

ANALYSE



GEHT UNS DIE ARBEIT AUS? / Februar 2018

Beschäftigungseffekte der Digitalisierung
in Deutschland und NRW

Autoren



Bajram Dibrani
Monika Gatzke
Bastian Politycki

Kontakt



Institut SIKoM+ | Bergische Universität Wuppertal

Rainer-Gruenter-Straße 21
42119 Wuppertal

E-Mail: kontakt@cps-hub-nrw.de
Telefon: +49 202 439 - 1026
Fax: +49 202 439 - 1037

www.cps-hub-nrw.de | www.facebook.com/cpshubnrw | www.twitter.com/cpshub

Gefördert durch



INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung	1
2.	Studien mit berufsbasierem Ansatz	3
2.1	Studie von Frey und Osborne	3
2.2	Replikationsstudien	3
3.	Studien mit tätigkeitsbasierem Ansatz	5
4.	Differenzierung auf Ebene der Bundesländer	8
4.1	Substitutionspotenziale in den Bundesländern	8
4.2	Regionale Betrachtung Nordrhein-Westfalens	10
5.	Fazit	13
	Literatur	15
	CPS.HUB NRW – Competence Center for Cyber Physical Systems	17

1. EINLEITUNG

Erst kürzlich erklärte der CEO von Google, Sundar Pichai, er halte die Auswirkung der künstlichen Intelligenz auf die Menschheit für „tiefgreifender als die des Feuers oder der Elektrifizierung“.^[1] Pichai führt einen der erfolgreichsten Digitalkonzerne der Welt, dessen Strategie sich im Mai 2017 von „Mobile first“ zu „Artificial Intelligence first“ gewandelt hat.^[2] Auch Microsoft^[3], Amazon und Apple haben nachgezogen und Künstliche Intelligenz ebenfalls zur Top-Priorität erklärt.^[4] Parallel dazu steigt in vielen Branchen die Nachfrage nach Robotern, von der Elektroindustrie über die Medizintechnik hin zur Nahrungsmittelindustrie.^[5] Nicht nur in der Produktion wirken selbststeuernde Anlagen, Roboter sowie maschinelles Lernen als Treiber dieser Entwicklung. Auch im Dienstleistungsbereich resultieren intelligente Software und Algorithmen in der Automatisierung von Geschäftsprozessen, beispielsweise mit Hilfe von Big Data, Cloud Computing sowie Online Plattformen.^[6] Der technologische Fortschritt auf den Gebieten der künstlichen Intelligenz und der Robotik verändert sichtbar die Arbeitswelt.

Seit Jahren wird deshalb in den Medien und in der Wissenschaft über mögliche Folgen dieser Entwicklung diskutiert. Die Debatte polarisiert: Für die einen verheißt Digitalisierung neue Chancen, Freiheit und Flexibilität, für die anderen bedeutet sie Überforderung, Unsicherheit und Zukunftsangst. Dabei ist die Debatte um Arbeitsplatzverluste bzw. die Substitution von Arbeitsplätzen nicht neu und wurde schon in früheren radikalen technologischen Umbrüchen seit Beginn der Industrialisierung im frühen 19. Jahrhundert immer wieder intensiv geführt. In zahlreichen wissenschaftlichen Beiträgen wird betont, dass bereits der radikale technische Fortschritt des 19. und 20. Jahrhunderts letztendlich keine Arbeitsplatzverluste zur Folge hatte und infolgedessen auch durch die digitale Transformation nicht mit Arbeitsplatzverlusten zu rechnen sei.^[7] Manche Autoren messen der digitalen Transformation dagegen das Potenzial bei, die Arbeitswelt und Beschäftigungsperspektiven von Arbeitnehmern im Sinne einer radikalen Umwälzung fundamental zu verändern und dementsprechend Millionen von Arbeitsplätzen zu gefährden.^[8] Neu an dem Diskurs ist also die Qualität und Reichweite der irreversiblen Auswirkungen auf die Arbeitswelt, die der digitalen Transformation zugeschrieben werden. Diese beruhen auf der These, dass ein fundamentaler Wandel zwischen Mensch und Maschine bevorsteht. Roboter und Computer seien nicht mehr nur Werkzeuge, mit deren Hilfe Arbeitskräfte ihre Produktivität steigern könnten, sondern sie verwandelten sich durch die digitale Transformation selbst in Arbeitskräfte.^[9] Kaum ein Berufsfeld, so scheint es, wird durch die fortschreitende digitale Transformation nicht infrage gestellt.^[10]

Aktuelle wissenschaftliche Studien versuchen Licht ins Dunkel zu bringen, indem sie die konkreten Auswirkungen der digitalen Transformation auf die Beschäftigungszahlen analysieren. Die dabei verwendeten unterschiedlichen methodischen Vorgehensweisen lassen sich wie folgt klassifizieren:

/ *Berufsbasierte Studien* untersuchen das Substitutionspotenzial¹ von Arbeitsplätzen für die nächsten zehn bis 20 Jahre durch das Berechnen der Wahrscheinlichkeit für die Automatisierung von Berufen.

¹ Das Substitutionspotenzial drückt die Wahrscheinlichkeit aus, mit der ein Beruf oder ein Arbeitsplatz durch Computer und intelligente Maschinen bereits heute oder in der Zukunft ersetzt werden könnte.

/ *Tätigkeitsbasierte Studien* untersuchen das Substitutionspotenzial von Arbeitsplätzen nach heutigem Stand (Status quo) durch das Berechnen der Wahrscheinlichkeit für die Automatisierung von Tätigkeiten.

Neben Studien mit berufs-basiertem und tätigkeitsbasiertem Ansatz gibt es zudem volkswirtschaftliche Studien, die szenariengestützte Berechnungen der Beschäftigungsentwicklungen in den verschiedenen Branchen durchführen und aufgrund dessen unterschiedliche makroökonomische Prognosen erstellen. Relevant sind besonders die Ergebnisse von Wolter et al. (2016)^[11], die Studie der Bertelsmann Stiftung (2015)^[12] sowie die im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales entstandene Studie von Vogler-Ludwig (2016)^[13]. Aufgrund unterschiedlicher Vorgehensweisen lassen sich diese Studien nicht unter einen methodischen Ansatz subsumieren und sind folglich nicht Teil dieser Betrachtung.

Da sich die technische Entwicklung sowie andere strukturelle Merkmale der jeweiligen Wirtschaft in einzelnen Ländern unterscheiden, sind auch die Auswirkungen der digitalen Transformation unterschiedlich. Daher werden die Debatten über die möglichen Folgen der digitalen Transformation im Allgemeinen und die Auswirkungen auf die Arbeitswelt im Besonderen zum Teil sehr unterschiedlich geführt.^[14] Im Zentrum der vorliegenden Ausarbeitung stehen der deutsche Arbeitsmarkt mit Nordrhein-Westfalen als Schwerpunkt, wenngleich im Rahmen dieser Betrachtung auch Hinweise auf das Substitutionspotenzial von Arbeitsplätzen in anderen Ländern erfolgen.

