

Institut für Arbeitsmarkt-
und Berufsforschung

Die Forschungseinrichtung der
Bundesagentur für Arbeit

IAB

IAB-Forschungsbericht

11/2015

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

Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt

Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in
Deutschland

Katharina Dengler
Britta Matthes

ISSN 2195-2655

Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt

Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland

Katharina Dengler (IAB)

Britta Matthes (IAB)

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

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

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	4
Abstract	4
1 Einleitung.....	6
2 Bisherige Forschung zur Substituierbarkeit durch Digitalisierung	7
3 Operationalisierung für Deutschland	10
4 Substituierbarkeitspotenziale der Berufe	12
4.1 Substituierbarkeitspotenziale nach Anforderungsniveau.....	12
4.2 Substituierbarkeitspotenziale nach Berufssegmenten.....	13
4.3 Substituierbarkeitspotenziale nach Berufssegment-Anforderungsniveau- Kombinationen.....	15
4.3.1 Substituierbarkeitspotenziale in den Produktionsberufen.....	15
4.3.2 Substituierbarkeitspotenziale in den Personenbezogenen Dienstleistungsberufen.....	16
4.3.3 Substituierbarkeitspotenziale in den Kaufmännischen und unternehmensbezogenen Dienstleistungsberufen	18
4.3.4 Substituierbarkeitspotenziale in den IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen.....	19
4.3.5 Substituierbarkeitspotenziale in den Sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungsberufen.....	20
4.4 Substituierbarkeitspotenziale für sozialversicherungspflichtige Beschäftigung	21
5 Zusammenfassung und Fazit	22
Literatur	25
Anhang	27

Zusammenfassung

In der letzten Zeit sind zahlreiche öffentliche Debatten von Begriffen wie „Industrie 4.0“ oder „Arbeitswelt 4.0“ geprägt. Dabei wird deutlich, dass die fortschreitende Digitalisierung weitreichende Auswirkungen auf die zukünftige Arbeitswelt haben wird. Um abschätzen zu können, wie sich die Arbeitswelt zukünftig weiter entwickeln wird, müssen wir aber zunächst einmal klären, wo Deutschland heute steht. Wie stark sind Berufe schon heute potenziell ersetzbar, weil Tätigkeiten, die derzeit noch von Beschäftigten erledigt werden, demnächst von Computern übernommen werden? In diesem Forschungsbericht ermitteln wir deshalb für die einzelnen Berufe den Anteil der Tätigkeiten, der schon heutzutage durch Computer ersetzt werden könnte. Wir berechnen diese Substituierbarkeitspotenziale der Berufe auf Grundlage von Berufsdaten aus der Expertendatenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit. Damit können wir die Spezifika des deutschen Arbeitsmarktes und Bildungssystems unmittelbar berücksichtigen. Im Ergebnis sind 15 Prozent der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland im Jahr 2013 einem sehr hohen Substituierbarkeitspotenzial ausgesetzt, also in einem Beruf beschäftigt, bei dem mehr als 70 Prozent der Tätigkeiten heute schon durch Computer ersetzt werden könnten. Wir stellen unsere Ergebnisse detailliert nach dem Anforderungsniveau, für die Berufssegmente sowie für die Berufssegmente getrennt für die unterschiedlichen Anforderungsniveaus nach der Klassifikation der Berufe 2010 dar. Im Anhang präsentieren wir zudem Ergebnisse für die Berufshauptgruppen getrennt für die unterschiedlichen Anforderungsniveaus nach der Klassifikation der Berufe 2010 sowie für die BIBB-Berufsfelder.

Abstract

Recently, terms such as ‘industry 4.0’ (*Industrie 4.0*) or ‘working environment 4.0’ (*Arbeitswelt 4.0*) play a dominant role in several public debates. It is clear that the ongoing digitalisation may have large effects on the future working environment. To consider the development of the future working environment, we first have to clarify the current status of Germany. How much are occupations substitutable because tasks performed by employees today will be substituted by computers in the near future? In this paper, we determine for single occupations the share of tasks that could be currently substituted by computers. We calculate the substitution potentials of occupations based on German occupational data from the expert data base BERUFENET of the Federal Employment Agency. Thus, we can directly consider the specific characteristics of the German labour market. Our results show that 15 per cent of employees subject to social insurance contributions have a high substitution potential in the year 2013 in Germany, i.e. they are employed in an occupation in which more than 70 per cent of the tasks could already be substituted by computers. We present our results for requirement levels, occupational segments and occupational segments in combination with the requirement level of the German Clas-

sification of Occupations 2010. Furthermore, we provide results in the appendix for the occupational main groups in combination with the requirement level of the German Classification of Occupations 2010 and the BIBB fields of occupations.

1 Einleitung

Eine neue Etappe des technologischen Wandels, die vierte industrielle Revolution oder auch als Industrie 4.0 bezeichnet, beherrscht momentan viele öffentliche Debatten. Hierunter wird eine hochautomatisierte, vernetzte und smarte Produktion verstanden, deren Grundlage Digitalisierung, Robotik, Sensorik sowie cyberphysische Systeme und Big Data ist (Bundesministerium für Arbeit und Soziales 2015). Das Neue daran ist nicht der nahezu flächendeckende Einsatz der Computertechnik in der Produktion, sondern sind vor allem die neuen Möglichkeiten, die eine digitale Vernetzung bietet. So können z. B. Anlagen und Geräte durch die Zuweisung von IP-Adressen digital angesprochen und gesteuert, mit Hilfe von Daten-Brillen notwendige Informationen für die Erledigung unbekannter Arbeitsschritte situationsbezogen bereitgestellt, mit hochsensiblen Sensoren und Aktoren eine neuartige Zusammenarbeit von Mensch und Maschine ermöglicht und die riesigen, beiläufig entstehenden Mengen an Daten (Big Data) zur Steuerung und Kontrolle von Arbeitsabläufen genutzt werden (Möller 2015). Industrie 4.0 geht somit über die bisherige Informatisierung und Digitalisierung deutlich hinaus.

Aber nicht nur in der Produktion verändert sich die Arbeitswelt durch den technologischen Wandel. Vor allem durch die neuen Möglichkeiten, die Vernetzung bietet, werden auch im Dienstleistungsbereich weitreichende Veränderungen stattfinden. So wird eine Vielzahl neuer Dienstleistungen entstehen (wie beispielsweise zur Programmierung von Software zur Analyse von Big Data oder zur webbasierten Kontrolle und Steuerung von computergesteuerten Maschinen). Es ist aber derzeit nicht abzusehen, wie vor allem Dienstleistungsarbeit zukünftig organisiert wird, ob z. B. bestimmte Dienstleistungen überhaupt noch unternehmensförmig oder in Form von Crowd-Working angeboten werden. Fest steht jedoch, die fortschreitende Digitalisierung wird weitreichende Auswirkungen auf die Arbeitswelt haben.

Um abschätzen zu können, wie sich die Arbeitswelt zukünftig entwickeln wird, müssen wir aber zunächst einmal klären, wo Deutschland heute steht. Bisherige Studien haben die Berufe meistens nach ihrer zukünftigen Automatisierungswahrscheinlichkeit unterschieden (Frey/Osborne 2013). Wir gehen, im Gegensatz dazu aber nicht davon aus, dass ganze Berufe durch Computer oder computergesteuerte Maschinen ersetzt werden können, sondern nur Tätigkeiten (Bonin/Gregory/Zierahn 2015). In diesem Forschungsbericht ermitteln wir deshalb für die einzelnen Berufe den Anteil der Tätigkeiten, der schon heutzutage potenziell durch Computer ersetzt werden könnte. Wir sprechen hierbei von gegenwärtigen Substituierbarkeitspotenzialen und nicht zukünftigen Automatisierungswahrscheinlichkeiten. Wir bestimmen also das Substituierbarkeitspotenzial eines Berufes über den Anteil der in diesem Beruf typischerweise zu erledigenden Aufgaben, die bereits heute durch Computer erledigt werden könnten. Ob diese Tätigkeiten dann auch tatsächlich ersetzt werden, hängt nicht nur von der technischen Machbarkeit ab.

Um Automatisierungswahrscheinlichkeiten für Deutschland zu bestimmen, haben verschiedene Studien die Ergebnisse von Frey/Osborne (2013) durch einfache Um-

kodierung der amerikanischen Berufscodes in internationale Berufscodes, meist der International Standard Classification of Occupations (ISCO), auf andere Länder übertragen (Bonin/Gregory/Zierahn 2015; Bowles 2014; Brzeski/Burk 2015). Eine simple Übertragung der amerikanischen Werte auf andere Länder ist aber problematisch, denn vor allem Unterschiede zwischen den Bildungssystemen und den Arbeitsmärkten führen zu unterschiedlichen Automatisierungswahrscheinlichkeiten der Berufe. Im Gegensatz dazu verwenden wir als Datenbasis die berufskundlichen Informationen für Deutschland aus der Expertendatenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit. Damit können wir die Spezifika des deutschen Arbeitsmarktes und Bildungssystems unmittelbar berücksichtigen. Zudem schätzen wir keine zukünftigen Substituierbarkeitspotenziale, sondern verwenden aktuelle Berufsbeschreibungen, um die derzeit bereits bestehenden Substituierbarkeitspotenziale zu berechnen.

Unsere Analysen zeigen, dass die Berufe in unterschiedlichem Ausmaß von der Digitalisierung betroffen sind. Es gibt in nahezu allen Berufen Tätigkeiten, die derzeit (noch) nicht von Computern übernommen werden können. Etwa 15 Prozent der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland sind im Jahr 2013 einem sehr hohen Substituierbarkeitspotenzial ausgesetzt, also in einem Beruf beschäftigt, bei dem mehr als 70 Prozent der Tätigkeiten heute schon durch Computer ersetzt werden könnten. Wir stellen unsere Ergebnisse detailliert nach dem Anforderungsniveau, für die Berufssegmente sowie für die Berufssegmente getrennt für die unterschiedlichen Anforderungsniveaus nach der Klassifikation der Berufe 2010 (KIdB 2010) dar. Im Anhang präsentieren wir zudem Ergebnisse für die Berufshauptgruppen getrennt für die unterschiedlichen Anforderungsniveaus nach der KIdB 2010 sowie für die BIBB-Berufsfelder.

Der Anteil der bereits heute potenziell durch Computer ersetzbaren Tätigkeiten in den Berufen macht einerseits (zukünftige) Beschäftigungsrisiken in den verschiedenen Berufen deutlich. Andererseits sagt er aber auch etwas darüber aus, wie stark sich dieser Beruf – höchstwahrscheinlich – in den nächsten Jahren verändern wird. Unsere Analyse liefert somit Ansatzpunkte für politische Maßnahmen, um geeignete Anpassungsstrategien wie z. B. Qualifizierungsmaßnahmen mit Fokus auf schwer automatisierbare Tätigkeiten zu treffen.

2 Bisherige Forschung zur Substituierbarkeit durch Digitalisierung

Theoretischer Ausgangspunkt für unsere Analysen ist der Task-Based-Approach von Autor/Levy/Murnane (2003), der die gestiegene Lohn- und Beschäftigungsungleichheit durch veränderte berufliche Tätigkeiten (Tasks genannt) erklärt. Da Routine-Tätigkeiten im Vergleich zu Nicht-Routine-Tätigkeiten zunehmend durch programmierbare Maschinen ersetzt werden, ist die Lohn- und Beschäftigungsentwicklung bei den Mittelqualifizierten, die eher Routine-Tätigkeiten ausüben, hinter der bei den Hoch- und Niedrigqualifizierten zurückgeblieben (Acemoglu/Autor 2011; Autor 2013; Autor/Katz/Kearney 2008). Dieser Zusammenhang ist für viele industrialisierte

Länder belegt worden (Goos/Manning 2007; Goos/Manning/Salomons 2010; Lemieux 2006). Für Deutschland ist eine Polarisierung der Beschäftigung seit den 90er Jahren beobachtbar (Dustmann/Ludsteck/Schönberg 2009; Spitz-Oener 2006), allerdings konnte bislang keine Polarisierung der Löhne durch veränderte Tasks nachgewiesen werden (Antonczyk/Fitzenberger/Leuschner 2009).

Tasks werden als Aufgaben verstanden, die in einer bestimmten beruflichen Tätigkeit erledigt werden müssen. Üblicherweise werden Tasks in fünf Typen eingeteilt: Analytische Nicht-Routine-Tasks, interaktive Nicht-Routine-Tasks, kognitive Routine-Tasks, manuelle Routine-Tasks und manuelle Nicht-Routine-Tasks. Routine-Tasks sind hierbei Tasks, die von (computergesteuerten) Maschinen nach programmierbaren Regeln ausgeführt werden können. Während analytische und interaktive Nicht-Routine-Tasks (wie z. B. Management oder Beratung) nur durch den Einsatz von Computern unterstützt werden können, sind kognitive Routine-Tasks (wie z. B. Buchhaltung) oder manuelle Routine-Tasks (wie z. B. das Sortieren von verschiedenen Dingen) von Computern ersetzbar. Manuelle Nicht-Routine-Tasks sind dagegen nicht durch Computer ersetzbar. Beispielsweise gilt – trotz selbstfahrender LKWs und PKWs – das Führen eines Fahrzeuges als derzeit noch nicht durch Computer ersetzbar, weil diese gegenwärtig nur teilautonom, zu Testzwecken und nur auf bestimmten Strecken zum Einsatz kommen können. Vor allem in unvorhersehbaren und unübersichtlichen Verkehrssituationen – wie Baustellen oder Unfällen – sind die technischen Fahrassistenzsysteme noch nicht in der Lage, angemessen zu reagieren. Es ist aber absehbar, dass in Zukunft einige der Tätigkeiten, die bisher als Nicht-Routine-Tätigkeiten eingeschätzt werden, zu Routine-Tätigkeiten werden, weil sie dann durch Computer ersetzbar sind. Die Bemühungen, den selbstfahrenden LKW in Serie zu produzieren und die Voraussetzungen für seinen Einsatz zu testen, stehen nur als ein Beispiel dafür, dass bisherige Nicht-Routine-Tätigkeiten zukünftig wohl zu Routine-Tätigkeiten (gemacht) werden.

