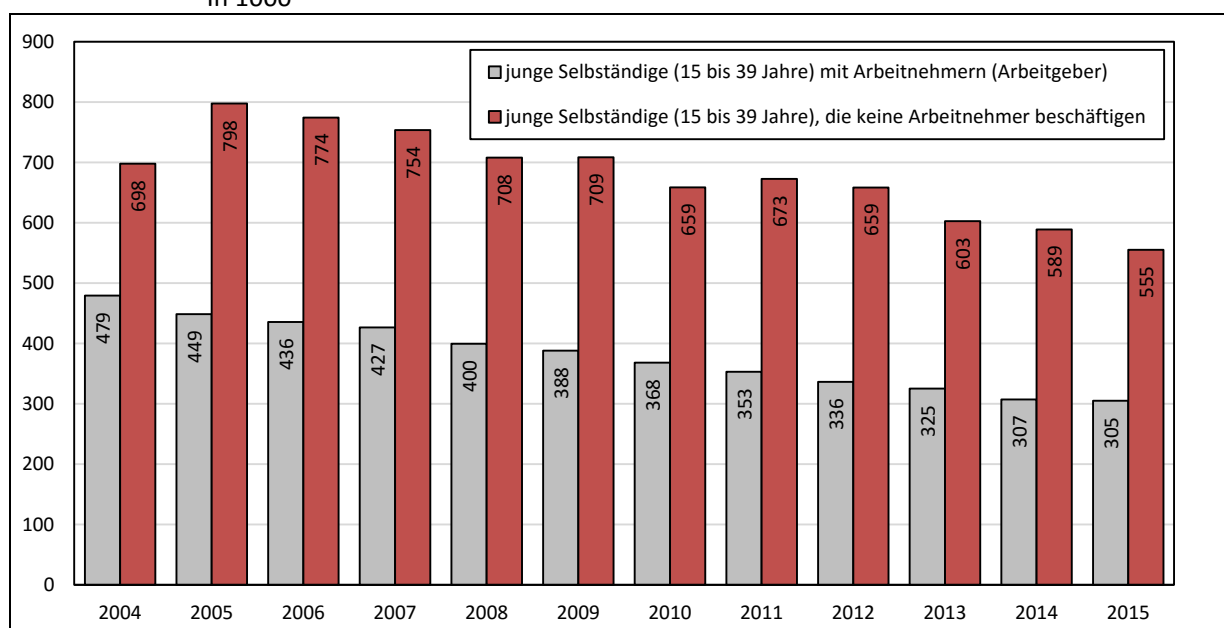
Daraus darf allerdings nicht der Schluss gezogen werden, dass eine durch die Digitalisierung beschleunigte Zunahme der (Solo-)Selbständigkeit an sich als problematisch anzusehen wäre. Eine digital wettbewerbsfähige Wirtschaft benötigt innovative, junge Unternehmen. Im Falle des Scheiterns müssen Unternehmensgründer aber auch vom sozialen System aufgefangen werden (vgl. BMAS 2015, 81). Der Rückgang der Unternehmensgründungen (siehe Abbildung 4 in Abschnitt 5), sowie der Rückgang der Selbständigenquote in allen Altersgruppen und der geringe Anteil junger Selbständiger (siehe Tabelle 2) sollte Hinweis genug sein, dass dies in Deutschland bisher nicht der Fall ist. Auch die auf lange Sicht rückläufige Zahl von jungen Selbständigen (15 bis 39 Jahre) mit und ohne Arbeitnehmern unterstützt diese These (siehe Abbildung 5). Es ist daher von Bedeutung, die Rahmenbedingungen der Selbständigkeit so neu umzugestalten, dass diese vor allem in den Bereichen attraktiver wird wo sie zu Kreativität, Innovation und höherer Effizienz beiträgt, ohne die Selbständigen in prekäre Situationen zu bringen. Vorbild könnte hier beispielsweise das Schwedische Modell sein, in dem Selbständige wie Erwerbstätige in das staatliche soziale Sicherungssystem (Alters- und Hinterbliebenenrente, Unfallversicherung) integriert sind und freiwillig in die Arbeitslosenversicherung einzahlen können (SSA 2014, 292-298).