Vor dem skizzierten Hintergrund ist es das Ziel dieser Auswertung, einen differenzierten Überblick über die verfügbaren Studien im Hinblick auf das Substitutionspotenzial von Arbeitsplätzen in Deutschland zu gewinnen. Hierfür werden zunächst die zentralen Studienergebnisse ausgewählter berufs-basierter sowie tätigkeitsbasierter Studien dargestellt. Auf diesen Ergebnissen aufbauend erfolgt eine differenzierende Betrachtung der Substitutionspotenziale von Arbeitsplätzen auf regionaler Ebene: Zunächst werden die Bundesländer vergleichend betrachtet, anschließend Nordrhein-Westfalen als Ganzes und im letzten Schritt die einzelnen (Land-)Kreise. Abschließend werden alle Ergebnisse in einem Fazit resümiert.

2. STUDIEN MIT BERUFSBASIERTEM ANSATZ

2.1 Studie von Frey und Osborne

Die jüngste kontroverse Diskussion um mögliche Arbeitsplatzverluste durch die Digitalisierung nahm ihren Anfang mit dem Erscheinen einer Studie von Frey und Osborne im Jahr 2013. Seither erfährt die Studie eine große öffentliche Aufmerksamkeit. Diese wurde in den Medien jedoch meist reduziert dargestellt. Nachfolgend werden Methodik sowie wesentliche Ergebnisse der Studie kurz zusammengefasst.

In der Studie kommen die Autoren zu dem Schluss, dass in den kommenden zehn bis 20 Jahren 47 Prozent der US-amerikanischen Beschäftigten in Berufen arbeiten, die ein hohes Substitutionspotenzial (über 70 Prozent) besitzen und in einer ersten Automatisierungswelle sukzessive ersetzt werden könnten. In einer zweiten Automatisierungswelle seien zudem auch Berufe mit einem mittleren (30 bis 70 Prozent) sowie niedrigen (unter 30 Prozent) Substitutionspotenzial bedroht. Das Entstehen neuer Tätigkeitsfelder, Berufe sowie Arbeitsplätze lassen die Autoren außen vor und verzichten damit auf die Betrachtung möglicher positiver Beschäftigungseffekte.^[15]

Als Datenbasis für ihre Schätzung nutzen die Autoren die “O*Net”-Daten des US-amerikanischen Arbeitsministeriums für das Jahr 2010. Sie klassifizieren insgesamt 702 Berufe und lassen anschließend Experten in einem speziell dafür durchgeführten Workshop einschätzen, ob die jeweiligen Berufe nach dem Stand der heutigen Technik ihrer Einschätzung nach automatisierbar sind oder nicht. Lediglich diejenigen Berufe werden als automatisierbar klassifiziert, bei denen sich die Experten sicher sind. 70 der insgesamt 702 Berufe erfüllen dieses Kriterium. Im nächsten Schritt werden die subjektiven Einschätzungen der 70 Berufe auf die verbleibenden 632 Berufe übertragen. Dazu entwickeln die Autoren ein statistisches Modell, das mit Hilfe von neun ausgewählten Tätigkeiten innerhalb der drei Tätigkeitskategorien die Einteilung in “automatisierbar” oder “nicht automatisierbar” ausgibt. Die “nicht automatisierbaren” Tätigkeiten werden als technische Engpässe bezeichnet (*Engineering Bottlenecks*) und umfassen drei Tätigkeitskategorien: (1) Wahrnehmungs- und Manipulationstätigkeiten, (2) kreativ-intelligente Tätigkeiten sowie (3) sozial-intelligente Tätigkeiten. Diese drei Tätigkeitskategorien seien in den kommenden zehn bis 20 Jahren nicht oder kaum zu ersetzen.^[16] Auf diese Weise lassen sich die Substitutionspotenziale für die restlichen 632 Berufe extrapolieren, sodass für jeden Beruf ein Substitutionspotenzial zwischen 0 und 100 Prozent ausgegeben werden kann. Die Ergebnisse werden in drei Risikogruppen mit niedrigem, mittlerem sowie hohem Substitutionspotenzial eingeteilt.^[17]

2.2 Replikationsstudien

Eine Reihe von Replikationsstudien, die diese Werte durch Umkodierung von amerikanischen Berufsbildern auf Berufsbilder eines anderen Landes übertragen, kommen mit der gleichen Methodik zu ähnlichen Ergebnissen. Bowles (2014)^[18] Berechnungen ergeben innerhalb der Europäischen Union Werte zwischen 47 Prozent in Schweden und 62 Prozent in Rumänien, während

in Deutschland etwa 52 Prozent der Arbeitsplätze ein hohes Substitutionspotenzial aufweisen. Eine Einzelfallstudie für Finnland kommt mit dieser Methodik zu 35,7 Prozent Arbeitsplätzen mit hohem Substitutionspotenzial (Pajarinen und Rouvinen 2014)^[19]. In den Ländern der ASEAN-5 (Kambodscha, Indonesien, die Philippinen, Thailand und Vietnam) wird für 56 Prozent der Beschäftigungen ein hohes Substitutionspotenzial (Chang und Huynh 2016)^[20] ermittelt. Brzeski und Burk (2015)^[21] errechnen für den deutschen Arbeitsmarkt einen Wert in Höhe von 59 Prozent und sehen insgesamt 18,3 Millionen Arbeitsplätze durch die fortschreitende Technologisierung bedroht.

Da makroökonomische Prognosen aufgrund der zumeist hohen Anzahl unterschiedlichster Variablen eine grundsätzliche Unsicherheit mitbringen (ebenso wie die Schätzung der Prognoseunsicherheit selbst unsicher ist)^[22], sollten die geringfügigen Unterschiede nicht überbewertet werden. In diesem Zusammenhang weist Stettes auf das empirische Dilemma hin, dass Implikationen für den Arbeitsmarkt bzw. Beschäftigungsaussichten sehr unterschiedlich ausfallen können, je nachdem welcher Blickwinkel eingenommen wird.^[23] Daher sind nicht nur die Prognosen, sondern auch die vorliegenden empirischen Untersuchungen grundsätzlich mit etwas Zurückhaltung zu betrachten. Wichtiger als die geringfügige Abweichung in den prozentualen Anteilen der Arbeitsplätze mit hohem Substitutionspotenzial ist das generelle Ergebnis der berufs-basierten Studien: Diese sehen länderübergreifend für etwa die Hälfte der Arbeitsplätze und Berufe ein hohes Substitutionspotenzial.