Studien, die versuchen den zukünftigen Wandel von Nicht-Routine-Tätigkeiten zu Routine-Tätigkeiten bei ihren Analysen zu berücksichtigen, definieren meist Tätigkeitskriterien, die eine zukünftige Ersetzbarkeit durch Computer unwahrscheinlich machen: Frey/Osborne (2013) nennen diese „Engineering Bottlenecks“ und haben aufbauend auf Expertenmeinungen drei Indikatoren identifiziert, die in naher Zukunft nicht von (computergesteuerten) Maschinen ersetzt werden können: Wahrnehmung und Feinmotorik (z. B. koordiniertes Bewegen von einzelnen Fingern, um kleine Dinge zu fertigen), kreative Intelligenz (z. B. Kunst, kreative Problemlösungen) und soziale Intelligenz (z. B. verhandeln, überzeugen). Sie berechnen dann mit Hilfe des Occupational Information Network (O*NET) für 702 Berufe¹ die Automatisierungswahrscheinlichkeit, in den nächsten 10 bis 20 Jahren durch computergesteuerte

¹ Die Berufe des O*NET sind entsprechend der amerikanischen Klassifikation der Berufe, der Standard Occupational Classification (SOC), codiert.

Maschinen ersetzt zu werden. Basierend auf der vom Bureau of Labor Statistics erstellten Beschäftigungsprognose von 2010 bis 2020 schätzen sie, dass in den USA ca. 47 Prozent der Beschäftigten eine hohe Automatisierungswahrscheinlichkeit (größer als 70 Prozent) aufweisen und in den nächsten 10 bis 20 Jahren durch Maschinen ersetzt werden könnten.²

In vielen Studien wurden diese Automatisierungswahrscheinlichkeiten durch einfache Umkodierung der amerikanischen in internationale Berufscodes wie der ISCO auf andere Länder übertragen. So liegen auch für Deutschland verschiedene Studien vor, die versuchen durch einfache Umkodierung die zukünftigen Beschäftigungsrisiken durch die Digitalisierung abzuschätzen. Brzeski/Burk (2015) schlüsseln sowohl die amerikanischen als auch die deutschen Berufe auf die ISCO um und schlussfolgern, dass in Deutschland in den nächsten 10 Jahren ca. 59 Prozent der Beschäftigten potenziell durch Computer ersetzt werden könnten. Bowles (2014) überträgt die Ergebnisse von Frey/Osborne (2013) auf Europa, indem er die amerikanischen Berufe in die ISCO umkodiert. Im Ergebnis findet er in den Niederlanden, Belgien, Deutschland, Frankreich, dem Vereinigten Königreich, Irland und Schweden eine mit dem amerikanischen Arbeitsmarkt vergleichbare Automatisierungswahrscheinlichkeit von Berufen, durch Computer ersetzt zu werden. Auch Bonin/Gregory/Zierahn (2015) übertragen in einem ersten Schritt die Ergebnisse von Frey/Osborne (2013) direkt auf die entsprechenden Berufe in Deutschland und stellen fest, dass in Deutschland derzeit 42 Prozent der Beschäftigten eine hohe Automatisierungswahrscheinlichkeit von größer als 70 Prozent aufweisen.

Ausgehend von der Feststellung, dass nicht Berufe, sondern nur Tätigkeiten durch Computer ersetzt werden können, ermitteln Bonin/Gregory/Zierahn (2015) in einem zweiten Schritt Beschäftigungseffekte, die sich aus einem tätigkeitsbasierten Ansatz für Deutschland ergeben. Dazu gehen sie mit Hilfe von PIAAC-Daten³ und eines ökonometrischen Modells der Frage nach, wie die Automatisierungswahrscheinlichkeiten von Tätigkeiten in den USA erklärt werden können. Unter der Annahme, dass die Technologien in Deutschland und den USA denselben Einfluss auf die Automatisierungswahrscheinlichkeit von Tätigkeiten haben, stellen sie fest, dass in den USA 9 Prozent der Arbeitsplätze Tätigkeitsprofile mit einer hohen Automatisierungswahrscheinlichkeit aufweisen, während dies in Deutschland auf 12 Prozent der Arbeitsplätze zutrifft. Allerdings unterscheiden sich die Tätigkeitsstrukturen von Berufen mit hoher und geringer Automatisierungswahrscheinlichkeit in dieser Schätzung nur geringfügig, was vermutlich an der groben Zuordnung der Automatisierungswahrscheinlichkeiten zu den ISCO-2-Stellern liegt.

² Da die Studie auf Einschätzungen von Computer- und Technologieexperten beruht, kann man davon ausgehen, dass die Automatisierungswahrscheinlichkeiten überschätzt sind, weil diese Experten das Potenzial technologischer Entwicklungen häufig überschätzen.

³ PIAAC steht für Programme for the International Assessment of Adult Competencies.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Studie von Frey/Osborne (2013) für den amerikanischen Arbeitsmarkt häufig als Grundlage für die Berechnung von Automatisierungswahrscheinlichkeiten in Deutschland verwendet wird. Die Übertragung von amerikanischen Automatisierungswahrscheinlichkeiten auf Deutschland ist aber problematisch, denn in Deutschland haben wir es mit einem anderen Arbeitsmarkt zu tun als in den USA. So lässt sich z. B. zeigen, dass in den USA mehr Akademiker und Führungskräfte, in Deutschland hingegen mehr Bürokräfte und Handwerker beschäftigt sind. Dazu kommt, dass das duale Ausbildungssystem und die darauf aufbauenden Weiterqualifizierungsmöglichkeiten (z. B. zum Meister- oder Technikerabschluss) in Deutschland zu einer stärkeren qualifikatorischen Differenzierung des Arbeitsmarktes im mittleren Qualifikationsbereich führen. Während in Deutschland das Vorhandensein eines beruflichen Ausbildungszertifikates häufig die Mindestzugangsvoraussetzung bei der Stellenbesetzung ist, sind in den USA die meisten der Highschool-Abgänger an Arbeitsplätzen beschäftigt, die keinerlei formelle berufliche Vorbildung, in vielen Fällen nur eine kurze Einarbeitung erfordern (Büchtemann/Schupp/Soloff 1993). Darüber hinaus kann man für die gleichen Berufe nicht von gleichen Tätigkeitsprofilen in Deutschland und den USA ausgehen. Angesichts der Schwierigkeiten, die bei dem Versuch aufgetreten sind, die Gleichartigkeit der in Europa ausgeübten Berufe festzustellen (Sloane 2008), ist es äußerst unwahrscheinlich, dass sich die Tätigkeitsprofile in den USA und Deutschland so stark gleichen, dass eine unmittelbare Übertragung der amerikanischen Automatisierungswahrscheinlichkeiten auf Deutschland als angemessen erachtet werden kann. Aber auch eine einfache Umschlüsselung der amerikanischen Berufe auf die ISCO geht mit weitreichenden Kompatibilitätsproblemen einher.⁴ All diese Probleme können nur mit einer direkten Ermittlung der Automatisierungswahrscheinlichkeiten der Berufe durch Computer in Deutschland überwunden werden.

3 Operationalisierung für Deutschland

Im Gegensatz zu den bisherigen Untersuchungen zur Substituierbarkeit von Berufen durch Digitalisierung, verwenden wir nicht die auf Basis amerikanischer Berufsdaten ermittelten Automatisierungswahrscheinlichkeiten, sondern berufskundliche Informationen aus der Expertendatenbank BERUFENET⁵ der Bundesagentur für Arbeit (BA), die online und kostenlos Informationen über alle in Deutschland bekannten Berufe zur Verfügung stellt. Das BERUFENET wird vor allem bei der Berufsberatung oder bei der Arbeitsvermittlung genutzt und umfasst momentan ca. 3.900 Einzelberufe. Es enthält z. B. Informationen über die zu erledigenden Aufgaben in der

⁴ Es gibt eine Reihe von Zuordnungsproblemen, da einem nach der KldB codierten Beruf oftmals mehrere Berufspositionen der ISCO oder der SOC zugewiesen werden können und umgekehrt. Insgesamt gibt es in der SOC 840, in der ISCO 436 und in der KldB 2010 1.286 Berufspositionen. Wenn man SOC auf ISCO überträgt, verliert man somit sehr viele Informationen.

⁵ Für weiterführende Informationen, siehe BERUFENET-Homepage der Bundesagentur für Arbeit (BA): <http://berufenet.arbeitsagentur.de/berufe/index.jsp>.

jeweiligen beruflichen Tätigkeit, über die verwendeten Arbeitsmittel, über die Gestaltung von Arbeitsbedingungen, über notwendige Ausbildungen oder rechtliche Regelungen. Damit können wir die Spezifika des deutschen Arbeitsmarktes und Bildungssystems unmittelbar berücksichtigen.

Um abschätzen zu können, wie stark bestimmte Berufe schon heutzutage potenziell von Computern oder computergesteuerten Maschinen in Deutschland ersetzt werden können, betrachten wir den Anteil der Routine-Tätigkeiten in den Berufen. Dengler/Matthes/Paulus (2014) haben ursprünglich auf Grundlage dieser Daten die Tasks-Komposition für jeden Beruf ermittelt.⁶ Dazu wurde die sog. Anforderungsmatrix⁷ genutzt, in der ca. 8.000 Anforderungen den einzelnen Berufen zugeordnet sind. In der Anforderungsmatrix sind jedem Einzelberuf die Anforderungen zugewiesen, die für die Ausübung des entsprechenden Berufes erforderlich sind. Bei der Entscheidung, ob eine Arbeitsanforderung als Routine- oder Nicht-Routine-Tätigkeit verstanden werden soll, wurde explizit recherchiert, ob die jeweilige Arbeitsanforderung aktuell (im Jahr 2013) von Computern oder computergesteuerten Maschinen ausgeführt werden könnte. Die Ersetzbarkeit durch Computer oder computergesteuerten Maschinen war also zentrales Entscheidungskriterium dafür, ob eine Arbeitsanforderung als Routine- oder Nicht-Routine-Tätigkeit verstanden wurde. Deshalb können wir die Anteile an Routine-Tätigkeiten in den Berufen als Maß für die Ersetzbarkeit dieser Berufe interpretieren.⁸

Wir verwenden die Anforderungsmatrix für das Jahr 2013 und berechnen den Anteil der Routine-Tätigkeiten (vs. der Nicht-Routine-Tätigkeiten), indem wir die Kernanforderungen⁹ in jedem Einzelberuf (8-Stellerebene der KldB 2010), die einer Routine-Tätigkeit zugeordnet wurden, durch die gesamte Anzahl der Kernanforderungen im jeweiligen Einzelberuf dividieren. Diese Anteile auf Einzelberufesebene werden für die verschiedenen Berufsaggregate mit einem Gewicht, das auf Basis der Beschäftigtenzahlen 2012 ermittelt wurde, hochaggregiert. Das Gewicht stellt sicher, dass Einzelberufe mit hohen Beschäftigtenzahlen auch entsprechend stärker bei der Ermittlung des Substituierbarkeitspotenzials auf Berufsaggregatsebene berücksichtigt werden (Dengler/Matthes/Paulus 2014).

⁶ Dabei wurden die in der Anforderungsmatrix verwendeten Arbeitsanforderungen einem Tasks-Typ (Analytische Nicht-Routine-Tasks, interaktive Nicht-Routine-Tasks, kognitive Routine-Tasks, manuelle Routine-Tasks und manuelle Nicht-Routine-Tasks) zugeordnet.

⁷ In der BA wird für die Beschreibung der für die Ausübung eines Berufes erforderlichen Kenntnisse und Fertigkeiten der Begriff „Kompetenzen“ benutzt. Wir verwenden jedoch den Begriff Arbeitsanforderungen.

⁸ Für detaillierte Informationen zur Datenbasis und den Zuordnungsregeln, siehe Dengler/Matthes/Paulus (2014).

⁹ Kernanforderungen sind die Anforderungen, die für die Ausübung eines Berufes unerlässlich sind, also den Kern eines Berufes ausmachen.

