

Bogai, Dieter; Wiethölter, Doris; Buch, Tanja; Dengler, Katharina

Research Report

Digitalisierung der Arbeit: Abschätzung der Automatisierungspotenziale von Berufen in Berlin und Brandenburg

IAB-Regional. IAB Berlin-Brandenburg, No. 02/2017

Provided in Cooperation with:

Institute for Employment Research (IAB)

Suggested Citation: Bogai, Dieter; Wiethölter, Doris; Buch, Tanja; Dengler, Katharina (2017) : Digitalisierung der Arbeit: Abschätzung der Automatisierungspotenziale von Berufen in Berlin und Brandenburg, IAB-Regional. IAB Berlin-Brandenburg, No. 02/2017, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/178001>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Institut für Arbeitsmarkt-
und Berufsforschung

Die Forschungseinrichtung der
Bundesagentur für Arbeit

IAB

IAB-Regional

Berichte und Analysen aus dem Regionalen Forschungsnetz

2/2017

Digitalisierung der Arbeit

Abschätzung der Automatisierungspotenziale
von Berufen in Berlin und Brandenburg

Dieter Bogai
Doris Wiethölter
Tanja Buch
Katharina Dengler

ISSN 1861-1567

IAB Berlin-Brandenburg
in der Regionaldirektion

Berlin-
Brandenburg

Digitalisierung der Arbeit

Abschätzung der Automatisierungspotenziale von Berufen in Berlin und Brandenburg

Dieter Bogai (IAB Berlin-Brandenburg)

Doris Wiethölter (IAB Berlin-Brandenburg)

Tanja Buch (IAB Nord)

Katharina Dengler (IAB)

IAB-Regional berichtet über die Forschungsergebnisse des Regionalen Forschungsnetzes des IAB. Schwerpunktmäßig werden die regionalen Unterschiede in Wirtschaft und Arbeitsmarkt – unter Beachtung lokaler Besonderheiten – untersucht. IAB-Regional erscheint in loser Folge in Zusammenarbeit mit der jeweiligen Regionaldirektion der Bundesagentur für Arbeit und wendet sich an Wissenschaft und Praxis.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	7
1 Einleitung	9
2 Grundzüge der Digitalisierung	9
3 Technologische Arbeitslosigkeit und Polarisierung der Beschäftigung	11
4 Digitalisierung und Beschäftigung	13
4.1 Im Focus der Debatte: die Studie von Frey/Osborne	13
4.2 Übertragung des Ansatzes auf Deutschland	14
4.3 Untersuchungsansatz von Dengler/Matthes	16
5 Ergebnisse der Untersuchung	17
5.1 Automatisierungspotenziale der Berufe in den Bundesländern	18
5.2 Auswirkungen der Digitalisierung auf die Berufssegmente in Berlin- Brandenburg	20
5.3 Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte nach Risikoklassen	22
5.4 Beschäftigtenanteile der Berufssegmente in Berlin-Brandenburg	23
6 Automatisierungspotenziale der Arbeitsplätze nach betrieblichen Anforderungsniveaus	25
6.1 Anforderungsniveaus in den Berufssegmenten	26
6.2 Durchschnittliche Automatisierungspotenziale nach Anforderungsniveaus	27
6.3 Potenziell stark gefährdete Berufe nach Anforderungsniveau	29
7 Technische Ersetzbarkeitspotenziale von Berufen nach Kreisen in Brandenburg	32
7.1 Wirtschaftliche Disparitäten im Land Brandenburg	33
7.2 Regionale Ersetzbarkeitspotenziale in einzelnen Berufssegmenten	34
7.3 Regionale Ersetzbarkeitspotenziale der Beschäftigten nach Kreisen	34
8 Qualifizierung im Kontext der Digitalisierung	43
9 Fazit und Ausblick	45
Literatur	49
Anhang	53

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Durchschnittliches Automatisierungspotenzial der Beschäftigten nach Berufssegmenten in Berlin, Brandenburg und Deutschland (Anteile in Prozent)	21
Abbildung 2:	Automatisierungspotenzial der Beschäftigten nach Risikoklassen in Berlin und Brandenburg (in Tausend)	23
Abbildung 3:	Beschäftigte nach Berufssegmenten und ihrem Anforderungsniveau in Berlin (Anteile in Prozent)	26
Abbildung 4:	Beschäftigte nach Berufssegmenten und ihrem Anforderungsniveau in Brandenburg (Anteile in Prozent)	27
Abbildung 5:	Automatisierungspotenziale der Beschäftigten nach Risikoklassen und Anforderungsniveau in Berlin und Brandenburg (in Tausend)	31
Abbildung 6:	Beschäftigte in Fertigungs- und Fertigungstechnischen Berufen und hohes Automatisierungspotenzial aller Berufe nach Kreisen Berlin-Brandenburgs (Anteile in Prozent)	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Fünf Task-Typen und ausgewählte Tätigkeiten	17
Tabelle 2:	Beschäftigte in den Berufssegmenten in Berlin, Brandenburg und Deutschland (Anteile an Gesamt in Prozent)	24
Tabelle 3:	Durchschnittliches Automatisierungspotenzial der Beschäftigten nach Anforderungsniveau in den Kreisen Berlin-Brandenburgs und Deutschland (Anteile in Prozent)	28
Tabelle 4:	Automatisierungspotenzial (> 70 Prozent) der Beschäftigten nach Anforderungsniveau in den Kreisen Berlin-Brandenburgs und Deutschland (Anteile in Prozent)	30
Tabelle 5:	Bruttowertschöpfung in jeweiligen Preisen je Erwerbstätigen in den Kreisen Berlin-Brandenburgs und Deutschland (2008 und 2014, in Euro)	33

Kartenverzeichnis

Karte 1:	Beschäftigte mit hohem Automatisierungspotenzial (> 70 Prozent) nach Bundesländern (Anteile in Prozent)	19
Karte 2:	Automatisierungspotenzial (> 70 Prozent) der Beschäftigten in den Kreisen Berlin-Brandenburgs (Anteile in Prozent)	35

Anhangsverzeichnis

Tabelle A 1:	Berufssektoren, Berufssegmente und Berufshauptgruppen in der KIdB 2010	53
Tabelle A 2:	Durchschnittliches Automatisierungspotenzial nach Berufssegmenten in den Kreisen Berlin-Brandenburgs und Deutschland (Anteile in Prozent)	54
Tabelle A 3:	Beschäftigte in den Berufssegmenten in den Kreisen Berlin-Brandenburgs und Deutschland (Anteile an Gesamt in Prozent)	55

Zusammenfassung

In dieser Studie werden die potenziellen Auswirkungen der Automatisierung auf die Berufe in Berlin und Brandenburg untersucht und vor dem Hintergrund der fortschreitenden Digitalisierung diskutiert. Grundlage hierfür sind die Anteile der Tätigkeiten, die innerhalb eines Berufs bereits heute durch den Einsatz von Computern oder computergesteuerten Maschinen ersetzt werden könnten. Zentrales Ergebnis ist, dass gut acht Prozent der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Berlin und rund 12 Prozent der Arbeitnehmer in Brandenburg in Berufen mit einem sehr hohen technischen Ersetzungspotenzial arbeiten. Damit sind die potenziellen Auswirkungen der Automatisierung in den beiden untersuchten Bundesländern deutlich niedriger als in Deutschland insgesamt (ca. 15 Prozent). Dies liegt in Berlin an der spezifischen Wirtschaftsstruktur als Dienstleistungsmetropole, die durch wenig maschinell ersetzbare Dienstleistungsberufe geprägt ist und in der stark automatisierungsgefährdete Produktionsberufe eine eher untergeordnete Rolle spielen. Im Land Brandenburg ist die Industrie zwar bedeutender als in Berlin, die Beschäftigung ist aber durch weniger stark automatisierbare Produktionsberufe charakterisiert. Das Ersetzungspotenzial von Beschäftigten durch die digitale Technik lässt ein dreiteiliges regionales Muster erkennen. In den peripheren Kreisen im Norden und vor allem im Süden übertreffen die Anteile potenziell hoch gefährdeter Berufe den Landesdurchschnitt. In den kreisfreien Städten und in der Hälfte der Umlandkreise Berlins ist das Ersetzungspotenzial der Beschäftigten überwiegend gering. Hohe Potenziale konzentrieren sich auf die Regionen Brandenburgs mit einem überdurchschnittlich bedeutsamen industriellen Sektor. Zwischen den Städten und Landkreisen des Landes variiert die Spanne der Beschäftigungsverhältnisse, die ein hohes technisches Ersetzungspotenzial aufweisen, zwischen 5,6 Prozent in Potsdam/Stadt, dem niedrigsten Wert in Deutschland, und 17,5 Prozent im Landkreis Spree-Neiße.

Die Automatisierungspotenziale der Beschäftigten unterscheiden sich zudem nach dem betrieblichen Anforderungsniveau der Berufe. Helfer und Fachkräfte unterliegen bundesweit erheblich höheren Potenzialen als hochqualifizierte Berufe von Spezialisten und Experten. Bei den Helfertätigkeiten ist in Berlin jedoch das technische Ersetzungspotenzial niedriger als im bundesweiten Durchschnitt, und es liegt sogar unter demjenigen der Fachkräfte und Spezialisten. Grund ist, dass die Helfer in der Hauptstadt selten im Produktionsbereich und häufiger im Dienstleistungsbereich tätig sind. In Brandenburg sind die Unterschiede zwischen den Anforderungsniveaus der Tätigkeiten am geringsten, d. h. ob Helfer, Fachkraft oder Spezialist – das Potenzial der jeweiligen Beschäftigten, durch digitale Technik ersetzt zu werden, unterscheidet sich nicht nennenswert. Experten dagegen sind bundesweit und in den betrachteten Bundesländern kaum gefährdet.

Um den Herausforderungen der fortschreitenden Digitalisierung der Arbeitswelt zu begegnen, werden lebenslanges Lernen sowie betriebsnahe Aus- und Weiterbildungsangebote eine wesentlich größere Rolle spielen als bisher. Es wird dafür plädiert, gleiche Zugangschancen der Erwerbspersonen zur Weiterbildung zu schaffen und informelles und nicht formales Lernen durch transparente Zertifizierungen aufzuwerten. Wenn es gelingt, einen institutionellen Rahmen für eine Weiterbildungsstrategie zu schaffen, die die bisherige Segmentierung in diesem Bereich überwindet, könnten die Anpassungen für die Beschäftigten, die mit den potenziell tiefgreifenden Umbrüchen verbunden sind, erleichtert werden.

Keywords:

Arbeitsmarkt, Berlin, Brandenburg, Digitalisierung, Industrie 4.0

Für wertvolle inhaltliche Hinweise danken wir insbesondere Jörg Heining und Daniel Jahn sowie Jeannette Carstensen für die Unterstützung bei der Erstellung des Berichts.

1 Einleitung

Das Thema Digitalisierung von Arbeitswelt und Gesellschaft wird momentan auf vielen Ebenen diskutiert. Begriffe wie Industrie 4.0, Big Data, Smart Factory und Smart Services, maschinelles Lernen oder das Internet der Dinge deuten auf teilweise fundamentale Änderungen in Produktion, Geschäftsprozessen und vielen Lebensbereichen hin. Fast jede Branche durchläuft derzeit eine digitale Transformation. Dabei sind aus ökonomischer Sicht die außerordentlich hohe Geschwindigkeit des technischen Fortschritts und die extrem schnell sinkenden Preise von Hardware von besonderer Bedeutung.

Die Auswirkungen der Digitalisierung umfassen verschiedene Bereiche des Arbeitsmarktes und sind in ihrer Tragweite zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur schwer abschätzbar. So ermöglicht die Digitalisierung neue Formen der Arbeitsteilung sowohl räumlich als auch in der Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Arbeitskräften. Digitale Plattformen können zudem etablierte Geschäftsmodells vollständig verändern und somit disruptiv für traditionelle Anbieter wirken. Für den Arbeitsmarkt ist einerseits die potenzielle Ersetzbarkeit von menschlichen Tätigkeiten besonders relevant, andererseits entstehen durch die Technologie auch neue Arbeitsplätze.

Zum Einstieg in die Thematik werden die Grundzüge der Digitalisierung dargestellt, die mit den Begriffen „Industrie 4.0“, cyber-physische Systeme und Internet der Dinge beschrieben werden. Technologische Innovationen sind mit Befürchtungen von Arbeitsplatzverlusten verbunden, die zusätzlich mit einer Polarisierung der Beschäftigung verbunden sein könnten. Hierzu werden die Ergebnisse ausgewählter Studien skizziert.

Aufgrund ihrer großen Beachtung wird die Studie von Frey und Osborne (2013) über die zukünftige technische Ersetzbarkeit von Berufen in den USA vorgestellt. Ihre Veröffentlichung hat Untersuchungen angeregt, die den Forschungsansatz auf Deutschland übertragen haben. Dabei ist zwischen einem berufsbezogenen und einem tätigkeitsbezogenen Vorgehen zu unterscheiden. Im Zentrum dieser Untersuchung stehen der IAB-Ansatz zur Bestimmung der technischen Automatisierungspotenziale von Tätigkeiten¹ und die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen für Berufe. Nach der Vorstellung der Methode werden die Ergebnisse für die Bundesländer Berlin und Brandenburg dargestellt. Zudem ermöglichen die Daten eine differenzierte Analyse der potenziellen beruflichen Auswirkungen in den Landkreisen und kreisfreien Städten Brandenburgs. Abschließend wird die zentrale Herausforderung der Aus- und Weiterbildung im digitalen Wandel erörtert.

2 Grundzüge der Digitalisierung

Der zu Beginn dieses Jahrzehnts in der politischen Diskussion auftauchende Begriff Industrie 4.0 wurde von der deutschen Bundesregierung in ihrer Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft gewählt (Forschungsunion/acatech 2013). „Industrie 4.0 meint im Kern die technische Integration von cyber-physischen Systemen (CPS) in die Produktion und die Logistik

¹ Die Begriffe „technische Ersetzungspotenziale“, „Automatisierungspotenziale“ bzw. „Substituierbarkeitspotenziale“ werden in der Studie synonym verwendet = Anteil der Tätigkeiten, die schon heute potenziell von Computern oder computergesteuerten Maschinen erledigt werden könnten.

sowie die Anwendung des Internets der Dinge und Dienste in industriellen Prozessen – einschließlich der sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Wertschöpfung, die Geschäftsmodelle sowie die nachgelagerten Dienstleistungen und die Arbeitsorganisation“ (Forschungsunion/acatech 2013: 18). Im Unterschied zur dritten Stufe der Industrialisierung, die im Wesentlichen durch Einsatz von Elektronik und Informationstechnik zur weiteren Automatisierung der Produktion gekennzeichnet war, dienen Internettechnologien zur Kommunikation zwischen Menschen, Maschinen und Produkten und ermöglichen eine neue Qualität von Produktion und Dienstleistungen. Technologische Grundlage sind CPS und das „Internet der Dinge“.

Die CPS sind laut Forschungsagenda des VDI Systeme, die reale (physische) Objekte und Prozesse mit informationsverarbeitenden (virtuellen) Objekten und Prozessen über offene, teilweise globale und jederzeit miteinander verbundene Informationsnetze verknüpfen (VDI 2013). Durch die Kopplung von informationsverarbeitenden Komponenten mit physischen Objekten und die Vernetzung über das Internet ist es u. a. möglich, dass Systeme beliebig kombiniert, ihre Verbindungen während der Betriebszeit modifiziert werden können, oder dass verfügbare Daten, Informationen und Dienste an beliebiger Stelle in CPS bereitgestellt und verwendet werden können. Aufgrund der während der Entwicklung nicht mehr vollständig voraussehbaren Interaktion des Umfelds der CPS-Komponenten, werden diese eine wesentlich höhere lokale Intelligenz und Fähigkeit zur Adaption an geänderte Umgebungsbedingungen und Anforderungen aufweisen. Zudem wird die umfassende Erfassung und Bereitstellung von entwurfs-, produktions- oder betriebsrelevanten Daten zu einer neuen Qualität von Ingenieurleistungen mit zusätzlichen Verbesserungen von Diensten führen (VDI 2013).

Das Internet der Dinge (internet of things) wurde erstmals Ende der 1990er Jahre als Begriff von Forschern des MIT verwendet. Hierbei geht es um Objekte jeglicher Art, die miteinander kommunizieren. Alltagsgegenstände wie z. B. Autos, Konsumgüter, Stromzähler, Objekte im Gesundheitswesen oder sogar Kleidungsstücke können über das Netz angesteuert werden und selbständig miteinander kommunizieren (WID 2012). Dies wird möglich über kleinste, miteinander über Funk kommunizierende Mikroprozessoren, die – häufig unsichtbar – in diese Gegenstände eingebaut sind. Technische Voraussetzung ist die Radio Frequency Identification (RFID).

Diese ‚intelligenten Objekte‘ (smart objects) reagieren eigenständig auf ihre Umwelt, interagieren mit ihrem Nutzer und untereinander und vernetzen sich mit anderen IT-Systemen und der Internet-Infrastruktur. Die neue Qualität dieses Internet der Dinge besteht in der gleichzeitigen Allgegenwart und Unsichtbarkeit der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) in den intelligenten Objekten und in deren weitreichender Autonomie (Gabriel/Gaßner/Lange 2010: 6). So können Maschinen eigenständig Meldungen abgeben oder selbstständig Wartungen vornehmen (Predictive Maintenance) sowie benötigte Ersatzteile anfordern.

Die Anzahl aller verbundenen Geräte (Smartphones, PCs, Sensoren und sonstige Geräte) wird nach Schätzungen weltweit von heute 15 Milliarden bis 2020 auf 50 Milliarden steigen (Cisco 2011). Nach der Basisinnovation World Wide Web in den 1990er Jahren und dem mobilen Internet im vergangenen Jahrzehnt könnte so das Internet der Dinge die dritte Phase der rasanten Entwicklung des Internets prägen. Mit der steigenden Zahl von „Things“ nimmt auch

deren Datenproduktion exponentiell zu (Big Data). Die Verarbeitung dieser immer größer werdenden Datenmengen (Analytics) wird zu einer zentralen Herausforderung des beginnenden Datenzeitalters.

Wesentliche Merkmale der digitalen Wirtschaft sind starke Größenvorteile (economies of scale), die durch Netzwerkeffekte auf digitalen Plattformen bzw. Marktplätzen verstärkt werden, und sinkende Preise für Hardware und Software. Digitale Technik verdrängt aufgrund teilweise exponentieller Wachstumsraten, die sich aus der nahezu kostenfreien Skalierbarkeit der Leistungserstellung ergeben, immer größere Teile der „analogen“ Produktionsweise.

Industrie 4.0 ist aber nur ein Teil der digitalen (R)Evolution, von der möglicherweise die gesamte Arbeitswelt betroffen sein wird. Von disruptiven Innovationen wird gesprochen, wenn bislang stabile und reife Märkte durch grundlegende Innovationen radikal verändert werden. Ihre Basis sind Daten bzw. deren Analysemöglichkeiten als strategischer Rohstoff der digitalen Ökonomie. Diese ermöglicht es, den großen Playern der digitalen Ökonomie etablierte Märkte anzugreifen. Durch das Internet, genauer zweiseitige Plattformen, sind bereits neue Geschäftsmodelle mit zum Teil erheblichen Herausforderungen für traditionelle Anbieter entstanden (Stichwort Uber oder Airbnb), welche die potenziell disruptiven Wirkungen der Technologie aufzeigen.

Weitere Aspekte der Digitalisierung sind die neuen Möglichkeiten der Arbeitsteilung durch click working, cloud working oder crowd sourcing, die Herausforderungen für die sozialen Sicherungssysteme stellen, da sie i. d. R. nicht als sozialversicherungspflichtige Beschäftigung erbracht werden. Seit einigen Jahren entstehen Tätigkeiten, die es ohne das Internet nicht gäbe. Zum einen sind es repetitive Kleinstaufgaben („micro tasks“), z. B. in der Sprach-, Bild- und Texterkennung, deren Entlohnung anhand fixer Kleinstbeträge erfolgt, zum anderen qualifizierte Tätigkeiten wie Designarbeiten, deren Verdienst deutlich höher ausfallen dürfte und die teilweise von Solo-Selbständigen ausgeübt werden. Nach einer Studie des Instituts für Innovation und Technik (2016: 8) sind diese Beschäftigungsformen noch ein „randständiges „Taschengeld“-Phänomen, dessen Bedeutung in naher Zukunft jedoch insbesondere im Dienstleistungsbereich, wie auch in der Kreativwirtschaft und wissensintensiven Arbeit zunehmen dürfte. Damit liegt Crowdfunding in einem branchenübergreifenden Trend – ausgenommen ist lediglich der Kernbereich industrieller Produktion – zu einer weiteren Flexibilisierung von Arbeitsverhältnissen.“

3 Technologische Arbeitslosigkeit und Polarisierung der Beschäftigung

In der Diskussion über die Digitalisierung der Arbeit nimmt die These von der technologischen Arbeitslosigkeit eine besondere Bedeutung ein. In der Tat sind bereits in der Vergangenheit zahlreiche Arbeitsplätze durch Computer und Maschinen ersetzt worden. Aber meist ist es gelungen, durch neue Arbeitsplätze vornehmlich im Dienstleistungssektor einen Ausgleich zu schaffen, so dass die meisten Volkswirtschaften zumindest längerfristig von technologischer Arbeitslosigkeit verschont blieben. Die Ersetzbarkeit bzw. Bedrohung von Arbeitsplätzen ist dort besonders hoch, wo Tätigkeiten definierten maschinenlesbaren Prozeduren folgen. Der

stetige Rückgang der Industriebeschäftigung ist auf die Abnahme von Arbeitsplätzen mit Routinarbeiten zurückzuführen. Autor und Dorn (2013) weisen für die USA nach, dass die Computerisierung zwischen 1980 und 2005 geringqualifizierte Arbeitnehmer mit Routinetätigkeiten in der Industrie ersetzt hat, während sich die Technik im Verhältnis zu abstrakten, kreativen, problemlösenden und koordinierenden Tätigkeiten von hochqualifizierten Arbeitskräften als komplementär erwies. Während letztere Arbeitskräfte deutliche Lohnsteigerungen realisierten, haben die fallenden Kosten der Computertechnologie die Löhne für Routinetätigkeiten gesenkt, wobei die geringqualifizierten Arbeitskräfte in Dienstleistungsberufe wechselten, die schwieriger zu automatisieren sind, weil sie Kommunikation, Gewandtheit und physische Nähe erfordern. In der Folge nahm die Polarisierung in der Lohnstruktur in den USA zu.

Nach einer Studie von Eichhorst et al. (2015) gibt es diese Polarisierungstendenzen in Deutschland (bisher) nicht. Demnach seien vor allem für kognitive Routinetätigkeiten Tendenzen eines „Bildungsupgrades“ zu erkennen. „Die Nachfrage nach kognitiven Routinetätigkeiten in Kombination mit niedriger Qualifikation ist merklich zurückgegangen, während sie für Personen mit höherer Bildung zugenommen hat. Des Weiteren werden interaktive Tätigkeiten heute weit besser vergütet, auch bei niedriger oder mittlerer Bildung. Im Zeitvergleich, aber auch im Vergleich mit anderen europäischen Staaten, kann [...] eine recht robuste Mitte des Arbeitsmarktes in Deutschland identifiziert werden“ (Eichhorst et al. 2015: 74). Ein wesentlicher Grund dürfte auch darin bestehen, dass die Beschäftigung in Deutschland eher komplementär zum Einsatz neuer Technologien ist. Prozessinnovationen führten hier nicht unmittelbar zu einem Ersatz der Arbeitskräfte (EFI 2016: 56).