3. STUDIEN MIT TÄTIGKEITSBASIERTEM ANSATZ

Die Ergebnisse der Studien mit berufs-basiertem Ansatz haben eine wissenschaftliche Kontroverse angeregt und Studien mit tätigkeitsbasiertem Ansatz hervorgebracht. Diese kritisieren, dass eher einzelne Tätigkeiten und Aufgaben automatisiert werden könnten, weniger jedoch ganze Berufe. Während Frey und Osborne (2013) lediglich von "Tätigkeitskategorien" sprechen, die nicht substituierbar sind, werden in tätigkeitsbasierten Studien konkret die einzelnen Kerntätigkeiten recherchiert, die einen Beruf ausmachen, und es wird ermittelt, welche dieser Tätigkeiten bereits heute substituierbar sind. Das gesamte Substitutionspotenzial eines Berufes ergibt sich aus dem Verhältnis der schon jetzt substituierbaren Tätigkeiten zu den noch nicht substituierbaren Tätigkeiten. Ein tätigkeitsbasierter Ansatz erlaube es, Unterschiede in den Aufgaben der jeweiligen Arbeitsplätze sowie Beschäftigungen abzubilden.^[24]

Tätigkeitsbasierte Studien resultieren in einem deutlich geringeren Substitutionspotenzial von Arbeitsplätzen (neun bis 25 Prozent im Vergleich zu etwa 40 bis 60 Prozent in berufs-basierten Studien). Das liegt zunächst an dem methodischen Zugang: ein großer Teil der Arbeitsplätze beinhaltet oft Tätigkeiten, die schwer zu ersetzen sind. Laut Arntz et al. (2017) ist das Substitutionspotenzial geringer bei Tätigkeiten, in denen es um „präsentieren und darstellen“, „programmieren“, „jemanden anleiten“, „überzeugen und beeinflussen“ oder „Texte lesen und verstehen“ geht. Damit handelt es sich überwiegend um interaktive Tätigkeiten, die von Maschinen nur schwer oder unzureichend zu bewältigen sind. Umgekehrt ist das Substitutionspotenzial immer dann hoch, wenn es darum geht, „Informationen auszutauschen“, zu „verkaufen“ oder „Finger und Hände zu nutzen“.^[25]

Ausschlaggebend für die hohe Diskrepanz beider Ansätze ist jedoch der betrachtete Zeithorizont. Studien mit berufs-basiertem Ansatz weisen einen Prognosecharakter auf und beziehen sich auf das Substitutionspotenzial von Arbeitsplätzen in den nächsten zehn bis 20 Jahren. Tätigkeitsbasierte Studien errechnen dagegen das heutige Substitutionspotenzial von Arbeitsplätzen und bilden damit den Status quo ab. Auf diese Weise widersprechen sich beide Ansätze nur scheinbar im Ergebnis. Sie können vielmehr komplementär verwendet werden und ergeben auf diese Weise ein umfassenderes, genaueres Bild, wenn es um die Einschätzung des Substitutionspotenzials von Arbeitsplätzen geht.

Unter Verwendung des tätigkeitsbasierten Ansatzes sind drei maßgebliche Studien aus dem deutschen Raum erschienen, die das Substitutionspotenzial von Arbeitsplätzen auf zwischen neun und 25 Prozent beziffern. Diese werden nachfolgend kurz dargestellt:

- 1) Die Studie von Dengler und Matthes (2015)^[26] wurde im Auftrag des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung erstellt, einer Forschungseinrichtung der Bundesagentur für Arbeit. Im Ergebnis arbeiten 15 Prozent der Menschen in Deutschland in Berufen, die ein hohes Substitutionspotenzial aufweisen. Die Autoren der Studie weisen jedoch darauf hin, dass es sich selbst bei diesen 15 Prozent um ein rein technisches Substitutionspotenzial handelt und rechtliche, ethische, gesellschaftliche und kostentechnische Hürden nicht berücksichtigt wurden.^{[27][28]} Anders ausgedrückt: Es muss nicht bedeuten, dass 15 Prozent

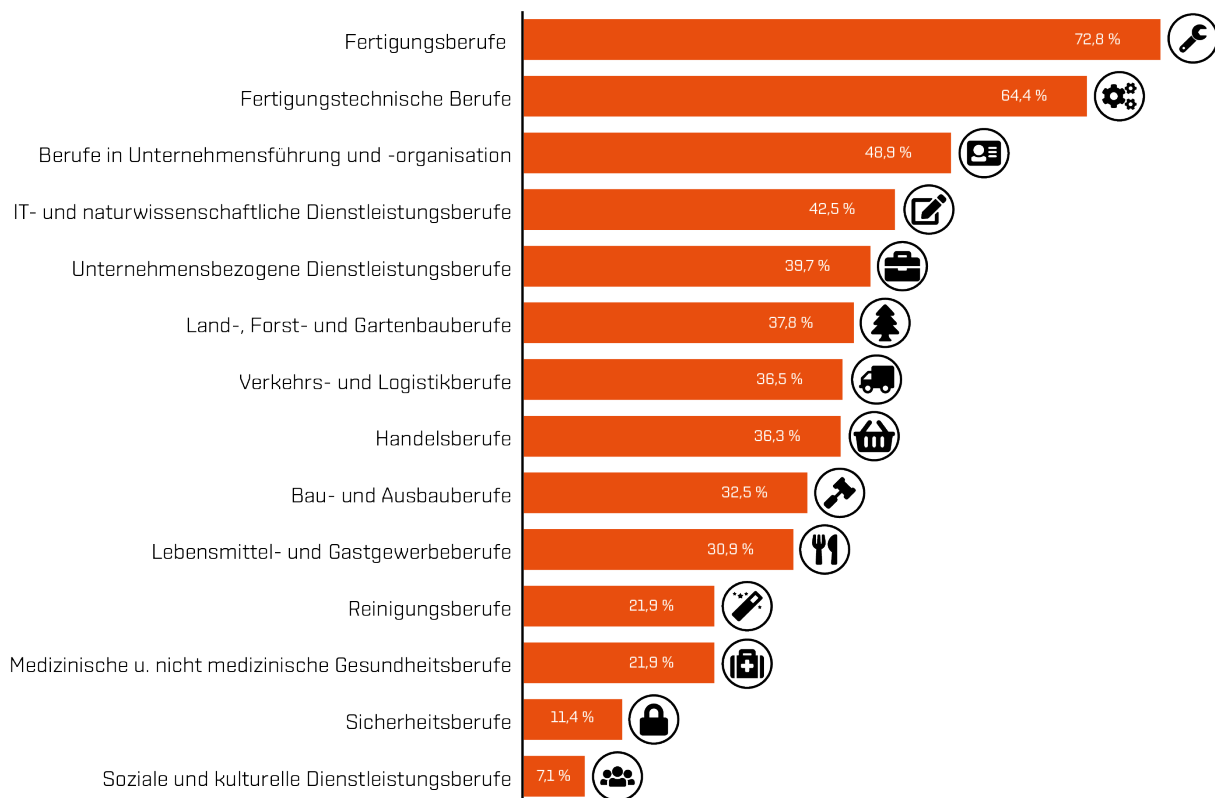


Abbildung 1: Substitutionspotenzial in den unterschiedlichen Berufssegmenten; eigene Darstellung; Quelle: Sieglén et al. (2017)^[29]

der Arbeitsplätze ersetzt werden, da es sich lediglich um technische Substitutionspotenziale handelt.