**Tabelle 3 Erwerbstätigenzahl und Selbständigenquote nach Altersgruppen**

	Selbständige				Arbeitnehmer		Selbständige		Solo-Selbständige	
	insgesamt		Solo-Selbständige							
	Veränderung 2011-2014				Veränderung 2011-2014		Anteil an allen Erwerbstätigen in Prozent			
	in 1000	in Prozent	in 1000	in Prozent	in 1000	in Prozent	2011	2014	2011	2014
15 bis 24 Jahre	-8,9	-15,8	-7,3	-15,7	-264,5	-6,4	1,4	1,2	1,1	1,0
25 bis 34 Jahre	-52,0	-12,1	-33,0	-11,2	507,8	7,1	5,7	4,7	3,9	3,3
35 bis 44 Jahre	-242,0	-23,8	-144,7	-25,6	-541,7	-6,4	10,7	8,9	6,0	4,8
45 bis 54 Jahre	0,6	0,0	-25,1	-3,7	422,5	4,5	12,1	11,6	6,3	5,9
55 bis 64 Jahre	96,8	11,9	50,8	11,8	951,4	18,2	13,5	12,9	7,1	6,8
65 Jahre und mehr	65,4	23,1	40,8	23,8	156,5	34,1	38,1	36,1	23,1	22,0

Quelle: Brenke 2015, 794

**Abbildung 5 Junge Selbständige (15 bis 39 Jahre) mit und ohne Arbeitnehmern**  
In 1000



Quelle: Eurostat

Zwar ist die Lohnpolarisierung, die in den USA durch Automatisierung hervorgerufen wurde, in Deutschland noch nicht zu sehen (BMAS 2015, 16-17). Zudem verspricht der Trend zur Höherqualifizierung, der durch die Digitalisierung verstärkt wird, ein Potenzial für höhere Löhne in Deutschland (vorausgesetzt, die Weiterbildungsmöglichkeiten stehen allen Erwerbspersonen zur Verfügung). Auch ergeben sich Chancen aus der Digitalisierung, die das soziale Sicherungssystem potenziell entlasten können: Ältere und Menschen mit körperlichen Beeinträchtigungen sind länger und in einem höherem Maße arbeitsfähig, da sie zunehmend von zu Hause aus arbeiten können und weniger körperlicher Arbeit ausgesetzt sind.

Dennoch stellt sich die Frage, wie das soziale Sicherungssystem die potenziellen Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitswelt, also vor allem das prognostizierte Wachstum der Solo-Selbständigkeit, den zunehmenden psychische Druck (Arbeitsverdichtung, Weiterbildung und Erreichbarkeit) auf die Erwerbstätigen, sowie individualisierte Erwerbsverläufe als Folge des kulturellen Wertewandels (mit Auszeiten für Familie, Pflege, Weiterbildung) auffangen kann.

## Literatur

Apt, W.; Bovenschulte, M.; Hartmann, E.A; Wischmann, S. (2016): Foresight-Studie „Digitale Arbeitswelt“. Online:

<http://www.bmas.de/DE/Service/Medien/Publikationen/Forschungsberichte/Forschungsberichte-Arbeitsmarkt/fb-463-digitale-arbeitswelten.html>.

Bertelsmann (2016): Auf dem Weg zum Arbeitsmarkt 4.0? Mögliche Auswirkungen der Digitalisierung auf Arbeit und Beschäftigung in Deutschland bis 2030. Online: [https://www.bertelsmannstiftung.de/fileadmin/files/user\\_upload/Auf\\_dem\\_Weg\\_zum\\_Arbeitsmarkt\\_4\\_0\\_.pdf](https://www.bertelsmannstiftung.de/fileadmin/files/user_upload/Auf_dem_Weg_zum_Arbeitsmarkt_4_0_.pdf).