4 Substituierbarkeitspotenziale der Berufe

Eine wichtige Erkenntnis der bisherigen Forschung ist, dass nicht ganze Berufe, sondern nur Tätigkeiten von Computern und computergesteuerten Maschinen ersetzt werden können (Bonin/Gregory/Zierahn 2015). Über den Anteil an Routine-Tätigkeiten bestimmen wir im Folgenden, wie hoch das Substituierbarkeitspotenzial der Berufe ist. Eine Darstellung der Substituierbarkeitspotenziale der Einzelberufe würde den Rahmen des Forschungsberichtes sprengen. Deshalb haben wir im Folgenden die Substituierbarkeitspotenziale differenziert nach dem Anforderungsniveau (5. Stelle der KldB 2010, siehe Paulus/Schweitzer/Wiemer 2011), für die Berufssegmente (Matthes/Meinken/Neuhauser 2015) sowie für die Berufssegmente getrennt für die unterschiedlichen Anforderungsniveaus dargestellt. In den Anhang haben wir zusätzlich eine Tabelle aufgenommen, in der das Substituierbarkeitspotenzial für jede Berufshauptgruppe der KldB 2010 differenziert nach den Anforderungsniveau (2-Steller und 5. Stelle der KldB 2010) aufgeführt ist (siehe Anhang 1) und eine Tabelle, in der das Substituierbarkeitspotenzial nach den BIBB-Berufsfeldern (Tiemann et al. 2008) ausgewiesen wird (siehe Anhang 2).

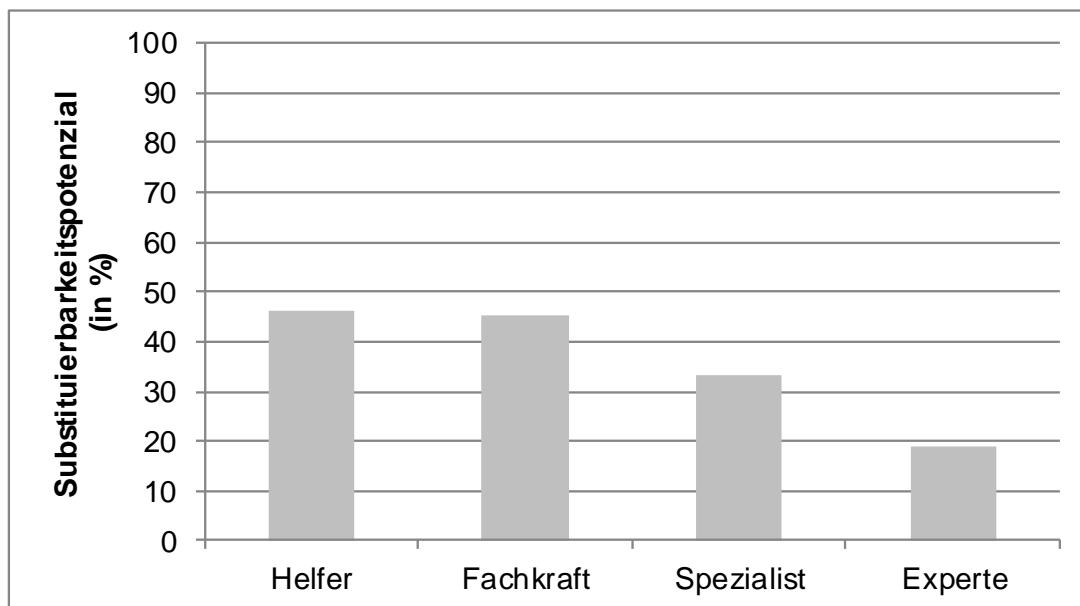
Bei der Bewertung der Höhe der Substituierbarkeitspotenziale orientieren wir uns an die Kategorisierung von Frey/Osborne (2013): Ein geringes Substituierbarkeitspotenzial liegt vor, wenn maximal 30 Prozent der Tätigkeiten durch Computer erledigt werden könnten. Ein mittleres Substituierbarkeitspotenzial bedeutet, dass zwischen 30 Prozent und maximal 70 Prozent der Tätigkeiten durch Computer ersetzt werden könnten, während man unter einem hohen Substituierbarkeitspotenzial versteht, dass mehr als 70 Prozent der Tätigkeiten durch Computer ersetzt werden könnten.

4.1 Substituierbarkeitspotenziale nach Anforderungsniveau

Betrachtet man zunächst das gewichtete, durchschnittliche Substituierbarkeitspotenzial differenziert nach den Anforderungsniveaus der KldB 2010, so wird deutlich, dass sowohl Helferberufe (Anforderungsniveau 1) als auch Fachkraftberufe (Anforderungsniveau 2) im Durchschnitt einem etwa gleich hohen Substituierbarkeitspotenzial von ca. 45 Prozent ausgesetzt sind (vgl. Abbildung 1).

Auf den ersten Blick erscheint dieses Ergebnis unplausibel: Sollte eine berufliche Ausbildung, die in Deutschland typischerweise eine Zugangsvoraussetzung für die Ausübung einer Fachkrafttätigkeit ist, nicht grundsätzlich besser gegen Digitalisierung schützen als eine unqualifizierte Helfertätigkeit? Das Paradoxe an der Substituierbarkeit durch Computer ist, dass Tätigkeiten, die von qualifizierten Fachkräften ausgeübt werden, stärker von der Digitalisierung betroffen sein können, weil diese besser in programmierbare Algorithmen zerlegt und damit leichter von Computern ersetzt werden können. Helfer dagegen erledigen (auch) zu einem großen Teil Nicht-Routine-Tätigkeiten, die sich nicht so leicht automatisieren lassen.

Abbildung 1
Substituierbarkeitspotenziale nach Anforderungsniveau



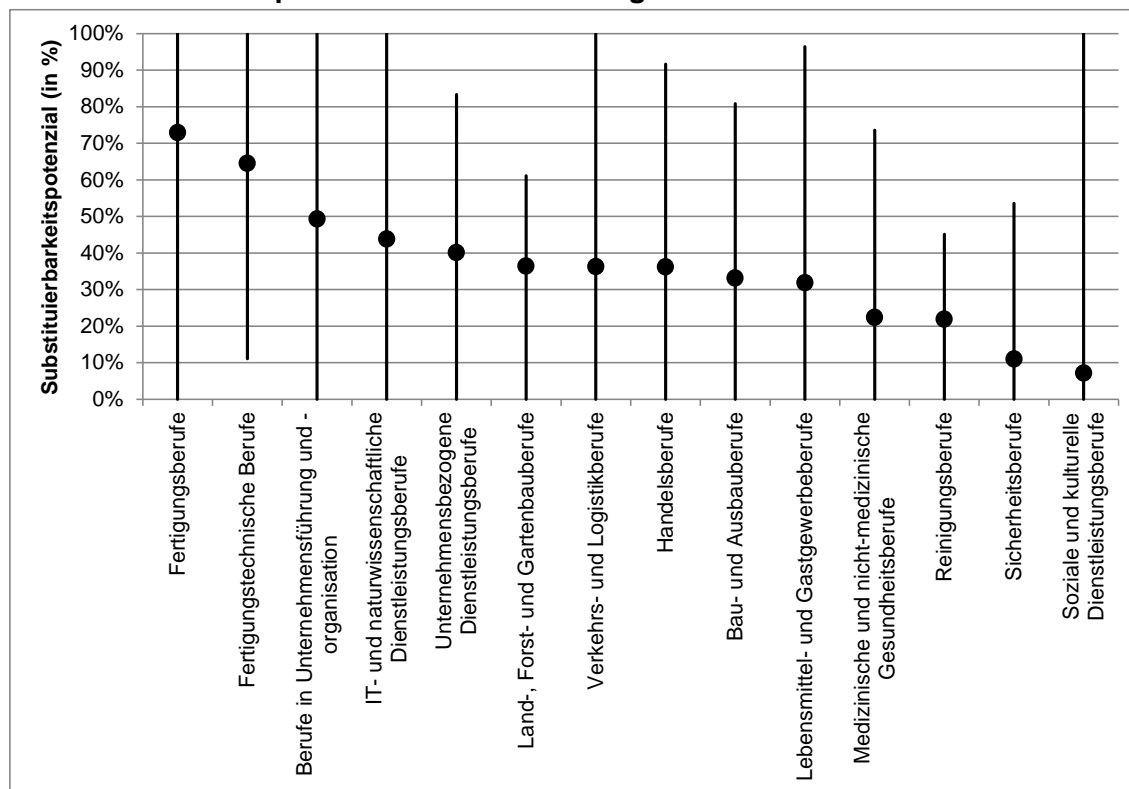
Quelle: Eigene Berechnungen, Berufenet (2013).

Das Substituierbarkeitspotenzial bei den Berufen auf Spezialistenniveau (Anforderungsniveau 3), für die in Deutschland typischerweise eine Meister- oder Techniker-ausbildung oder auch ein weiterführender Fachschul- oder Bachelorabschluss Zugangsvoraussetzung ist, liegt dagegen bei etwas mehr als 30 Prozent. Noch niedriger, bei ca. 19 Prozent, ist das Substituierbarkeitspotenzial bei den Berufen auf Expertenniveau, die in der Regel ein mindestens vierjähriges abgeschlossenes Hochschulstudium erfordern.

4.2 Substituierbarkeitspotenziale nach Berufssegmenten

Unsere Analysen zeigen, dass sich die Substituierbarkeitspotenziale deutlich zwischen den beruflichen Teilarbeitsmärkten unterscheiden. Um einerseits ein möglichst breites berufsfachliches Spektrum abzubilden, andererseits aber dennoch in gewissem Maße übersichtlich zu bleiben, haben wir entschieden, im Folgenden die Substituierbarkeitspotenziale nach Berufssegmenten (Matthes/Meinken/Neuhauser 2015) darzustellen. In Abbildung 2 ist das gewichtete, durchschnittliche Substituierbarkeitspotenzial für das jeweilige Berufssegment (fetter Punkt) und das Spektrum zwischen dem minimalen und maximalen Substituierbarkeitspotenzial der in den Berufssegmenten zusammengefassten Berufsgattungen (5-Steller der KldB 2010) dargestellt (schwarze Linie).

Abbildung 2
Substituierbarkeitspotenziale nach Berufssegmenten



Quelle: Eigene Berechnungen, Berufenet (2013).

Das gewichtete, durchschnittliche Substituierbarkeitspotenzial ist im Berufssegment „Fertigungsberufe“ am höchsten. Es liegt bei mehr als 70 Prozent, was nach der Einschätzung von Frey/Osborne (2013) als sehr hohes Potenzial der Ersetzbarkeit durch Computer gewertet werden muss. Um zu verdeutlichen, was das bedeutet, muss man sich vor Augen führen, dass mehr als 70 Prozent der Tätigkeiten in diesem Berufssegment schon heute durch Computer ersetzt werden könnten. Mit fast 65 Prozent gewichtetem, durchschnittlichem Substituierbarkeitspotenzial ist das Berufssegment „Fertigungstechnische Berufe“ auch durch ein hohes Potenzial gekennzeichnet, von Computern ersetzt zu werden. Damit kann man große Potenziale der Nutzung von Computertechnologien insbesondere für die Berufe in der Industrieproduktion konstatieren.

In allen anderen Berufssegmenten liegt das gewichtete, durchschnittliche Substituierbarkeitspotenzial unter 50 Prozent. Das niedrigste Substituierbarkeitspotenzial lässt sich dabei für das Berufssegment „Soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe“ feststellen. Dies überrascht wenig, denn es ist nur schwer vorstellbar, dass viele der dort ausgeübten Tätigkeiten – wie Kinder erziehen oder unterrichten – von Computern übernommen werden. Auch solche Berufssegmente wie „Sicherheitsberufe“ oder „Reinigungsberufe“ sind – trotz staubsaugender Roboter und vernetzter Überwachungskameras – nach wie vor eher von Nicht-Routine-Tätigkeiten dominiert, so dass nur wenige Tätigkeiten in diesen Berufen durch Computer ersetzbar sind.

Das zweite auffallende Ergebnis ist, dass es in fast allen Berufssegmenten Einzelberufe gibt, die noch nicht von Computern ersetzt werden können. In fast allen Berufssegmenten ist das minimale Substituierbarkeitspotenzial 0 Prozent. So weisen z. B. Altenpfleger im Berufssegment „Medizinische und nicht-medizinische Gesundheitsberufe“ oder Lehrer im Berufssegment „Soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe“ ein Substituierbarkeitspotenzial von 0 Prozent auf. Andererseits liegt in 6 von 14 Berufssegmenten das maximale Substituierbarkeitspotenzial bei 100 Prozent, was bedeutet, dass es dort mindestens einen Einzelberuf gibt, der bereits heute komplett durch Computer ersetzt werden könnte. Dies trifft z. B. auf den Korrektor im Berufssegment „Berufe in Unternehmensführung und -organisation“ und z. B. auf den Aufbereitungsmechaniker für Steinkohle im Berufssegment „Fertigungsberufe“ zu. Bringt man diesen Befund mit dem Ergebnis zusammen, dass die Substituierbarkeitspotenziale mit dem Anforderungsniveau variieren, liegt der Schluss nahe, dass das häufig weite Spektrum zwischen Minimum und Maximum auch darauf zurückzuführen ist, dass Tätigkeiten in den verschiedenen Anforderungsniveaus innerhalb der Berufssegmente mehr oder weniger gut durch Computer ersetzt werden können. Deswegen betrachten wir im Folgenden Berufssegment-Anforderungsniveau-Kombinationen.