Berechnet wurden die Substitutionspotenziale der Arbeitsplätze auf der Grundlage berufskundlicher Informationen aus der Expertendatenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit. In dem Ansatz von Dengler und Matthes wurden in einem Codierverfahren die einzelnen Kerntätigkeiten danach beurteilt, ob sie von Computern oder computergesteuerten Maschinen übernommen werden könnten. Hat ein bestimmter Beruf beispielsweise sechs Kerntätigkeiten und können heute bereits vier Tätigkeiten ersetzt werden, dann ergibt sich ein Substitutionspotenzial in Höhe von 67 Prozent.^[30]

Mithilfe des entwickelten tätigkeitsbasierten Ansatzes untersuchen die Autoren zunächst das Substitutionspotenzial der Arbeitsplätze in Deutschland (vgl. Abbildung 1) und weiten diese Methode anschließend auf die Ebene der Bundesländer sowie der (Land-)Kreise aus. Aufgrund der unterschiedlichen Wirtschaftsstruktur ergeben sich hierbei entsprechend verschiedene Ergebnisse (siehe Kapitel 4).

Vor kurzem erfolgte eine Aktualisierung der im Jahr 2015 erschienenen Studie von Dengler und Matthes.^[31] Da viele der neuen Technologien marktreif geworden seien, erfolge eine Neubeurteilung des Substitutionspotenzials der Berufe. Zugleich sei berücksichtigt worden, dass einige der Berufe sich geändert haben und Berufe hinzugekommen sind. Der Anteil der

Beschäftigten, die in einem Beruf mit hohem Substitutionspotenzial arbeiten, ist in der aktualisierten Studie innerhalb von drei Jahren von 15 Prozent auf 25 Prozent gestiegen. Die Autorinnen konstatieren zudem, dass sich die Berufe langsamer ändern, als die potenziellen Einsatzmöglichkeiten neuer Technologien. Sie empfehlen, kontinuierlich zu überprüfen, inwieweit Berufsbilder entsprechend angepasst werden müssten.^[32]

2) Bonin, Gregory und Zierahn (2015)^[33] vom Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) haben im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales zunächst die Studie von Frey und Osborne (2013) auf Deutschland übertragen. Durch den berufs-basierten Ansatz kommen sie zu dem Ergebnis, dass aktuell 42 Prozent der Beschäftigten in Berufen arbeiten, die ein hohes Substitutionspotenzial besitzen. Im nächsten Schritt wählen die Autoren aus den zuvor genannten Gründen einen tätigkeitsbasierten Ansatz und kommen zu dem Ergebnis, dass neun Prozent der Arbeitsplätze in den USA und zwölf Prozent der Arbeitsplätze in Deutschland ein hohes Substitutionspotenzial besitzen. Eine Aggregation der Berufe zeigt strukturelle Unterschiede in der Segmentierung der Berufe in beiden Ländern auf: In den USA gibt es mehr Akademiker und Führungskräfte, während in Deutschland mehr Bürokräfte und Handwerker beschäftigt sind. Davon ausgehend nehmen die Autoren an, dass Arbeitsplätze in Deutschland grundsätzlich ein etwas höheres Substitutionspotenzial besitzen, da Bürokräften und Handwerkern in den Untersuchungen von Frey und Osborne ein höheres Substitutionspotenzial zugesprochen wird als Akademikern und Führungskräften.^[34]

3) Arntz et al. (2016)^[35] berechnen in einer für die OECD angefertigten Studie die Substitutionspotenziale von Arbeitsplätzen auf Basis tatsächlicher Tätigkeitsstrukturen mit Hilfe von PIACC-Daten, die einheitlich erhoben werden und zahlreiche Informationen zu den Tätigkeitsstrukturen von Arbeitnehmern in den OECD-Staaten beinhalten. Daraus resultiert für durchschnittlich neun Prozent der Arbeitsplätze der OECD-Staaten, darunter für zwölf Prozent der Arbeitsplätze in Deutschland, ein hohes Substitutionspotenzial.^[36] Die Autoren führen zudem aus, dass Arbeitnehmer durchaus in der Lage sein könnten, sich einer veränderten Arbeitswelt anzupassen, neue Aufgaben zu finden und somit Arbeitslosigkeit zu verhindern. Zuletzt wird angemerkt, dass der technologische Wandel ebenfalls das Potenzial birgt, neue Aufgaben und sogar Berufsbilder zu schaffen.^[37]

4. DIFFERENZIERUNG AUF EBENE DER BUNDESLÄNDER

4.1 Substitutionspotenziale in den Bundesländern

Je nach Betrachtungsweise und gewähltem Ansatz variieren die Prognosen für die Zukunft des deutschen Arbeitsmarkts unter dem Einfluss der digitalen Transformation stark voneinander. Bei allen methodischen Unterschieden zwischen berufsbasierten und tätigkeitsbasierten Studien ist stets die nationale Ebene im Fokus des Untersuchungsinteresses und damit der gesamte deutsche Arbeitsmarkt. Um den Blickwinkel auf die nächst untere Ebene zu lenken, werden im Folgenden in aller Kürze Untersuchungen vorgestellt, die den Einfluss der digitalen Transformation und Technologisierung auf die Arbeitswelt nach Bundesländern gesondert aufschlüsseln. Aufgrund des Umfangs dieser Erarbeitung sowie der relevant erscheinenden und verfügbaren Studien mit regionalem Bezug, fließen nur solche mit tätigkeitsbasiertem Ansatz ein.

Um die Relevanz der digitalen Transformation für die Bundesländer gesondert zu betrachten, wählen Buch et al. (2016) den von Dengler/Matthes (2015) entwickelten Ansatz. Während für das Jahr 2015 im bundesdeutschen Durchschnitt 15 Prozent der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (rund 4,5 Millionen) ein hohes Substitutionspotenzial zugeschrieben wird, variiert der Anteil auf Bundeslandebene zwischen 8,1 und 20,4 Prozent (vgl. Abbildung 2).^[38] Von einem besonders hohen Anteil von Beschäftigten mit einem hohen Substitutionspotenzial ist das Saarland (20,4 Prozent) betroffen, welches damit deutlich über dem bundesweiten Durchschnitt liegt. Auffällig ist, dass die Stadtstaaten Berlin und Hamburg hingegen mit einem Substitutionspotenzial von 8,1 bzw. 9,3 Prozent demnach deutlich unter dem Durchschnitt liegen (vgl. Abbildung 2).

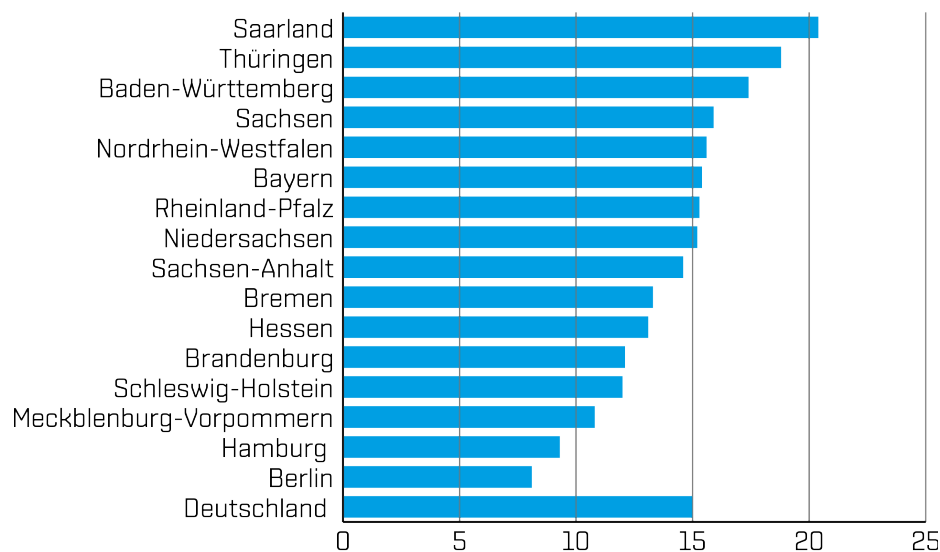


Abbildung 2: Anteil der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten, die von einem hohen Substitutionspotenzial betroffen sind, nach Bundesländern; eigene Darstellung; Quelle: Buch et al. (2016)^[39]