Bertschek, I.; Briglauer, W.; Fuest, C.; Kesler, R.; Ohnemus, J.; Rammer, C. (2016): Innovationspolitik in Deutschland. Maßnahmen für mehr Innovation im Zeitalter der Digitalisierung. Online: [http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/ZEW\\_SAP2016.pdf](http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/ZEW_SAP2016.pdf).

Bos, W.; Eickelmann, B.; Gerick, J.; Goldhammer, F.; Schaumburg, H.; Schwippert, K.; Senkbeil, M.; Schulz-Zander, R.; Wendt, H. (Hrg.) (2014): ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. Online: [https://kw1.uni-paderborn.de/fileadmin/kw/institute-einrichtung/erziehungswissenschaft/arbeitsbereiche/eickelmann/pdf/ICILS\\_2013\\_Berichtsband.pdf](https://kw1.uni-paderborn.de/fileadmin/kw/institute-einrichtung/erziehungswissenschaft/arbeitsbereiche/eickelmann/pdf/ICILS_2013_Berichtsband.pdf).

Brenke, K. (2015): Selbständige Beschäftigung geht zurück. DIW Wochenbericht 36/2015. Online: [http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.513229.de/15-36-3.pdf](http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.513229.de/15-36-3.pdf).

Bundesministerium des Innern (BMI) (2011): Cyber-Sicherheitsstrategie für Deutschland. Online: [http://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Themen/OED\\_Verwaltung/Informationsgesellschaft/cyber.pdf;jsessionid=58E6AD618E3FA241489FB646BF93A4AE.2\\_cid287?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Themen/OED_Verwaltung/Informationsgesellschaft/cyber.pdf;jsessionid=58E6AD618E3FA241489FB646BF93A4AE.2_cid287?__blob=publicationFile).

Bundesministerium des Innern (BMI) (2014): Digitale Verwaltung 2020. [https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Nachrichten/Pressemitteilungen/2014/09/regierungsprogramm-digitale-verwaltung-2020.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Nachrichten/Pressemitteilungen/2014/09/regierungsprogramm-digitale-verwaltung-2020.pdf?__blob=publicationFile).

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) (2015): Grünbuch Arbeiten 4.0. Online: [http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen-DinA4/gruenbuch-arbeiten-vier-null.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen-DinA4/gruenbuch-arbeiten-vier-null.pdf?__blob=publicationFile).

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Bundesinstitut für berufliche Bildung (BIBB) (2016), BMBF-BIBB Initiative Berufsbildung 4.0 – Fachkräftequalifikationen und Kompetenzen für die digitalisierte Arbeit von morgen. kurzgefasste Projektbeschreibung, Bonn, April, [https://www2.bibb.de/bibbtools/tools/dapro/data/documents/pdf/at\\_78154.pdf](https://www2.bibb.de/bibbtools/tools/dapro/data/documents/pdf/at_78154.pdf)

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2014): Die neue Hightech-Strategie für Deutschland. Online: [https://www.bmbf.de/pub\\_hts/HTS\\_Broschure\\_Web.pdf](https://www.bmbf.de/pub_hts/HTS_Broschure_Web.pdf).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2015): Impulse für Digitalisierung der deutschen Wirtschaft. Digitale Agenda des BMWi. Online: <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/I/impulse-fuer-die-digitalisierung-der-deutschen-wirtschaft,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2016): Nationales Reformprogramm 2016. On-line: <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/M-O/nationales-reformprogramm-2016,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2015): Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren. Online: [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/StB/broschuere-strategie-automatisiertes-ernetztes-fahren.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/StB/broschuere-strategie-automatisiertes-ernetztes-fahren.pdf?__blob=publicationFile).

Bundesregierung (2014): Digitale Agenda 2014-2017. Online: [https://www.digitale-agenda.de/Content/DE/\\_Anlagen/2014/08/2014-08-20-digitale-agenda.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.digitale-agenda.de/Content/DE/_Anlagen/2014/08/2014-08-20-digitale-agenda.pdf?__blob=publicationFile&v=6).

Deutscher Bundestag (2015a): Antrag der Fraktionen der CDU/CSU und SPD. Durch Stärkung der Digitalen Bildung Medienkompetenz fördern und digitale Spaltung überwinden. Online: <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/18/044/1804422.pdf>.