Die Auswirkungen der digitalen Technik auf den Arbeitsmarkt sind schwierig vorherzusagen. Aller Voraussicht nach werden sich Tätigkeitsstrukturen und Berufsbilder verändern. Während automatisierbare Tätigkeiten zunehmend von Robotern und Computern ausgeführt werden und hierdurch Arbeitsplätze verloren gehen, werden im Strukturwandel an anderer Stelle auch neue Arbeitsplätze entstehen. So zeigt eine Studie von IAB und BIBB, die im volkswirtschaftlichen Kreislaufzusammenhang eine Vielzahl von Effekten berücksichtigt, dass im Basisszenario die Digitalisierung der Industrie zusätzliche Verluste binnen zehn Jahren 490.000 Arbeitsplätze betreffen (Wolter et al. 2015). Zugleich werden aber 430.000 Arbeitsplätze neu geschaffen. In einer weitergehenden Digitalisierung, die die gesamte Wirtschaft betrifft, halten sich die Verluste und Gewinne mit jeweils 1,5 Mio. Arbeitsplätzen bis 2025 die Waage.

Eine Studie von Vogler-Ludwig/Düll/Kriechel (2016) untersucht die Auswirkungen einer beschleunigten Digitalisierung auf die sektorale Beschäftigungsentwicklung. Sie kommt zu dem Ergebnis, dass 13 Branchen ihre Beschäftigung bis 2030 um insgesamt eine Million ausweiten können, während es in 27 Wirtschaftszweigen zu einem Verlust von rund 750.000 Arbeitsplätzen kommen könnte. In der Öffentlichkeit erhalten Bedrohungsszenarien häufig mehr Aufmerksamkeit als die Potenziale technologischer Innovationen, was aus psychologischen Gründen verständlich ist. Diese möglichen Arbeitsmarktwirkungen des technischen Fortschritts – Zerstörung von Jobs und Schaffung neuer Arbeitsplätze – sind hervorzuheben, bevor in dieser Studie die Automatisierungspotenziale durch die Digitalisierung näher untersucht werden.

4 Digitalisierung und Beschäftigung

In diesem Abschnitt wird zunächst die Studie von Frey/Osborne (2013) vorgestellt, die auf erhebliche Resonanz in Wissenschaft und Politik gestoßen ist. Nach Skizzierung ihrer Vorgehensweise und Ergebnisse werden zwei Studien einer Übertragung des Ansatzes vorgestellt. Abschließend erläutern wir die Methode von Dengler und Matthes, die dieser Untersuchung zugrunde liegt.

4.1 Im Focus der Debatte: die Studie von Frey/Osborne

Frey/Osborne (2013) verweisen in ihrer Studie „Die Zukunft der Beschäftigung. Wie gefährdet sind die Arbeitsplätze durch Computerisierung?“ zunächst auf den Zusammenhang von technischem Fortschritt, Strukturwandel und Qualifikation der Arbeitskräfte in längerfristiger Perspektive. So kann als wesentliche Eigenschaft der industriellen Entwicklung im 19. Jahrhundert angesehen werden, dass sie die Qualifikationen der Beschäftigten entwertet hat. Während noch in Manufakturen qualifizierte Arbeitsplätze vorherrschend waren, hat die Einführung von Fließbändern zu einer Dequalifizierung der Arbeiter geführt. Im Gegensatz dazu haben im zwanzigsten Jahrhundert von dem auf Elektrizität und Massenfertigung basierenden technischen Fortschritt (zweite industrielle Revolution) höher qualifizierte Arbeiter und Angestellte profitiert, also Arbeitskräfte, die Maschinen bedienen. Dies hat dazu geführt, dass sich qualifikationsabhängige Entlohnung dieser Arbeitnehmergruppen im zwanzigsten Jahrhundert angenähert hat.

Wie der technologische Fortschritt sich im 21. Jahrhundert auf die Beschäftigung auswirkt, ist unsicher. In der Theorie finden sich zwei gegensätzliche Hypothesen. Zum einen deutet der Substitutionseffekt zwischen Arbeit und Technologie auf einen Verlust von Arbeitsplätzen (z. B. Telefonisten). Zum anderen folgt aus dem Kapitalisierungseffekt, dass zusätzliche Unternehmen in hochproduktive Industriezweige eintreten und die Beschäftigung dort steigt. Obwohl bisher dieser Effekt dominiert hat, stellt sich die Frage, ob der Mensch das Rennen gegen die Maschine (Brynjolfsson/McAfee 2012) durch zunehmende Qualifizierung weiterhin gewinnen kann. Die Frage nach der technologisch bedingten Arbeitslosigkeit infolge eines rasanten technischen Fortschritts steht im Zentrum der Untersuchung des Ökonomen Fey und des Ingenieurs Osborne. Das Zustandekommen ihrer Ergebnisse zu skizzieren, ist wichtig, um sie mit dem in diesem Bericht erläuterten IAB-Ansatz vergleichen zu können.

Ihre Studie bezieht sich auf zwei Themenkomplexe in der Arbeitsmarktforschung, zum einen auf den Tasks-Ansatz von Autor (2013) und zum anderen auf die Verlagerung von informationsbasierten Tätigkeiten in Billiglohnländer via IKT (Offshoring). Eine Verlagerung ist dabei nicht möglich, wenn die Arbeit an einen bestimmten Ort geleistet werden muss sowie wenn die Tätigkeit face-to-face-Kontakt erfordert. Während der Tasks-Ansatz sich auf die historische Auswirkung der Computerisierung auf die Berufsstruktur bezieht, geht es Frey und Osborne um die zukünftige Computerisierung von Tätigkeiten mit höherer Komplexität. Maschinelles Lernen, künstliche Intelligenz und mobile Roboter sollen in ihrer Wirkung auf bisher von Menschen erbrachte Tätigkeiten untersucht werden.

Zunächst zum Tasks-Ansatz, der Arbeitsplatzaufgaben in Routine- und Nicht-Routine-Tätigkeiten unterscheidet. Grundlegend für den Tätigkeitsansatz ist die Arbeit von Au-

tor/Levy/Murnane (2003), die nach der Art von Tätigkeiten fragt, die Computer oder computerisierte Maschinen (allgemeiner: Technologie) ausüben können. Routine-Tätigkeiten sind als solche definiert, die durch Technik ersetzt werden können, und Nicht-Routine-Tätigkeiten, die beim derzeitigen Stand der Technik für ein marktfähiges Ergebnis zwingend von Menschen ausgeübt werden müssen. Die so definierten Routine-Tätigkeiten müssen daher bis ins Detail in programmierbare oder maschinenlesbare Regeln transformiert werden. Dann ersetzt die Technologie auch die Arbeitskraft, sie steht also im substitutiven Verhältnis zur Arbeit. Eine weitere Unterscheidung wird zwischen manuellen einerseits und analytischen Tätigkeiten andererseits getroffen. Computer können auch komplexere analytische Tätigkeiten wie berechnen, nicht-kreatives Zeichnen, Materialüberprüfung oder Wartung übernehmen.

Entscheidend ist nun, dass der technologische Fortschritt in Nicht-Routine-Tätigkeiten vor- dringt. Als Beispiele nennen Frey/Osborne das selbstfahrende Auto oder die Erkennung von Handschriften. Damit kann technologisches Kapital auch Nicht-Routine-Tätigkeiten ersetzen. Um den Substitutionseffekt der Technologie abzubilden, entwickeln Frey/Osborne ein neues Task-Modell, das die Faktoren einer Computerisierung von Nicht-Routine-Tätigkeiten abschätzt.

Hierzu wird Experten für maschinelles Lernen eine Liste von 702 Berufen mit den dazugehörenden Tätigkeiten vorgelegt, von denen sie 70 Berufe als mit hoher Sicherheit von Computern ausführbar einschätzen. Dem Ansatz liegen Tätigkeitskriterien zugrunde, die eine zukünftige Ersetzbarkeit durch Computer unwahrscheinlich machen, sog. „Engineering Bottlenecks“: 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). Mit Hilfe eines statistischen Modells für die 70 Berufe wird anschließend geschätzt, wie gut die Einteilung in automatisierbar/nicht-automatisierbar durch neun ausgewählte Tätigkeiten, darunter drei Engineering Bottlenecks, erklärt werden kann. Mit diesem Modell wird das Ausmaß der Computerisierung für die verbleibenden Berufe extrapoliert. Für jeden Beruf wird eine Automatisierungswahrscheinlichkeit zwischen 0 Prozent und 100 Prozent berechnet. Die Einteilung der 70 Berufe wird dann auf die verbleibenden 632 Berufe übertragen.

Frey/Osborne kommen zu dem Ergebnis, dass fast die Hälfte der Beschäftigten (47 Prozent) in den USA in Berufen arbeitet, die in den nächsten 10 bis 20 Jahren mit hoher Wahrscheinlichkeit automatisiert werden können bzw. wie die Autoren formulieren „at risk“ sind, wegzufallen.

4.2 Übertragung des Ansatzes auf Deutschland

Nach der Ermittlung potenziell gravierender Beschäftigungsverluste der Digitalisierung in den USA stellt sich die Frage, ob solche auch in Deutschland drohen. Hierzu wurde der Forschungsansatz von Frey/Osborne auf Deutschland mit zum Teil anderen beruflichen Zuordnungen auf Deutschland übertragen. Während die Studie von Brzeski/Burk (2015) für Deutschland einen höheren Anteil hoch gefährdeter Berufe (59 Prozent) als in den USA ermittelt, liegt die Untersuchung von Bonin/Gregory/Zierahn (2015) darunter (42 Prozent).

Beide Studien haben den Schätzansatz auf Basis von Berufen auf Deutschland übertragen. Allerdings unterscheiden sich die Berufsstrukturen zwischen den USA und Deutschland, so dass eine unmittelbare Übertragung der amerikanischen Automatisierungswahrscheinlichkeiten auf Deutschland nicht sachgerecht erscheint. Die berufs-basierte Berechnung der Automatisierungspotenziale beruhte auf der Annahme, dass Beschäftigte in den gleichen Berufsgruppen ähnliche Tätigkeiten ausüben. Zur Überprüfung dieser Annahme werden von Bonin/Gregory/Zierahn (2015) analytische und interaktive Tätigkeiten herangezogen, welche generell als schwer automatisierbar eingeschätzt werden. Demnach wird für jede Arbeitskraft ermittelt, welchen Anteil analytische und interaktive Tätigkeiten an ihren Gesamtaufgaben einnehmen.

Als empirische Grundlage dient der PIAAC-Datensatz (Programme for the International Assessment of Adult Competencies) der OECD (2017). Diese Daten haben den Vorteil, dass dieselben Tätigkeiten vergleichbar für die USA und Deutschland erhoben werden. Damit wird die Automatisierungswahrscheinlichkeit auf Grundlage der Tätigkeiten am Arbeitsplatz anstatt anhand der Berufe übertragen. Zudem wird angenommen, dass Automatisierungstechnologien in beiden Ländern zur Ausübung derselben Tätigkeiten eingesetzt werden. Die Annahme der tätigkeitsbasierten Übertragung ist damit im Vergleich zum berufs-basierten Ansatz weniger restriktiv (Bonin/Gregory/Zierahn 2015: 12).

Zentrales Ergebnis dieser Untersuchung ist, dass in den Daten kein klarer Zusammenhang zwischen Automatisierungswahrscheinlichkeit und Tätigkeiten besteht. Die Tätigkeitsstrukturen von Berufen mit hoher und geringer Automatisierungswahrscheinlichkeit unterscheiden sich nur eingeschränkt. Eine Schnittmenge von Tätigkeiten wird sowohl von Beschäftigten in Berufen mit hoher Automatisierungswahrscheinlichkeit nach Frey und Osborne als auch von solchen in Berufen mit geringer technischer Ersetzbarkeit ausgeübt.

Damit stellt sich mit Bonin/Gregory/Zierahn (2015) als wesentliche berufsanalytische Erkenntnis heraus, dass sich Tätigkeitsstrukturen nicht nur zwischen Berufen unterscheiden, sondern auch Beschäftigte mit demselben Beruf teilweise sehr unterschiedliche Tätigkeiten an ihren Arbeitsplätzen ausführen. Eine ergänzende Analyse bestätigt dies auch anhand der PIAAC-Daten für die USA und Deutschland (Bonin/Gregory/Zierahn 2015: 42). So werden auch in den Risikoberufen nach Frey/Osborne Tätigkeiten mit einer geringeren Automatisierungswahrscheinlichkeit ausgeübt. So sind beispielsweise interaktive Tätigkeiten, wie Informationen auszutauschen, zu beeinflussen oder zu verhandeln (bisher) wenig durch Maschinen ersetzbar. Solche Tätigkeiten sind in vielen Berufen verbreitet.

Ergebnis des tätigkeitsbasierten Schätzansatzes ist, dass in den USA neun Prozent der Arbeitsplätze Tätigkeitsprofile eine hohe Automatisierungswahrscheinlichkeit aufweisen, während dies in Deutschland auf zwölf Prozent der Arbeitsplätze zutrifft. Somit ergeben sich nach dem Tätigkeitsansatz nennenswert geringere Automatisierungswahrscheinlichkeiten als die vorgenannten Zahlen, die auf Berufsebene ermittelt wurden.

Insgesamt ist festzuhalten, dass in dieser Studie keine vollständige Übertragung des Frey/Osborne Ansatzes stattgefunden hat. Die potenziellen Auswirkungen von maschinellem Lernen auf Nichtroutine-Tätigkeiten, die die zentrale Fragestellung von Frey/Osborne ist und die in den Expertenurteilen ermittelt wurde, bleiben in diesem Ansatz unberücksichtigt.

Auch erscheint die Übertragung von amerikanischen Automatisierungswahrscheinlichkeiten auf Deutschland als problematisch, da sich der deutsche Arbeitsmarkt von dem der USA wesentlich unterscheidet (Dengler/Matthes 2015a: 10). Das duale Ausbildungssystem und die darauf aufbauenden Möglichkeiten zur Weiterqualifizierung (z. B. zum Meister- oder Technikerabschluss) führen in Deutschland zu einer stärkeren qualifikatorischen Differenzierung des Arbeitsmarktes im mittleren Qualifikationsbereich. In den USA sind die meisten der Highschool-Abgänger an Arbeitsplätzen beschäftigt, die häufig nur eine kurze Einarbeitung erfordern. Andererseits gibt es in den USA mehr Akademiker und Führungskräfte, was das um etwa ein Viertel geringere Ersetzungspotenzial der Beschäftigten gegenüber Deutschland erklärt.

Gleichwohl wird der tätigkeitsbasierte Ansatz der Arbeitsrealität besser gerecht, weil er zeigt, dass in sehr vielen Berufen mit Routinetätigkeiten auch interaktive Aufgaben und Kommunikation mit Kunden eine erhebliche Rolle spielen. Aufgrund sehr detaillierter Erfassung der Tätigkeiten in der beruflichen Praxis ist der folgende Ansatz in der Lage, die Spezifika des deutschen Arbeitsmarktes und beruflichen Bildungssystems unmittelbar zu berücksichtigen.

4.3 Untersuchungsansatz von Dengler/Matthes

Die folgende Abschätzung der technischen Ersetzbarkeit von Berufen in Berlin und Brandenburg basiert auf dem tätigkeitsbasierten Schätzansatz von Dengler/Matthes/Paulus (2014) und Dengler/Matthes (2015a, 2015b). Grundlage ist die Zuordnung von beruflichen Tätigkeitsbereichen zu fünf Tasks-Typen von Spitz-Oener (2006), die gegenüber den vier Typen nach Autor et al. (2003) zusätzlich zwischen interaktiven und analytischen Nichtroutine-Tätigkeiten unterscheidet (vgl. Tabelle 1). Als Datengrundlage dienen Informationen zur Berufskunde aus der Expertendatenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit (BA), die vor allem von der Berufsberatung oder der Arbeitsvermittlung genutzt wird und momentan ca. 3.900 Einzelberufe (Kernberufe)² umfasst. In dieses Informationssystem werden die Berufs- und Tätigkeitsbezeichnungen aus geregelter Erstausbildung bzw. allgemeinverbindlichen Weiterbildungsangeboten und Tarifverträgen aufgenommen. Die Datenbank enthält u. a. permanent aktualisierte Informationen zu den zu erledigenden Aufgaben und benötigten Kenntnissen und Fertigkeiten in der jeweiligen beruflichen Tätigkeit. Im Fokus der Untersuchung stehen die Kernkompetenzen, die für die Ausübung der verschiedenen Tätigkeiten eines Berufes erforderlich sind.³ Um eine definitorische Klarheit beizubehalten, wird anstelle von Kompetenzen in der folgenden Untersuchung von Arbeitsanforderungen gesprochen.

² Als Kernberuf wird im BERUFENET die aktuellste bzw. jüngste Berufsbenennung für einen bestimmten Beruf bezeichnet (Dengler/Matthes/Paulus 2014: 12).

³ <https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/faces/index?path=null>. Unter dem Link „Kompetenzen“ ist für jeden dieser Kernberufe einsehbar, welche Arbeitsanforderungen üblicherweise bei Ausübung der jeweiligen beruflichen Tätigkeit zu erfüllen sind, unterteilt in Kernkompetenzen, weitere Kompetenzen, die für die Ausübung dieses Berufs bedeutsam sein können und weitere relevante Fertigkeiten und Kenntnisse.

Tabelle 1: Fünf Task-Typen und ausgewählte Tätigkeiten

Nr.	Task-Typ	Tätigkeit
1	Analytische Nicht-Routine-Tasks	Forschen, analysieren, evaluieren, planen, konstruieren, designen, entwerfen, Regeln/Vorschriften ausarbeiten, Regeln anwenden und interpretieren
2	Interaktive Nicht-Routine-Tasks	Verhandeln, Interessen vertreten, koordinieren, organisieren, lehren oder trainieren, verkaufen, einkaufen, Kunden werben, werben, unterhalten, präsentieren, Personal beschäftigen oder managen
3	Kognitive Routine-Tasks	Kalkulieren, Buchhaltung machen, Texte/Daten korrigieren, Länge/Höhe/Temperatur messen
4	Manuelle Routine-Tasks	Maschinen bedienen oder kontrollieren, Maschinen ausstatten
5	Manuelle Nicht-Routine-Tasks	Reparieren oder renovieren von Häusern/Wohnungen/Maschinen/Fahrzeugen, restaurieren von Kunst/Denkmalen, Gäste bedienen oder beherbergen

Quelle: Dengler/Matthes/Paulus (2014: 7).

In einer sog. Anforderungsmatrix werden im BERUFENET jedem Kernberuf die Anforderungen zugewiesen, die für die Ausübung der entsprechenden beruflichen Tätigkeit erforderlich sind. In der Anforderungsmatrix aus dem Jahr 2013 sind den Einzelberufen ca. 8.000 Anforderungen zugeordnet. Dabei werden in der Untersuchung von Dengler/Matthes/Paulus (2014) nur die Anforderungen betrachtet, die für die Ausübung eines Berufes unerlässlich sind (Kernanforderungen). Für die Berechnung des technologischen Ersetzungspotenzials haben die Autorinnen die Kernanforderungen eines Berufs den definierten fünf Tasktypen zugeordnet (Tabelle 1) und somit für jeden Beruf die entsprechende Tasks-Zusammensetzung ermittelt.

Zentrales Entscheidungskriterium, ob eine Arbeitsanforderung als Routine- oder Nicht-Routine-Tätigkeit definiert wird, ist die Ersetzbarkeit durch Computer oder computergesteuerte Maschinen im Jahr 2013. Der Anteil der in einem Beruf potenziell ersetzbaren Tätigkeiten (das Automatisierungspotenzial des Berufs) wird dadurch berechnet, dass die Kernanforderungen in jedem Einzelberuf (8-Stellerebene der Klassifikation der Berufe [KldB] 2010), die einer Routine-Tätigkeit zugeordnet wurden, durch die gesamte Anzahl der Kernanforderungen im jeweiligen Einzelberuf dividiert werden. Das technologische Ersetzungspotenzial auf der Ebene von Berufsaggregaten entspricht dem gewichteten Durchschnitt der Anteile auf Einzelberufsebene. Die Gewichtung erfolgt auf Basis der Beschäftigtenzahlen am 30.06.2015 in den Bundesländern.⁴ Somit können die ermittelten Anteile an kognitiven und manuellen Routine-Tätigkeiten in den Berufen als Maß für die potenzielle Ersetzbarkeit dieser Berufe durch Maschinen interpretiert werden.

5 Ergebnisse der Untersuchung

Bevor die Relevanz der Digitalisierung für die Beschäftigten in Berlin und Brandenburg detailliert untersucht wird, werden die regionalen Unterschiede in Deutschland skizziert. Daran schließen sich die Auswirkungen auf Berufssegmente in Berlin und Brandenburg und die Grö-

⁴ Zur Methodik der Operationalisierung: siehe Dengler/Matthes/Paulus (2014: 10 ff.).

ßenordnungen von Beschäftigten mit unterschiedlich hohem Ersetzungspotenzial an. Schließlich werden die regionalen Beschäftigtenanteile der unterschiedlich von der Digitalisierung betroffenen Berufssegmente untersucht.

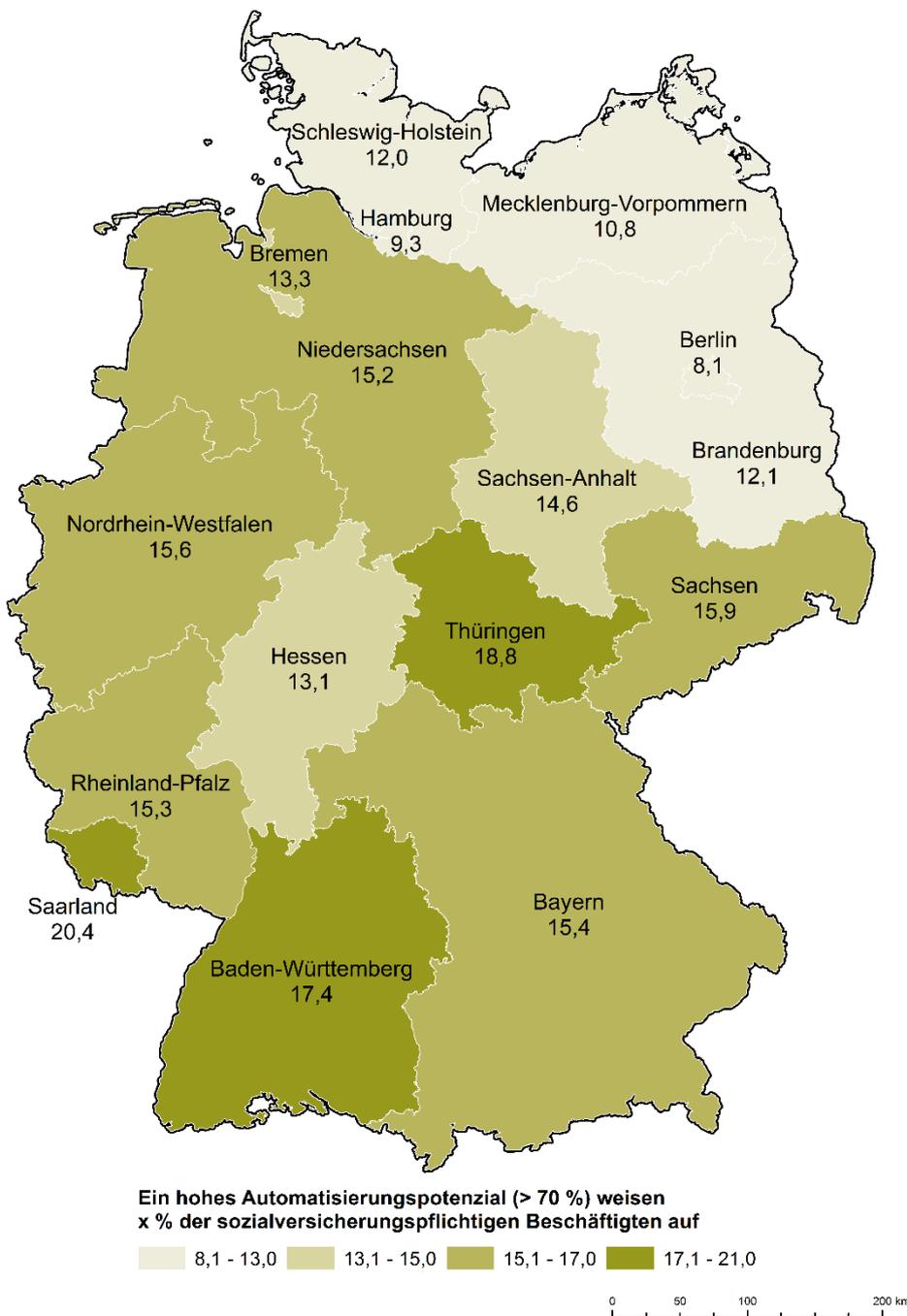
5.1 Automatisierungspotenziale der Berufe in den Bundesländern

Die Ergebnisse fassen die Befunde auf Ebene der Berufssegmente zusammen und konzentrieren sich auf Berufe mit einem hohen Substitutionspotenzial. Berufe werden als besonders rationalisierungsgefährdet eingestuft, wenn sie zu mehr als 70 Prozent durch Computer oder computergesteuerte Maschinen ersetzt werden können (Frey/Osborne 2013).