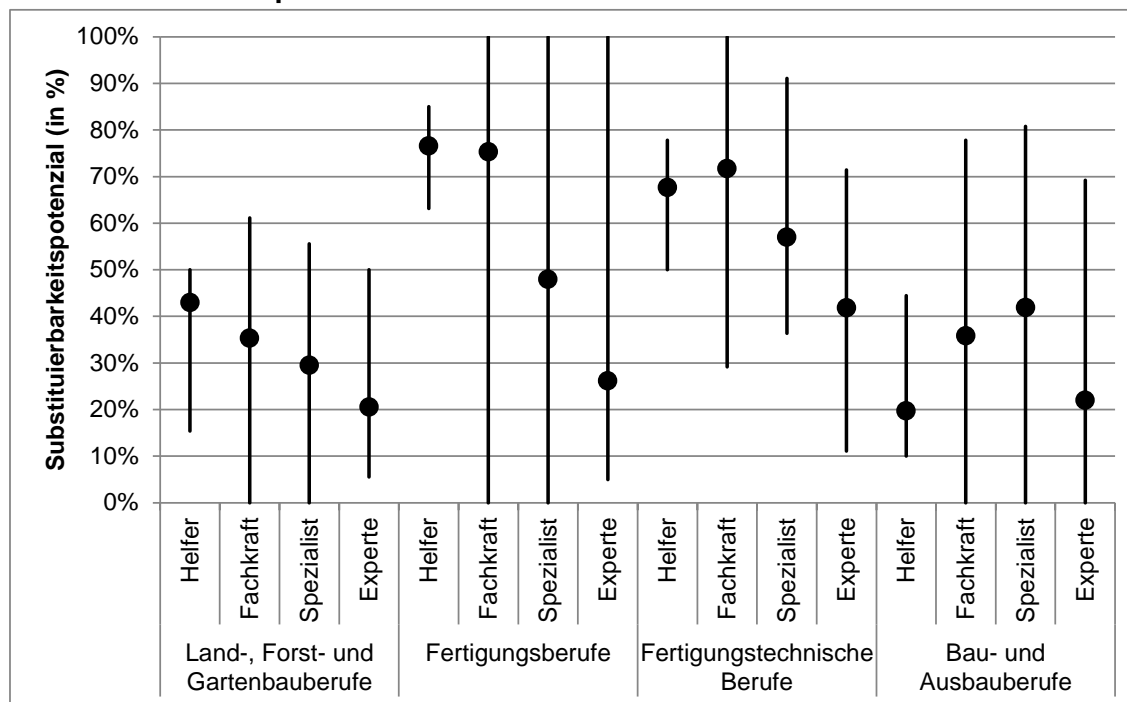
4.3 Substituierbarkeitspotenziale nach Berufssegment-Anforderungsniveau-Kombinationen

In diesem Kapitel betrachten wir nun die Substituierbarkeitspotenziale in den Berufssegmenten differenziert nach Anforderungsniveau. Um die Darstellung dennoch übersichtlich zu halten, fassen wir die Berufssegment-Anforderungsniveau-Kombinationen jeweils zu den einzelnen Berufssektoren zusammen: Produktionsberufe, Personenbezogene Dienstleistungsberufe, Kaufmännische und unternehmensbezogene Dienstleistungsberufe, IT- und naturwissenschaftliche Dienstleistungsberufe und Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungsberufe.

4.3.1 Substituierbarkeitspotenziale in den Produktionsberufen

Wie man in Abbildung 2 gesehen hat, ist das gewichtete, durchschnittliche Substituierbarkeitspotenzial in den Berufssegmenten „Fertigungsberufe“ und „Fertigungstechnische Berufe“ relativ hoch, während es in den Berufssegmenten „Land-, Forst- und Gartenbauberufe“ sowie „Bau- und Ausbauberufe“ im Mittelfeld liegt. Betrachtet man nun das nach Anforderungsniveau differenzierte, gewichtete, durchschnittliche Substituierbarkeitspotenzial im Berufssegment „Land-, Forst- und Gartenbauberufe“, findet man das zu erwartende Muster: Je höher das Anforderungsniveau des Berufes, umso niedriger ist das Substituierbarkeitspotenzial (vgl. Abbildung 3).

Abbildung 3
Substituierbarkeitspotenziale in den Produktionsberufen



Quelle: Eigene Berechnungen, Berufenet (2013).

Dieses Bild ist bei den „Fertigungsberufen“ schon anders: Hier ist das Substituierbarkeitspotenzial der Helfer- und Fachkraftberufe etwa gleich hoch, während es für die Spezialisten- und noch etwas stärker für die Expertenberufe abnimmt. Ein ähnliches Bild findet man für die „Fertigungstechnischen Berufe“. Interessant ist das Ergebnis für das Berufssegment „Bau- und Ausbauberufe“. Hier haben Helfer das niedrigste Substituierbarkeitspotenzial, während die Spezialisten noch höheren Substituierbarkeitspotenzialen ausgesetzt sind als Fachkräfte. Erklärt werden kann das vor allem mit den technologischen Möglichkeiten, die sich bereits heute durch den Einsatz von Computern bei der Planung und Berechnung von Bauwerken für die Spezialisten ergeben.

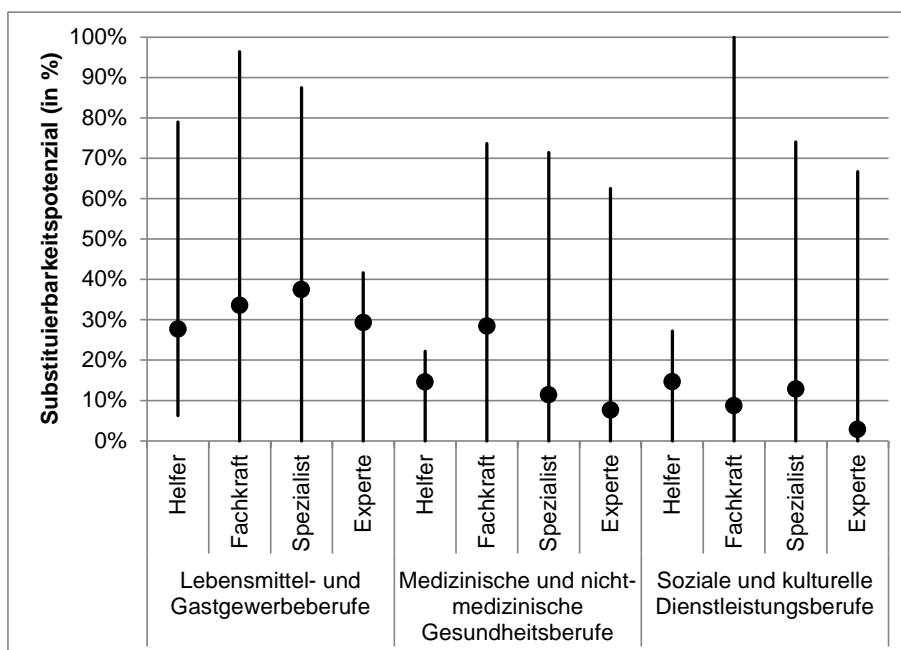
Es ist also nicht immer so, dass die Helfer in einem Berufssegment ein höheres Substituierbarkeitspotenzial aufweisen als die Fachkräfte in diesem Berufssegment. Wenn die Nicht-Routine-Tätigkeitsanteile in den Helferberufen höher sind als bei den Fachkräften, sind Fachkräfte in dem Berufssegment einem höheren Substituierbarkeitspotenzial ausgesetzt.

4.3.2 Substituierbarkeitspotenziale in den Personenbezogenen Dienstleistungsberufen

Verglichen mit allen anderen Berufssektoren haben die Berufssegmente im Berufssektor „Personenbezogene Dienstleistungsberufe“ die niedrigsten Substituierbarkeitspotenziale. Insbesondere die Tätigkeiten der Experten im Berufssegment „Soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe“ sind im Durchschnitt fast nicht durch Computer ersetzbar. Mit 3 Prozent gewichtetem, durchschnittlichem Substituierbar-

keitspotenzial haben sie den niedrigsten Wert über alle Berufssegment-Anforderungsniveau-Kombinationen (vgl. Abbildung 4).

Abbildung 4
Substituierbarkeitspotenzial in den Personenbezogenen Dienstleistungsberufen



Quelle: Eigene Berechnungen, Berufenet (2013).

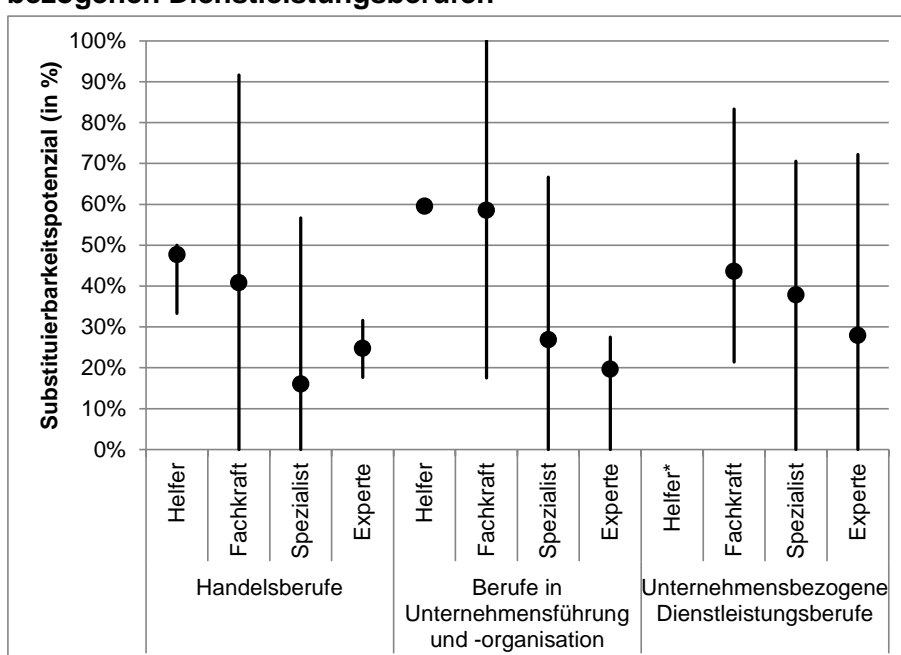
Auch im Berufssegment „Medizinische und nicht-medizinische Gesundheitsberufe“ ist die Substituierbarkeit über alle Anforderungsniveaus hinweg relativ niedrig. Hier zeigt sich erneut, dass Fachkräfte einem höheren Substituierbarkeitspotenzial ausgesetzt sind als Helfer. Angesichts der Herausforderungen, die sich im Zuge der demographischen Entwicklung für dieses Berufssegment ergeben, kann man den Befund jedoch auch positiv interpretieren. Immerhin etwa 30 Prozent der Fachkraft-Tätigkeiten und 15 Prozent der Helfer-Tätigkeiten können derzeit bereits durch Computer ersetzt werden und damit – wenn auch nur wenig – die Beschäftigungssituation in diesem Berufssegment etwas entlasten.

Dass die Muster sich im Berufssegment „Bau- und Ausbauberufe“ und „Lebensmittel- und Gastgewerbeberufe“ so ähneln, ist nicht überraschend, denn Helfer in diesen Berufssegmenten üben zu einem großen Teil Nicht-Routine-Tätigkeiten aus. Oder ist es wahrscheinlich, dass demnächst die menschlichen Servierer durch Roboter ersetzt werden? Fachkräfte in diesem Berufssegment übernehmen derzeit noch häufig Aufgaben in der Kalkulation und Planung, die durch Computer ersetzt werden könnten. Spezialisten in diesem Berufssegment, wie Lebensmitteltechniker oder Betriebswirte in der Systemgastronomie, erledigen zu einem größeren Anteil solche kalkulatorischen und planerischen Aufgaben, die zumindest zu einem Teil durch Computer erledigt werden könnten.

4.3.3 Substituierbarkeitspotenziale in den Kaufmännischen und unternehmensbezogenen Dienstleistungsberufen

Dass Computer nicht nur die Produktionsberufe, sondern auch die Dienstleistungsberufe verändern (werden), zeigt sich insbesondere auch im Berufssegment „Kaufmännische und unternehmensbezogene Dienstleistungsberufe“. Das durchschnittliche Substituierbarkeitspotenzial liegt hier bei den Helfern und bei den Fachkräften immer über 40 Prozent. Einzelhandelsberufe, aber auch Groß- und Außenhandelsberufe und berufliche Tätigkeiten rund um die administrativen und organisatorischen Büro- und Sekretariatsarbeiten könnten demnach bereits heute zu einem nicht unwesentlichen Teil durch Computer ersetzt werden (vgl. Abbildung 5).¹⁰

Abbildung 5
Substituierbarkeitspotenzial in den Kaufmännischen und unternehmensbezogenen Dienstleistungsberufen



* Es existieren keine Berufe für diese Berufssegment-Anforderungsniveau-Kombination
 Quelle: Eigene Berechnungen, Berufenet (2013).