Da die von Dengler und Matthes berechneten Substitutionspotenziale jedoch lediglich den Anteil der Tätigkeiten beziffern, die bereits "heute" (Stand 2015) durch einen Computer oder computergesteuerte Maschinen erledigt werden könnten, geben die oben dargestellten Ergebnisse alleine noch keine verlässlichen Hinweise darauf, vor welche Herausforderungen die Bundesländer in Zukunft gestellt werden könnten. Bei weitergehender Aufschlüsselung der Berufs- und Wirtschaftsstrukturen der einzelnen Bundesländer lassen sich jedoch erste Hinweise finden, weshalb das mögliche Substitutionspotenzial für Berlin oder auch Hamburg vergleichsweise gering ist und deutlich unter dem bundesweiten Durchschnitt liegt.^[40]

So arbeiten in den beiden Stadtstaaten lediglich drei bzw. vier Prozent der Beschäftigten in so genannten Fertigungsberufen. Hierzu zählen u.a. Berufe der Berufshauptgruppen Metallherzeugung und -bearbeitung, Metallbau, Rohstoffgewinnung sowie Glas- und Keramikverarbeitung.^[41] Für diese Berufe haben die Autoren ein Substitutionspotenzial von 73 Prozent errechnet. Dies bedeutet, dass bereits heute 73 Prozent der dort ausgeführten Tätigkeiten automatisiert erledigt werden könnten.^[42] Ein Großteil der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten ist in Berlin und Hamburg hingegen in Dienstleistungsberufen tätig (Berlin: 13 Prozent; Hamburg: 14 Prozent). Für Berufe dieses Segments wird im Vergleich zu den zuvor genannten Berufssegmenten lediglich von einem Substitutionspotenzial von derzeit 40 Prozent ausgegangen.^[43] Die beiden Stadtstaaten profitieren bei der Berechnung des gesamten Substitutionspotenzials folglich von ihrer spezifischen Berufs- und Wirtschaftsstruktur.

Bei umgekehrter Betrachtung ist hingegen ersichtlich, wieso besonders das Saarland, Thüringen oder auch Baden-Württemberg von einem vergleichsweise hohen Substitutionspotenzial der Beschäftigten betroffen sind. Hier bestätigt sich die Annahme, dass bei steigender Bedeutung des Verarbeitenden Gewerbes auch der Anteil der Beschäftigten steigt, deren Tätigkeiten bereits heute zu über 70 Prozent durch Computer oder computergesteuerte Maschinen ersetzt werden könnten.^[44] So liegt der Anteil der Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe in Baden-Württemberg bei rund 30 Prozent und im Saarland bei etwa 26 Prozent.^[45]

Auffällig ist auf der Ebene der Bundesländer die große Spanne der Substitutionspotenziale, die zwischen 8,1 und 20,4 Prozent liegt. Als Zwischenfazit lässt sich hier zunächst festhalten, dass Bundesländern mit einem höheren Substitutionspotenzial bei Einführung neuer Technologien der Wegfall von Arbeitsplätzen droht.^[46] Doch diesem Szenario stehen auf der anderen Seite auch erhebliche ethische und rechtliche Hürden sowie hohe Investitionskosten für die Unternehmen gegenüber.

4.2 Regionale Betrachtung Nordrhein-Westfalens

Der Vergleich der einzelnen Bundesländer zeigt, dass in Zukunft völlig unterschiedliche Herausforderungen zu bewältigen sein werden. Einige Bundesländer befinden sich momentan strukturell in einer vorteilhafteren Ausgangsposition als andere, was sich in entsprechend geringeren Substitutionspotenzialen widerspiegelt. Ähnlich sieht es aus, wenn eine vergleichende Betrachtung der nächst unteren Ebene erfolgt, der einzelnen (Land-)Kreise.

In Nordrhein-Westfalen liegt der Anteil der Arbeitsplätze, die von einem hohen Substitutionspotenzial betroffen sind, mit insgesamt 15,6 Prozent leicht über dem Bundesdurchschnitt von 14,9 Prozent. Dies entspricht insgesamt 987.000 Beschäftigungsverhältnissen im Jahr 2015.^[47] Bereits heute könnten rund 0,5 Prozent der Beschäftigten, also etwa 33.000 Menschen, zu 100 Prozent durch Computer ersetzt werden. Hierzu zählen u.a. Berufe im klassischen Dienstleistungsbereich wie Korrektoren, die Texte lediglich auf die korrekte Orthografie und Grammatik prüfen (vgl. Abbildung 3).^[48]

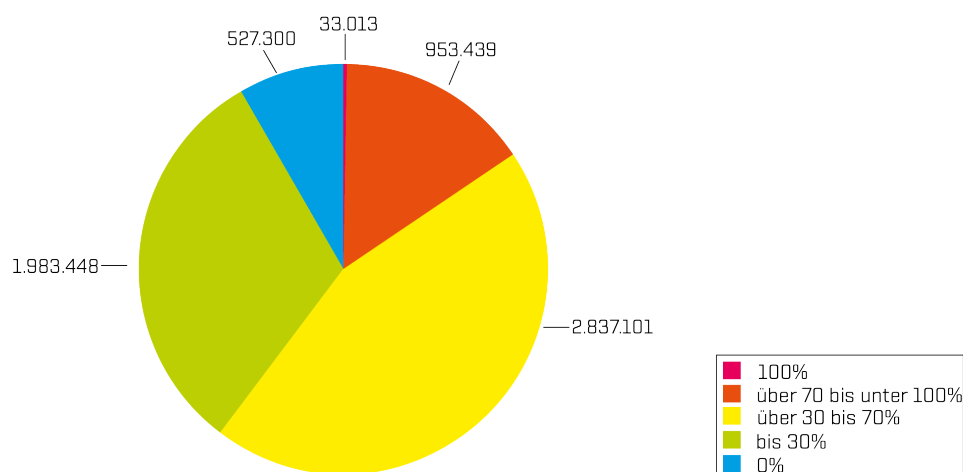


Abbildung 3: Verteilung der Substitutionspotenziale auf die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Nordrhein-Westfalen; eigene Darstellung; Quelle: eigene Berechnungen basierend auf Sieglen et al. (2017)^[49]