In Deutschland waren im Jahr 2015 etwa 15 Prozent der Beschäftigten in einem Beruf mit solch hohem Ersetzungspotenzial tätig, das entspricht rund 4,5 Millionen Personen (Buch/Dengler/Matthes 2016). Die tatsächliche Anwendung der Technik hängt jedoch von verschiedenen Faktoren ab, die einen technischen Determinismus in Frage stellen. Hierzu gehören vor allem ökonomische, rechtliche und auch gesellschaftspolitische Faktoren. Auch wenn die Kosten der Digitalisierung in vielen Bereich kontinuierlich sinken, können trotzdem die Investitionskosten insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen eine Einführung verhindern. Ebenso spielen juristische Aspekte des Datenschutzes z. B. die E-Health-Anwendungen oder solche der Störungsanfälligkeit eine Rolle. Schließlich kann eine fehlende Akzeptanz bei Kunden dazu beitragen, dass sich z. B. die Automatisierung von Kassen noch nicht durchgesetzt hat.

Karte 1 zeigt für die einzelnen Bundesländer den Anteil der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten mit hohem Ersetzungspotenzial durch Computer oder computergestützte Maschinen. Er variiert erheblich zwischen 8 Prozent und mehr als 20 Prozent. Während in den beiden Stadtstaaten Berlin und Hamburg Beschäftigte kaum gefährdet sind, ist die Automatisierungswahrscheinlichkeit in Baden-Württemberg, Thüringen und dem Saarland wesentlich höher. Dies sind Bundesländer, in denen viele Beschäftigte im Produzierenden Gewerbe und damit in Berufen mit hohem Automatisierungspotenzial arbeiten. Nahe am bundesweiten Durchschnitt liegen die Werte in den Bundesländern Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Bayern, Sachsen-Anhalt und Nordrhein-Westfalen. Deutlich unterdurchschnittlich sind die Beschäftigten in Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein und Brandenburg potenziell von der Digitalisierung betroffen.

Karte 1: Beschäftigte mit hohem Automatisierungspotenzial (> 70 Prozent) nach Bundesländern (Anteile in Prozent)



Anm.: Automatisierungspotenzial = Anteil der Tätigkeiten, die schon heute potenziell von Computern oder computergesteuerten Maschinen erledigt werden könnten. Stichtag sozialversicherungspflichtig Beschäftigte: 30.06.2015; Datenstand Automatisierungspotenzial: Februar 2016.

Quelle: BERUFENET (2013); Beschäftigungsstatistik der Bundesagentur für Arbeit; eigene Berechnungen.

5.2 Auswirkungen der Digitalisierung auf die Berufssegmente in Berlin-Brandenburg

Im Folgenden werden die beruflichen Automatisierungspotenziale durch Computer in Berlin und Brandenburg näher untersucht. Zunächst werden die jeweiligen Anteilswerte auf Basis der Berufssegmente dargestellt. Daran schließt sich die Größenordnung von Beschäftigten an, die in den einzelnen Risikoklassen potenziell betroffen sind.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die Ergebnisse auf der Ebene der Berufssegmente dargestellt, die Einzelberufe anhand berufsfachlicher Kriterien auf Basis der KldB 2010 zusammenfassen (vgl. Matthes/Meinken/Neuhauser 2015 sowie Tabelle A 1 im Anhang). Da die einzelnen Berufe innerhalb der Berufssegmente in Berlin, Brandenburg und in Deutschland insgesamt ein unterschiedliches Gewicht haben, können die Ersetzungspotenziale in den Berufssegmenten der betrachteten Regionen variieren.

Angesichts der bereits fortgeschrittenen Digitalisierung in den Produktionsbetrieben z. B. durch Manufacturing Execution Systeme (Produktionsleitsysteme) ist die Möglichkeit, die Arbeitsaufgaben von Maschinen ausführen zu lassen, in den Fertigungsberufen und in den fertigungstechnischen Berufen wesentlich höher als in anderen Berufssegmenten. Während das Risiko in den Fertigungsberufen deutschlandweit mit knapp drei Viertel am größten ist, liegt es bei den fertigungstechnischen Berufen bei fast zwei Dritteln. Zu diesem Berufssegment gehören z. B. Berufe der Metallbearbeitung, der Kunststoffherstellung oder der Rohstoffgewinnung (vgl. Tabelle A 1 im Anhang).

In Berlin sind die Möglichkeiten der Automatisierung in den Fertigungsberufen mit 62,9 Prozent wesentlich niedriger als sonst in diesen Berufen (Abbildung 1). In der Berliner Industrie arbeiten verhältnismäßig wenige Beschäftigte in den hoch automatisierbaren Fertigungsberufen, d. h. es werden weniger Routine-Tätigkeiten ausgeführt, die von Computern ersetzt werden können (z. B. Maschinen bedienen, Sortieren) und häufiger Nicht-Routine-Tätigkeiten (z. B. Reparatur oder Wartung von Maschinen) ausgeübt.⁵ Dagegen sind die Fertigungsberufe in Brandenburg ähnlich hohen Automatisierungspotenzialen ausgesetzt wie im bundesdeutschen Mittel. In den fertigungstechnischen Berufen unterscheidet sich die technische Ersetzbarkeit kaum zwischen Bund sowie Berlin und Brandenburg.

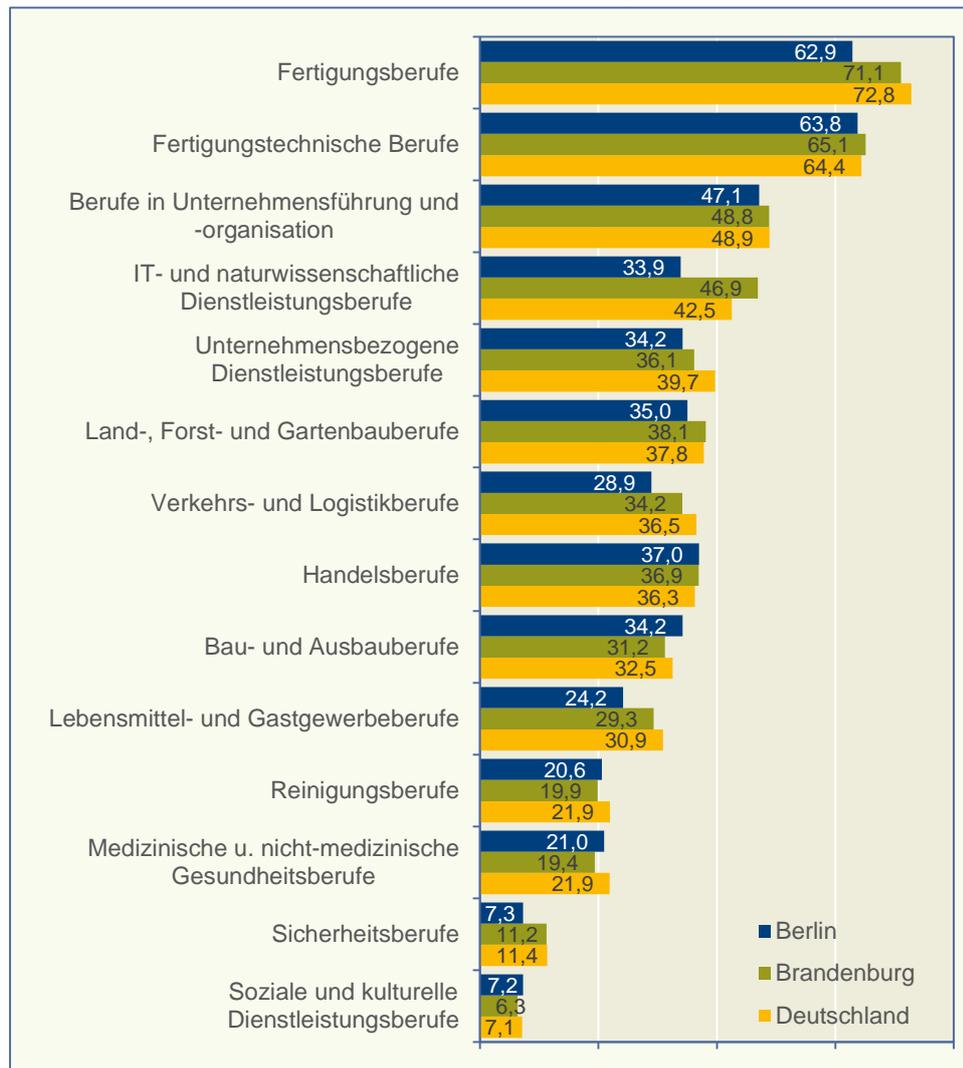
Alle weiteren Berufssegmente sind durch ein mittleres Potenzial von (deutlich) unter 50 Prozent gekennzeichnet. Knapp unter 50 Prozent sind es bei Tätigkeiten in der Unternehmensführung und -organisation in allen Regionen. Deutlich geringer gefährdet sind in Berlin die Handelsberufe, die den vierthöchsten Wert aufweisen. In Brandenburg dagegen stehen an dieser Position IT- und naturwissenschaftliche Dienstleistungsberufe, deren Automatisierungsrisiko über dem Bundesdurchschnitt liegt. In beiden Ländern folgen in der Rangfolge Berufe im Land-, Forst- und Gartenbau.

In den Lebensmittel- und Gastgewerbeberufen wird in Berlin ein Ersetzungspotenzial von 24,2 Prozent ermittelt, das um fast sieben Prozentpunkte unter dem deutschen Durchschnitt

⁵ Bei der Berechnung des Automatisierungspotenzials sind lediglich die Gewichte der in das Aggregat (Berufssegment) eingehenden Einzelberufe zwischen Bund und Berlin-Brandenburg unterschiedlich. Das Automatisierungsrisiko auf der Ebene der Einzelberufe unterscheidet sich nicht (vgl. Kapitel 4.3).

liegt. Diese Berufe sind in Berlin weniger durch die Lebensmittelherstellung gekennzeichnet als durch das Hotel- und Gaststättengewerbe. Hierbei handelt es sich vielfach um manuelle Nicht-Routine-Tätigkeiten, die kaum von Maschinen ausgeführt werden können. In Brandenburg werden für dieses Berufssegment mit fast 30 Prozent ähnliche Potenziale wie in Deutschland insgesamt errechnet. Während die Verkehrs- und Logistikberufe in Brandenburg und bundesweit ein technisches Ersetzungspotenzial von mehr als einem Drittel aufweisen, sind es in Berlin deutlich weniger.

Abbildung 1: Durchschnittliches Automatisierungspotenzial der Beschäftigten nach Berufssegmenten in Berlin, Brandenburg und Deutschland (Anteile in Prozent)



Anm.: Darstellung der Berufssegmente auf der Grundlage der KIdB 2010 (vgl. Tabelle A 1 im Anhang). Automatisierungspotenzial = Anteil der Tätigkeiten, die schon heute potenziell von Computern oder computergesteuerten Maschinen erledigt werden könnten.

Daten: Berufssegmente sind nach Deutschlandwerten sortiert. Stichtag sozialversicherungspflichtig Beschäftigte: 30.06.2015; Datenstand Automatisierungspotenzial: Februar 2016.

Quelle: BERUFENET (2013); Beschäftigungsstatistik der Bundesagentur für Arbeit; eigene Berechnungen.

Am unteren Ende der Skala rangieren mit Reinigungsberufen und Sicherheitsberufen zwei Berufssegmente, für die angesichts bspw. staubsaugender Roboter und vernetzter Überwa-

chungskameras ein höheres Automatisierungspotenzial hätte erwartet werden können. Jedoch sind sie offensichtlich weiterhin durch manuelle Tätigkeiten dominiert, die derzeit kaum automatisierbar sind. Auch die medizinischen und nicht-medizinischen Gesundheitsberufe sind mit rund 20 Prozent verhältnismäßig wenig betroffen. Soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe sind mit einem Anteil von bundesweit etwas mehr als sieben Prozent kaum durch Computer ersetzbar.

5.3 Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte nach Risikoklassen

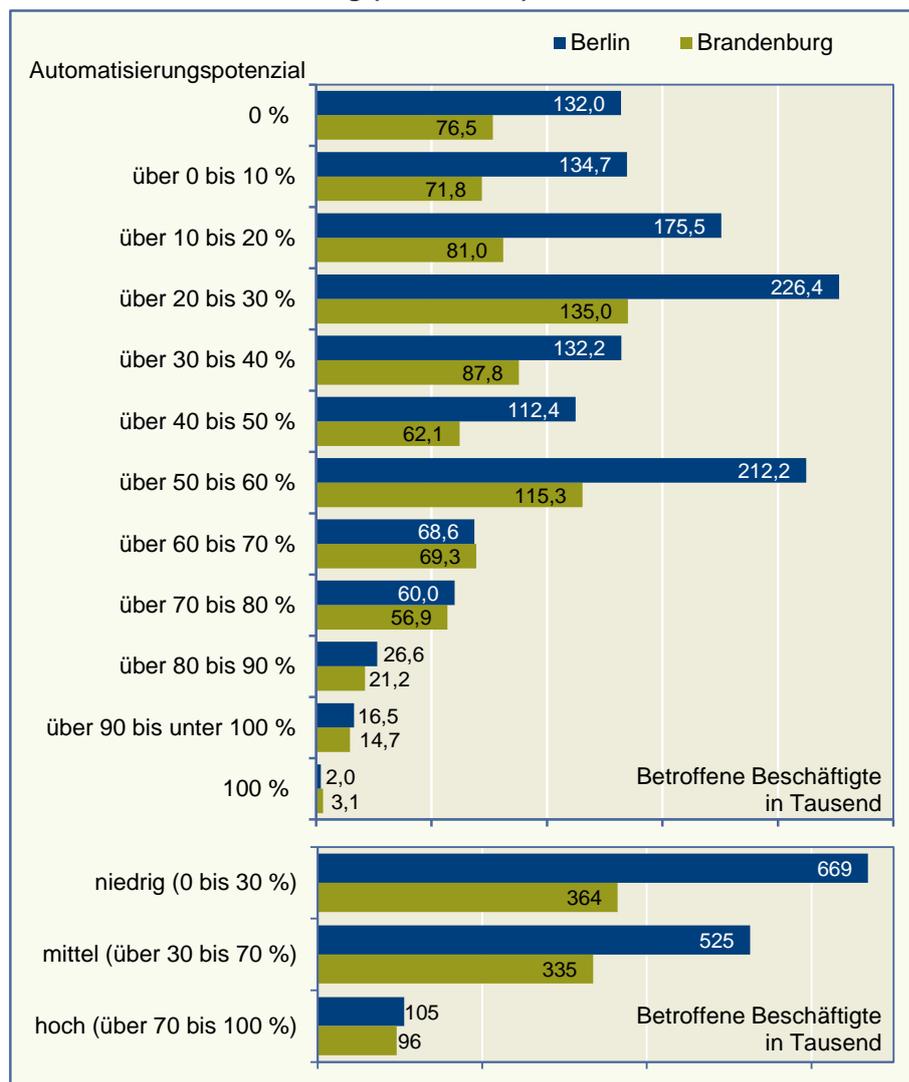
In diesem Abschnitt wird beziffert, wie groß die Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten mit unterschiedlich starken Automatisierungspotenzialen in Berlin und Brandenburg ist. Dabei kann zwischen geringem (bis 30 Prozent), mittlerem (über 30 bis 70 Prozent) und hohem Risiko (über 70 Prozent) unterschieden werden. Weitere Differenzierungen sind Abbildung 2 zu entnehmen.

Zunächst lässt sich festhalten, dass in Berlin die Mehrzahl der Beschäftigten in Berufen mit keiner oder sehr geringer Möglichkeit arbeitet, durch Maschinen ersetzt zu werden. Knapp 669.000 bzw. 51,5 Prozent der ca. 1,3 Millionen sozialversicherungspflichtig Beschäftigten sind in solchen Berufen tätig (vgl. Abbildung 2). Dazu gehören auch 132.000 Beschäftigte (10,2 Prozent) in Berufen, die nahezu ausschließlich von Menschen ausgeübt werden können. Hierzu zählen z. B. Lehrer.

In Brandenburg wurde für knapp die Hälfte (45,8 Prozent) der Beschäftigten entweder kein oder ein nur geringes Ersetzungspotenzial durch Maschinen errechnet. 76.500 (9,6 Prozent) Arbeitnehmer sind in Berufen tätig, bei denen so gut wie keine ihrer Aufgaben derzeit durch Maschinen erledigt werden kann. Während in Berlin 40,4 Prozent der Beschäftigten in Berufen mit mittlerem technischem Ersetzungspotenzial arbeiten, sind es in Brandenburg 42,1 Prozent.

Besonders rationalisierungsgefährdet sind Berufe, wenn sie zu mehr als 70 Prozent durch Computer oder computergesteuerte Maschinen ersetzt werden können. Dies trifft in Berlin auf rund 106.000 Beschäftigte zu, was einem Anteil von 8,1 Prozent entspricht. Darunter sind 2.000 Beschäftigte (0,2 Prozent), die Tätigkeiten ausüben, die bereits heute ganz von Computern oder computergesteuerten Maschinen übernommen werden könnten. In Brandenburg arbeiten derzeit 12,1 Prozent (96.000) in Berufen mit einem Wert von mehr als 70 Prozent. 3.100 Beschäftigte oder 0,4 Prozent sind in Tätigkeiten beschäftigt, die schon heute von Computern übernommen werden könnten. Ein Beispiel aus dem Dienstleistungsbereich sind die Tätigkeiten von Korrektoren, die im Gegensatz zu Lektoren Texte nicht inhaltlich und sprachlich überarbeiten, sondern nur orthografisch, grammatikalisch und typografisch prüfen. Ihre Aufgaben können schon heute vollständig von Computern bzw. Maschinen übernommen werden.

Abbildung 2: Automatisierungspotenzial der Beschäftigten nach Risikoklassen in Berlin und Brandenburg (in Tausend)



Anm.: Automatisierungspotenzial = Anteil der Tätigkeiten, die schon heute potenziell von Computern oder computergesteuerten Maschinen erledigt werden könnten. Stichtag sozialversicherungspflichtig Beschäftigte: 30.06.2015; Datenstand Automatisierungspotenzial: Februar 2016.

Quelle: BERUFENET (2013); Beschäftigungsstatistik der Bundesagentur für Arbeit; eigene Berechnungen.

5.4 Beschäftigtenanteile der Berufssegmente in Berlin-Brandenburg

Die Automatisierungspotenziale der Beschäftigten in **Berlin** sind aufgrund der geringen Bedeutung des Produzierenden Gewerbes unterdurchschnittlich. Nur rund zehn Prozent der Beschäftigten sind in Fertigungsberufen oder Fertigungstechnischen Berufen tätig, im Bund sind es 20 Prozent, in Brandenburg 17 Prozent (vgl. Tabelle 2). Die Berliner Industrie hat sich im Zuge eines Schrumpfungsprozesses erheblich umstrukturiert und modernisiert. Die Produktpalette ist hierdurch vergleichsweise jung. Neben den traditionellen Branchen der Elektrotechnik, Elektrizitätserzeugung und Pharmaindustrie bestimmen forschungsintensive Betriebe im Bereich Medizintechnik, Umwelttechnologie, Mess- und Regeltechnik sowie Sensorik mit geringerer Betriebsgröße die Industriestruktur. Die Entwicklung von Zukunftstechnologien wird

durch die Förderung sogenannter Cluster in den Bereichen Optik, Verkehr, Energietechnik, Gesundheitswirtschaft sowie IKT, Medien und Kreativwirtschaft unterstützt.⁶

Zu den wissensintensiven Dienstleistungen zählen neben Architektur- und Ingenieurbüros, Softwarehäusern, Datenverarbeitungsdiensten auch Rechts- und Unternehmensberatungen, Werbeagenturen sowie private Forschungsinstitute. Forschungsintensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen sind Treiber der wirtschaftlichen Dynamik in den letzten Jahren. Die Spezialisierung der Hauptstadt auf solche Wirtschaftsbereiche zeigt sich im überdurchschnittlichen Anteil der unternehmensbezogenen Berufe (vgl. Tabelle 2). Die steigende Zahl von Unternehmen (steilen), die zum Teil aufgrund der Hauptstadtfunction nach Berlin gekommen sind, spiegelt sich bei den Berufen in der Unternehmensführung und -organisation wider.

Tabelle 2: Beschäftigte in den Berufssegmenten in Berlin, Brandenburg und Deutschland (Anteile an Gesamt in Prozent)

Berufssegment Nr.	Berufssegment	Berlin	Brandenburg	Deutschland
12	Fertigungsberufe	3	7	8
13	Fertigungstechnische Berufe	7	10	12
32	Berufe in Unternehmensführung und -organisation	16	11	13
41	IT- und naturwissenschaftliche Dienstleistungsberufe	4	2	4
33	Unternehmensbezogene Dienstleistungsberufe	13	9	10
11	Land-, Forst- und Gartenbauberufe	1	3	2
52	Verkehrs- und Logistikberufe	7	12	10
31	Handelsberufe	10	9	10
14	Bau- und Ausbauberufe	6	8	6
21	Lebensmittel- und Gastgewerbeberufe	7	5	5
53	Reinigungsberufe	3	3	3
22	Medizinische u. nicht-medizinische Gesundheitsberufe	11	11	10
51	Sicherheitsberufe	2	1	1
23	Soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe	11	8	8

Anm.: Sortiert nach dem Automatisierungspotenzial für Deutschland. Automatisierungspotenzial = Anteil der Tätigkeiten, die schon heute potenziell von Computern oder computergesteuerten Maschinen erledigt werden könnten. Stichtag sozialversicherungspflichtig Beschäftigte: 30.06.2015; Datenstand Automatisierungspotenzial: Februar 2016.

Quelle: Beschäftigungsstatistik der Bundesagentur für Arbeit; eigene Berechnungen.

Wesentliche Gründe für die geringen Digitalisierungsrisiken des Berliner Arbeitsmarktes sind die zahlreichen wissenschaftliche Einrichtungen und der beschäftigungsintensive Tourismussektor. Die Hauptstadt verfügt über 4 Universitäten, 7 staatliche und 28 private Hochschulen sowie 70 außeruniversitäre Forschungseinrichtungen (Bogai/Wiethölter 2009). Berlin verzeichnet Jahr für Jahr Rekorde im Städtetourismus (insbesondere aus dem Ausland). Touris-

⁶ <http://www.berlin-partner.de/branchen-cluster/> (abgerufen am 07.02.2017).

musaffine Bereiche des Gastgewerbes wie Restaurants, Hotels bis zu Clubs profitieren hiervon unmittelbar. Der entsprechend hohen Nachfrage nach Arbeitskräften steht eine geringe technische Ersetzbarkeit gegenüber.

Berlin fördert bereits seit dem vergangenen Jahrzehnt die Potenziale der Gesundheitswirtschaft (Wiethölter/Carstensen/Bogai 2013). Neben der medizinischen Grundversorgung sind zahlreiche spezielle Einrichtungen im Kernbereich der Gesundheitswirtschaft in der Stadt ansässig. Berufstätige mit medizinischen und nicht medizinischen Gesundheitsberufen haben tendenziell geringere Automatisierungsrisiken. Dies gilt auch für einen weiteren Bereich, der auf der menschlichen Kreativität und Interaktion basiert, nämlich die sozialen und kulturellen Dienstleistungsberufe.