Interessant ist insbesondere, dass die Experten im Berufssegment „Handelsberufe“ einem höheren Substituierbarkeitspotenzial ausgesetzt sind als die Spezialisten des gleichen Berufssegmentes. Offensichtlich erledigen beispielsweise Verkaufs- oder Vertriebsleiter derzeit noch sehr viele Aufgaben, die bereits heute von Computern erledigt werden könnten. Aber auch Experten im Berufssegment „Unternehmensbezogene Dienstleistungsberufe“, die auf Dienstleistungen für Unternehmen fokussiert

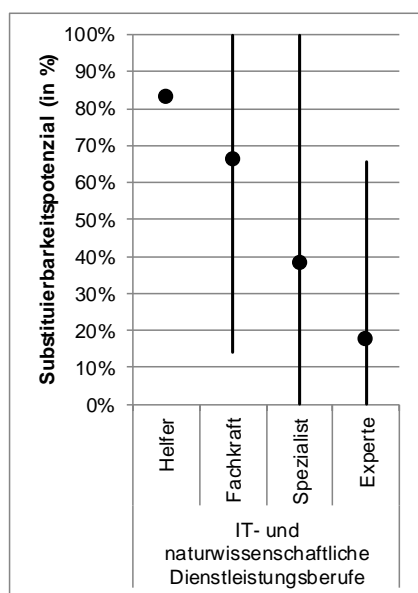
¹⁰ Bei den Helfern im Berufssegment „Berufe in Unternehmensführung und -organisation“ liegt nur ein Einzelberuf vor, deswegen kann das Spektrum zwischen dem minimalen und maximalen Substituierbarkeitspotenzial der in den Berufssegmenten zusammengefassten Berufsgattungen (5-Steller der KldB 2010) nicht dargestellt werden (keine schwarze Linie).

sind (wie Versicherungs- und Finanzdienstleistungen, Dienstleistungen im Rechnungswesen, im Controlling, in der Steuerberatung, in der Rechtsberatung oder in der öffentlichen Verwaltung), sind mit ca. 30 Prozent durch Computer ersetzbar.

4.3.4 Substituierbarkeitspotenziale in den IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen

Auf den ersten Blick mag überraschen, dass gerade der Berufssektor „IT- und naturwissenschaftliche Dienstleistungsberufe“, der nur ein gleichnamiges Berufssegment beinhaltet, sehr hohe Substituierbarkeitspotenziale umfasst. Allerdings wird bei näherer Betrachtung zweierlei klar: Erstens gibt es in diesem Berufssegment kaum Helferberufe. Bei den Helfern in diesem Berufssegment handelt es sich um Helfer in der Chemie- und Pharmatechnik. Dieser Helferberuf hat mit 83 Prozent das höchste Substituierbarkeitspotenzial aller Berufssegment-Anforderungsniveau-Kombinationen (vgl. Abbildung 6).¹¹

Abbildung 6
Substituierbarkeitspotenzial in den IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen



Quelle: Eigene Berechnungen, Berufenet (2013).

Zweitens unterliegen – abgesehen von den Experten – gerade die IT- und naturwissenschaftlichen Berufe einem hohen Substituierbarkeitspotenzial, weil viele Tätigkeiten zu Routinetätigkeiten gemacht werden. So schreiben heute bereits viele IT-Fachkräfte Computerprogramme, die Routinen programmieren und sie damit von einfachen Programmieraufgaben entlasten. Vor diesem Hintergrund ist das hohe

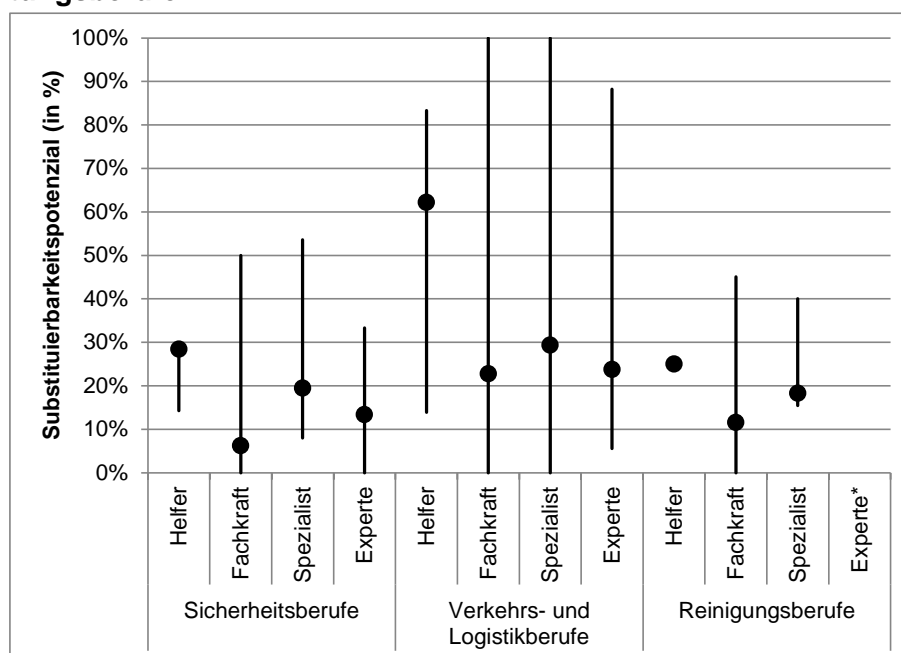
¹¹ Auch bei den Helfern im Berufssegment „IT- und naturwissenschaftliche Dienstleistungsberufe“ liegt nur ein Einzelberuf vor, so dass das Spektrum zwischen dem minimalen und maximalen Substituierbarkeitspotenzial der in den Berufssegmenten zusammengefassten Berufsgattungen (5-Steller der KldB 2010) nicht dargestellt werden kann (keine schwarze Linie).

Substituierbarkeitspotenzial von mehr als 65 Prozent für Fachkräfte in diesem Berufssegment wenig verwunderlich.

4.3.5 Substituierbarkeitspotenziale in den Sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungsberufen

Betrachtet man den Berufssektor „Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungsberufe“ fällt vor allem das hohe Substituierbarkeitspotenzial der Helfer in den „Verkehrs- und Logistikberufen“ auf. Etwas mehr als 60 Prozent der Tätigkeiten von Lager- und Transportarbeitern oder (Post-)Boten können bereits heute von Computern ersetzt werden (vgl. Abbildung 7).

Abbildung 7
Substituierbarkeitspotenzial in den sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungsberufen



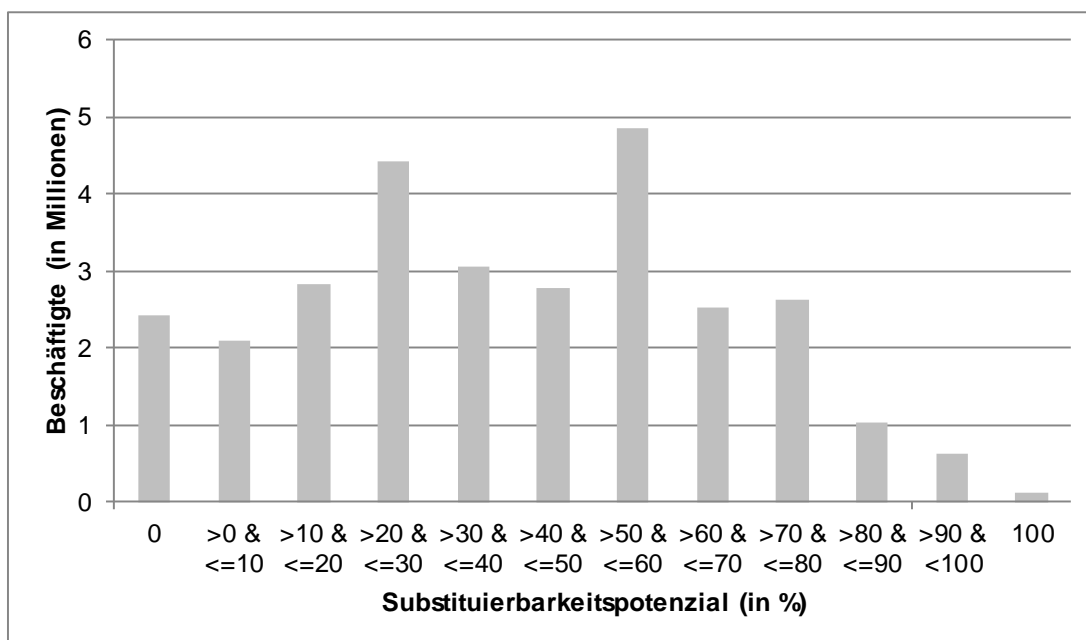
* Es existieren keine Berufe für diese Berufssegment-Anforderungsniveau-Kombination
Quelle: Eigene Berechnungen, Berufenet (2013).

Alle anderen Berufssegment-Anforderungsniveau-Kombinationen haben Substituierbarkeitspotenziale von unter 30 Prozent, so dass man hier derzeit nicht davon ausgehen kann, dass diese Berufe in der nächsten Zeit von Computern ersetzt werden können. Auch wenn bereits heute Wachschutzroboter Alarm bei ungewöhnlichem Geschehen in Tiefgaragen oder auf Parkplätzen geben, ist es kaum vorstellbar, dass zukünftig im Justizvollzug oder bei polizeilichen Ermittlungen auf den Menschen verzichtet werden kann. Auch die Substituierbarkeit der „Reinigungsberufe“ ist eher niedrig, weil z. B. staubsaugende Roboter nach wie vor nicht so gründlich reinigen können wie man es von menschlichen Reinigungskräften erwartet. Weil diese Berufssegmente von schlecht automatisierbaren, meist manuellen Tätigkeiten dominiert werden, sind sie auch nur schlecht durch Computer ersetzbar.

4.4 Substituierbarkeitspotenziale für sozialversicherungspflichtige Beschäftigung

Abschließend betrachten wir, was die beruflichen Substituierbarkeitspotenziale für die sozialversicherungspflichtige Beschäftigung bedeuten. Abbildung 8 zeigt den Umfang der von unterschiedlichen Substituierbarkeitspotenzialen betroffenen, sozialversicherungspflichtig Beschäftigten. Ca. 11,8 Millionen sozialversicherungspflichtig Beschäftigte sind in Berufen (5-Steller-Ebene der KldB 2010) mit einem geringen Substituierbarkeitspotenzial, also in Berufen erwerbstätig, in denen maximal 30 Prozent der Tätigkeiten durch Computer erledigt werden könnten. Darunter sind mehr als 2,4 Millionen sozialversicherungspflichtig Beschäftigte einem Substituierbarkeitspotenzial von 0 Prozent ausgesetzt, d. h. die Tätigkeiten sind derzeit nicht durch Computer ersetzbar. Ein mittleres Substituierbarkeitspotenzial (zwischen 30 Prozent und maximal 70 Prozent der Tätigkeiten sind durch Computer ersetzbar) hingegen weisen ca. 13,2 Millionen sozialversicherungspflichtig Beschäftigte auf. Einem hohen Substituierbarkeitspotenzial (mit einem Anteil von mehr als 70 Prozent der durch Computer ersetzbaren Tätigkeiten im Beruf) sind ca. 4,4 Millionen sozialversicherungspflichtig Beschäftigte ausgesetzt.

Abbildung 8
Betroffenheit der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland vom beruflichen Substituierbarkeitspotenzial



Quelle: Eigene Berechnungen, Berufenet (2013).

Damit sind ca. 15 Prozent aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten mit einem hohen Substituierbarkeitspotenzial konfrontiert. Dieser Anteil entspricht in etwa den Berechnungen von Bonin/Gregory/Zierahn (2015), die auf der Grundlage eines Tätigkeitsansatzes schätzten, dass ca. 12 Prozent der Beschäftigten von einer hohen Automatisierungswahrscheinlichkeit in Deutschland betroffen sind.

5 Zusammenfassung und Fazit

Mit diesem Forschungsbericht legen wir die erste, direkt für Deutschland ermittelte Abschätzung der bereits heute vorhandenen Substituierbarkeitspotenziale der Berufe durch Digitalisierung vor. Oberste Prämisse für diese Abschätzung ist, dass nur Tätigkeiten durch Computer ersetzt werden können, nicht ganze Berufe. Die Substituierbarkeitspotenziale von Berufen können empirisch direkt anhand des Anteils der Routine-Tätigkeiten (d. h. der durch Computer bereits heute ersetzbaren Tätigkeiten) in den Berufen gemessen werden. Da die Substituierbarkeitspotenziale auf Basis von Berufsdaten aus der Expertendatenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit berechnet werden, berücksichtigen wir die Spezifika des deutschen Arbeitsmarktes und Bildungssystems unmittelbar. Wir sind nicht mit Übertragungsfehlern zwischen den unterschiedlichen Berufsklassifikationen konfrontiert und müssen nicht die verschiedenen Berufsstrukturen in den USA und Deutschland bedenken. Auch eine Überschätzung der Substituierbarkeitspotenziale wird eher vermieden, weil nicht Computer- und Technologie-Experten zukünftige Substituierbarkeitspotenziale einschätzen, sondern Experten von der Bundesagentur für Arbeit zur Unterstützung der Berufsorientierung und Arbeitsvermittlung beauftragt werden, die Anforderungen, die für die Ausübung eines bestimmten Berufes in Deutschland typischerweise gefordert werden, zu beurteilen. Wir betrachten die Substituierbarkeitspotenziale der Berufe und nicht der Arbeitsplätze. Dass Arbeitsplätze im gleichen Beruf auch in Deutschland teilweise unterschiedliche Anforderungsprofile aufweisen (Autor/Handel 2013), können wir hierbei nicht berücksichtigen. Allerdings sind wir in der Lage, die Substituierbarkeitspotenziale auf sehr detaillierter Ebene, für jeden Einzelberuf, zu berechnen.