Deutscher Bundestag (2015b): Antrag der Fraktionen der CDU/CSU und SPD. Industrie 4.0 und Smart Services – Wirtschafts-, arbeits-, bildungs- und forschungspolitische Maßnahmen für die Digitalisierung und intelligente Vernetzung von Produktions- und Wertschöpfungsketten. Online: <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/18/066/1806643.pdf>.

Deutscher Bundestag (2015c): Forschungsprogramm Bundesregierung IT-Sicherheit. <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/18/043/1804304.pdf>.

Deutscher Bundestag (2016a): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dieter Janecek, Kai Gehring, Kerstin Andreae, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 18/7004 – Strukturelle IKT-Forschungsförderung in den letzten zehn Jahren. Online: <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/18/072/1807224.pdf>.

Deutscher Bundestag (2016b): Antrag der Fraktionen der CDU/CSU und SPD Intelligente Mobilität fördern – Die Chancen der Digitalisierung für den Verkehrssektor nutzen. Online: <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/073/1807362.pdf>.

Deutscher Bundestag (2016c): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Petra Sitte, Ulla Jelpke, Susanna Karawanskij, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE. – Drucksache 18/8172 – Mittelstandsförderung zur Digitalisierung. Online: <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/083/1808365.pdf>.

Deutscher Bundestag (2016d): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Oliver Krischer, Stephan Kühn (Dresden), Dr. Valerie Wilms, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 18/7631 – Ankündigungen und Maßnahmen im Ressort Verkehr und Infrastruktur. Online: <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/18/078/1807867.pdf>.

Deutscher Bundestag (2016e): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Konstantin von Notz, Nicole Maisch, Katharina Dröge, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 18/7391 – Planungen der Bundesregierung zur Gründung einer Digitalagentur. Online: <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/076/1807664.pdf>.

Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF) (2016): Machbarkeitsstudie zum Aufbau und Betrieb von OER-Infrastrukturen in der Bildung. Online: [http://www.pedocs.de/volltexte/2016/11715/pdf/OER\\_Machbarkeitsstudie\\_Bericht.pdf](http://www.pedocs.de/volltexte/2016/11715/pdf/OER_Machbarkeitsstudie_Bericht.pdf).

Ortlieb, R.; Weiss, S. (2015): Business Start-Ups and Youth Self-Employment in Germany: A Policy Literature Review. STYLE Working Papers, WP7.1/DE. CROME, University of Brighton, Brighton. Online: <http://www.style-research.eu/publications/working-papers>.

Pfeiffer, S.; Lee, H.; Zirnic, C.; Suphan, A. (2015): Industrie 4.0 – Qualifizierung 2025. Studie für den Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau. Online: [https://www.vdma.org/documents/105628/792540/VDMA-Studie\\_Industrie%204.0%20%E2%80%93%20Qualifizierung%202025.pdf/5d8938c4-5a24-4e9b-9dd5-07d585c5cbe0](https://www.vdma.org/documents/105628/792540/VDMA-Studie_Industrie%204.0%20%E2%80%93%20Qualifizierung%202025.pdf/5d8938c4-5a24-4e9b-9dd5-07d585c5cbe0).

Pfeiffer, S. (2015): Schriftliche Stellungnahme zum öffentlichen Fachgespräch des Ausschusses Digitale Agenda am Mittwoch, dem 30. September 2015. Online: <https://www.bundestag.de/blob/389692/4700320897bb1fc031a6cb27af2ce293/a-drs-18-24-70-data.pdf>.

Social Security Administration (SSA) (2014): Social Security Programs Throughout the World: Europe, 2014. Online: <https://www.ssa.gov/policy/docs/progdesc/ssptw/2014-2015/europe/ssptw14europe.pdf>.

Vogler-Ludwig, K.; Düll, N.; Kriechel, B. (2016): Arbeitsmarkt 2030. Wirtschaft und Arbeitsmarkt im digitalen Zeitalter. Prognose 2016.