Den Arbeitsmarkt in **Brandenburg** kennzeichnet eine Berufsstruktur, die nach den groben Kategorien mit dem gesamtdeutschen Durchschnitt vergleichbar ist (vgl. Tabelle 2). Die Wirtschaftsleistung pro Einwohner hat inzwischen 71 Prozent des gesamtdeutschen Bruttoinlandsprodukts (2015) erreicht.⁷ Der Bruttowertschöpfung pro Erwerbstätigem liegt mit 85,9 Prozent des Bundesdurchschnitts etwas höher als im ostdeutschen Durchschnitt. Das Produzierende Gewerbe (ohne Bau) trägt aufgrund der wertschöpfungsstarken Energiewirtschaft zu einem Fünftel der Wirtschaftsleistung in Brandenburg bei, in Deutschland ist dies ein Viertel. Vor allem in den Fertigungsberufen und Fertigungstechnischen Berufen arbeiten anteilig mehr Beschäftigte als in Berlin, aber weniger als in Gesamtdeutschland. Berufe im Bereich Verkehr- und Logistik, Bau- und Ausbaugewerbe und Land- und Forstwirtschaft prägen die Berufsstruktur in Brandenburg stärker als in Berlin und Deutschland.

6 Automatisierungspotenziale der Arbeitsplätze nach betrieblichen Anforderungsniveaus

Wie in Abschnitt 5 dargestellt, unterscheiden sich die technischen Ersetzungspotenziale für die Beschäftigten in den Berufssegmenten. Maßgeblich ist hierfür der jeweilige Anteil von Routinetätigkeiten. Inwieweit berufliche Tätigkeiten in programmierbare oder maschinenlesbare Regeln transformiert werden können, hängt auch vom Komplexitätsgrad der Berufe ab. Die unterschiedlichen betrieblichen Anforderungsniveaus werden üblicherweise nach beruflichen Bildungsabschlüssen differenziert (Paulus/Matthes 2013):

- Helfer: keine berufliche Ausbildung oder eine einjährige Ausbildung
- Fachkräfte: eine mindestens zweijährige Berufsausbildung oder einen berufsqualifizierenden Abschluss einer Berufsfach- oder Kollegschule
- Spezialisten: Meister- oder Techniker Ausbildung bzw. weiterführender Fachschul- oder Bachelorabschluss
- Experten: ein mindestens vierjähriges abgeschlossenes Hochschulstudium.

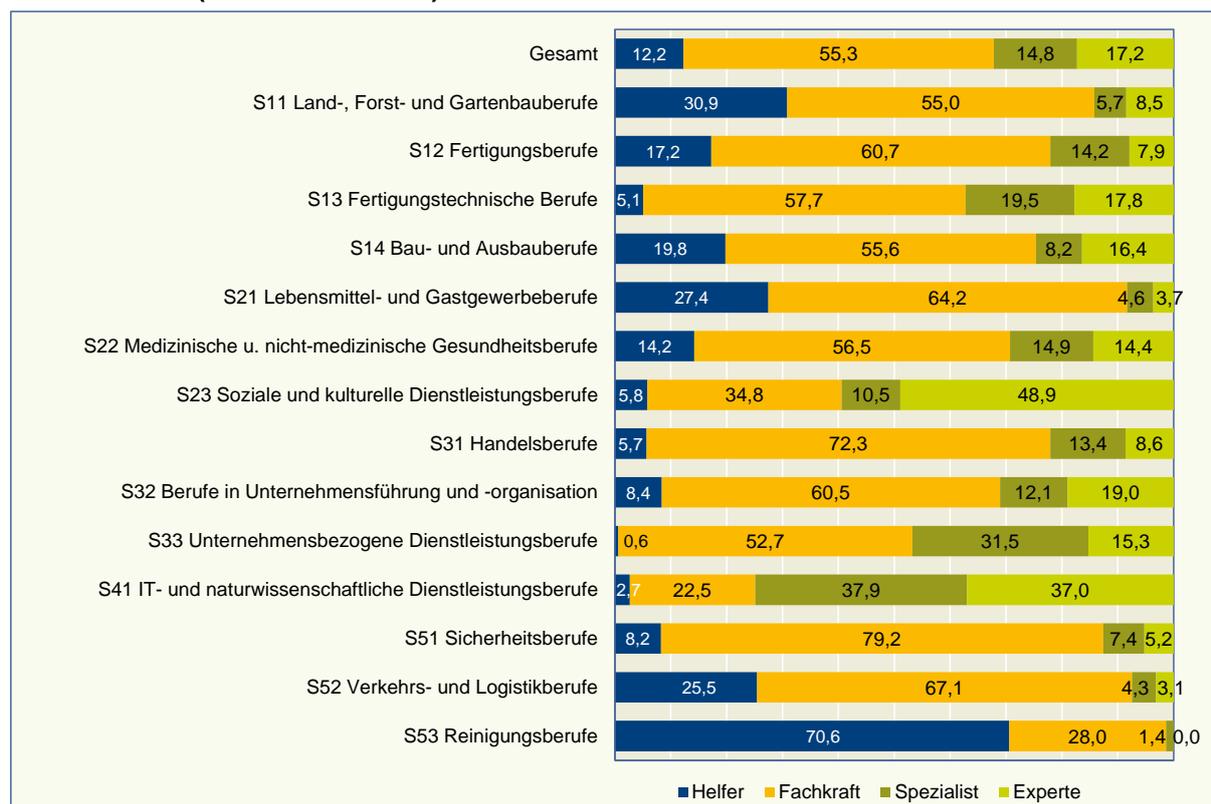
⁷ Quellen: Statistisches Ämter der Länder, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder, Reihe 1, Länderergebnisse Band 2, Berechnungsstand: November 2016.

Im Folgenden wird zunächst das Anforderungsprofil der Beschäftigten in den einzelnen Berufssegmenten in Berlin und Brandenburg untersucht. Im nächsten Schritt werden einerseits die durchschnittlichen Automatisierungspotenziale der Beschäftigten und andererseits die Anteile hochgradig gefährdeter Berufe nach dem betrieblichen Anforderungsniveau in den beiden Bundesländern analysiert. Zudem stellen wir regionale Disparitäten in den qualifikationsbezogenen Automatisierungspotenzialen innerhalb Brandenburgs dar.

6.1 Anforderungsniveaus in den Berufssegmenten

Ein wesentlicher Arbeitsmarkttrend ist die Höherqualifizierung der Beschäftigten, die sich im Zuwachs der Arbeitsplätze mit hohen Qualifikationsanforderungen und einem Rückgang von solchen ohne spezifische Anforderungen zeigt. 2015 sind in Berlin 12 Prozent (Abbildung 3) und in Brandenburg 15 Prozent der Arbeitnehmer als Helfer tätig (Abbildung 4). Gleichwohl bieten einige Wirtschaftszweige überdurchschnittlich viele Arbeitsplätze mit geringen Qualifikationsanforderungen. Rund zwei Drittel der Beschäftigten in den Reinigungsberufen sind Personen ohne berufliche Ausbildung. In den landwirtschaftlichen Berufen, die in Brandenburg in einigen Regionen häufig ausgeübt werden, ist es rund ein Drittel.

Abbildung 3: Beschäftigte nach Berufssegmenten und ihrem Anforderungsniveau in Berlin (Anteile in Prozent)



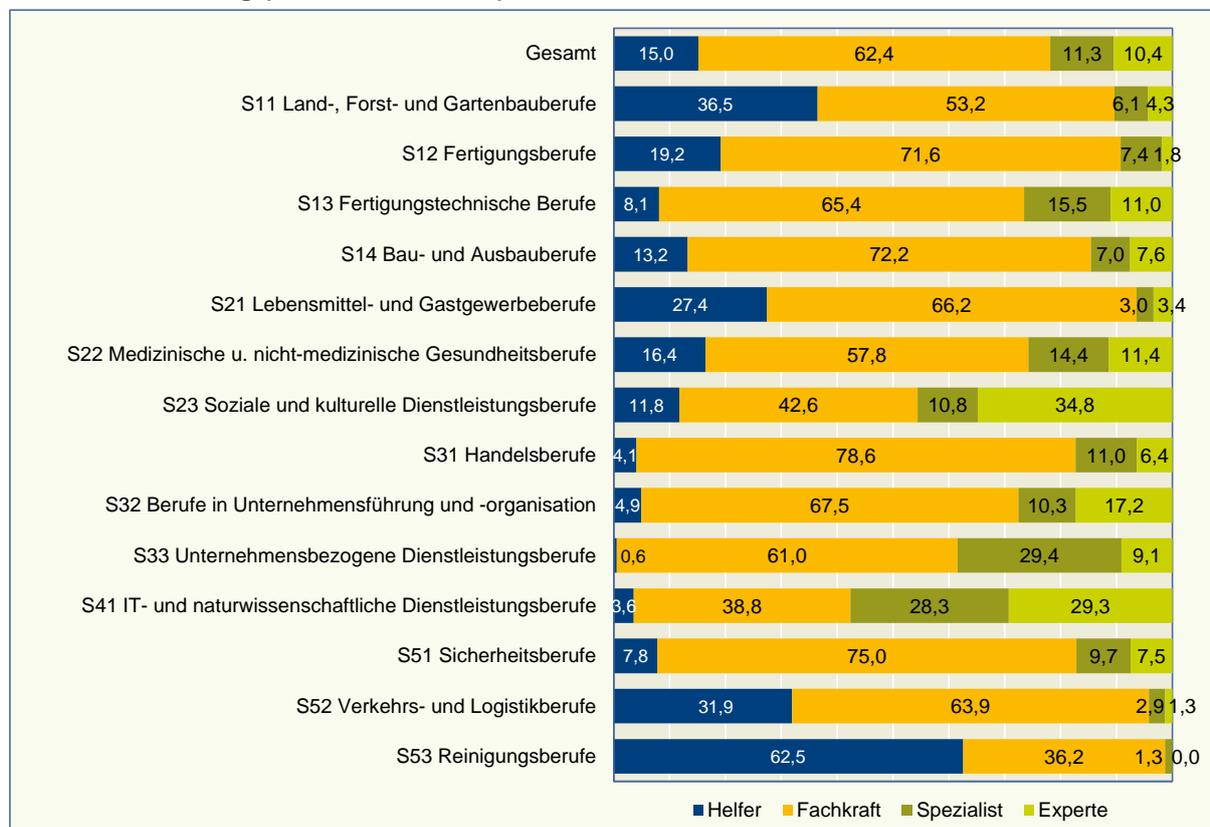
Anm.: Stichtag sozialversicherungspflichtig Beschäftigte: 30.06.2015.

Quelle: Beschäftigungsstatistik der Bundesagentur für Arbeit; eigene Berechnungen.

In den meisten Berufssegmenten dominiert die mittlere Qualifikationsebene der Fachkräfte. Ausnahmen bilden Berufssegmente mit hoch komplexen Anforderungen wie IT- und naturwissenschaftliche Berufe, in denen Spezialisten und Experten z. B. in Berlin fast drei Viertel der Beschäftigten umfassen. Hohe Qualifikationsanforderungen und besondere Kompetenzen in

Bezug auf Interaktion und Kreativität erfordern soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe. Der Anteil der Experten liegt in der Hauptstadt in diesen Berufen bei fast der Hälfte, in Brandenburg bei einem Drittel.

Abbildung 4: Beschäftigte nach Berufssegmenten und ihrem Anforderungsniveau in Brandenburg (Anteile in Prozent)



Anm.: Stichtag sozialversicherungspflichtig Beschäftigte: 30.06.2015.

Quelle: Beschäftigungsstatistik der Bundesagentur für Arbeit; eigene Berechnungen.

Nach den unterschiedlichen Qualifikationsanforderungen in den Berufssegmenten werden im nächsten Abschnitt die technischen Ersetzungspotenziale differenziert nach dem betrieblichen Anforderungsniveau zunächst auf Landesebene untersucht.

6.2 Durchschnittliche Automatisierungspotenziale nach Anforderungsniveaus

Dengler/Matthes (2015a) haben bei der Abschätzung der Substitutionspotenziale auf Berufsebene auch das jeweilige Anforderungsniveau berücksichtigt. Durch Aggregation dieser Befunde errechnet sich bei Tätigkeiten in Helferberufen ein durchschnittlicher Anteil von rund 45 Prozent, der schon heute potenziell durch Computer bzw. maschinell erledigt werden kann (Tabelle 3). Fachkraftberufe unterscheiden sich von diesen kaum, obwohl sie höhere Anforderungen an die Arbeitnehmer stellen. In Berlin fällt das Automatisierungspotenzial in den Helferberufen mit gut 35 Prozent und in den Fachkraftberufen mit knapp 40 Prozent geringer aus als im Bund. Allerdings sind Fachkräfte dort wie auch im Bund etwas stärker als Helfer von der Digitalisierung bedroht. In Brandenburg dagegen liegt das Ersetzungspotenzial der Helferberufe etwas höher als dasjenige der Fachkräfte.

Tatsächlich können in manchen Berufen Tätigkeiten, die von Fachkräften erledigt werden, leichter automatisiert werden als Helfertätigkeiten (Dengler/Matthes 2015a). Helfer übernehmen häufig manuelle Tätigkeiten, die nur schwer in programmierbare Algorithmen übersetzt werden können. Ein Beispiel sind die Küchenhilfen im Gastronomiegewerbe. Bei den Fachkräften sind einerseits Produktionsberufe potenziell stark betroffen, andererseits aber auch Büroberufe mit hohem Routineanteil. Das technologische Ersetzungspotenzial in den Spezialistenberufen unterscheidet sich regional nur wenig und liegt insgesamt bei knapp einem Drittel. Noch geringer sind die Möglichkeiten der Automatisierung in den Expertenberufen mit knapp 20 Prozent in Deutschland. In Berlin und Brandenburg liegen die Automatisierungspotenziale in den Expertenberufen nochmals etwas niedriger.

Tabelle 3: Durchschnittliches Automatisierungspotenzial der Beschäftigten nach Anforderungsniveau in den Kreisen Berlin-Brandenburgs und Deutschland (Anteile in Prozent)

	Helfer	Fachkraft	Spezialist	Experte
Deutschland	45,5	44,7	32,8	18,8
Berlin	35,4	39,4	29,3	16,0
Brandenburg	41,1	40,2	31,4	16,9
Brandenburg an der Havel	41,1	40,4	31,1	14,7
Cottbus	27,7	39,3	28,7	15,2
Frankfurt/Oder	31,9	38,2	26,0	14,1
Potsdam	40,2	37,8	28,7	13,1
Barnim	39,7	37,1	29,5	14,8
Dahme-Spreewald	42,2	39,0	33,8	18,4
Elbe-Elster	42,2	42,5	31,7	18,6
Havelland	47,7	43,6	29,9	17,1
Märkisch-Oderland	37,1	38,7	30,9	15,8
Oberhavel	38,7	39,9	31,8	18,8
Oberspreewald-Lausitz	44,0	41,6	35,4	22,3
Oder-Spree	38,3	42,1	32,2	17,4
Ostprignitz-Ruppin	40,5	39,8	30,8	14,6
Potsdam-Mittelmark	39,3	38,6	30,6	17,8
Prignitz	40,6	41,6	32,8	17,3
Spree-Neiße	45,0	42,2	35,4	22,5
Teltow-Fläming	52,1	43,6	36,3	23,8
Uckermark	40,4	40,6	32,3	17,4

Anm.: Automatisierungspotenzial = Anteil der Tätigkeiten, die schon heute potenziell von Computern oder computergesteuerten Maschinen erledigt werden könnten. Stichtag sozialversicherungspflichtig Beschäftigte: 30.06.2015; Datenstand Automatisierungspotenzial: Februar 2016.

Quelle: BERUFENET (2013); Beschäftigungsstatistik der Bundesagentur für Arbeit; eigene Berechnungen.

Die Ersetzungspotenziale nach Anforderungsniveaus der Beschäftigten sind in den Kreisen Brandenburgs uneinheitlich (vgl. Tabelle 3). Während sich die durchschnittlichen Potenziale bei den Fachkräften kaum unterscheiden, liegen die regionalen Differenzen bei den komplexeren Tätigkeiten der Spezialisten- und der Expertenberufe etwas höher. In den Helferberufen sind die regionalen Unterschiede am stärksten ausgeprägt. So liegen die durchschnittlichen

Automatisierungspotenziale der Geringqualifizierten in den Landkreisen Teltow-Fläming, Havelland, Spree-Neiße und Oberspreewald-Lausitz bei rund 50 Prozent, in den kreisfreien Städten Cottbus und Frankfurt/Oder dagegen bei rund 30 Prozent. Eine Ursache ist z. B. in Teltow-Fläming, dass dort in Logistikberufen fast die Hälfte der Tätigkeiten durch Helfer erledigt wird. In Spree-Neiße ist die Rohstoffgewinnung (Braunkohle) zu nennen, in der Helfer einem überdurchschnittlichen Ersetzungspotenzial ausgesetzt sind.

In Kreisen, in denen das Verarbeitende Gewerbe ein höheres Gewicht hat, sind Helfer tendenziell stärker gefährdet, während in Regionen, in denen die Dienstleistungen besonders dominieren, Helfer überwiegend weniger substituierbare Tätigkeiten ausüben. Im industriellen Kernbereich, den Fertigungstechnischen Berufen, ist der Anteil von Einfacharbeitsplätzen im Havelland (13,6 Prozent) und in Teltow-Fläming mit rund jedem zehnten Beschäftigungsverhältnis überdurchschnittlich hoch. Dagegen sind sie in Oberspreewald-Lausitz (2,1 Prozent) und Spree-Neiße (5,7 Prozent) deutlich unterrepräsentiert. Gleichwohl kann es sein, dass Helfer in einzelnen Branchen wie z. B. in der Kunststoff- und Holzindustrie im Landkreis Oberspreewald-Lausitz besonders stark automatisierungsgefährdet sind.

Ein für Städte ungewöhnlich hohes technisches Ersetzungspotenzial haben die Helfer in der Landeshauptstadt Potsdam (40 Prozent). Dort ist der Anteil der Helfertätigkeiten in den sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen (Logistik) höher als landesweit. Zudem ist hier das technische Ersetzungspotenzial der Helfer in den Bauberufen sowie Verkaufsberufen höher als in anderen Regionen Brandenburgs.

6.3 Potenziell stark gefährdete Berufe nach Anforderungsniveau

Nach dem durchschnittlichen Automatisierungspotenzial wird die Bedeutung potenziell stark gefährdeter Berufe (zu über 70 Prozent) nach Anforderungsniveau untersucht. Danach üben rund acht Prozent der Helfer in Berlin Tätigkeiten mit hoher Automatisierungswahrscheinlichkeit aus. Der Anteil liegt damit um über 12 Prozentpunkte unter dem Bundesdurchschnitt (ca. 21 Prozent) (vgl. Tabelle 4). Ursache ist, dass in Berlin Helfer seltener im Fertigungsbereich mit hohem Automatisierungspotenzial, sondern im Dienstleistungssektor tätig sind, in dem die menschliche Arbeitskraft derzeit kaum durch Computer oder computergesteuerte Maschinen ersetzt werden kann. In Brandenburg sind rund 13 Prozent der Helfer stark gefährdet und damit relativ weniger als im Bund.

Auch für Fachkräfte besteht mit knapp zehn Prozent in Berlin und gut 13 Prozent in Brandenburg ein geringeres Potenzial, durch Computer ersetzt zu werden, als im Bundesdurchschnitt (rund 17 Prozent). Diese Differenz erklärt sich in Berlin ebenfalls aus der hohen Bedeutung von Dienstleistungstätigkeiten mit geringem Routineanteil auf Fachkräfteebene. Erst ab dem Niveau der Spezialisten gleichen sich die Anteile im Bund und in Brandenburg an. In Berlin ist das Ersetzungspotenzial auch auf dieser Qualifikationsebene nennenswert geringer. Für die Experten kann in allen betrachteten Regionen konstatiert werden, dass sie gegenwärtig kaum von Computern ersetzt werden können.

Die hohen Automatisierungspotenziale differenziert nach Anforderungsniveaus der Beschäftigten unterscheiden sich ebenfalls innerhalb der Regionen Brandenburgs.⁸ So ist im Anforderungsniveau der Helfer die Bandbreite des hohen Ersetzungspotenzials mit 21,1 Prozent am höchsten (5,4 Prozent in Potsdam bis 26,5 Prozent in Spree-Neiße). Überdurchschnittlich gefährdet sind Helfer außerdem in den Landkreisen Oberspreewald-Lausitz, Uckermark, Elbe-Elster, Teltow-Fläming, Ostprignitz-Ruppin und Oder-Spree. Die Automatisierungspotenziale der Helferberufe in den Oberzentren liegen hingegen erheblich unter dem Landesdurchschnitt mit Ausnahme von Brandenburg/Havel (18,4 Prozent) (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Automatisierungspotenzial (> 70 Prozent) der Beschäftigten nach Anforderungsniveau in den Kreisen Berlin-Brandenburgs und Deutschland (Anteile in Prozent)

	Hohe Betroffenheit (über 70 %)				
	Helfer	Fachkraft	Spezialist	Experte	Gesamt
Deutschland	20,6	16,9	13,0	0,1	14,9
Berlin	7,5	9,9	11,1	0,0	8,1
Brandenburg	13,2	13,4	14,1	0,1	12,1
Brandenburg an der Havel	18,4	15,6	12,1	0,0	14,2
Cottbus	5,6	11,0	13,8	0,0	9,2
Frankfurt/Oder	7,9	9,7	9,3	0,0	8,5
Potsdam	5,4	6,6	9,5	0,0	5,5
Barnim	15,3	10,2	15,2	0,0	10,3
Dahme-Spreewald	10,2	11,2	15,9	0,0	10,4
Elbe-Elster	18,6	15,9	15,6	0,0	15,0
Havelland	10,7	17,0	13,2	0,0	14,1
Märkisch-Oderland	6,8	10,9	14,9	0,0	9,7
Oberhavel	13,6	13,5	15,5	0,0	12,5
Oberspreewald-Lausitz	20,8	16,4	15,9	0,0	15,2
Oder-Spree	17,1	16,9	14,0	0,0	15,3
Ostprignitz-Ruppin	18,0	13,1	15,2	0,0	13,2
Potsdam-Mittelmark	5,7	12,3	14,7	0,0	10,3
Prignitz	11,1	15,5	14,8	0,0	13,6
Spree-Neiße	26,5	18,0	16,2	0,0	17,5
Teltow-Fläming	16,0	17,7	18,0	0,0	15,6
Uckermark	19,7	15,5	15,8	0,0	14,9

Anm.: Automatisierungspotenzial = Anteil der Tätigkeiten, die schon heute potenziell von Computern oder computergesteuerten Maschinen erledigt werden könnten. Stichtag sozialversicherungspflichtig Beschäftigte: 30.06.2015; Datenstand Automatisierungspotenzial: Februar 2016.