Die Ergebnisse des Forschungsberichtes belegen, dass die Befürchtungen eines massiven Arbeitsplatzabbaus im Zuge einer weiterführenden Digitalisierung derzeit eher unbegründet sind. Etwa 15 Prozent der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten sind in Deutschland mit einem sehr hohen Substituierbarkeitspotenzial konfrontiert. Im Gegensatz zu anderen Studien stellen wir fest, dass nicht nur Helferberufe, sondern auch Fachkraftberufe einem hohen Substituierbarkeitspotenzial durch computergesteuerte Maschinen unterliegen. Erst Spezialisten- und Expertenberufe sind mit einem niedrigeren Substituierbarkeitspotenzial verbunden.

Vor diesem Hintergrund wird eine der größten Herausforderungen sein, das Wissen und Können auf dem aktuellen technologischen Stand zu halten. Deswegen kommt gerade der (Weiter-)Bildung zukünftig eine ganz besondere Bedeutung zu – nicht nur für Geringqualifizierte, sondern auch für Fachkräfte. Aber bereits in der Schule müssen die Voraussetzungen dafür geschaffen werden, dass Computer nicht nur verwendet, sondern bewusst und kontrolliert für das Lernen oder für die Selbstorganisation eingesetzt werden. Ausbildungen müssen so gestaltet werden, dass alle Auszubildenden mit den neuesten technologischen Innovationen in ihrem Beruf vertraut gemacht werden. Wenn das duale Ausbildungssystem auch zukünftig seine Bedeutung auf dem deutschen Arbeitsmarkt behaupten will, müssen Ausbildungs-

ordnungen schneller dem jeweils aktuell technologischen Stand angepasst werden können. Auch Fachkräfte müssen verstärkt dabei unterstützt werden, sich fit für die neuen Anforderungen der digitalen Arbeitswelt zu machen.

Die Substituierbarkeitspotenziale in den verschiedenen Anforderungsniveaus (von Helfer-, Fachkraft-, Spezialisten- und Expertenberufen) in den verschiedenen beruflichen Teilarbeitsmärkten sind sehr unterschiedlich. Es muss sehr genau nach Berufen und Anforderungsniveaus getrennt werden, um valide Aussagen zu den Potenzialen machen zu können, mit denen die Berufe durch die Digitalisierung konfrontiert sind. In manchen beruflichen Teilssegmenten haben Geringqualifizierte sogar niedrigere Substituierbarkeitspotenziale, weil sie häufiger als Fachkräfte schwer automatisierbare, einfache Tätigkeiten ausüben. Dennoch könnten gerade Geringqualifizierte stärker von der Digitalisierung betroffen sein, denn Verdrängungseffekte durch Fachkräfte in einem bestimmten beruflichen Teilssegment sind nicht auszuschließen.

In diesem Forschungsbericht bestimmen wir Substituierbarkeitspotenziale, d. h. wir können für jeden Beruf die Tätigkeitsanteile berechnen, die heute bereits potenziell durch Computer ersetzt werden könnten. Ob diese Tätigkeiten dann tatsächlich von Computern ersetzt werden, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Vor allem makroökonomische Anpassungsprozesse dürfen bei der Abschätzung der Arbeitsmarktwirkungen technologischen Fortschritts nicht unberücksichtigt bleiben: Die Investitionen in digitale Technologien müssen sich aus betriebswirtschaftlicher Sicht lohnen. Selbst wenn die Preise für Computer weiterhin sinken, ist es möglich, dass die Löhne für Routine-Tätigkeiten soweit sinken, dass sich Investitionen in die Computer nur schlecht amortisieren.

Allerdings ist es auch eine ethische und rechtliche Frage, ob – selbst wenn es technisch möglich ist, eine Tätigkeit vollständig durch Computer (oder autonome Roboter) zu ersetzen – auch ein Konsens darüber hergestellt werden kann, dass diese Roboter diese Tätigkeiten auch übernehmen dürfen. Würden wir zulassen, dass – angesichts des Fachkräftemangels in der Altenpflege – autonome Roboter die Pflege älterer Menschen übernehmen, auch wenn das auf Kosten einer permanenten Überwachung und damit einer gewissen Verletzung der Privatsphäre der Pflegebedürftigen einhergeht? Computergestützte Lernprogramme haben die Kinderzimmer bereits erobert. Aber was würden wir dazu sagen, wenn wir unsere Kinder morgens nicht in die Hände einer kompetenten Erzieherin, sondern in die Arme eines Roboters geben müssten? Es ist wenig hilfreich, die Angst vor digitalen Technologien zu schüren. Aber es muss eine Diskussion angestoßen werden, in der die sich durch die digitalen Technologien neu ergebenden Gestaltungsspielräume ausgelotet und Grenzen definiert werden müssen.

Die Digitalisierung kann sogar – statt zu einem Beschäftigungsabbau – zu einem Beschäftigungswachstum führen. Die computergesteuerten Maschinen müssen entwickelt und gebaut werden. Es werden Fachkräfte gebraucht, um die Maschinen zu steuern, zu kontrollieren und zu warten. Fachkräfte, die mit der neuen Technik

umgehen können, müssen geschult werden. Im Zuge der Digitalisierung können aber auch Produkt-, Prozess- und Dienstleistungsinnovationen sowie Produktivitätswachstum zu Preissenkungen führen (Möller 2015). Damit könnte der Gesamtbeschäftigungseffekt in der Summe durchaus positiv ausfallen.

Fest steht aber, dass es derzeit nur wenige Berufe gibt, die vollständig von Computern ersetzt werden könnten. Die meisten Berufe haben Tätigkeitsbestandteile, die (noch) nicht von Maschinen erledigt werden können. Wie wahrscheinlich es ist, dass diese Tätigkeiten vielleicht in Zukunft durch Maschinen erledigt werden können, ist eine Frage, die wir mit dem vorliegenden Forschungsbericht jedoch nicht beantworten können. Weitere Forschung ist notwendig, um abschätzen zu können, welche Tätigkeiten in welchem Zeithorizont voraussichtlich durch Computer erledigt werden können.

Historisch betrachtet lässt sich zeigen, dass auch in den vergangenen Jahrhunderten Berufe seltener verschwunden sind, sondern sich an die neuen Gegebenheiten angepasst haben. So waren die Fertigkeiten und Kenntnisse des Stellmachers (oder Wagners), der ursprünglich Wagenräder und Kutschen aus Holz fertigte, mit dem Aufkommen der Eisenbahn als Waggonbauer oder später als Karosseriebauer in der Automobilindustrie äußerst begehrt. Vor diesem Hintergrund gehen wir auch davon aus, dass Berufe nur in den seltensten Fällen gänzlich verschwinden werden. Berufe werden sich vor allem verändern. Wir können mit den vorliegenden Analysen zwar nicht abschätzen, wie sich die Berufe verändern werden; wir können aber sagen, dass sich die Berufe darin unterscheiden, wie stark sie sich durch die Einführung digitaler Technologien in den nächsten Jahren verändern werden. Ob – wenn die leicht automatisierbaren Tätigkeiten durch computergesteuerte Maschinen erledigt werden können – die Arbeit der (von diesen Aufgaben entbundenen) Beschäftigten interessanter und anspruchsvoller oder doch eintöniger und primitiver wird, ist eine Frage der Ausgestaltung. Die neuen digitalen Technologien stecken lediglich den Rahmen fest, in dem sich auch neue Freiräume für den Zuschnitt von Arbeitsplätzen und Berufen bieten.

Dieser Forschungsbericht hat etwas Licht in das Dunkel der Debatte über die derzeit bereits von der Digitalisierung betroffenen Berufe gebracht. Allerdings ist weitere Forschung notwendig, vor allem um Aussagen über die zukünftige Beschäftigungsentwicklung treffen und geeignete Politikmaßnahmen zur Unterstützung der Anpassung an die technologischen Veränderungen entwickeln zu können. Besonderes Augenmerk sollte dabei darauf gelegt werden, dass sich Tätigkeitsstrukturen auch innerhalb von Berufen anpassen und, dass Unternehmen über Kapital- vs. Arbeitskräfteeinsatz entscheiden.

Literatur

Acemoglu, Daron; Autor, David (2011): Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. In: David, Card; Orley, Ashenfelter (Eds.) (2011): Handbook of Labor Economics: Elsevier, p. 1043–1171.

Antonczyk, Dirk; Fitzenberger, Bernd; Leuschner, Ute (2009): Can a Task-Based Approach Explain the Recent Changes in the German Wage Structure? In: Journal of Economics and Statistics, 229(2+3), p. 214–238.

Autor, David H. (2013): The “task approach” to labor markets: an overview. In: Journal for Labour Market Research, 46(3), p. 185–199.

Autor, David H.; Handel, Michael J. (2013): Putting Tasks to the Test: Human Capital, Job Tasks, and Wages. In: Journal of Labor Economics, 31(2), p. S59–S96.

Autor, David H.; Katz, Lawrence F.; Kearney, Melissa S. (2008): Trends in U.S. Wage Inequality: Revising the Revisionists. In: Review of Economics and Statistics, 90(2), p. 300–323.

Autor, David H.; Levy, Frank; Murnane, Richard J. (2003): The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. In: The Quarterly Journal of Economics, 118(4), p. 1279–1333.

Bonin, Holger; Gregory, Terry; Zierahn, Ulrich (2015): Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland, Mannheim.

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

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

Büchtemann, Christoph F; Schupp, Jürgen; Soloff, Dana J (1993): Übergänge von der Schule in den Beruf-Deutschland und USA im Vergleich. In: Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, 26(4), p. 507–519.

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2015): Grünbuch. Arbeiten 4.0, Bonn.

Dengler, Katharina; Matthes, Britta; Paulus, Wiebke (2014): Berufliche Tasks auf dem deutschen Arbeitsmarkt. Eine alternative Messung auf Basis einer Expertendatenbank. FDZ Methodenreport Nr. 12/2014 (DE). Nürnberg.

Dustmann, Christian; Ludsteck, Johannes; Schönberg, Uta (2009): Revisiting the German Wage Structure. In: The Quarterly Journal of Economics, 124(2), p. 843–881.

Frey, Carl Benedikt; Osborne, Michael A. (2013): The future of employment. How susceptible are jobs to computerisation? Oxford.

Goos, Maarten; Manning, Alan (2007): Lousy and Lovely Jobs: The Rising Polarization of Work in Britain. In: The Review of Economics and Statistics, 89(1), p. 118–133.

Goos, Maarten; Manning, Alan; Salomons, Anna (2010): Explaining Job Polarization in Europe: The Roles of Technology, Globalization and Institutions, London: London School of Economics.

Lemieux, Thomas (2006): Increasing Residual Wage Inequality: Composition Effects, Noisy Data, or Rising Demand for Skill? In: The American Economic Review, 96(3), p. 461–498.

Matthes, Britta; Meinken, Holger; Neuhauser, Petra (2015): Berufssektoren und Berufssegmente auf Grundlage der KldB 2010. Methodenbericht der Statistik der BA. Nürnberg.

Möller, Joachim (2015): Verheißung oder Bedrohung? Die Arbeitsmarktwirkungen einer vierten industriellen Revolution. IAB-Discussion Paper 18/2015. Nürnberg.

Paulus, Wiebke; Schweitzer, Ruth; Wiemer, Silke (2011): Die Klassifikation der Berufe 2010. Potenziale der neuen Struktur. In: *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis*, 40(2), p. 4–5.

Sloane, Peter FE (2008): Zu den Grundlagen eines Deutschen Qualifikationsrahmens (DQR): Konzeptionen, Kategorien, Konstruktionsprinzipien: W. Bertelsmann Verlag.

Spitz-Oener, Alexandra (2006): Technical Change, Job Tasks, and Rising Educational Demands: Looking outside the Wage Structure. In: *Journal of Labor Economics*, 24(2), p. 235–270.

Tiemann, Michael; Schade, Hans-Joachim; Helmrich, Robert; Hall, Anja; Braun, Uta; Bott, Peter (2008): Berufsfeld-Definitionen des BIBB. Bericht des Bundesinstitut für Berufsbildung Bonn.