Der leicht überdurchschnittliche Anteil der Beschäftigten mit einem hohen Substitutionspotenzial ist stark durch die wirtschaftliche Struktur in Nordrhein-Westfalen bedingt. So arbeiten mit rund 8,7 Prozent der Beschäftigten überdurchschnittlich viele Menschen in Fertigungsberufen. Der Bundesdurchschnitt liegt hier bei acht Prozent.^[50] Andererseits ist auch ein Großteil der Beschäftigten in Berufen tätig, in denen weniger als 30 Prozent der Tätigkeiten von Computern erledigt werden können. So sind beispielsweise 1.983.448 Menschen in Berufen beschäftigt, in denen zum jetzigen Zeitpunkt lediglich bis zu 30 Prozent der Tätigkeiten automatisiert erledigt werden könnten. Darüber hinaus weisen die Autoren darauf hin, dass 527.300 Beschäftigte in Berufen arbeiten, die keinerlei Substitutionspotenzial aufweisen.^[51] Das Beispiel des Berufs "Busfahrer" verdeutlicht jedoch, dass die Erklärungskraft dieses Ansatzes insbesondere dadurch limitiert wird, dass er aktuelle Trends nicht einbezieht und folglich einen geringen Prognosecharakter besitzt. Zwar gibt es zum jetzigen Zeitpunkt keine völlig autonom fahrenden Fahrzeuge im alltäglichen Straßenverkehr und entsprechend auch keine autonom fahrenden Busse. Doch bei genauer Beobachtung aktueller Trends und Entwicklungen wird deutlich, dass die technischen Möglichkeiten zur Implementierung und Umsetzung des autonomen Fahrens nicht mehr in weiter Ferne zu liegen scheinen.

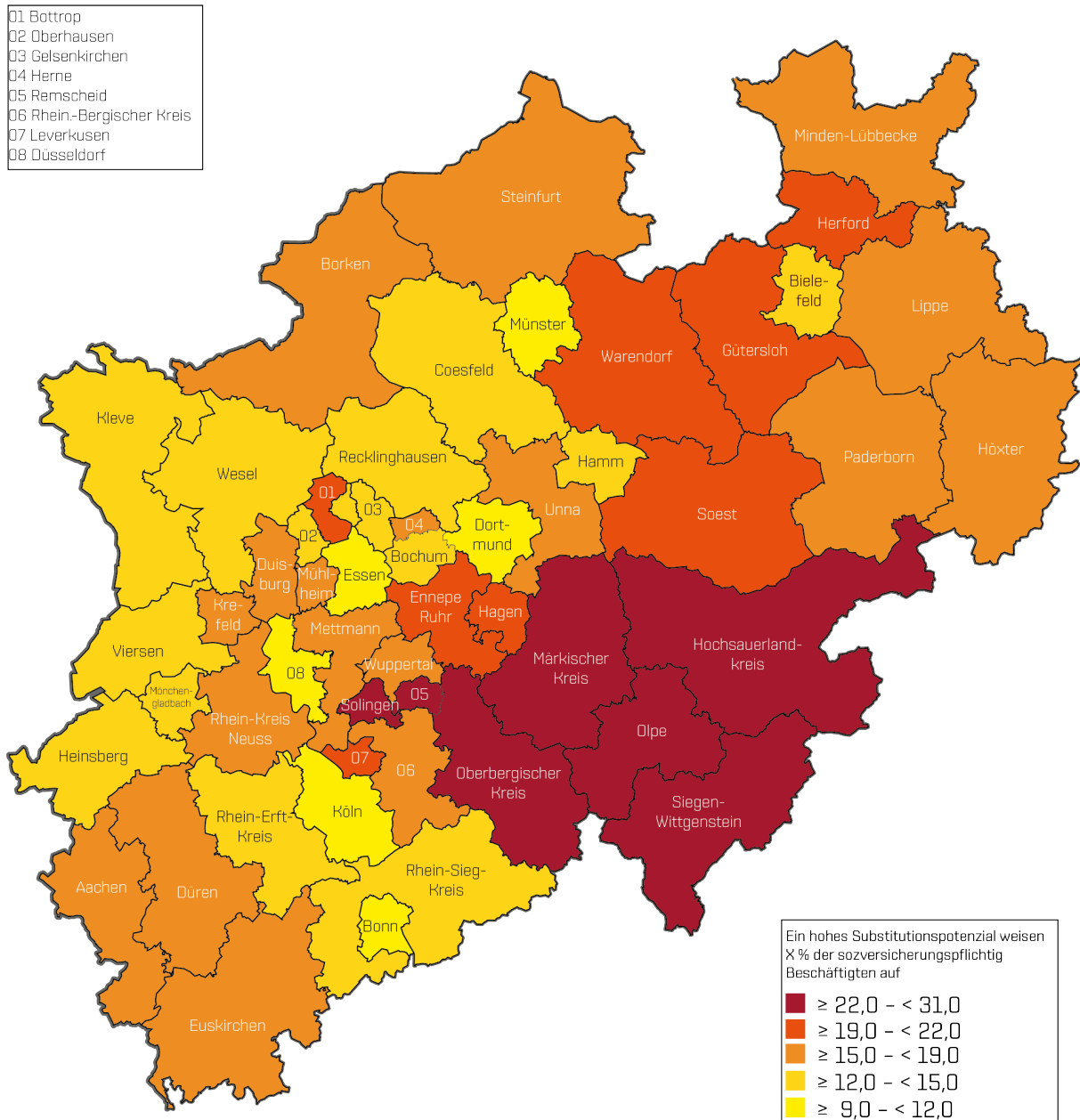


Abbildung 4: Betroffenheit der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten von einem hohen Substitutionspotenzial der Berufe (> 70 Prozent) in den Kreisen Nordrhein-Westfalens; eigene Darstellung; Quelle: Sieglen et al. (2017)^[52]

Besonders interessant ist die detaillierte Betrachtung einzelner Kreise und kreisfreier Städte innerhalb Nordrhein-Westfalens. So sind in Südwestfalen und im Bergischen Land überdurchschnittlich viele sozialversicherungspflichtig Beschäftigte von einem hohen Substitutionspotenzial betroffen. Hierzu zählen u.a. Remscheid mit einem Anteil von 24,6 oder auch der Märkische Kreis mit 29,8 Prozent. Als exponiertes Beispiel hierfür soll im Weiteren der Kreis Olpe betrachtet werden. Dort üben 30,4 Prozent der Beschäftigten eine berufliche Tätigkeit aus, die schon zum jetzigen Zeitpunkt zu weiten Teilen durch Computer und computergesteuerte

Maschinen ersetzt werden könnten (vgl. Abbildung 4). Auf Grundlage der bisher beschriebenen Zusammenhänge ist das wenig überraschend. So sind im Kreis Olpe rund 22,4 Prozent der Beschäftigten im Berufssegment der Fertigungsberufe beschäftigt, üben also Tätigkeiten wie das Gewinnen von Rohstoffen oder das Herstellen von Produkten aus Materialien wie Glas, Keramik Kunststoff und Papier aus.^[53] Ferner sind mit 12.235 Beschäftigten 17,2 Prozent in sog. Fertigungstechnischen Berufen angestellt, die von einem Substitutionspotenzial in Höhe von 65 Prozent betroffen sind (vgl. Abbildung 4). Hierzu zählen u.a. Beschäftigte in Maschinen- und Fahrzeugtechnikberufen sowie im Bereich der Mechatronik-, Energie- und Elektroberufe.