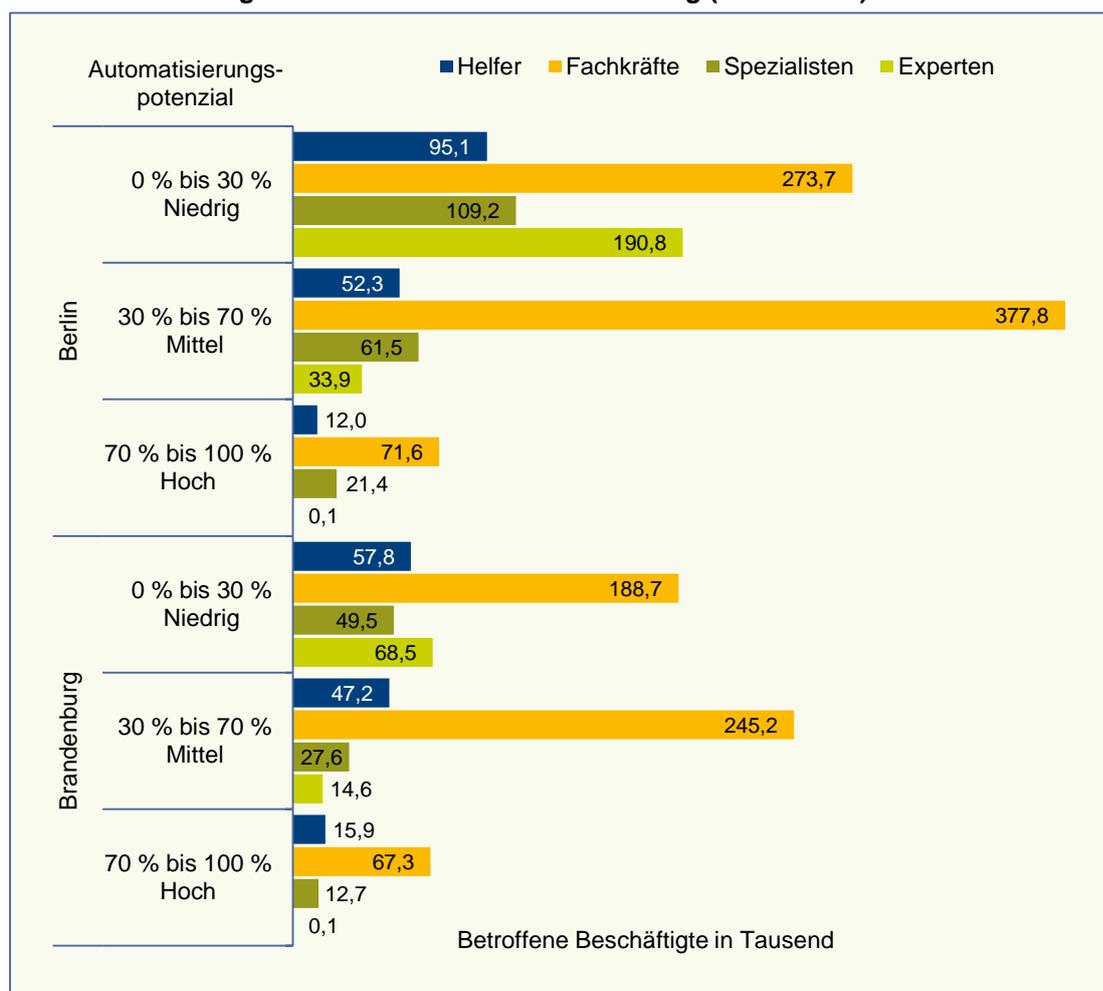
Quelle: BERUFENET (2013); Beschäftigungsstatistik der Bundesagentur für Arbeit; eigene Berechnungen.

Deutlich geringer ist die regionale Spannweite der Automatisierungspotenziale unter den Fachkräften. Sie liegt zwischen 6,6 Prozent in der Landeshauptstadt Potsdam und 18,0 Prozent in Spree-Neiße (vgl. Tabelle 4). Fachkräfte in den Landkreisen Havelland, Prignitz und Teltow-Fläming sind potenziell stärker betroffen. Dies gilt auch für die Spezialisten, wobei hier

⁸ Dies ist auf die unterschiedliche Berufsstruktur innerhalb des Anforderungsniveaus zwischen Land und den Kreisen zurückzuführen.

die Potenziale auf etwas höherem Niveau angesiedelt sind. Den niedrigsten Anteil durch Computer ersetzbarer Spezialistentätigkeiten weisen auch hier die Oberzentren Potsdam und Frankfurt/Oder auf (9,3 Prozent bzw. 9,5 Prozent). Im industriell geprägten Kreis Teltow-Fläming sind dagegen Spezialisten am stärksten gefährdet. Erwartungsgemäß sind in allen Regionen Brandenburgs Experten am wenigsten von der Digitalisierung betroffen.

Abbildung 5: Automatisierungspotenziale der Beschäftigten nach Risikoklassen und Anforderungsniveau in Berlin und Brandenburg (in Tausend)



Anm.: Automatisierungspotenzial = Anteil der Tätigkeiten, die schon heute potenziell von Computern oder computergesteuerten Maschinen erledigt werden könnten. Stichtag sozialversicherungspflichtig Beschäftigte: 30.06.2015; Datenstand Automatisierungspotenzial: Februar 2016.

Quelle: BERUFENET (2013); Beschäftigungsstatistik der Bundesagentur für Arbeit; eigene Berechnungen.

Während der Anteil der Beschäftigten mit hohen Automatisierungspotenzialen im Bund mit steigendem Qualifikationsniveau merklich sinkt, nimmt dieser in Berlin in den Qualifikationsstufen bis zu den Spezialisten sogar zu (Abbildung 5). In Brandenburg sind die Unterschiede zwischen den Helfern, Fachkräften und Spezialisten dagegen vergleichsweise gering. Für die Spezialisten werden die technischen Möglichkeiten sogar leicht höher als für die Helfer und Fachkräfte eingeschätzt.

Die größte Gruppe der Beschäftigten, deren Tätigkeiten von Computern oder computergesteuerten Maschinen erledigt werden könnten, sind Fachkräfte (Abbildung 5). Die Zahl der Fachkräfte mit hohem technischen Ersetzungspotenzial (> 70 Prozent) übersteigt in Berlin mit rund 71.600 die Zahl der Helfer (12.000) deutlich. Die Spezialisten stellen mit rund 21.000 die zweitgrößte Gruppe. In Brandenburg zeigt sich ein ähnliches Bild. Auch hier stellen die Fachkräfte mit 67.300 die größte Gruppe dar, danach folgen die Helfer (15.900) und mit wenig Abstand die Spezialisten (12.700). Experten dagegen sind bundesweit und in den betrachteten Ländern kaum gefährdet.

Abschließend soll in diesem Abschnitt ein Blick auf die unterschiedlichen beruflichen Automatisierungspotenziale von Männern und Frauen geworfen werden, die aufgrund der erheblichen beruflichen Segregation der Geschlechter entstehen. Nach einem aktuellen Bericht von Dengler/Matthes (2016) sind bundesweit etwa 21 Prozent der Männer und nur ca. 8 Prozent der Frauen in einem Beruf mit einem hohem technischen Ersetzungspotenzial beschäftigt. Auf der anderen Seite arbeiten ca. 36 Prozent der Männer und ca. 46 Prozent der Frauen in einem Beruf mit einem niedrigen Substituierbarkeitspotenzial von höchstens 30 Prozent.

Die Ersetzungspotenziale unterscheiden sich für die Geschlechter deutlich nach dem Anforderungsniveau der Berufe. Für berufstätige Männer wird im Vergleich zu Frauen über alle Anforderungsniveaus hinweg ein höheres Substituierbarkeitspotenzial errechnet. Insbesondere in den Helferberufen liegt das technische Ersetzungspotenzial für Männer deutlich über dem der Frauen. Zudem differieren die Automatisierungspotenziale für Frauen und Männer erheblich nach Berufssegmenten. Die größten Differenzen bestehen im Berufssegment Unternehmensführung und -organisation, in dem Frauen stärker als Männer potenziell gefährdet sind. Dies ist darauf zurück zu führen, dass Frauen überproportional häufig in kaufmännischen Berufen auf Fachkräfteebene mit einem mittleren bis hohem Ersetzungspotenzial tätig sind, während Männer im kaufmännischen Berufen häufiger in Führungspositionen beschäftigt sind (Dengler/Matthes 2016).

7 Technische Ersetzungspotenziale von Berufen nach Kreisen in Brandenburg

Wie bei der vorhergehenden Betrachtung nach Bundesländern deutlich wurde, hängt das technische Ersetzungspotenzial, gemessen am Anteil hoch gefährdeter Berufe in einer Region, vom Gewicht des industriellen Sektors ab. Auch im Land Brandenburg bestimmen die an einzelnen Standorten konzentrierten Industrien das regionale Muster der Automatisierungspotenziale von Beschäftigten. Gleichzeitig prägen sie die Wirtschaftskraft der Regionen, die im Rahmen von Clustern bzw. regionalen Wachstumskernen auf die Beschäftigung in nichtindustriellen Bereichen ausstrahlen. Aus diesem Grund werden zunächst die regionalen Disparitäten in der Wirtschaftskraft im Land Brandenburg dargestellt, da sie erheblichen Einfluss auf die technischen Ersetzungspotenziale in der Beschäftigung nehmen.

Ein weiterer Faktor sind die regional unterschiedlichen Automatisierungspotenziale innerhalb der Berufssegmente, die sich aus einer unterschiedlichen Lokalisierung von Berufsuntergruppen in den Kreisen erklärt. Schließlich werden die räumlichen Muster in den Ersetzungspotenzialen der Beschäftigten in den Kreisen Brandenburgs näher untersucht.

7.1 Wirtschaftliche Disparitäten im Land Brandenburg

In Brandenburg variiert die Wirtschaftsleistung zwischen den Kreisen erheblich. Gemessen am Indikator „Bruttowertschöpfung pro Erwerbstätigen“ ist vor allem ein Rückstand der kreisfreien Städte (Oberzentren) in der wirtschaftlichen Leistungskraft gegenüber den Landkreisen erkennbar (vgl. Tabelle 5). Die kreisfreien Städte Frankfurt/Oder und Cottbus erreichen z. B. nur zwei Drittel der Erwerbstätigenproduktivität von den Landkreisen Spree-Neiße oder Dahme-Spreewald. Damit korrespondiert auch ihr geringer Anteil an Beschäftigten in den fertigungs- und fertigungstechnischen Berufen. Gleichzeitig fungieren die Oberzentren als regionale Arbeitsmarktzentren und stellen „Einrichtungen zur Deckung des spezialisierten höheren Bedarfs für einen größeren Verflechtungsbereich bereit“.⁹

Tabelle 5: Bruttowertschöpfung in jeweiligen Preisen je Erwerbstätigen in den Kreisen Berlin-Brandenburgs und Deutschland (2008 und 2014, in Euro)

	2008	2014	2008–2014 in %	Abweichung zu BR 2014 (BR = 100 %)
Berlin	54.284	58.518	7,8	
Brandenburg (BR)	46.365	51.878	11,9	100,0
kreisfreie Städte	41.948	48.205	14,9	92,9
Landkreise	47.732	52.945	10,9	102,1
Brandenburg an der Havel	42.484	47.720	12,3	92,0
Cottbus	38.623	44.569	15,4	85,9
Frankfurt/Oder	43.939	45.039	2,5	86,8
Potsdam	43.072	51.599	19,8	99,5
Barnim	39.951	46.741	17,0	90,1
Dahme-Spreewald	62.297	65.442	5,0	126,1
Elbe-Elster	40.793	45.515	11,6	87,7
Havelland	40.460	42.396	4,8	81,7
Märkisch-Oderland	44.903	47.016	4,7	90,6
Oberhavel	56.060	60.338	7,6	116,3
Oberspreewald-Lausitz	44.615	47.046	5,4	90,7
Oder-Spree	45.118	50.342	11,6	97,0
Ostprignitz-Ruppin	39.265	43.866	11,7	84,6
Potsdam-Mittelmark	43.340	48.272	11,4	93,0
Prignitz	40.123	46.068	14,8	88,8
Spree-Neiße	71.402	80.325	12,5	154,8
Teltow-Fläming	47.558	61.965	30,3	119,4
Uckermark	49.114	51.242	4,3	98,8
Deutschland	56.409	61.426	8,9	
Ostdeutschland	45.626	51.042	11,9	
Westdeutschland	58.838	63.713	8,3	

Quelle: Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2016.

⁹ Landesentwicklungsplan Brandenburg LEP I - Zentralörtliche Gliederung, Teil II, Absatz 3.

Die unterschiedliche Wirtschaftskraft in den Kreisen hängt neben siedlungsstrukturellen Faktoren vor allem von den Ansiedlungsentscheidungen industrieller Großunternehmen ab. Zudem spielt die Kapitalintensität des betreffenden Wirtschaftszweigs eine Rolle. Dies trifft insbesondere für industrielle Standorte zu, wie z. B. Schwedt mit der Mineralölwirtschaft/Papierindustrie in der Uckermark (Bogai/Wiethölter 2010) zu, aber auch für die Energiewirtschaft im Süden Brandenburgs (z. B. in Spree-Neiße und Oberspreewald-Lausitz). Im Landkreis Spree-Neiße ist nach wie vor der Braunkohletagebau Leitbranche. So erreicht der Kreis beim Indikator Bruttowertschöpfung mit 154,8 Prozent (2014) den mit Abstand höchsten Anteil an der durchschnittlichen Bruttowertschöpfung im Land Brandenburg.

7.2 Regionale Ersetzungspotenziale in einzelnen Berufssegmenten

Der Blick auf die Landkreise und kreisfreien Städte verdeutlicht die regionalen Disparitäten der Beschäftigten mit potenziell starker Ersetzbarkeit (Karte 2 und Tabelle A 2 im Anhang). Der ausgeprägte Stadt-Land-Unterschied ist vor allem auf weniger industrielle Fertigung in den Städten zurückzuführen. Dagegen führt in einigen Flächenkreisen die vorherrschende Industriestruktur zu höheren Rationalisierungsrisiken für die Beschäftigten.

Allerdings variieren die Automatisierungspotenziale in den Fertigungsberufen in Brandenburg zwischen 59,2 Prozent in Frankfurt/Oder und 76,4 Prozent im Landkreis Oder-Spree (vgl. Brandenburg insgesamt 71,1 Prozent) beträchtlich. Etwas geringer fällt die Spanne bei den Fertigungstechnischen Berufen aus. Das niedrigste technische Ersetzungspotenzial besteht in diesen Berufen mit 62,8 Prozent in Oberspreewald-Lausitz gegenüber 70 Prozent in Frankfurt/Oder. Diese Disparitäten kommen einerseits durch unterschiedliche Gewichte der jeweiligen Berufshauptgruppen (vgl. Tabelle A 2 im Anhang) in den Regionen zustande. Zum anderen trägt ein räumlich unterschiedlicher Qualifikationsmix (Struktur der Anforderungsniveaus) der Beschäftigten dazu bei.

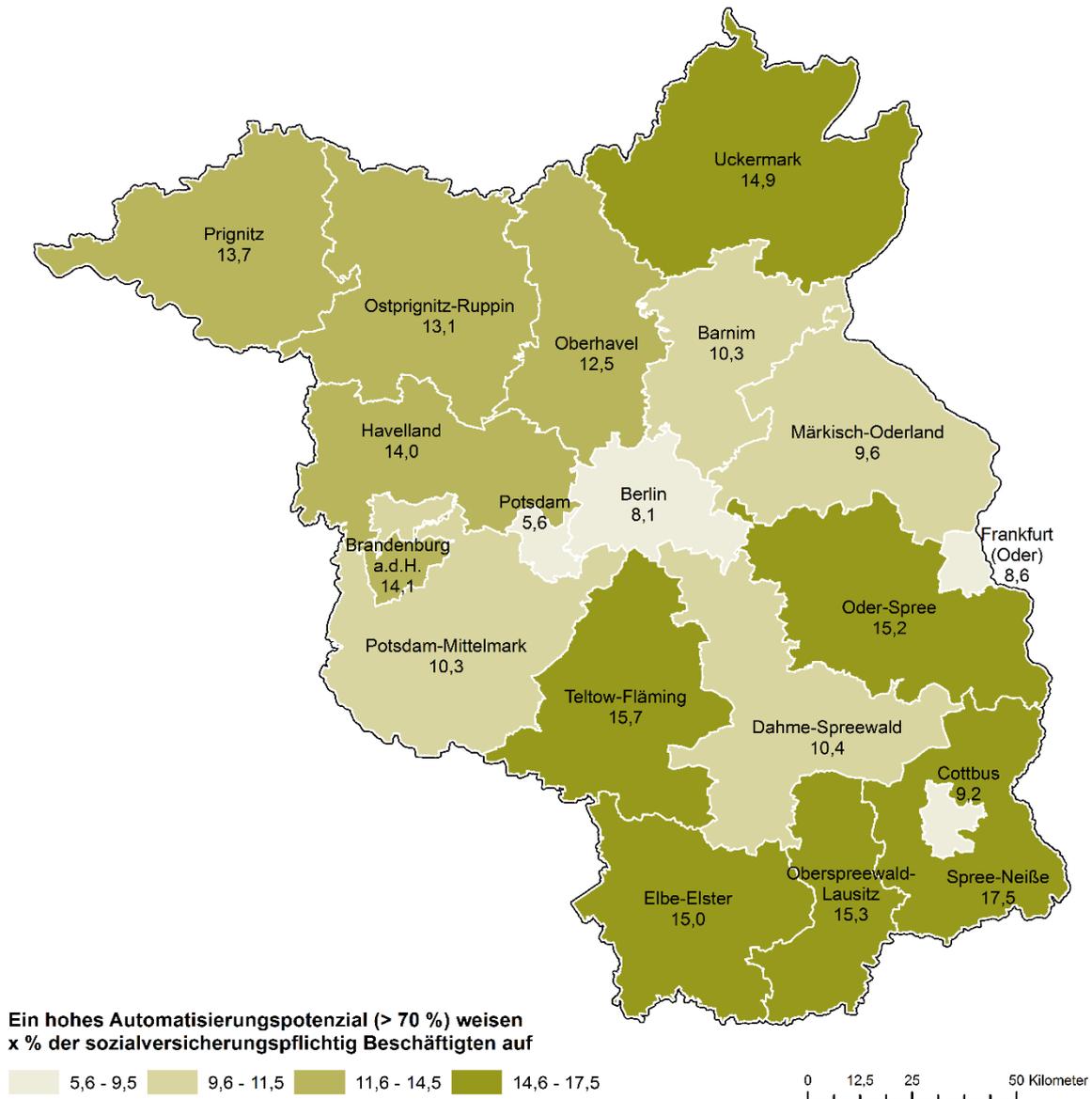
Besonders auffällig sind die räumlichen Unterschiede in den Ersetzungspotenzialen in den IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen. In Potsdam beträgt das Ersetzungspotenzial in diesen Berufen 31,1 Prozent. Dieses liegt somit um 15,8 Prozentpunkte niedriger als in Brandenburg insgesamt (46,9 Prozent). In der Uckermark hingegen ist es mit 78,8 Prozent um gut 31,9 Prozentpunkte höher als im Landesdurchschnitt. Aber auch in den Kreisen Spree-Neiße (62,7 Prozent) und Havelland (68,0 Prozent) sind die Berufe stärker potenziell automatisierbar. Das geringere Automatisierungspotenzial der IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufe in den städtischen Zentren Brandenburgs könnte darauf zurückzuführen sein, dass sich dort wissensintensivere Dienstleistungen angesiedelt haben, die überdurchschnittlich viele Hochqualifizierte, also Spezialisten und Experten beschäftigen. Deren Aufgaben können theoretisch weniger durch Computer und Maschinen übernommen werden, als im Fall von Helfern und Fachkräften.

7.3 Regionale Ersetzungspotenziale der Beschäftigten nach Kreisen

Die regionalen Automatisierungspotenziale der Beschäftigten lassen im Land Brandenburg im Wesentlichen ein dreiteiliges regionales Muster erkennen. Im Süden sind die Ersetzungspotenziale in den Flächenkreisen deutlich höher, im Norden Brandenburgs überwiegend etwas höher als im Landesdurchschnitt. In der Hälfte der Umlandkreise Berlins und der Mehrzahl der kreisfreien Städte sind die Automatisierungspotenziale geringer als im Landesmittel (vgl.

Karte 2). Insgesamt liegen sieben von siebzehn Kreisen unter dem Landesschnitt (12,1 Prozent) und elf unter dem Bundesdurchschnitt (14,9 Prozent).

Karte 2: Automatisierungspotenzial (> 70 Prozent) der Beschäftigten in den Kreisen Berlin-Brandenburgs (Anteile in Prozent)



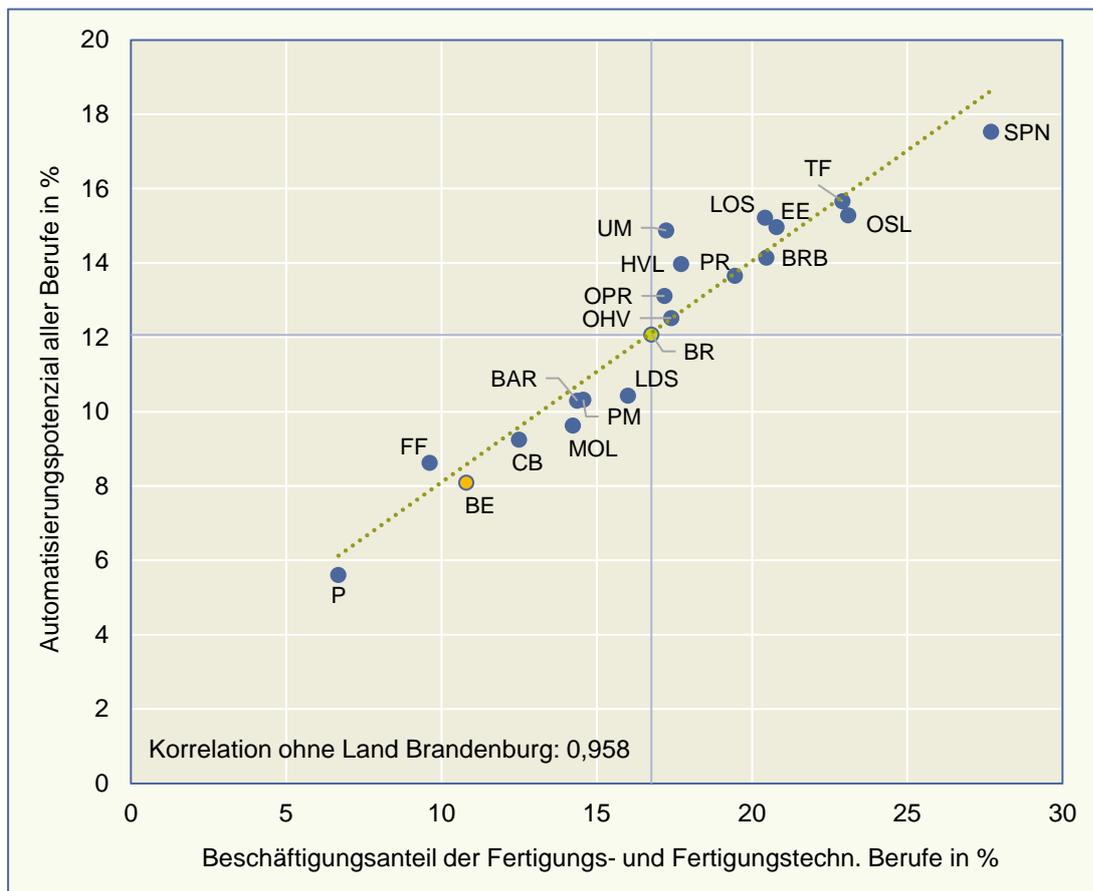
Anm.: Automatisierungspotenzial = Anteil der Tätigkeiten, die schon heute potenziell von Computern oder computergesteuerten Maschinen erledigt werden könnten. Stichtag sozialversicherungspflichtig Beschäftigte: 30.06.2015; Datenstand Automatisierungspotenzial: Februar 2016.

Quelle: BERUFENET (2013); Beschäftigungsstatistik der Bundesagentur für Arbeit; eigene Berechnungen.

Das technische Ersetzungspotenzial von Berufen korreliert in den Kreisen stark mit dem jeweiligen Beschäftigtenanteil in den Fertigungsberufen bzw. Fertigungstechnischen Berufen. Abbildung 6 verdeutlicht den engen Zusammenhang der beiden Faktoren: je höher (niedriger) der Anteil in den Fertigungsberufen bzw. Fertigungstechnischen Berufen an der Gesamtbeschäftigung ist, desto höher (niedriger) fällt auch der Anteil hochgradig maschinell ersetzbarer Berufe aus. Nahezu uneingeschränkt gültig ist dieser Zusammenhang für Kreise, die auf oder

nah an der Trendlinie liegen, z. B. Teltow-Fläming bzw. Oberspreewald-Lausitz. In einigen Kreisen ist der Zusammenhang zwischen der Bedeutung der Fertigungsberufen bzw. Fertigungstechnischen Berufen und den Substitutionspotenzialen etwas weniger ausgeprägt (z. B. in der Uckermark).

Abbildung 6: Beschäftigte in Fertigungs- und Fertigungstechnischen Berufen und hohes Automatisierungspotenzial aller Berufe nach Kreisen Berlin-Brandenburgs (Anteile in Prozent)



Legende: BE = Berlin, BR = Brandenburg, BRB = Brandenburg/Havel, CB = Cottbus, FF = Frankfurt/Oder, P = Potsdam, BAR = Barnim, LDS = Dahme-Spreewald, EE = Elbe-Elster, HVL = Havelland, MOL = Märkisch-Oderland, OHV = Oberhavel, OSL = Oberspreewald-Lausitz, LOS = Oder-Spree, OPR = Ostprignitz-Ruppin, PM = Potsdam-Mittelmark, PR = Prignitz, SPN = Spree-Neiße, TF = Teltow-Fläming, UM = Uckermark.