Anhang

Anhang 1

Substituierbarkeitspotenziale nach Berufshauptgruppen-Anforderungsniveau-Kombinationen (in %, gewichtet)

Berufshauptgruppe	Bezeichnung Berufshauptgruppe	Anforderungsniveau	Bezeichnung Anforderungsniveau	Substituierbarkeitspotenzial (in %)	Einzelberufe mit höchstem Substituierbarkeitspotenzial pro Berufshauptgruppen-Anforderungsniveau-Kombination
11	Land-, Tier-, Forstwirtschaftsberufe	1	Helfer	43,3	Helfer/in - Landwirtschaft
11	Land-, Tier-, Forstwirtschaftsberufe	2	Fachkraft	34,0	Melker/in
11	Land-, Tier-, Forstwirtschaftsberufe	3	Spezialist	27,6	Fachagrarwirt/in - Erneuerbare Energien/Biomasse
11	Land-, Tier-, Forstwirtschaftsberufe	4	Experte	22,8	Ingenieur/in - Fischereitechnik
12	Gartenbauberufe, Floristik	1	Helfer	42,5	Helfer/in - Gartenbau
12	Gartenbauberufe, Floristik	2	Fachkraft	36,1	Greenkeeper-Assistent/in
12	Gartenbauberufe, Floristik	3	Spezialist	32,3	Fachagrarwirt/in - Sport- und Golfplatzpflege
12	Gartenbauberufe, Floristik	4	Experte	16,7	Gartenbauverwalter/in
21	Rohstoffgewinn, Glas-, Keramikverarbeitung	1	Helfer	73,6	Helfer/in - Keramik
21	Rohstoffgewinn, Glas-, Keramikverarbeitung	2	Fachkraft	80,2	Verfahrensmechaniker/in - Steine-/Erdenind.
21	Rohstoffgewinn, Glas-, Keramikverarbeitung	3	Spezialist	66,3	Industriemeister/in - Kalk/Zement
21	Rohstoffgewinn, Glas-, Keramikverarbeitung	4	Experte	19,2	Sprengingenieur/in (Bergbau)
22	Kunststoff- u. Holzherst.,-verarbeitung	1	Helfer	73,0	Helfer/in - Kunststoff, Kautschuk
22	Kunststoff- u. Holzherst.,-verarbeitung	2	Fachkraft	73,2	Flechtwerkgestalter/in - Flechtobjekte
22	Kunststoff- u. Holzherst.,-verarbeitung	3	Spezialist	58,8	Mechanikermeister/in - Reifen- und Vulkanisationstechnik
22	Kunststoff- u. Holzherst.,-verarbeitung	4	Experte	52,5	Ingenieur/in - Kunststofftechnik
23	Papier-, Druckberufe, tech. Mediengestalt.	1	Helfer	82,5	Helfer/in - Druck
23	Papier-, Druckberufe, tech. Mediengestalt.	2	Fachkraft	75,2	Medientechnologe/-technologin Druckverarbeitung
23	Papier-, Druckberufe, tech. Mediengestalt.	3	Spezialist	33,0	Techniker/in - Druck- und Medientechnik
23	Papier-, Druckberufe, tech. Mediengestalt.	4	Experte	26,7	Ingenieur/in - Druck- und Medientechnik
24	Metallerzeugung,-bearbeitung, Metallbau	1	Helfer	77,4	Helfer/in - Feinmechanik, Werkzeugbau
24	Metallerzeugung,-bearbeitung, Metallbau	2	Fachkraft	77,4	Gießereimechaniker/in - Druck- und Kokillenguss
24	Metallerzeugung,-bearbeitung, Metallbau	3	Spezialist	60,8	Fachkraft - Metallbearbeitung durch Laserstrahl
24	Metallerzeugung,-bearbeitung, Metallbau	4	Experte	38,2	Ingenieur/in - Korrosionsschutztechnik
25	Maschinen-, Fahrzeugtechnikberufe	1	Helfer	72,7	Helfer/in - Maschinenbau, Betriebstechnik
25	Maschinen-, Fahrzeugtechnikberufe	2	Fachkraft	67,7	Fluggerätmechaniker/in
25	Maschinen-, Fahrzeugtechnikberufe	3	Spezialist	56,2	Techniker/in - Luftfahrttechnik
25	Maschinen-, Fahrzeugtechnikberufe	4	Experte	34,2	Serviceingenieur/in

Anhang 1 (fortgeführt)

Substituierbarkeitspotenziale nach Berufshauptgruppen-Anforderungsniveau-Kombinationen (in %, gewichtet)

Berufshauptgruppe	Bezeichnung Berufshauptgruppe	Anforderungsniveau	Bezeichnung Anforderungsniveau	Substituierbarkeitspotenzial (in %)	Einzelberufe mit höchstem Substituierbarkeitspotenzial pro Berufshauptgruppen-Anforderungsniveau-Kombination
26	Mechatronik-,Energie-,Elektroberufe	1	Helfer	57,9	Helfer/in - Elektro
26	Mechatronik-,Energie-,Elektroberufe	2	Fachkraft	81,4	IT-System-Elektroniker/in (Festnetze)
26	Mechatronik-,Energie-,Elektroberufe	3	Spezialist	71,9	Kraftwerker/in
26	Mechatronik-,Energie-,Elektroberufe	4	Experte	60,6	Ingenieur/in - Fernsehtechnik
27	Techn.Entwickl.,Konstr.,Produktionssteuer.	1	Helfer	a	
27	Techn.Entwickl.,Konstr.,Produktionssteuer.	2	Fachkraft	66,8	Robotereinsteller/in
27	Techn.Entwickl.,Konstr.,Produktionssteuer.	3	Spezialist	51,6	Teilkonstrukteur/in
27	Techn.Entwickl.,Konstr.,Produktionssteuer.	4	Experte	39,4	Produktionsingenieur/in
28	Textil-,Lederberufe	1	Helfer	75,9	Helfer/in - Pelz, Leder, Schuhe
28	Textil-,Lederberufe	2	Fachkraft	75,1	Spuler/in
28	Textil-,Lederberufe	3	Spezialist	53,6	Techniker/in - Textiltechnik (Maschentechnik)
28	Textil-,Lederberufe	4	Experte	43,9	Zuschnittleiter/in (Schneiderei)
29	Lebensmittelherstellung,-verarbeitung	1	Helfer	32,2	Helfer/in - Lebensmittelherstellung
29	Lebensmittelherstellung,-verarbeitung	2	Fachkraft	48,8	Teigmacher/in
29	Lebensmittelherstellung,-verarbeitung	3	Spezialist	48,9	Süßwarentechniker/in
29	Lebensmittelherstellung,-verarbeitung	4	Experte	40,3	Backstubenleiter/in
31	Bauplanung,Architektur,Vermessungsberufe	1	Helfer	a	
31	Bauplanung,Architektur,Vermessungsberufe	2	Fachkraft	52,4	Beamt(er/in) - Vermessungswesen (mittl. techn. Dienst)
31	Bauplanung,Architektur,Vermessungsberufe	3	Spezialist	44,1	Bauabrechner/in
31	Bauplanung,Architektur,Vermessungsberufe	4	Experte	21,0	Beamt(er/in) - Vermessungswesen (höh. techn. Dienst)
32	Hoch-,Tiefbauberufe	1	Helfer	10,0	Helfer/in - Hochbau
32	Hoch-,Tiefbauberufe	2	Fachkraft	4,2	Betonsanierer/in
32	Hoch-,Tiefbauberufe	3	Spezialist	24,7	Brunnenbautechniker/in
32	Hoch-,Tiefbauberufe	4	Experte	9,2	Tiefbauingenieur/in
33	(Innen-)Ausbauberufe	1	Helfer	19,0	Helfer/in - Malerei, Lackiererei
33	(Innen-)Ausbauberufe	2	Fachkraft	28,6	Fahrzeugglaser/in
33	(Innen-)Ausbauberufe	3	Spezialist	26,7	Holzschutzsachverständige/r
33	(Innen-)Ausbauberufe	4	Experte	a	
34	Gebäude-,versorgungstechnische Berufe	1	Helfer	44,4	Helfer/in - Klempnerei, Installation
34	Gebäude-,versorgungstechnische Berufe	2	Fachkraft	58,1	Ver- und Entsorger/in - Wasserversorgung
34	Gebäude-,versorgungstechnische Berufe	3	Spezialist	59,5	Fachkraft - Gebäudetechnik
34	Gebäude-,versorgungstechnische Berufe	4	Experte	54,8	Ingenieur/in - Versorgungstechnik

Anhang 1 (fortgeführt)

Substituierbarkeitspotenziale nach Berufshauptgruppen-Anforderungsniveau-Kombinationen (in %, gewichtet)

Berufshauptgruppe	Bezeichnung Berufshauptgruppe	Anforderungsniveau	Bezeichnung Anforderungsniveau	Substituierbarkeitspotenzial (in %)	Einzelberufe mit höchstem Substituierbarkeitspotenzial pro Berufshauptgruppen-Anforderungsniveau-Kombination
41	Mathematik-,Biologie-,Chemie-,Physikberufe	1	Helfer	83,3	Helfer/in - Chemie- und Pharmatechnik
41	Mathematik-,Biologie-,Chemie-,Physikberufe	2	Fachkraft	85,6	Chemielaborjungwerker/in
41	Mathematik-,Biologie-,Chemie-,Physikberufe	3	Spezialist	60,9	Steuer(er/in) - Erdöl- und Erdgasraffinationsanlagen
41	Mathematik-,Biologie-,Chemie-,Physikberufe	4	Experte	22,3	Meeresbiologe/-biologin
42	Geologie-,Geografie-,Umweltschutzberufe	1	Helfer	a	
42	Geologie-,Geografie-,Umweltschutzberufe	2	Fachkraft	35,0	Kfm. Ass./Wirtschaftsassistent/in - Umweltschutz
42	Geologie-,Geografie-,Umweltschutzberufe	3	Spezialist	26,9	Techniker/in - Umweltschutz. (Erneuerb.Energ., Energieber.)
42	Geologie-,Geografie-,Umweltschutzberufe	4	Experte	20,7	Geowissenschaftler/in
43	Informatik- und andere IKT-Berufe	1	Helfer	a	
43	Informatik- und andere IKT-Berufe	2	Fachkraft	27,5	SPS-Fachkraft
43	Informatik- und andere IKT-Berufe	3	Spezialist	36,9	Sicherheitstechniker/in (IT)
43	Informatik- und andere IKT-Berufe	4	Experte	15,7	Fraud-Analyst/in
51	Verkehr,Logistik (außer Fahrzeugführ.)	1	Helfer	60,8	Abfüller/in
51	Verkehr,Logistik (außer Fahrzeugführ.)	2	Fachkraft	31,8	Funker/in
51	Verkehr,Logistik (außer Fahrzeugführ.)	3	Spezialist	25,7	Zweite/r Technische/r Schiffsoffizier/in (Fachschule)
51	Verkehr,Logistik (außer Fahrzeugführ.)	4	Experte	22,3	Ingenieur/in - Schiffsbetriebstechnik
52	Führer von Fahrzeug-,Transportgeräten	1	Helfer	83,3	Transportgeräteführer/in
52	Führer von Fahrzeug-,Transportgeräten	2	Fachkraft	15,5	Landmaschinenführer/in
52	Führer von Fahrzeug-,Transportgeräten	3	Spezialist	45,1	Freiballonführer/in
52	Führer von Fahrzeug-,Transportgeräten	4	Experte	40,6	Checkkapitän/in
53	Schutz-,Sicherheits-,Überwachungsberufe	1	Helfer	28,4	Spielhallenaufsicht
53	Schutz-,Sicherheits-,Überwachungsberufe	2	Fachkraft	6,2	Fachangestellte/r für Bäderbetriebe
53	Schutz-,Sicherheits-,Überwachungsberufe	3	Spezialist	19,5	Servicetechniker/in - Sicherheits-/Alarmanlagen
53	Schutz-,Sicherheits-,Überwachungsberufe	4	Experte	13,4	Betriebsleiter/in - Justiz-, Strafvollzugsdienst
54	Reinigungsberufe	1	Helfer	25,0	Helfer/in - Reinigung
54	Reinigungsberufe	2	Fachkraft	11,6	Bügler/in
54	Reinigungsberufe	3	Spezialist	18,3	Techniker/in - Reinigungs- und Hygienetechnik
54	Reinigungsberufe	4	Experte	a	
61	Einkaufs-,Vertriebs-,Handelsberufe	1	Helfer	a	
61	Einkaufs-,Vertriebs-,Handelsberufe	2	Fachkraft	42,6	Automatenbefüller/in
61	Einkaufs-,Vertriebs-,Handelsberufe	3	Spezialist	15,8	Facility-Manager/in
61	Einkaufs-,Vertriebs-,Handelsberufe	4	Experte	26,5	Application-Engineer/-Manager/in

Anhang 1 (fortgeführt)

Substituierbarkeitspotenziale nach Berufshauptgruppen-Anforderungsniveau-Kombinationen (in %, gewichtet)