Das hohe Substitutionspotenzial von rund 30 Prozent ist Ausdruck der wirtschaftlichen und beruflichen Struktur des Kreises Olpe. Andere Kreise und Städte sind hier aufgrund ihrer wirtschaftlichen Struktur aktuell noch im Vorteil. Die Kreise Düsseldorf, Bonn, Köln oder Münster haben beispielsweise nur einen geringen Anteil an Beschäftigten mit hohem Substitutionspotenzial. Dies liegt daran, dass die Mehrheit der dort Beschäftigten in Bereichen tätig ist, die ein vergleichsweise niedriges Substitutionspotenzial aufweisen. Auch profitieren einige der Städte von ihrer Versorgungsfunktion für das Umland und der daraus resultierenden hohen Anzahl an Beschäftigten in Segmenten wie den "Medizinischen und nicht-medizinischen Gesundheitsberufen".^[54]

5. FAZIT

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, einen differenzierten Überblick über die verfügbaren Studien im Hinblick auf das Substitutionspotenzial von Arbeitsplätzen in Deutschland zu gewinnen. Zu diesem Zweck wurden berufs-basierte und tätigkeitsbasierte Studien verglichen und ausgewertet. Nachfolgend werden die Ergebnisse zusammengefasst.

Der Vergleich und die Einbeziehung beider Ansätze ergibt ein genaueres, weil komplementäres Bild als Antwort auf die Frage, wie sich technologische Veränderungen auf Arbeitsplätze auswirken könnten. Das ist nicht auf den ersten Blick ersichtlich, da die Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen: Während berufs-basierte Studien etwa 40 bis 60 Prozent der Arbeitsplätze als stark gefährdet einstufen, attestieren tätigkeitsbasierte Studien etwa zehn bis 25 Prozent der Arbeitsplätze ein hohes Substitutionspotenzial. Erklären lässt sich die Diskrepanz zunächst durch den unterschiedlichen methodischen Zugang, entweder Berufe als Ganzes oder lediglich einzelne Tätigkeiten, aus denen ein Beruf erst entsteht, als substituierbar zu definieren. Als ausschlaggebend erweist sich jedoch der betrachtete Zeithorizont: Während Studien mit berufs-basiertem Ansatz einen Prognosecharakter aufweisen (mit Bezug auf die nächsten zehn bis 20 Jahre), errechnen tätigkeitsbasierte Ansätze das heutige Substitutionspotenzial von Arbeitsplätzen (Status quo). Somit ergänzen sich berufs-basierte und tätigkeitsbasierte Studien und helfen in der Gesamtbetrachtung dabei, besser einschätzen zu können, wie sich das Substitutionspotenzial von Arbeitskräften aktuell und zukünftig entwickeln könnte. Bestätigt wird diese Erkenntnis durch die kürzliche Aktualisierung (Dengler/Matthes 2018) der Studie von Dengler und Matthes aus dem Jahr 2015: Der Anteil von Beschäftigten in Berufen mit hohem Substitutionspotenzial ist innerhalb von drei Jahren durch neue Technologien von 15 auf 25 Prozent gestiegen.

Auf der Ebene der Bundesländer ist erkennbar, dass der Anteil von Arbeitsplätzen mit hohem Substitutionspotenzial aufgrund der spezifischen Berufs- und Wirtschaftsstruktur regional stark variiert: Die Bandbreite reicht von 8,1 Prozent in Berlin bis 20,4 Prozent im Saarland. Nordrhein-Westfalen liegt mit 15,6 Prozent leicht über dem Bundesdurchschnitt von 14,9 Prozent. Während Stadtstaaten wie Berlin oder Hamburg von ihrem hohen Anteil an Dienstleistungsberufen mit überwiegend geringem bis mittlerem Substitutionspotenzial profitieren, führt der hohe Anteil an Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe in Baden-Württemberg und im Saarland zu einem entsprechend höheren Substitutionspotenzial. In Nordrhein-Westfalen sind insbesondere in den Kreisen Südwestfalen, Bergisches Land und Olpe aufgrund des hohen Anteils an Fertigungs- sowie fertigungstechnischen Berufen überdurchschnittlich viele sozialversicherungspflichtig Beschäftigte von einem hohen Substitutionspotenzial betroffen.

Die Autoren der Studien beider Ansätze geben eine Reihe von Anhaltspunkten, warum die tatsächlichen Substitutionspotenziale geringer ausfallen könnten, als die errechneten Substitutionspotenziale. In berufs-basierten Studien wird darauf hingewiesen, dass das Entstehen von neuen Tätigkeitsfeldern, Berufen und Arbeitsplätzen nicht betrachtet und damit mögliche positive Beschäftigungseffekte in die Berechnung nicht einbezogen wurden. Autoren von tätigkeitsbasierten Studien betonen, dass es sich bei den jeweiligen Berechnungen lediglich um technische Substitutionspotenziale von Arbeitsplätzen handele, da in den Berechnungen keine ethischen, gesellschaftlichen, rechtlichen oder kostentechnischen Hürden berücksichtigt wurden.

Zudem wurde die Möglichkeit bewusst außer Acht gelassen, dass Arbeitnehmer durchaus in der Lage sein könnten, sich in einer verändernden Arbeitswelt anzupassen, neue Aufgaben zu finden und auf diese Weise Arbeitslosigkeit zu verhindern.