Anm.: Automatisierungspotenzial = Anteil der Tätigkeiten, die schon heute potenziell von Computern oder computergesteuerten Maschinen erledigt werden könnten. Stichtag sozialversicherungspflichtig Beschäftigte: 30.06.2015; Datenstand Automatisierungspotenzial: Februar 2016.

Quelle: BERUFENET (2013); Beschäftigungsstatistik der Bundesagentur für Arbeit (Stand: 30.06.2015); eigene Berechnungen.

Vor allem in den Städten üben die Beschäftigten zahlreiche Dienstleistungsberufe mit geringem Automatisierungspotenzial aus. Dies sind vor allem Berufe der Unternehmensführung und -organisation, unternehmensbezogene Dienstleistungsberufe sowie medizinische und nicht-medizinische Berufe. In den brandenburgischen Oberzentren Potsdam, Frankfurt/Oder und Cottbus ist mit Ausnahme von Brandenburg/Havel das Ersetzungspotenzial der Beschäf-

tigten landesweit am geringsten. Insbesondere in der Landeshauptstadt Potsdam arbeiten lediglich 5,6 Prozent in hochgefährdeten Berufen. Dies ist das geringste Risiko aller Kreise in Deutschland.

Potsdam ist bevorzugter Standort der Landesverwaltung, der Medien- und IT-Wirtschaft sowie der Tourismuswirtschaft. Weitere wirtschaftliche Schwerpunkte bilden wirtschaftliche, wissenschaftliche und technische Dienstleistungen, das Gesundheits- und Sozialwesen sowie Bildung, Erziehung und Unterricht. Aufgrund der diversifizierten Forschungsinfrastruktur haben sich Unternehmen mit hoher Forschungsnähe in der Landeshauptstadt angesiedelt. Dies spiegelt sich in einer höheren Bedeutung von unternehmensbezogenen sowie IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen wider. Zudem ist aufgrund des hohen Qualifikationsniveaus das technische Ersetzungspotenzial in beiden Berufssegmenten geringer einzustufen als landesweit. Besonders wenige Routineaufgaben werden in den IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen (insbesondere von Mathematikern, Biologen, Chemikern, Physikern) ausgeübt, was in einem geringen Ersetzungspotenzial von 31,1 Prozent im Vergleich zu Brandenburg insgesamt (46,9 Prozent) zum Ausdruck kommt (vgl. Tabelle A 2 im Anhang). Beschäftigte in der Unternehmensführung und -organisation sind in Potsdam von größerer Bedeutung als in anderen brandenburgischen Städten. Darüber hinaus prägen soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe, in denen das Ersetzungspotenzial unter zehn Prozent liegt, die Beschäftigungsstruktur stärker als in den anderen Oberzentren Brandenburgs. Kultureinrichtungen mit überregionaler Bedeutung sowie die Weltkulturerbestätten mit internationaler Anziehungskraft sind Alleinstellungsmerkmale des Potsdamer Tourismusgewerbes. Zudem liegt das Qualifikationsniveau in den sozialen und kulturellen Dienstleistungsberufen hier vergleichsweise hoch. Der Anteil Hochqualifizierter liegt bei 54,4 Prozent im Vergleich zu 41,4 Prozent in den übrigen Oberzentren.

Auch in den kreisfreien Städten **Frankfurt/Oder** und Cottbus sind die Ersetzungspotenziale der Beschäftigten durch die Digitalisierung aufgrund wenig industrieller Produktion unterdurchschnittlich. In der Oderstadt werden die unternehmensbezogenen Dienstleistungsberufe fast doppelt so häufig wie im Landesmittel und damit am häufigsten unter den brandenburgischen Oberzentren ausgeübt. Gleichzeitig ist der Routineanteil der Tätigkeiten in diesem Berufssegment relativ gering. Die Bedeutung der IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufe (insbesondere Mathematik, Biologie, Chemie, Physikberufe) entspricht dem Landesschnitt, ihr technisches Ersetzungspotenzial ist aber niedriger als sonst in Brandenburg. Beschäftigte mit Bau- und Ausbauberufen erreichen zwar nicht die gleiche Bedeutung wie in den anderen Oberzentren. Allerdings unterliegen sie mit fast 40 Prozent einem höheren Ersetzungspotenzial als sonst im Land (Tabelle A 2).

Die kreisfreie Stadt **Cottbus** ist mit dem umliegenden Lausitzer Braunkohlerevier Teil der „Energierregion“ Brandenburgs. In Cottbus, das vom Landkreis Spree-Neiße umschlossen wird und das Zentrum der Lausitz bildet, werden unternehmensbezogene Dienstleistungen für die Region erbracht. Die Bedeutung dieses Berufssegments ist zwar im Städtevergleich unauffällig, aber deutlich höher als in Brandenburg insgesamt. In Cottbus sind u. a. eine Reihe von Unternehmen ansässig, welche die Verwaltung von Tagebauen und Kraftwerken in Ostdeutschland steuern. Das technologische Ersetzungspotenzial von Beschäftigten fällt in die-

sem Segment etwas geringer aus als im landesweiten Durchschnitt. IT- und naturwissenschaftliche Dienstleistungsberufe werden in Cottbus anteilig wie im Landesmittel ausgeübt. Aufgrund des deutlich höheren Akademikeranteils der Naturwissenschaftler sind Routineaufgaben in diesem Berufssegment vergleichsweise gering vertreten. Wie in den anderen Oberzentren, trägt auch eine vergleichsweise hohe Bedeutung der Gesundheitsberufe zum niedrigen Automatisierungspotenzial der Beschäftigten insgesamt bei.

Brandenburg/Havel weist von den kreisfreien Städten mit 14,1 Prozent den höchsten Anteil potenziell hochgradig automatisierbarer Beschäftigungsverhältnisse auf. Dies ist bemerkenswert, da Beschäftigte in Städten aufgrund ihrer Dienstleistungstätigkeiten im Allgemeinen wenig von der Digitalisierung betroffen sind. Brandenburg/Havel verfügt jedoch über eine lange Industrietradition. Bis heute wird die Industrie vor allem von der Bahntechnik, dem Maschinenbau und der Herstellung von Druckmaschinen geprägt. Die Stadt gehört nach wie vor zu den wichtigsten industriellen Regionen im Land Brandenburg. Aus diesem Grund bilden vor allem Fertigungsberufe in der Metallbearbeitung sowie Fertigungstechnische Berufe (Maschinenbau, Betriebstechnik) mit landesweit hoher maschineller Ersetzbarkeit Schwerpunkte in der Havelstadt. Während in den anderen Oberzentren die naturwissenschaftlichen Berufe (vor allem Mathematik, Biologie, Chemie, Physikberufe) kaum digitalisiert werden können, ist dies in Brandenburg/Havel in höherem Maße der Fall. Die klassischen Funktionen eines Oberzentrums, die sich in einer Spezialisierung auf medizinische und nicht-medizinische Gesundheitsberufe und unternehmensbezogene Dienstleistungen niederschlagen, wirken dem in Brandenburg/Havel entgegen. In beiden Segmenten ist das Potenzial der Digitalisierung gering einzustufen.

In den Flächenkreisen im Südosten Brandenburgs konzentrieren sich Regionen mit überdurchschnittlichen Automatisierungspotenzialen der beruflichen Tätigkeiten. Die Wirtschaftsstruktur des Landkreises **Spree-Neiße** ist traditionell durch die Braunkohle- und Energiewirtschaft mit aktiven Braunkohlentagebauen und zwei modernen Kraftwerken (Schwarze Pumpe, Kraftwerk Jämschwalde) gekennzeichnet.¹⁰ In Spree-Neiße haben 17,5 Prozent der Beschäftigten ein hohes Ersetzungspotenzial, dies ist der landesweit höchste Wert. Ebenfalls am höchsten ist dort das Potenzial der Helfer, durch Maschinen ersetzt zu werden. Neben der Energiewirtschaft zählen auch die Kunststoff- und Chemieindustrie, Metallbau, Maschinenbau und Betriebstechnik sowie die Ernährungswirtschaft zu den regionalen Leitbranchen. In Spree-Neiße liegt damit eine „Mehrfachbelastung“ vor, da mit stark überdurchschnittlichen Beschäftigungsanteilen in den Fertigungs- und Fertigungstechnischen Berufen gleich zwei Berufssegmente hohe Ersetzungspotenziale aufweisen. In der Lebensmittelindustrie besteht ein leicht erhöhtes Automatisierungspotenzial. Positiv wirkt sich der höhere Beschäftigungsanteil in den Bau- und Ausbauberufen aus. Hier sind die Beschäftigten etwas weniger gefährdet als landesweit, durch Maschinen ersetzt zu werden.

In den Landkreisen Oberspreewald-Lausitz und Elbe-Elster spielt das Produzierende Gewerbe ebenfalls eine bedeutende Rolle. Die Wirtschafts- und Industriestruktur in **Oberspreewald-Lausitz** wird geprägt von den Sektoren Energie und Bergbau. Zudem ist auch die Kunststoff-

¹⁰ ZAB (2016): <https://www.zab-brandenburg.de/de/Standort-Brandenburg/Wirtschaftsregion/Energierregion-Lausitz/Spree-Nei%C3%9Fe> (abgerufen am 08.03.2017).

und Chemieindustrie, Maschinenbau, Energietechnik sowie Metallbau und technische Entwicklung von Bedeutung. Dementsprechend weisen sowohl Beschäftigte in den Fertigungs- als auch Fertigungstechnischen Berufen ein typischerweise hohes Automatisierungspotenzial auf. Allerdings ist das Qualifikationsniveau in den Produktionsberufen der Region sehr hoch, wodurch die Digitalisierungsrisiken abgemildert werden. Anders ist die Situation in den IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen, deren Beschäftigungsanteil etwas über dem Landesschnitt liegt. Ihr Rationalisierungspotenzial fällt aber mit 57,3 Prozent deutlich höher aus als landesweit (vgl. Tabelle A 2). In diesem Berufssegment sind weniger Hochqualifizierte (Experten und Spezialisten) als sonst in Brandenburg tätig, wodurch das etwas höher liegende Ersetzungspotenzial in diesem Segment erklärt werden könnte.

Im Landkreis **Elbe-Elster** im Süden Brandenburgs wird die Wirtschaftsstruktur vor allem durch das Verarbeitende Gewerbe (insbesondere die Metallindustrie), den Handel, die Landwirtschaft und die Lebensmittelindustrie bestimmt. Ursächlich für die überdurchschnittlichen Potenziale der Digitalisierung ist das hohe Beschäftigungsgewicht insbesondere in den Fertigungsberufen (vor allem Metallbearbeitung und Metallbau). Aber auch die Fertigungstechnischen Berufe (Maschinenbau, Energie- und Elektrotechnik) bilden einen Schwerpunkt. Zu deren hohen Ersetzungspotenzialen treten weitere Risiken hinzu: Der Beschäftigungsanteil in den Lebensmittel- und Gastgewerbeberufen (vor allem Lebensmittelherstellung) liegt zwar im Landesdurchschnitt. Ihr Ersetzungspotenzial ist aber deutlich höher als in den übrigen Regionen Brandenburgs. In diesem Segment ist vor allem das Substituierbarkeitspotenzial der Fachkräfte höher als landesweit. Darüber hinaus spielen in Elbe-Elster Beschäftigte im Handel und vor allem in den land- und forstwirtschaftlichen Berufen eine stärkere Rolle (vgl. Tabelle A 3). Deren vergleichsweise geringe Automatisierungsrisiken mildern dagegen die Effekte der stark betroffenen Berufssegmente.

Überdurchschnittlich fällt der Anteil hochgradig maschinell ersetzbarer Berufe ebenfalls im Landkreis **Oder-Spree** aus (15,2 Prozent). Dort werden häufig Fertigungsberufe in der Metall-erzeugung- und -bearbeitung ausgeübt. Gleichzeitig ist aber auch das Automatisierungspotenzial in diesem Segment nochmals um fünf Prozentpunkte höher als im Landesdurchschnitt. Insbesondere Fachkräfte in den Fertigungsberufen sind potenziell überdurchschnittlich betroffen. Vor allem Eisenhüttenstadt und Fürstenwalde prägen als Standorte der Stahl-, Maschinen- und Anlagenindustrie sowie der Chemie- und Papierindustrie den industriellen Charakter dieses Landkreises. Medizinische und nicht-medizinische Gesundheitsberufe schmälern aufgrund ihrer überdurchschnittlichen Bedeutung die Digitalisierungseffekte in der Region etwas, da die Ersetzungspotenziale in diesem Berufssegment unter 20 Prozent liegen.

In die Gruppe stärker von der Digitalisierung betroffener Kreise fällt auch der vorwiegend ländlich geprägte Landkreis **Uckermark** (14,9 Prozent). Neben der Landwirtschaft und damit verbunden der Ernährungswirtschaft bilden die Mineralöl- und Papierindustrie am Standort Schwedt weitere Schwerpunktbranchen. Fertigungsberufe, darunter vor allem solche in der Metallbearbeitung und dem Metallbau werden gleich häufig wie in Brandenburg insgesamt ausgeübt. Der Anteil von Arbeitsplätzen in den fertigungstechnischen Berufen (Maschinenbau, Energie- und Elektrotechnik) und in den IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen liegt sogar leicht über dem Landesdurchschnitt. Während die Automatisierungswahrscheinlichkeit in IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen landesweit knapp

47 Prozent beträgt, ist sie in der Uckermark fast 80 Prozent (vgl. Tabelle A 2). Dies deutet auf eine besonders gefährdete Berufe innerhalb dieses Segmentes hin (insbesondere naturwissenschaftliche Berufe), die in der Uckermark ein deutlich stärkeres Gewicht haben als in den anderen Landesteilen. Besonders auffällig ist der vergleichsweise niedrige Anteil der Hochqualifizierten (Experten und Spezialisten) in diesem Berufssegment von einem Viertel im Vergleich zu gut der Hälfte landesweit. Damit einhergehend sind die Fachkräfte in diesem Segment überdurchschnittlich stark vertreten. Zusammenhängend mit dem auffällig hohen Automatisierungspotenzial der dortigen Fachkräfte betrachtet, könnte somit der hohe Gesamtwert der Uckermark begründet sein.

Die Hälfte der Umlandkreise Berlins liegt im Vergleich potenziell hochgradig ersetzbarer Berufe unter dem Landesdurchschnitt. Ausnahmen bilden die stärker industriell geprägten Landkreise Oder-Spree, Havelland und Teltow-Fläming. Im Landkreis **Märkisch-Oderland** stellt die Digitalisierung für die wenigsten Beschäftigten eine Bedrohung dar (9,6 Prozent). Zudem fällt auf, dass die dort beschäftigten Helfer voraussichtlich in geringem Maße von der Automatisierung ihrer Aufgaben betroffen sind. In den überwiegend ländlich strukturierten Gebieten ist die Wirtschaft vor allem durch die Land- und Ernährungswirtschaft, die Baustoffindustrie, Tourismus sowie das Baugewerbe geprägt. Der Anteil der Beschäftigten insbesondere in den Fertigungsberufen (Metallindustrie) bleibt deutlich hinter dem Landesdurchschnitt zurück (vgl. Tabelle A 3). Sowohl der Anteil an Arbeitsplätzen in den Fertigungstechnischen Berufen (Maschinen- und Fahrzeugbau, Energie- und Elektrotechnik) als auch deren Substituierbarkeitspotenzial entspricht in etwa dem Landesdurchschnitt. Positiv wirkt zudem die überdurchschnittliche Bedeutung der Bau- und Ausbauberufe, deren Automatisierungswahrscheinlichkeit etwas niedriger als im Landesschnitt ausfällt.

Im nordöstlich an Berlin angrenzenden Landkreis **Barnim** sind 10,3 Prozent der Beschäftigten in Berufen mit einem hohen Automatisierungspotenzial tätig. Der Landkreis wird wirtschaftlich vor allem durch das Gesundheitswesen und das Baugewerbe geprägt. Aber auch Metallbearbeitung, Metallbau, Energietechnik, Maschinen- und Fahrzeugbau, Lebensmittelherstellung bilden Beschäftigungsschwerpunkte. Die unterdurchschnittlichen Beschäftigungsanteile in den Fertigungs- und Fertigungstechnischen Berufen und Berufssegmenten, in denen das Substituierbarkeitspotenzial zum Teil unter der 30 Prozent-Marke liegen, verringern die Automatisierungsrisiken der Beschäftigten. Dazu trägt auch eine vergleichsweise hohe Bedeutung der Gesundheitsberufe bei. Im Kreis befinden sich Einrichtungen der Gesundheitswirtschaft u. a. mit Spezialisierungen in den Bereichen Rehabilitation und Altenpflege.

Der Nachbarkreis **Oberhavel** liegt mit einem Anteil von 12,5 Prozent der Beschäftigten, die mit hoher Wahrscheinlichkeit durch Maschinen ersetzt werden können, im Landesdurchschnitt. Die Region ist traditionell industriell geprägt, insbesondere vom Schienenfahrzeugbau. Neben den klassischen Industrien (Metallbearbeitung, Metallbau) sind neue Bereiche, wie die Biotechnologie in Hennigsdorf entstanden. Der Anteil von Arbeitsplätzen in den fertigungstechnischen Berufen (Maschinen- und Fahrzeugbau, Energie- und Elektrotechnik, technische Entwicklung) und den IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen liegt aufgrund der industriellen Schwerpunkte leicht über dem Landesdurchschnitt. Auffällig höher ist das technische Ersetzungspotenzial in den IT- und naturwissenschaftliche Dienstleistungsberufen

(vgl. 54,2 Prozent zu 46,9 Prozent in Brandenburg), wozu der um 12 Prozentpunkte geringere Anteil Hochqualifizierter (Experten und Spezialisten) beiträgt.

In den Landkreisen Potsdam-Mittelmark (10,3 Prozent) und Dahme-Spreewald (10,4 Prozent) sind die Beschäftigten vergleichsweise wenig gefährdet, von der Technik ersetzt zu werden. Fertigungsberufe (darunter vor allem solche in der Metall- und Holzverarbeitung) liegen im Beschäftigungsanteil und Grad technischer Ersetzbarkeit unter dem Landesmittel. **Potsdam-Mittelmark** umschließt die kreisfreie Stadt Brandenburg/Havel und teilweise die Landeshauptstadt Potsdam. Die Wirtschaftsstruktur ist vorwiegend mittelständisch (Handwerk) und landwirtschaftlich geprägt (insbesondere Obst- und Spargelanbau). Zudem haben sich wissenschaftliche Einrichtungen (u. a. Fraunhofer-Institute) an einigen Standorten des Landkreises angesiedelt. Sowohl der Anteil an Arbeitsplätzen in den Fertigungstechnischen Berufen (Maschinen-, Fahrzeug- und Elektrotechnik) als auch deren Substituierbarkeitspotenzial entsprechen in etwa dem Landesdurchschnitt. Auch die Beschäftigung in den unternehmensbezogenen Dienstleistungsberufen und in den IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen liegt im Landesschnitt. Das technische Ersetzungspotenzial beider Berufssegmente ist aber hier geringer einzustufen, vor allem in den IT- und naturwissenschaftlichen Berufen. Dazu dürfte auch der hohe Anteil Hochqualifizierter (Experten und Spezialisten) von fast drei Vierteln beitragen. Gemessen am Land ist der Beschäftigungsanteil in den Lebensmittel- und Gastgewerbeberufen sowie in den land- und forstwirtschaftlichen Berufen höher bei eher geringem Substituierbarkeitspotenzial. Außerdem ist in Potsdam-Mittelmark das Potenzial der beschäftigten Helfer, durch Maschinen ersetzt zu werden, außerordentlich gering. Helfer in der Industrie arbeiten hier weniger in hochgefährdeten Berufen.

Die wirtschaftlichen Schwerpunktbranchen in **Dahme-Spreewald** liegen vor allem im Bereich Verkehr/Mobilität, Luft- und Raumfahrt und Logistik. Im Süden des Landkreises sind darüber hinaus das Ernährungsgewerbe und Tourismus von Bedeutung. Wichtigster Wirtschaftsfaktor ist der Hauptstadt-Airport Schönefeld, der mit Autobahn-, Schienen- und Wasserstraßenanbindung zur guten Verkehrsinfrastruktur der Wirtschaftsregion beiträgt. In den Verkehr- und Logistikberufen arbeiten allein rund 17 Prozent aller Beschäftigten. Dieses Segment ist durch ein mittleres Substituierbarkeitspotenzial gekennzeichnet (35,3 Prozent). Beschäftigte in den Fertigungsberufen, die sich vor allem auf die Holzindustrie und Metallbearbeitung konzentrieren, liegen hinsichtlich ihres Ersetzungspotenzials (62,9 Prozent) deutlich unter dem Landeswert (71,1 Prozent). In diesem Segment sind nur halb so viele Helfer beschäftigt wie landesweit. Die Fertigungstechnischen Berufe (Maschinen- und Fahrzeugbau) dagegen haben das gleiche Gewicht wie im Land, sind in dieser Region aber am stärksten gefährdet, automatisiert zu werden. In den IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen ist das Potenzial niedriger als im Landesschnitt (39,1 Prozent zu 46,9 Prozent). Der hohe Anteil Hochqualifizierter (Experten und Spezialisten) reduziert das technische Ersetzungspotenzial in diesem Berufssegment (74,9 Prozent zu 57,6 Prozent in Brandenburg). Der Süden des Landkreises ist traditionell vorwiegend landwirtschaftlich (Gemüseanbau) und die Holzindustrie geprägt. Außerdem spielt der Tourismus hier eine wichtige Rolle (u. a. Kur- und Erholungsort Lübben im Spreewald). Daher haben die Berufssegmente „Lebensmittel- und Gastgewerbe“ sowie „Land- und Forstwirtschaft“ mit jeweils mittlerem Automatisierungspotenzial höhere Beschäftigungsanteile als im Landesschnitt.

Der Landkreis **Teltow-Fläming** zählt zu den Regionen Ostdeutschlands mit hoher industrieller Wertschöpfung, aber auch hohen Automatisierungspotenzialen der Beschäftigten. Die Wirtschaftsstruktur wird vor allem durch das Verarbeitende Gewerbe (Metall-, Maschinen- und Fahrzeugbau, Luft- und Raumfahrtindustrie) und die Logistikbranche bestimmt. Aber auch Unternehmen der Biotechnologie (Luckenwalde) und der Lebensmittelindustrie haben hier ihren Standort. Fast ein Viertel aller Beschäftigten arbeitet in industriellen Berufen. Die ansässigen Industrieunternehmen bieten zahlreiche Arbeitsplätze in Fertigungstechnischen Berufen, also in Berufen mit hohem Automatisierungspotenzial. Hochqualifizierte Beschäftigte (Experten und Spezialisten) von fast einem Drittel in diesem Berufssegment dürften allerdings kaum von der Digitalisierung betroffen sein. Darüber hinaus hat sich die Region auf das Logistikgewerbe spezialisiert (u. a. Güterverteilungszentrum Berlin Süd in Großbeeren). Dementsprechend übt fast ein Fünftel der Beschäftigten Verkehr- und Logistikberufe aus. Allerdings sind diese Arbeitsplätze in der Region stärker als in Brandenburg gefährdet, durch computergesteuerte Maschinen ersetzt zu werden. Eine Ursache ist hier der hohe Anteil von Helfern (43,7 Prozent) in diesem Segment (Brandenburg 31,9 Prozent).