Berufshauptgruppe	Bezeichnung Berufshauptgruppe	Anforderungsniveau	Bezeichnung Anforderungsniveau	Substituierbarkeitspotenzial (in %)	Einzelberufe mit höchstem Substituierbarkeitspotenzial pro Berufshauptgruppen-Anforderungsniveau-Kombination
62	Verkaufsberufe	1	Helfer	47,7	Helfer/in - Verkauf
62	Verkaufsberufe	2	Fachkraft	40,4	Kassierer/in (Handel)
62	Verkaufsberufe	3	Spezialist	20,0	Kassenaufsicht (Handel)
62	Verkaufsberufe	4	Experte	22,2	Leiter/in - Verkauf (Handel)
63	Tourismus-,Hotel-,Gaststättenberufe	1	Helfer	17,5	Helfer/in - Veranstaltungsservice
63	Tourismus-,Hotel-,Gaststättenberufe	2	Fachkraft	19,1	Hotelsekretär/in
63	Tourismus-,Hotel-,Gaststättenberufe	3	Spezialist	27,0	Betriebswirt/in (Fachschule) - Catering/Systemverpflegung
63	Tourismus-,Hotel-,Gaststättenberufe	4	Experte	24,5	Kantinenleiter/in
71	Berufe Unternehmensführung,-organisation	1	Helfer	59,6	Datenerfasser/in
71	Berufe Unternehmensführung,-organisation	2	Fachkraft	58,5	Projektassistent/in
71	Berufe Unternehmensführung,-organisation	3	Spezialist	26,9	Parlamentsstenograf/in
71	Berufe Unternehmensführung,-organisation	4	Experte	19,6	Energiemanager/in
72	Finanzdienstl.Rechnungsw.,Steuerberatung	2	Fachkraft	53,9	Fachgehilf(e/in) - steuer- und wirtschaftsberatende Berufe
72	Finanzdienstl.Rechnungsw.,Steuerberatung	3	Spezialist	59,3	Kontokorrentbuchhalter/in
72	Finanzdienstl.Rechnungsw.,Steuerberatung	4	Experte	38,6	Rechnungsprüfer/in
73	Berufe in Recht und Verwaltung	2	Fachkraft	37,9	Registrator/in
73	Berufe in Recht und Verwaltung	3	Spezialist	22,9	Zahnmedizinische/r Verwaltungsassistent/in
73	Berufe in Recht und Verwaltung	4	Experte	19,3	Registralurleiter/in
81	Medizinische Gesundheitsberufe	1	Helfer	19,8	Krankenpflegehelfer/in - Behindertenpflege
81	Medizinische Gesundheitsberufe	2	Fachkraft	36,5	EEG-Assistent/in
81	Medizinische Gesundheitsberufe	3	Spezialist	10,0	Funkstellenleiter/in (Rettungsleitstelle)
81	Medizinische Gesundheitsberufe	4	Experte	7,2	Regulatory-Affairs-Manager/in
82	Nichtmed.Gesundheit,Körperpfl.,Medizint.	1	Helfer	11,1	Helfer/in - Friseurgewerbe
82	Nichtmed.Gesundheit,Körperpfl.,Medizint.	2	Fachkraft	6,4	Hörgeräteakustiker/in
82	Nichtmed.Gesundheit,Körperpfl.,Medizint.	3	Spezialist	23,0	Techniker/in - Medizintechnik
82	Nichtmed.Gesundheit,Körperpfl.,Medizint.	4	Experte	20,7	Ingenieur/in - Orthopädie- und Rehatechnik
83	Erziehung,soz.,hauswirt.Berufe,Theologie	1	Helfer	14,7	Helfer/in - Hauswirtschaft
83	Erziehung,soz.,hauswirt.Berufe,Theologie	2	Fachkraft	7,4	Küster/in
83	Erziehung,soz.,hauswirt.Berufe,Theologie	3	Spezialist	15,2	Fachkraft - landwirtschaftlicher Haushalt
83	Erziehung,soz.,hauswirt.Berufe,Theologie	4	Experte	5,2	Leiter/in - Werkstätten für behinderte Menschen

Anhang 1 (fortgeführt)

Substituierbarkeitspotenziale nach Berufshauptgruppen-Anforderungsniveau-Kombinationen (in %, gewichtet)

Berufshauptgruppe	Bezeichnung Berufshauptgruppe	Anforderungsniveau	Bezeichnung Anforderungsniveau	Substituierbarkeitspotenzial (in %)	Einzelberufe mit höchstem Substituierbarkeitspotenzial pro Berufshauptgruppen-Anforderungsniveau-Kombination
84	Lehrende und ausbildende Berufe	1	Helfer	a	
84	Lehrende und ausbildende Berufe	2	Fachkraft	0,0	Musiklehrer/in (schulische Ausbildung)
84	Lehrende und ausbildende Berufe	3	Spezialist	0,2	Fluglehrer/in
84	Lehrende und ausbildende Berufe	4	Experte	1,0	Fachlehrer/in - Informationsverarb./Textverarb./Bürotechnik
91	Geistes-,Gesellschafts-,Wirtschaftswissen.	1	Helfer	11,1	Testkäufer/in
91	Geistes-,Gesellschafts-,Wirtschaftswissen.	2	Fachkraft	14,3	Fachangestellte/r für Markt- und Sozialforschung
91	Geistes-,Gesellschafts-,Wirtschaftswissen.	3	Spezialist	2,8	Techniker/in - Grabungstechnik
91	Geistes-,Gesellschafts-,Wirtschaftswissen.	4	Experte	2,9	Skandinavist/in
92	Werbung,Marketing,kaufm.,red.Medienberufe	1	Helfer	a	
92	Werbung,Marketing,kaufm.,red.Medienberufe	2	Fachkraft	24,9	Kfm. Ass./Wirtschaftsassistent/in - Medien
92	Werbung,Marketing,kaufm.,red.Medienberufe	3	Spezialist	7,8	Fachwirt/in - Medien (Digital)
92	Werbung,Marketing,kaufm.,red.Medienberufe	4	Experte	4,4	Literaturagent/in
93	Produktdesign,Kunsthandwerk	1	Helfer	a	
93	Produktdesign,Kunsthandwerk	2	Fachkraft	34,2	Vergolder/in
93	Produktdesign,Kunsthandwerk	3	Spezialist	18,7	Drechsler-(Elfenbeinschni.) u. Holzspielzeugmachermeister/in
93	Produktdesign,Kunsthandwerk	4	Experte	12,9	Musikinstrumentenbauer/in (Hochschule)
94	Darstellende,unterhaltende Berufe	1	Helfer	a	
94	Darstellende,unterhaltende Berufe	2	Fachkraft	45,5	Pyrotechniker/in
94	Darstellende,unterhaltende Berufe	3	Spezialist	39,4	Fundusverwalter/in
94	Darstellende,unterhaltende Berufe	4	Experte	6,3	Registrar/in (Museum)

a: Es existieren keine Einzelberufe für diese Berufshauptgruppen-Anforderungsniveau-Kombination.

Markierung rot: hohes Substituierbarkeitspotenzial (>70 % bis <=100 %)
orange: mittleres Substituierbarkeitspotenzial (>30 % bis <=70 %)
grün: geringes Substituierbarkeitspotenzial (>=0 % bis <=30 %).

Quelle: Eigene Berechnungen, Berufenet (2013).

Anhang 2

Substituierbarkeitspotenziale nach BIBB-Berufsfelder (in %, gewichtet)

Berufsfeld Nr.	Bezeichnung Berufsfeld	Substituierbarkeitspotenzial (in %)
1	Land-, Tier-, Forstwirtschaft, Gartenbauberufe	39,2
2	Bergleute, Mineralgewinner	83,9
3	Steinbearbeitung, Baustoffherstellung, Keramik-, Glasberufe	82,1
4	Chemie-, Kunststoffberufe	89,8
5	Papierherstellung, -verarbeitung, Druck	79,9
6	Metallerzeugung, -bearbeitung	82,5
7	Metall-, Anlagenbau, Blechkonstruktion, Installation, Montierer/innen	67,2
8	Industrie-, Werkzeugmechaniker/innen	74,3
9	Fahr-, Flugzeugbau, Wartungsberufe	67,4
10	Feinwerktechnische, verwandte Berufe	54,3
11	Elektroberufe	75,6
12	Spinnberufe, Textilhersteller/innen, Textilveredler/innen	74,2
13	Textilverarbeitung, Lederherstellung	74,0
14	Back- Konditor-, Süßwarenherstellung	75,3
15	Fleischer/innen	39,7
16	Köch(e/innen)	24,4
17	Getränke, Genussmittelherstellung, übrige Ernährungsberufe	79,1
18	Bauberufe, Holz-, Kunststoffbe- und -verarbeitung	24,1
19	Warenprüfer/innen, Versandfertigmacher/innen	78,9
20	Hilfsarbeiter/innen o.n.T.	68,2
21	Ingenieur(e/innen)	36,1
22	Chemiker/innen, Physiker/innen, Naturwissenschaftler/innen	17,0
23	Techniker/innen	55,1
24	Technische Zeichner/innen, verwandte Berufe	69,2
25	Vermessungswesen	52,7
26	Technische Sonderkräfte	69,9
27	Verkaufsberufe (Einzelhandel)	43,3
28	Groß-, Einzelhandelskaufleute	34,3
29	Bank-, Versicherungsfachleute	39,5
30	Sonstige kaufmännische Berufe (ohne Groß-, Einzelhandel, Kreditgewerbe)	26,9
31	Werbefachleute	19,1
32	Verkehrsberufe	19,5
33	Luft-, Schifffahrtsberufe	46,7
34	Packer/innen, Lager-, Transportarbeiter/innen	43,2
35	Geschäftsführung, Wirtschaftsprüfung, Unternehmensberatung	28,8
36	Verwaltungsberufe im ÖD	16,2
37	Finanz-, Rechnungswesen, Buchhaltung	69,9
38	IT-Kernberufe	40,7
39	Kaufmännische Büroberufe	53,7
40	Bürohilfsberufe, Telefonist(en/innen)	54,7
41	Personenschutz-, Wachberufe	5,9
42	Hausmeister/innen	44,0
43	Sicherheitsberufe	16,1
44	Rechtsberufe	18,4
45	Künstler/innen, Musiker/innen	23,8
46	Designer/innen, Fotograf(en/innen), Reklamehersteller/innen	27,6
47	Gesundheitsberufe mit Approbation	5,7
48	Gesundheitsberufe ohne Approbation	29,9
49	Soziale Berufe	5,3
50	Lehrer/innen	3,1
51	Publizistische, Bibliotheks-, Übersetzungs-, verwandte Wissenschaftsberufe	22,9
52	Berufe in der Körperpflege	2,3
53	Hotel-, Gaststättenberufe, Hauswirtschaft	18,2
54	Reinigungs-, Entsorgungsberufe	23,3

Markierung rot: hohes Substituierbarkeitspotenzial (>70 % bis <=100 %)
orange: mittleres Substituierbarkeitspotenzial (>30 % bis <=70 %)
grün: geringes Substituierbarkeitspotenzial (>=0 % bis <=30 %).

Quelle: Eigene Berechnungen, Berufenet (2013).

In dieser Reihe sind zuletzt erschienen

Nr.	Autor(en)	Titel	Datum
1/2015	Schwengler, B. Eigenhüller, L. Bellmann, L.	Fachkräftebedarf und betriebliche Aus- und Weiterbildung in der Metropolregion Nürnberg: Auswertungen aus dem IAB-Betriebspanel 2013	2/15
2/2015	Hohmeyer, K. Wolff, J.	Selektivität von Ein-Euro-Job-Ankündigungen	3/15
3/2015	Daumann, V. Dietz, M. Knapp, B. Strien, K.	Early Intervention - Modellprojekt zur frühzeitigen Arbeitsmarktintegration von Asylbewerberinnen und Asylbewerbern: Ergebnisse der qualitativen Begleitforschung	4/15
4/2015	Bernhard, S. Grüttner, M.	Der Gründungszuschuss nach der Reform: Eine qualitative Implementationsstudie zur Umsetzung der Reform in den Agenturen	4/15
5/2015	Evers, K. Schleinkofer, M.	Der Gründungszuschuss vor und nach der Reform: Same same, but different: Ein Vergleich der Teilnehmerstrukturen	5/15
6/2015	Fertig, M.	Quantitative Wirkungsanalysen zur Berliner Joboffensive Endbericht zum 5. Mai 2015 vorgelegt von ISG Institut für Sozialforschung und Gesellschaftspolitik GmbH, Köln	8/15
7/2015	Diener, K. Götz, S. Schreyer, F. Stephan, G. Lenhart, J. Nisic, N. Stöhr, J.	Rückkehr ins Berufsleben nach familienbedingter Unterbrechung: Befunde der Evaluation der zweiten Förderperiode des ESF-Programms „Perspektive Wiedereinstieg“ des Bundesministeriums für Familie, Senioren, Frauen und Jugend	9/15
8/2015	Autoren- gemeinschaft	Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft: Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen	10/15
9/2015	Bechmann, S. Dahms, V. Tschersich, N. Frei, M. Schwengler, B. Möller, I.	Wandel der Betriebslandschaft in West- und Ostdeutschland: Ergebnisse aus dem IAB-Betriebspanel 2014	11/15
10/2015	Büschel, U. Daumann, V. Dietz, M. Dony, E. Knapp, B. Strien, K.	Abschlussbericht Modellprojekt Early Intervention – Frühzeitige Arbeitsmarktintegration von Asylbewerbern und Asylbewerberinnen: Ergebnisse der qualitativen Begleitforschung durch das IAB	12/15

Stand: 03.12.2015

Eine vollständige Liste aller erschienenen IAB-Forschungsberichte finden Sie unter

<http://www.iab.de/de/publikationen/forschungsbericht.aspx>

Impressum

IAB-Forschungsbericht 11/2015

14. Dezember 2015

Herausgeber

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

Redaktion

Regina Stoll, Jutta Palm-Nowak

Technische Herstellung

Gertrud Steele

Rechte

Nachdruck - auch auszugsweise -
nur mit Genehmigung des IAB gestattet

Website

<http://www.iab.de>

Bezugsmöglichkeit

<http://doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb1115.pdf>

ISSN 2195-2655

Rückfragen zum Inhalt an:

Katharina Dengler
Telefon 0911.179 2941
E-Mail katharina.dengler@iab.de

Britta Matthes
Telefon 0911.179 3074
E-Mail britta.matthes@iab.de