LITERATUR

- [1] The Verge (2018), Google CEO Sundar Pichai compares impact of AI to electricity and fire, 19.01.2018. Abgerufen unter: <https://www.theverge.com/2018/1/19/16911354/google-ceo-sundar-pichai-ai-artificial-intelligence-fire-electricity-jobs-cancer> (abgerufen am 25.01.2018).
- [2] vgl. Venturebeat (2017), AI Weekly: Google shifts from mobile-first to AI-first world, 18.05.2017. Abgerufen unter: <https://venturebeat.com/2017/05/18/ai-weekly-google-shifts-from-mobile-first-to-ai-first-world/> (abgerufen am 25.01.2018).
- [3] vgl. Fortune (2017), Microsoft Bids Goodbye to ‚Mobile First‘ Mantra in Favor of AI, 03.08.2017. Abgerufen unter: <http://fortune.com/2017/08/03/microsoft-cloud-ai-mobile/> (abgerufen am 01.02.2018).
- [4] vgl. Fortune (2017), Microsoft Bids Goodbye to ‚Mobile First‘ Mantra in Favor of AI, 03.08.2017. Abgerufen unter: <http://fortune.com/2017/08/03/microsoft-cloud-ai-mobile/> (abgerufen am 01.02.2018).
- [5] vgl. Wirtschaftswoche (2017). So sieht die Fabrik der Zukunft aus, 06.12.2017. Abgerufen unter: <http://www.wiwo.de/futureboard/roboter-uebernehmen-arbeit-so-sieht-die-fabrik-der-zukunft-aus/20674646-all.html> (abgerufen am 01.201.2018).
- [6] vgl. Arntz, M., T. Gregory und U. Zierahn (2017b), Digitalisierung und die Zukunft der Arbeit, ifo Schnelldienst, 7/2017, S. 6-8, hier S. 6.
- [7] vgl. Autor, D. H. (2015), Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. Journal of Economic Perspectives, 29(3), S. 3–30.
- [8] vgl. Brynjolfsson, E. und A. McAfee (2014), The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. WW Norton and Company.
- [9] vgl. Dettmer, M., M. Hesse, A. Jung, M. Müller und T. Schulz (2016), Mensch gegen Maschine, Der Spiegel 36/2016, S. 10-18.
- [10] vgl. ebd. S. 11.
- [11] Wolter, M. et al. (2016). Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie, Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen, IAB-Forschungsbericht 13, Nürnberg.
- [12] Eichhorst, W. et al. (2015). Wandel der Beschäftigung, Polarisierungstendenzen auf dem deutschen Arbeitsmarkt, Bertelsmann Stiftung, Gütersloh.
- [13] Vogler-Ludwig, K., N. Düll und B. Kriechel (2016). Arbeitsmarkt 2030. Wirtschaft und Arbeitsmarkt im digitalen Zeitalter. Prognose 2016, Projekt Analyse der zukünftigen Arbeitskräftenachfrage und des -angebots in Deutschland auf Basis eines Rechenmodells. Im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales, Economix Research & Consulting.
- [14] vgl. BMAS (Bundesministerium für Arbeit und Soziales) (2017), Weißbuch. Arbeiten 4.0. S. 19.
- [15] vgl. Frey, C. und M. A. Osborne (2013), „The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization?“, Technological Forecasting and Social Change 114. S. 44.
- [16] vgl. ebd. S. 24ff.
- [17] vgl. ebd. S. 30ff.
- [18] Bowles, J. (2014), The computerization of European Jobs. Bruegel, Brüssel.
- [19] Pajarinen, M. und P. Rouvinen (2014), „Computerization Threatens One Third of Finnish Employment“, ETLA Brief 22.

- [20] Chang, J.-H. und P. Huynh (2016), Asean in Transformation. The Future of Jobs at Risk of Automation. Bureau for Employers' Activities, Working Paper No 9, International Labour Organization.
- [21] Brzeski, C. und I. Burk (2015), Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt, INGDiBa Economic Research.
- [22] vgl. Deutsche Bundesbank (2010), Unsicherheit von makro-ökonomischen Prognosen, Monatsbericht Juni 2010. S. 47.
- [23] vgl. Stettes, O. (2017), Arbeitswelt 4.0: Wohlstandszuwachs oder Ungleichheit und Arbeitsplatzverlust was bringt die Digitalisierung?, ifo Schnelldienst, 7/2017, S. 3-6, hier S. 3.
- [24] vgl. Arntz, M., T. Gregory und U. Zierahn (2017a), Revisiting the Risk of Automation, Economics Letters, July 2017. S. 1.
- [25] vgl. ebd. S. 3.
- [26] Dengler, K. und B. Matthes (2015), Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland, IAB-Forschungsbericht 11, Nürnberg.
- [27] vgl. ebd. S. 24.
- [28] vgl. Bonin, H., T. Gregory und U. Zierahn (2015), Übertragung der Studie von Frey und Osborne (2013) auf Deutschland, Mannheim. S. 19.
- [29] Sieglén, G.; Buch, T. und Dengler, K. (2017), Digitalisierung der Arbeitswelt in Nordrhein-Westfalen. Folgen für den Arbeitsmarkt in Nordrhein-Westfalen, IAB-Regional 01/2017. S. 15.
- [30] vgl. [23] S. 3.
- [31] vgl. Dengler, K. und B. Matthes (2018), Wenige Berufsbilder halten mit der Digitalisierung Schritt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen, IAB-Kurzbericht, 4/2018.
- [32] vgl. ebd. S. 1.
- [33] vgl. [25].
- [34] vgl. ebd. S. 8f.
- [35] vgl. Arntz, M., T. Gregory und U. Zierahn (2016), The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries. A Comparative Analysis, OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 189.
- [36] vgl. ebd. S. 15.
- [37] vgl. ebd. S. 4.
- [38] vgl. Buch, T., Dengler, K. und Matthes, B. (2016), Relevanz der Digitalisierung für die Bundesländer. Saarland, Thüringen und Baden-Württemberg haben den größten Anpassungsbedarf, IAB-Kurzbericht 14/2016. S. 2.
- [39] vgl. [33] S. 3.
- [40] vgl. ebd. S. 3.
- [41] vgl. [26]. S. 32.
- [42] vgl. [33] S. 4.
- [43] vgl. ebd. S. 4.
- [44] vgl. [26] S. 11.
- [45] vgl. [33] S. 3.
- [46] vgl. ebd. S. 5.
- [47] vgl. [26] S. 16.
- [48] vgl. ebd. S. 16.
- [49] vgl. ebd. S. 33.



CPS.HUB NRW – COMPETENCE CENTER FOR CYBER PHYSICAL SYSTEMS

Als Innovationsmotor für die digitale Transformation treibt CPS.HUB NRW – Competence Center for Cyber Physical Systems die Weiterentwicklung der technologischen Basis für intelligente vernetzte Systeme voran. CPS.HUB NRW adressiert dabei die wichtigen Zukunftsthemen wie Machine Learning und künstliche Intelligenz, IT-Security und 5G. Im CPS.HUB NRW werden vorhandenes Wissen und Fachdisziplinen-spezifische Kompetenzen zusammengeführt und gemeinsam weiterentwickelt. Auf dieser Plattform gelingt es immer mehr nordrhein-westfälischen Innovationsakteuren technologisches und wirtschaftliches Digitalisierungspotential vollumfänglich auszuschöpfen.

Das Netzwerk von CPS.HUB NRW umfasst aktuell mehr als 950 Experten aus Forschung, Wirtschaft, Politik, Verbänden und gesellschaftlichen Gruppen, die gemeinsam in 12 Fachgruppen daran arbeiten, die Chancen und Herausforderungen von Cyber Physical Systems nutzbar zu machen. So entsteht ein Wissensvorsprung: CPS.HUB NRW identifiziert und diskutiert Forschungs- und Entwicklungsfragen, unterstützt u.a. KMU und Start-ups, beschleunigt Know-how-Transfer und bietet vielfältige und umfangreiche Fach-Publikationen zu den CPS-Technologien.

Die Website www.cps-hub-nrw.de fungiert als zentrale Informations- und Kollaborationsplattform. Täglich werden dort aktuelle Nachrichten und Termine veröffentlicht – das Spektrum reicht von aktuellen Entwicklungen und Best-Practices über innovative Projekte und Angebote aus der CPS-Branche in NRW bis hin zu Studien- und Tagungsergebnissen sowie Informationen über Ausschreibungen und Wettbewerbe.

CPS.HUB NRW ist ein öffentlich gefördertes Projekt, das aus Mitteln des Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen finanziert wird. Neben der Bergischen Universität Wuppertal als Konsortialführer sind die Universität Duisburg-Essen, die Universität Paderborn und die Technische Universität Dortmund im Konsortium vertreten.



Abbildung 5: Das CPS.HUB NRW Netzwerk; eigene Darstellung