In den eher ländlich geprägten Landkreisen Ostprignitz-Ruppin (13,1 Prozent), Prignitz (13,7 Prozent) und Havelland (14,0 Prozent) ist der Anteil hochgradig maschinell ersetzbarer Berufe etwas höher als im Landesdurchschnitt. Die Wirtschaftsstruktur in der **Prignitz** und **Ostprignitz-Ruppin** umfasst vor allem Landwirtschaft (Lebensmittelindustrie), Tourismus und Gesundheitswirtschaft, aber auch das Verarbeitende Gewerbe (u. a. Metall- und Holzindustrie, Maschinen- und Fahrzeugbau, Kunststoffe, Chemie). Fertigungs- und Fertigungstechnische Berufe werden in der Prignitz etwas häufiger als im Landesschnitt ausgeübt, in der Ostprignitz sind es die Fertigungsberufe. Das technische Ersetzungspotenzial in den Industrieberufen entspricht in beiden Kreisen dem Landesniveau.

In der Prignitz arbeiten anteilig ähnlich viele Beschäftigte in IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen wie im Land. Allerdings schlägt in diesen Berufen die Digitalisierung stärker zu Buche, denn der Anteil von Routinetätigkeiten liegt bei 57,8 Prozent im Vergleich zu 46,9 Prozent in Brandenburg. Die betrieblichen Anforderungen der Berufe innerhalb dieses Berufssegmentes richten sich vor allen an Fachkräfte, während der Anteil Hochqualifizierter (Experten und Spezialisten) lediglich bei 31,1 Prozent liegt (Brandenburg 57,6 Prozent).

In beiden Landkreisen sind relativ viele Personen in land- und forstwirtschaftlichen Berufen sowie Lebensmittel- und Gastgewerbeberufen tätig. Letztere dürften vom Kultur- und Wassertourismus z. B. in der Ruppiner Seenlandschaft profitieren. In der Prignitz besteht in den Lebensmittel- und Gastgewerbeberufen ein höheres Automatisierungspotenzial als typischerweise. Ursache sind vor allem vergleichsweise viele Helfertätigkeiten in diesem Berufssegment. Positiv wirkt in beiden Kreisen der hohe Beschäftigtenanteil in den Gesundheitsberufen mit geringem Anteil von Routinetätigkeiten. In Ostprignitz-Ruppin sind die Ruppiner Kliniken sowie die medizinische Hochschule Brandenburg Theodor Fontane zu nennen, die einen Standort in Neuruppin hat. In der Prignitz bildet der Kurort Bad Wilsnack mit einer Kurklinik und einem Thermalbad ein Gesundheitszentrum. Das Substituierbarkeitspotenzial liegt in diesen Berufen landesweit sowie auch in den beiden Landkreisen bei nur knapp 20 Prozent (vgl. Tabelle A 2).

Im Landkreis **Havelland** liegt der Anteil der Beschäftigten, die in hohem Maße durch computergesteuerte Maschinen ersetzbar sein dürften, bei 14 Prozent. Landwirtschaft, Logistik, Handel, aber auch das Verarbeitende Gewerbe (Glasindustrie, Kunststoffverarbeitung, Metall-, Maschinen- und Fahrzeugbau) kennzeichnen die regionale Wirtschaftsstruktur. Fertigungsberufe werden etwas häufiger als in Brandenburg ausgeübt. Zudem ist in diesem Berufssegment die potenzielle technische Ersetzbarkeit mit 75,3 Prozent nochmals höher als im Landesschnitt (71,1 Prozent). Fertigungstechnische Berufe sowie deren Automatisierungspotenziale entsprechen dem Brandenburgischen Durchschnitt. Darüber hinaus bilden Beschäftigte in Verkehrs- und Logistikberufen (Güterverteilungszentrum Berlin West in Wustermark) und Handelsberufe Schwerpunkte. In den Verkehr- und Logistikberufen ist das technische Ersetzungspotenzial mit 43,6 Prozent größer als in den anderen Städten und Kreisen (34,2 Prozent), da in diesen Berufen Helfertätigkeiten stärker als landesweit tätig sind. Der Beschäftigtenanteil in den IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen liegt im Landesschnitt, diese weisen aber mit zwei Dritteln ebenfalls ein höheres Substituierbarkeitspotenzial auf (Brandenburg: 46,9 Prozent). Hierzu trägt besonders der hohe Anteil von Fachkräften bei, der das Potenzial der technischen Ersetzung erhöht.

8 Qualifizierung im Kontext der Digitalisierung

Nachdem untersucht wurde, wie groß die potenzielle Ersetzbarkeit in den Berufen durch die Digitalisierung der Arbeit ist, soll die zentrale Herausforderung der technologischen Änderungen in der Arbeitswelt erörtert werden, nämlich die Auswirkungen auf die Aus- und Weiterbildung. Die ökonomischen Potenziale der neuen Technologien können auf der einen Seite nur dann genutzt werden, wenn es „zu komplementären Investitionen in organisatorisches Kapital und in Qualifikation“ kommt (Poschmann 2015: 1). Auf der anderen Seite wird die Weiterbildung einen wesentlich höheren Stellenwert zum Schutz vor Arbeitslosigkeit erhalten als bisher. Hierzu ist ein neu strukturierter transparenter institutioneller Rahmen erforderlich, der den Zugang möglichst aller Erwerbspersonen sicherstellt.

Obwohl industrielle Berufe nach dieser Untersuchung hohen Automatisierungspotenzialen ausgesetzt sind, rechnen nach einer Studie der bayme und vbm (2016: 3) die befragten Unternehmen mehrheitlich damit, dass Facharbeiter mit gewerblich-technischen Berufen und darauf aufbauender Weiterbildung auch künftig gute Beschäftigungschancen haben, wenn sie in den zentralen Industrie 4.0 relevanten Schwerpunkten qualifiziert sind und die Prozessabläufe in ihrer Komplexität beherrschen.

Im Allgemeinen bietet die duale Berufsausbildung für die Gestaltung des digitalen Wandels und der Industrie 4.0 günstige Voraussetzungen, wenn es gelingt, die Ausbildung sowohl in den Berufsschulen als auch in den Unternehmen auf die Dynamik des technologischen Wandels einzustellen und zu synchronisieren (acatech 2016: 19). Dabei muss sichergestellt werden, dass Auszubildende neue, strategisch bedeutsame Technologien erlernen können. Berufsschulen sind stärker zu Lernorten auszubauen, die über die aktuellen Technologien verfügen (Bündnis Zukunft der Industrie 2016).

Die Aktualisierung der bestehenden Berufe hat die gemeinsame BMBF-BIBB-Initiative „Berufsausbildung 4.0“ als Umsetzung der „Digitalen Agenda“ im Bereich der dualen Ausbildung

zum Ziel. Untersucht werden Veränderungen in den Tätigkeitsstrukturen, um die Trends der Qualifikationsentwicklung zu identifizieren. Diese sollen mit den gegenwärtigen Aus- und Fortbildungsregelungen der anerkannten Ausbildungsberufe abgeglichen werden (BMBF-BIBB-Initiative 2016).

Der digitale Wandel verändert den Aufgabenmix innerhalb bestehender Berufsprofile und führt zu komplexeren Qualifikationsprofilen, für die digitale Zusatzqualifikationen in nahezu allen Branchen und Berufen notwendig werden. Sozial-kommunikative und interkulturelle Kompetenzen, systemisches und kreatives Denken, Abstraktionsfähigkeit und die Fähigkeit zur schnellen Informationsverarbeitung und Datenselektion bestimmen die künftige Beschäftigungsfähigkeit am Arbeitsmarkt (BMAS 2016a).

Bisher ist das deutsche Ausbildungssystem vor allem darauf ausgelegt, im ersten Lebensdrittel Berufskennnisse zu vermitteln, von denen im weiteren Berufsleben gezehrt wird (Elstner/Feld/Schmidt 2016: 7). Mit den weitreichenden Folgen und der enormen Geschwindigkeit der technologischen Entwicklung wird es für die Erwerbspersonen zunehmend notwendig, rasch durch verschiedene Arten des Wissenserwerbs die digitalen Kompetenzen zu erweitern. Dies wird eine stärkere Bedeutung der Weiterbildung hervorrufen, die schneller auf Veränderungen reagieren kann als die Erstausbildung.

Allerdings ist bisher die Weiterbildung in Deutschland im internationalen Vergleich nur durchschnittlich verbreitet und vor allem zwischen den Personengruppen stark segmentiert (Moraal/Schönfeld 2012). Unter den Erwerbstätigen nehmen an Weiterbildungsprogrammen am häufigsten und intensivsten diejenigen mit hohem Bildungsstand und sicheren Beschäftigungsverhältnissen teil. Über 50-Jährige, Geringqualifizierte, Personen mit Migrationshintergrund, Beschäftigte in kleinen Unternehmen sowie Zeitarbeiterinnen und Zeitarbeiter sind deutlich unterrepräsentiert. Die ständige Weiterqualifizierung ist für alle Erwerbspersonen zu verstärken, wobei die Beschäftigten zum Großteil (60 Prozent) eine Kompetenzerweiterung benötigen, während 15 Prozent eine Dequalifizierung an ihrem Arbeitsplatz infolge der Digitalisierung erleben (BMAS 2016b).

Neben einem verbesserten Zugang zu Weiterbildungsmaßnahmen gilt es, nicht formal und informell erworbene Kompetenzen in ein transparentes und qualitätsgesichertes Anerkennungssystem zu integrieren (Gaylor/Schöpf/Severing 2015). Während in den formalen Bildungsgängen in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte in Bezug auf Durchlässigkeit und Anerkennung von Bildungsmodulen für die Höherqualifizierung erzielt wurden, ist die Weiterbildungslandschaft äußerst heterogen und geprägt von unterschiedlichen Akteuren, Institutionen und Bildungstraditionen, was eine adressatengerechte Koordinierung der Planung und Durchführung von Weiterbildungen erheblich erschwert (BMAS 2016a).

Die Implementierung des lebenslangen Lernens zur Gewährleistung der Beschäftigungsfähigkeit im Lebensverlauf bedarf einer institutionellen Grundlage, die ein strukturiertes Weiterbildungssystem beinhaltet. Hierzu gehören zertifikatsgestützte Systematisierungen, wie sie bereits seit längerem diskutiert werden, um erweiterte Strategien zur Kompetenzentwicklung in das deutsche Berufsbildungssystem zu integrieren (vgl. Vespermann 2005). Zudem könnten auf diese Weise die Voraussetzungen für die arbeits- und mitbestimmungsrechtliche sowie förderungspolitische Einbettung von Weiterbildungsmaßnahmen und Programmen gestaltet

werden. Beispielgebend ist das Weiterbildungssystem im Bereich Informationstechnik, das als ein Referenzsystem die Anbindung an Erstausbildung bis zu hochschulischen Abschlüssen gewährleistet. So könnten ein modulares Weiterbildungssystem geschaffen werden, das zu Abschlüssen auf Bachelorebene führt.

Ein wesentlich höherer Stellenwert der Weiterbildung für alle Erwerbspersonen, die eine neue Institutionalisierung eines transparenten und für verschiedene Lernformen durchlässigen Systems erfordert, und eine Anpassung der bewährten dualen beruflichen Ausbildung an die technologischen Erfordernisse sind die zentralen arbeitsmarktpolitischen Aufgaben, die die Digitalisierung in den nächsten Jahren an die Arbeitsmarktakteure stellt. Wenn es gelingt, die Arbeitskräfte doppelt so schnell wie bisher für Tätigkeiten komplexer Analyse und sozialer sowie emotionaler Intelligenz fit zu machen, könnte sich laut einer Studie von accenture die Zahl der insgesamt durch Automatisierung und Digitalisierung bedrohten Arbeitsplätze hierzulande bis 2025 von fünfzehn auf zehn Prozent reduzieren (Shook/Knickrehm 2017).

9 Fazit und Ausblick

Diese Untersuchung konzentrierte sich auf die potenzielle Ersetzbarkeit von Berufen als Folge der Digitalisierung von Kernaufgaben in Berlin und Brandenburg. Hierbei bestehen zwischen den Berufssegmenten erhebliche Unterschiede. Hohe Ersetzungspotenziale von 70 Prozent und mehr weisen vor allem Fertigungs- und Fertigungstechnische Berufe und einige Dienstleistungsberufe auf, deren Tätigkeiten wie z. B. im Bereich des Rechnungswesens oder anderer digitalisierbarer Bürotätigkeiten größtenteils automatisierbar sind. Personenbezogene Dienstleistungsberufe wie Gesundheits- und soziale Berufe sowie kreative Berufe sind dagegen weniger oder gar nicht betroffen. Insgesamt zeigt sich, dass gut acht Prozent der Beschäftigten in Berlin bzw. 12 Prozent in Brandenburg in Berufen arbeiten, für die ein sehr hohes technisches Ersetzungspotenzial von über 70 Prozent errechnet wurde. Im bundesdeutschen Mittel sind rund 15 Prozent der Beschäftigten in solchen Berufen tätig.

In der Hauptstadt charakterisieren Dienstleistungsberufe mit sehr unterschiedlichen Ausrichtungen, die wenig automatisiert werden können, die Beschäftigungsstruktur. Produktionsberufe mit hohem Automatisierungspotenzial spielen in der Metropole eine untergeordnete Rolle. In Brandenburg sind, aufgrund der stärker auf das Verarbeitende Gewerbe ausgerichteten Wirtschaftsstruktur, Berufe mit hoher Automatisierungsneigung zwar stärker als in Berlin, aber weniger als im Bundesdurchschnitt vertreten.

Das Ersetzungspotenzial von Beschäftigten durch die digitale Technik lässt in Brandenburg ein dreiteiliges regionales Muster erkennen. In den peripheren Kreisen im Norden und vor allem im Süden übertreffen die Anteile potenziell hoch gefährdeter Berufe den Landesdurchschnitt. In den kreisfreien Städten und in der Hälfte der Umlandkreise Berlins ist das Ersetzungspotenzial der Beschäftigten überwiegend gering. Maßgebend für die räumlichen Unterschiede ist die Stärke des industriellen Sektors.

Helfer, deren Tätigkeiten in einigen Bereichen leichter automatisierbar sind, sind in Berlin im Vergleich zu Brandenburg und dem bundesweiten Durchschnitt weniger vertreten. Die errechneten Automatisierungspotenziale von Arbeitsplätzen mit Helferforderungen bleiben in der Hauptstadt auch deutlich hinter denen der Fachkräfte zurück, da sie wegen der spezifischen

Wirtschaftsstruktur seltener im Produktionsbereich und häufiger im Dienstleistungsbereich tätig sind. Weil Fachkräfte auch quantitativ die größte Berufsgruppe stellen – sie machen über die Hälfte der Beschäftigten in Berlin aus – ist die absolute Zahl der gefährdeten Beschäftigten in dieser Gruppe am höchsten.

Diese Analyse basiert auf den technischen Möglichkeiten der Gegenwart und lässt derzeit noch keine direkten Rückschlüsse auf die Anwendung von Automatisierungstechniken in den Betrieben zu. Bei der Implementierung spielen vor allem ökonomische Gründe eine Rolle, da teilweise hohe Investitionen erforderlich sind, die von den betrieblichen Gegebenheiten abhängen, um sich auszuzahlen. Dies erklärt möglicherweise den Digitalisierungsrückstand von kleinen und mittleren Unternehmen in der Industrie.¹¹ Dieser Einschränkung der tatsächlichen Automatisierung von Berufen stehen andererseits die künftigen technologischen Fortschritte entgegen, die derzeit noch nicht abgeschätzt werden können. Während die einen davon ausgehen, dass sich die Weltwirtschaft inmitten eines umfassenden Umbruchs befindet, wobei der Wandel vom unerschöpflich scheinenden Potenzial der Digitalisierung getragen wird und ein hohes Potenzial zur Steigerung der globalen Prosperität in sich birgt (Manyika et al. 2016), steht für andere mit Blick auf die bisher geringen Produktivitätswirkungen der Digitalisierung der Durchbruch zur vierten industriellen Revolution noch aus. Allgemeine Auffassung in der Politik ist, dass der digitale Wandel im Rahmen einer korporatistischen Verfassung der Wirtschaft zu gestalten ist. Dabei sei u. a. auf gute Arbeit, Gesundheitsschutz und Arbeitszeitsouveränität zu achten (BMAS 2016a).

Wie auch immer die Entwicklung voranschreitet, relativ sicher ist, dass die fortschreitende Digitalisierung für alle Wirtschaftsbereiche Anpassungsbedarf erzeugt und nahezu alle Berufe und Qualifikationsniveaus betrifft, aber mit deutlich unterschiedlicher Intensität. Die Digitalisierung wird sich nicht nur auf die Industrie beschränken, die mit der Automatisierung verbundenen Prozesse und Vernetzungen werden auch im Dienstleistungssektor voranschreiten. Deswegen Rückstand in der digitalen Transformation wird für das sogenannte Produktivitätsparadoxon verantwortlich gemacht, wonach sich die Verbreitung der Informations- und Kommunikationstechnologie zwar im industriellen Sektor, aber kaum in gesamtwirtschaftlichen Produktivitätsgewinnen niederschlägt (Elstner/Feld/Schmidt 2016). Ursachen liegen in der noch geringen Verbreitung von IKT im Dienstleistungssektor und zu geringen Investitionen in entsprechende Weiterbildungsmaßnahmen.

Während sich die vorliegende Untersuchung auf Ersetzungspotenziale von Berufen mit hohem Routineanteil bezieht, versucht die Studie von Frey/Osborne die Auswirkungen technologischer Innovationen insbesondere im Bereich von Nichttroutinetätigkeiten abzuschätzen. Auch wenn konkrete Vorhersagen nicht möglich sind, werden Fortschritte angesichts exponentiell

¹¹ Nach einer aktuellen Studie von acatech (2016) variiert der Stand der Digitalisierung von Kernkompetenzen zwischen den Unternehmen erheblich. Ein Großteil der deutschen Unternehmen weist einen mittleren Automatisierungsgrad bei Produktionsprozessen (Fertigung/Montage) einschließlich Logistik auf (54,2 Prozent). Vollautomatisiert ist der Produktionsprozess oder die Nutzung von cyber-physischen Systemen hingegen nur bei wenigen Unternehmen (9,7 Prozent). Der Automatisierungsgrad ist stark von der Unternehmensgröße abhängig: Im Vergleich zu großen Unternehmen haben deutlich weniger kleine und mittelständige Unternehmen (KMU) einen mittleren Automatisierungsgrad (68,5 Prozent bei Großunternehmen zu 48,4 Prozent bei mittelständischen Firmen). Demgegenüber ist der Anteil der rein maschinellen oder manuellen Produktion bei KMU mit 34,4 Prozent wesentlich höher als bei großen Betrieben mit 11,2 Prozent.

wachsender Rechnerkapazität und steigenden Anwendungsmöglichkeiten von künstlicher Intelligenz zunehmend wahrscheinlich und damit auch das Zerstörungspotenzial bestehender Arbeitsplätze durch technologische Innovationen. Andererseits wird der technische Fortschritt neue Arbeitsplätze schaffen. Die beschleunigte Digitalisierung löst vor allem in den Herstellerbranchen für digitale Technik und Dienste starke Beschäftigungsimpulse aus. Dazu gehören die klassischen Industriebranchen Maschinenbau, Fahrzeugbau und Elektronikindustrie, ebenso wie IT-Dienste, Unternehmensdienste sowie Forschung und Entwicklung. Eine beschleunigte Digitalisierung erhöht vor allem die Nachfrage nach IT-Berufen, Berufen der Unternehmensführung und -organisation sowie Berufen im Bereich Werbung und Marketing. Gleichzeitig steigt im Zuge von Industrie 4.0 der Bedarf an Mechatronikern sowie Maschinenbau- und Fahrzeugtechnikern. Im Zuge der Digitalisierung führen zudem Produkt-, Prozess- und Dienstleistungsinnovationen sowie ein Produktivitätswachstum zu Preissenkungen. Wenn diese eine steigende Nachfrage zur Folge haben, steigen Absatz und Beschäftigung bei den Herstellern (Möller 2015). Makroökonomische Studien, in denen die Arbeitsplatzverluste und -gewinne betrachtet werden, errechnen neutrale oder bei stärkerer Förderung (forcierte Digitalisierungsstrategie) sogar positive Gesamtbeschäftigungseffekte der fortschreitenden Digitalisierung (Weber 2015; Wolter et al. 2015; Vogler-Ludwig/Düll/Kriechel 2016).

Zentrales Mittel zur arbeitsmarktpolitischen Flankierung der digitalen Transformation sind deutlich verstärkte Aktivitäten zur Aus- und Weiterbildung aller Erwerbspersonen. Mehrheitlich wird davon ausgegangen, dass die Digitalisierung den Trend zur höheren Qualifikationsanforderungen verstärkt. Die ständige Weiterqualifizierung ist für alle Erwerbspersonen zentral, auch für geringqualifizierte Arbeitnehmer, da sie zum Großteil eine Kompetenzerweiterung benötigen, während 15 Prozent Tendenzen einer Dequalifizierung durch die Digitalisierung ihrer Arbeitsplätze erleben (BMAS 2016b). Dabei ist zu berücksichtigen, dass geringqualifizierte sich oft in hochverdichteten und getakteten Arbeitsabläufen befinden und über wenig Freiräume verfügen, um im Arbeitsalltag Weiterbildungsangebote annehmen zu können (BMAS 2016a).

Auch Berufe auf mittlerer Qualifikationsebene der Fachkräfte sind nach dieser Untersuchung potenziell von der Digitalisierung bedroht, vor allem im Verarbeitenden Gewerbe. Allerdings verfügen dual ausgebildete Fachkräfte typischerweise über Fähigkeiten, sich neue Kompetenzen, die die Digitalisierung künftig in gewerblich-technischen Berufen benötigen, anzueignen. Nachdem in industriellen Großunternehmen die Automatisierung weitgehend vollzogen wurde, dürften in kleinen und mittleren Unternehmen erhebliche Umstrukturierungen zu erwarten sein. Die geringere Anzahl von Arbeitsplätzen im Verarbeitenden Gewerbe wird mit höheren Anforderungen einhergehen. Damit kann die Digitalisierung den Engpässen von Fachkräften angesichts des demografischen Wandels entgegen wirken. Die hohen Automatisierungsgrade in wertschöpfungsstarken Branchen kennzeichnen häufig starke Wirtschaftsregionen, in denen Produktionsunternehmen und Dienstleister Cluster bilden. Dort können für gefährdete Beschäftigte berufliche Alternativen z. B. bei unternehmensnahen Dienstleistern bestehen.

Die Auswirkungen der Digitalisierung werden in den nächsten Jahren zu Arbeitsplatzverschiebungen zwischen einzelnen Branchen und Berufsfeldern führen. Die Bundesagentur für Arbeit (BA) hat die Bedeutung des digitalen Wandels für den Arbeitsmarkt in ihr Handlungspro-

gramm „BA 2020“ (BA 2015a) aufgenommen. Neben der klassischen Förderung der beruflichen Weiterbildung engagiert sich die BA im Rahmen einer präventiven Arbeitsmarktpolitik zunehmend in den Bereichen Arbeitsmarkt-, Qualifizierungs- und Weiterbildungsberatung für kleine und mittlere Unternehmen bzw. (geringqualifizierte) Beschäftigte. Mit dem Berufsentwicklungsnavigator (BEN) bietet die BA zudem eine nutzerfreundliche bundesweite Informationsplattform für Weiterbildungsinteressierte. Diese vernetzten Beratungs- und Informationsansätze werden vor dem Hintergrund der Arbeitswelt 4.0 weiter entwickelt und ggf. ausgebaut (BA 2015b).

Angesichts der hohen Geschwindigkeit der technischen Veränderungen kommt der Weiterbildung, wozu auch informelles Selbstlernen gehört, eine deutlich höhere Bedeutung als bisher zu. Gleichzeitig ermöglicht die Digitalisierung auch neue bzw. fortentwickelte Weiterbildungsformate wie z. B. integriertes Lernen. Bei der Investitionsförderung sollte die Qualifizierung von Beschäftigten Bestandteil der Förderung sein. Zu denken ist hier vorrangig an bisher unterrepräsentierte Gruppen unter den Arbeitnehmern und an kleine und mittlere Unternehmen.

Die Herausforderung der Digitalisierung könnte zur Chance werden, die bisher eher schleppe praktische Umsetzung der Forderung nach Lebenslangem Lernen zu forcieren. Dazu gehören gleiche Zugangschancen zu Weiterbildungsmaßnahmen. Wichtig ist die Information und Beratung in einem dynamischen Umfeld sich verändernder Anforderungen. So sollte ein flächendeckendes Netz unabhängiger und niedrighschwelliger Beratungsstützpunkte aufgebaut werden. Ein bundesweit gültiger institutioneller Rahmen sollte Qualitätsstandards durch eine Zertifizierung von Maßnahmen und von nicht formal sowie informell erworbenen Kompetenzen sichern (Gutschow 2010). Die verschiedenen Formen der Weiterbildung sollten einem Monitoring unterzogen und wissenschaftlich evaluiert werden, damit sie neben betrieblich-schulischer und hochschulischer Ausbildung zu einer gleichberechtigten Säule im deutschen Qualifikationssystem werden können.

Wenn es gelingt, einen institutionellen Rahmen für eine Weiterbildungsstrategie zu schaffen, die die bisherige Segmentierung in diesem Bereich überwindet, könnten die Anpassungen für die Beschäftigten, die mit den potenziell tiefgreifenden Umbrüchen verbunden sind, erleichtert werden. Angesichts der Unsicherheiten über die praktischen Anwendungspotenziale der Digitalisierung sind die Entwicklungen genau zu beobachten, um frühzeitig präventive Maßnahmen ergreifen zu können.

Literatur

acatech – Deutsche Akademie für Technikwissenschaften (2016): Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 – Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen. München.

Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (2016): Bruttoinlandsprodukt und Bruttowertschöpfung in den kreisfreien Städten und Landkreisen im Land Brandenburg 1992 und 1994 bis 2014. P I 5 – j / 14.

Autor, David H.; Levy, Frank; Murnane, Richard H. (2003): The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. In: The Quarterly Journal of Economics, Jg. 118, H. 4, November 2003, S. 1279–1334.

Autor, David H. (2013): The “Task Approach” to Labor Markets: An Overview. In: NBER Working Paper, No. 18711, Januar 2013. URL: <http://www.nber.org/papers/w18711>.

Autor, David H.; Dorn, David (2013): The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market. In: American Economic Review, Jg. 103, H. 5, S. 1553–1597.

Bayerischer Unternehmensverband Metall- und Elektro e.V. (bayme); Verband der Bayerischen Metall und Elektro-Industrie e. V. (vbm) (2016): Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E-Industrie. München.

BMBF-BIBB-Initiative (2016): Pilotinitiative Berufsbildung 4.0 gestartet. URL: <https://www.bibb.de/de/49603.php>.

Bogai, Dieter; Wiethölter, Doris (2009): Vergleichende Analyse von Länderarbeitsmärkten. Länderstudie Berlin. IAB-Regional Berlin-Brandenburg, 02/2009, Nürnberg.

Bogai, Dieter; Wiethölter, Doris (2010): Vergleichende Analyse von Länderarbeitsmärkten. Aktualisierte Länderstudie Brandenburg. IAB-Regional Berlin-Brandenburg, 01/2010, Nürnberg.

Bonin, Holger; Gregory, Terry; Zierahn, Ulrich (2015): Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland – Endbericht. In: ZEW, Kurzexpertise Nr.57, Mannheim.

Brynjolfsson, Erik; McAfee, Andrew (2012): Race Against The Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy. Digital Frontier Press.

Brzeski, Carsten; Burk, Inga (2015): Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt. ING-DiBa Economic Research, 30. April 2015.

Buch, Tanja; Dengler, Katharina; Matthes, Britta (2016): Relevanz der Digitalisierung für die Bundesländer: Saarland, Thüringen und Baden-Württemberg haben den größten Anpassungsbedarf. IAB-Kurzbericht, 14/2016, Nürnberg.

Bündnis Zukunft der Industrie (2016): Fachkräftebasis der Zukunft sichern: Anforderungen an Aus- und Weiterbildung. Handlungsempfehlungen der Arbeitsgruppe 3 „Zukunft der Arbeit in Industrie und industrienahen Dienstleistungen“, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

Bundesagentur für Arbeit (BA) (2015a): BA 2020 bringt weiter. Themenheft 3, Industrie 4.0/Arbeitswelt 4.0, Herausforderungen durch umfassende Digitalisierung. Nürnberg.

Bundesagentur für Arbeit (BA) (2015b): Weißbuch „Arbeiten 4.0“ – Antworten der BA auf die Herausforderungen der Digitalisierung. Nürnberg. URL: <https://www.arbeitenviernull.de/fileadmin/Futurale/Statements/PDFs/BA.pdf>.

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) (2016a): Weißbuch Arbeiten 4.0 – Arbeit weiter denken. Berlin.

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) (2016b): Monitor Digitalisierung am Arbeitsplatz – Aktuelle Ergebnisse einer Betriebs- und Beschäftigtenbefragung. Berlin.

Cisco (2011): Das Internet der Dinge – So verändert die nächste Dimension des Internet die Welt. Cisco Internet Business Solutions Group, Whitepaper.

Dengler, Katharina; Matthes, Britta (2016): Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitswelt: Substituierbarkeitspotenziale nach Geschlecht. IAB Aktuelle Berichte, 24/2016, Nürnberg. URL: http://doku.iab.de/aktuell/2016/aktueller_bericht_1624.pdf.

Dengler, Katharina; Matthes, Britta (2015a): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland. IAB-Forschungsbericht, 11/2015, Nürnberg. URL: <http://doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb1115.pdf>.

Dengler, Katharina; Matthes, Britta (2015b): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt: In kaum einem Beruf ist der Mensch vollständig ersetzbar. IAB-Kurzbericht, 24/2015, Nürnberg. URL: <http://doku.iab.de/kurzber/2015/kb2415.pdf>.

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. URL: http://doku.iab.de/fdz/reporte/2014/MR_12-14.pdf.

Eichhorst, Werner; Arni, Patrick; Buhlmann, Florian; Isphording, Ingo; Tobsch, Verena (2015): Wandel der Beschäftigung: Polarisierungstendenzen auf dem deutschen Arbeitsmarkt. IZA Research Report No. 68, November 2015.

Elstner, Steffen; Feld, Lars; Schmidt, Christoph M. (2016): Bedingt abwehrbereit: Deutschland im digitalen Wandel. Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Arbeitspapier 3/2016, Wiesbaden.

Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (2016): Gutachten 2016 – Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands. Berlin.

Gaylor, Claudia; Schöpf, Nicolas; Severing, Eckart (2015): Wenn aus Kompetenzen berufliche Chancen werden. Wie europäische Nachbarn informelles und non-formales Lernen anerkennen und nutzen. Bielefeld: Bertelsmann Stiftung.

Gutschow, Katrin (2010): Anerkennung von nicht formal und informell erworbenen Kompetenzen – Bericht an den Hauptausschuss. Wissenschaftliche Diskussionspapiere, Heft 118, Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB).

Institut für Innovation und Technik (2016): Foresight-Studie „Digitale Arbeitswelt“ für das Bundesministerium für Arbeit und Soziales. Institut für Innovation und Technik, Forschungsbericht 463, Berlin.

Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft (Forschungsunion); Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. (acatech) (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt a. Main.

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

Gabriel, Peter; Gaßner, Katrin; Lange, Sebastian (2010): Das Internet der Dinge – Basis für die IKT-Infrastruktur von morgen. Anwendungen, Akteure und politische Handlungsfelder. Berlin: Institut für Innovation und Technik.

Manyika, James; Lund, Susan; Bughin, Jacques; Woetzel, Jonathan; Stamenov, Kalin; Dhringra, Dhruv (2016): Digital globalization: The new era of global flows. McKinsey Global Institute.

Matthes, Britta; Meinken, Holger; Neuhauser, Petra (2015): Berufssektoren und Berufssegmente auf Grundlage der KIdB 2010. Methodenbericht der Statistik der BA, April 2015, Nürnberg. URL: <http://doku.iab.de/externe/2015/k150424301.pdf>.

Möller, Joachim (2015): Verheißung oder Bedrohung? Die Arbeitsmarktwirkungen einer vierten industriellen Revolution. IAB-Discussion Paper, 18/2015, Nürnberg. URL: <http://doku.iab.de/discussionpapers/2015/dp1815.pdf>.

Moraal, Dick; Schönfeld, Gudrun (2012): Berufliche Aus- und Weiterbildung in Unternehmen. In: WSI-Mitteilungen, 5/2012, S. 329–337.

OECD (2017): Survey of Adult Skills (PIAAC), Paris. URL: <http://www.oecd.org/skills/piaac/>.

Paulus, Wiebke; Matthes, Britta (2013): Klassifikation der Berufe. Struktur, Codierung und Umsteigeschlüssel. FDZ-Methodenreport, 08/2013, Nürnberg. URL: <http://www.iab.de/389/section.aspx/Publikation/k131014a03>.

Poschmann, Katharina (2015): Berufliche Weiterbildung im Zeitalter der Digitalisierung. DIW-Roundup, 84, Politik im Fokus. URL: https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.519856.de/diw_roundup_84_de.pdf.

Shook, Elynn; Knickrehm, Mark (2017): Harnessing Revolution: Creating the future workforce. Accenture Strategy.

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

Verband der Deutschen Ingenieure (VDI) (2013): Cyber Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation. VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA), Thesen und Handlungsfelder, Düsseldorf.

Vespermann, Per (2005): Die Bedeutung zertifikatsgestützter Systematisierungsstrategien in der beruflichen Weiterbildung für die Kompetenzentwicklung. In: Berufs- und Wirtschaftspädagogik online, Nr. 8. URL: http://www.bwpat.de/ausgabe8/vespermann_bwpat8.shtml.

Vogler-Ludwig, Kurt; Düll, Nicola; Kriechel, Ben (2016): Arbeitsmarkt 2030 – Wirtschaft und Arbeitsmarkt im digitalen Zeitalter Prognose 2016. Analyse der zukünftigen Arbeitskräftenachfrage und des -angebots in Deutschland auf Basis eines Rechenmodells. Im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales, München.

Wiethölter, Doris; Carstensen, Jeanette; Bogai, Dieter (2013): Die Gesundheitswirtschaft in Berlin-Brandenburg. IAB-Regional Berlin-Brandenburg, 01/2013, Nürnberg.

Wissenschaftlicher Dienst des deutschen Bundestages (WID) (2012): Aktueller Begriff Internet der Dinge. Deutscher Bundestag, WID, Nr. 19/12, Berlin.

Wolter, Marc Ingo; Mönnig, Anke; Hummel, Markus; Schneemann, Christian; Weber, Enzo; Zika, Gerd; Helmrich, Robert; Maier, Tobias; Neuber-Pohl, Caroline (2015): Industrie 4.0 und

die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft. Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. IAB-Forschungsbericht, 8/2015, Nürnberg.

Weber, Enzo (2015): Industrie 4.0 – Wirkungen auf Wirtschaft und Arbeitsmarkt. In: Wirtschaftsdienst, Jg. 95, H. 11, S. 722–723.

Anhang

Tabelle A 1: Berufssektoren, Berufssegmente und Berufshauptgruppen in der KIdB 2010

Berufssektor (Anzahl = 5)	Berufssegment (Anzahl = 14)	Berufshauptgruppe der KIdB 2010 (Anzahl = 37)
S1 Produktionsberufe	S11 Land-, Forst- und Gartenbauberufe	11 Land-, Tier-, Forstwirtschaftsberufe 12 Gartenbauberufe, Floristik
	S12 Fertigungsberufe	21 Rohstoffgewinn, Glas, Keramikverarbeitung 22 Kunststoff- u. Holzherst., -verarbeitung 23 Papier-, Druckberufe, technische Mediengestaltung 24 Metallerzeugung, -bearbeitung, Metallbau 28 Textil- und Lederberufe 93 Produktdesign, Kunsthandwerkli. Berufe
	S13 Fertigungstechnische Berufe	25 Maschinen- und Fahrzeugtechnikberufe 26 Mechatronik-, Energie- u. Elektroberufe 27 Techn. Entwicklungs-, Konstruktions-, Produktionssteuerungsberufe
	S14 Bau- und Ausbauberufe	31 Bauplanung, Architektur, Vermessungsberufe 32 Hoch- und Tiefbauberufe 33 (Innen-)Ausbauberufe 34 Gebäude- u. versorgungstechnische Berufe
S2 Personenbezogene Dienstleistungsberufe	S21 Lebensmittel- und Gastgewerbeberufe	29 Lebensmittelherstellung u. -verarbeitung 63 Tourismus-, Hotel- und Gaststättenberufe
	S22 Medizinische u. nicht-medizinische Gesundheitsberufe	81 Medizinische Gesundheitsberufe 82 Nichtmedizinische Gesundheits-, Körperpflege- und Wellnessberufe, Medizintechnik
	S23 Soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe*	83 Erziehung, soz., hauswirtschaftliche Berufe, Theologie 84 Lehrende und ausbildende Berufe 91 Geistes-, Gesellschafts-, Wirtschaftswissenschaftliche Berufe 94 Darstellende, unterhaltende Berufe
S3 Kaufmännische und unternehmensbezogene Dienstleistungsberufe	S31 Handelsberufe	61 Einkaufs-, Vertriebs- und Handelsberufe 62 Verkaufsberufe
	S32 Berufe in Unternehmensführung und -organisation	71 Berufe Unternehmensführung, -organisation
	S33 Unternehmensbezogene Dienstleistungsberufe	72 Berufe in Finanzdienstleistungen, Rechnungswesen, Steuerberatung 73 Berufe in Recht und Verwaltung 92 Werbung, Marketing, kaufmännische, redaktionelle Medienberufe
S4 IT- und naturwissenschaftliche Dienstleistungsberufe	S41 IT- und naturwissenschaftliche Dienstleistungsberufe	41 Mathematik-, Biologie-, Chemie-, Physikberufe 42 Geologie-, Geografie-, Umweltschutzberufe 43 Informatik- und andere IKT-Berufe
S5 Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungsberufe	S51 Sicherheitsberufe	01 Angehörige der regulären Streitkräfte 53 Schutz-, Sicherheits-, Überwachungsberufe
	S52 Verkehrs- und Logistikberufe	51 Verkehr, Logistik (außer Fahrzeugführ.) 52 Führer von Fahrzeug- u. Transportgeräten
	S53 Reinigungsberufe	54 Reinigungsberufe

* bis Mai 2014 "Geisteswissenschaftler und Künstler".

Quelle: Matthes/Meinken/Neuhauser (2015: 18).

Tabelle A 2: Durchschnittliches Automatisierungspotenzial nach Berufssegmenten in den Kreisen Berlin-Brandenburgs und Deutschland (Anteile in Prozent)

Berufssegment	D	BE	BR	Brandenburger Kreise																	
				BRB	CB	FF	P	BAR	LDS	EE	HVL	MOL	OHV	OSL	LOS	OPR	PM	PR	SPN	TF	UM
Fertigungsberufe	72,8	62,9	71,1	73,4	67,2	59,2	61,1	70,3	62,9	73,9	75,3	67,8	72,4	72,4	76,4	72,1	69,3	70,2	72,3	71,7	73,0
Fertigungstechnische Berufe	64,4	63,8	65,1	64,4	66,6	70,3	64,2	64,5	67,0	65,9	64,4	66,4	64,2	62,8	64,9	65,7	66,0	63,0	63,3	65,7	64,9
Berufe in Unternehmensführung und -organisation	48,9	47,1	48,8	50,1	47,0	47,7	48,5	49,3	47,2	50,8	50,3	50,2	48,5	48,4	49,3	50,4	48,6	49,8	48,1	49,5	47,2
IT- und naturwissenschaftliche Dienstleistungsberufe	42,5	33,9	46,9	37,3	33,4	39,1	31,1	41,9	39,1	45,9	68,0	47,7	54,2	57,3	54,6	48,0	38,9	57,8	62,7	43,2	78,8
Unternehmensbezogene Dienstleistungsberufe	39,7	34,2	36,1	32,1	33,7	29,1	31,8	37,1	40,1	44,1	42,0	38,8	42,8	38,9	43,7	39,1	32,5	43,8	38,9	39,6	39,1
Land-, Forst- und Gartenbauberufe	37,8	35,0	38,1	37,3	30,8	39,6	38,5	35,0	40,7	37,1	38,4	38,9	38,7	36,7	35,7	38,9	37,3	39,6	38,7	38,5	39,4
Verkehrs- und Logistikberufe	36,5	28,9	34,2	34,5	24,6	28,3	37,8	29,1	35,3	31,0	43,6	32,8	32,7	33,6	29,4	31,3	32,9	35,9	27,7	42,3	28,3
Handelsberufe	36,3	37,0	36,9	37,7	38,0	37,5	37,5	37,5	36,5	35,6	36,9	37,2	36,3	36,8	36,8	36,6	36,7	37,8	35,8	36,3	38,5
Bau- und Ausbauberufe	32,5	34,2	31,2	31,8	34,7	39,0	35,9	31,8	33,5	29,1	29,8	29,0	30,8	30,1	31,4	27,7	30,7	30,0	27,0	31,0	32,8
Lebensmittel- und Gastgewerbeberufe	30,9	24,2	29,3	22,7	25,3	32,4	22,6	29,6	29,3	37,1	34,9	25,5	24,8	29,2	29,5	31,6	28,1	35,2	32,0	35,4	31,0
Reinigungsberufe	21,9	20,6	19,9	23,0	14,9	21,1	17,6	21,2	20,0	22,4	22,5	19,4	19,2	19,8	22,5	22,9	19,2	22,3	20,0	17,8	18,0
Medizinische u. nicht-medizinische Gesundheitsberufe	21,9	21,0	19,4	20,0	21,1	20,2	21,0	18,5	19,5	18,4	19,7	19,0	18,7	18,9	18,7	19,1	18,7	19,6	18,6	19,6	18,5
Sicherheitsberufe	11,4	7,3	11,2	6,9	10,1	14,9	7,2	9,5	9,9	9,1	17,4	16,0	8,0	17,7	13,1	13,8	9,3	14,4	21,3	11,8	12,5
Soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe	7,1	7,2	6,3	5,6	5,3	6,7	6,8	6,3	5,7	6,4	6,6	6,8	5,3	6,6	6,2	6,5	6,2	6,3	6,9	7,3	7,2

Legende: D = Deutschland, BE = Berlin, BR = Brandenburg, BRB = Brandenburg/Havel, CB = Cottbus, FF = Frankfurt (O.), P = Potsdam, BAR = Barnim, LDS = Dahme-Spreewald, EE = Elbe-Elster, HVL = Havelland, MOL = Märkisch-Oderland, OHV = Oberhavel, OSL = Oberspreewald-Lausitz, LOS = Oder-Spree, OPR = Ostprignitz-Ruppin, PM = Potsdam-Mittelmark, PR = Prignitz, SPN = Spree-Neiße, TF = Teltow-Fläming, UM = Uckermark.

Anm.: Automatisierungspotenzial = Anteil der Tätigkeiten, die schon heute potenziell von Computern oder computergesteuerten Maschinen erledigt werden könnten. Stichtag sozialversicherungspflichtig Beschäftigte: 30.06.2015; Datenstand Automatisierungspotenzial: Februar 2016.

Quelle: BERUFENET (2013); Beschäftigungsstatistik der Bundesagentur für Arbeit; eigene Berechnungen.

Tabelle A 3: Beschäftigte in den Berufssegmenten in den Kreisen Berlin-Brandenburgs und Deutschland (Anteile an Gesamt in Prozent)

Berufssegment	D	BE	BR	Brandenburger Kreise																	
				BRB	CB	FF	P	BAR	LDS	EE	HVL	MOL	OHV	OSL	LOS	OPR	PM	PR	SPN	TF	UM
Fertigungsberufe	8	3	7	10	4	2	2	7	6	10	8	5	6	10	10	8	5	8	12	7	6
Fertigungstechnische Berufe	12	7	10	11	9	7	4	8	10	11	10	9	11	14	11	9	10	11	15	16	11
Berufe in Unternehmensführung und -organisation	13	16	11	8	12	11	16	10	9	10	11	11	12	9	10	8	10	9	8	11	8
IT- und naturwissenschaftliche Dienstleistungsberufe	4	4	2	1	2	2	4	1	2	1	2	1	3	3	1	1	2	2	2	1	3
Unternehmensbezogene Dienstleistungsberufe	10	13	9	14	17	21	18	7	7	6	5	7	6	8	5	9	9	7	5	6	9
Land-, Forst- und Gartenbauberufe	2	1	3	1	1	1	1	3	4	6	4	4	2	3	3	6	5	5	3	3	6
Verkehrs- und Logistikberufe	10	7	12	8	8	7	8	11	17	10	17	12	12	11	12	8	13	10	10	19	10
Handelsberufe	10	10	9	8	9	7	8	11	10	10	12	10	9	9	8	9	9	8	9	10	8
Bau- und Ausbauberufe	6	6	8	6	6	7	5	10	8	10	8	11	9	9	10	9	9	9	11	7	10
Lebensmittel- und Gastgewerbeberufe	5	7	5	4	4	6	6	6	6	5	4	5	4	5	5	7	6	7	6	4	5
Reinigungsberufe	3	3	3	3	3	4	2	3	2	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2
Medizinische u. nicht-medizinische Gesundheitsberufe	10	11	11	15	13	14	10	15	10	12	10	12	11	10	13	14	10	13	9	7	13
Sicherheitsberufe	1	2	1	2	2	2	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe	8	11	8	9	11	10	13	9	6	6	8	9	10	7	8	8	7	7	6	6	8

Legende: D = Deutschland, BE = Berlin, BR = Brandenburg, BRB = Brandenburg/Havel, CB = Cottbus, FF = Frankfurt (O.), P = Potsdam, BAR = Barnim, LDS = Dahme-Spreewald, EE = Elbe-Elster, HVL = Havelland, MOL = Märkisch-Oderland, OHV = Oberhavel, OSL = Oberspreewald-Lausitz, LOS = Oder-Spree, OPR = Ostprignitz-Ruppin, PM = Potsdam-Mittelmark, PR = Prignitz, SPN = Spree-Neiße, TF = Teltow-Fläming, UM = Uckermark.

Anm.: Sortiert nach dem Automatisierungspotenzial für Deutschland. Automatisierungspotenzial = Anteil der Tätigkeiten, die schon heute potenziell von Computern oder computergesteuerten Maschinen erledigt werden könnten. Stichtag sozialversicherungspflichtig Beschäftigte: 30.06.2015; Datenstand Automatisierungspotenzial: Februar 2016.

Quelle: BERUFENET (2013); Beschäftigungsstatistik der Bundesagentur für Arbeit; eigene Berechnungen.

In der Reihe IAB-Regional Berlin-Brandenburg sind zuletzt erschienen:

Nummer	Autoren	Titel
1/2017	Carstensen, Jeanette; Seibert, Holger; Wiethölter, Doris	Pendlerbericht Berlin-Brandenburg 2015
3/2016	Seibert, Holger; Stechert, Marcel; Wiethölter, Doris	Pendlerbericht Berlin-Brandenburg 2014
2/2016	Wiethölter, Doris; Seibert, Holger; Carstensen, Jeanette	Vorzeitig gelöste Ausbildungsverträge in Berlin-Brandenburg
1/2016	Jost, Oskar; Bogai, Dieter	Ausländer am Arbeitsmarkt in Berlin-Brandenburg
2/2015	Carstensen, Jeanette; Seibert, Holger; Wiethölter, Doris	Pendlerbericht Berlin-Brandenburg 2013

Eine vollständige Liste aller Veröffentlichungen der Reihe „IAB-Regional“ finden Sie [hier](http://www.iab.de/de/publikationen/regional.aspx):

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

Impressum

IAB-Regional, IAB Berlin-Brandenburg
Nr. 2/2017

Herausgeber

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

Rechte

Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit
Genehmigung des IAB gestattet

Webseite

<http://www.iab.de/>

Bezugsmöglichkeit

http://doku.iab.de/regional/bb/2017/regional_bb_0217.pdf

Eine vollständige Liste aller erschienenen Berichte finden
Sie unter
[http://www.iab.de/de/publikationen/regional/berlin-
brandenburg.aspx](http://www.iab.de/de/publikationen/regional/berlin-brandenburg.aspx)

Rückfragen zum Inhalt an:

Dieter Bogai
Telefon: 030.55 55 99 5190
E-Mail: dieter.bogai@iab.de

Doris Wiethölter
Telefon: 030.55 55 99 5191
E-Mail: doris.wiethoelter@iab.de