

# Übersicht über Studien zu den Auswirkungen der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt in Deutschland

Prof. Dr. Björn Christensen

Sven Frahm | Jule Schärpf | Frauke Steglich

Fachhochschule Kiel, KoFW

## Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	i
Einleitung.....	1
Studienübersicht und Maßnahmen .....	2
Zusammenfassung .....	10
Literaturverzeichnis .....	11

## Abkürzungsverzeichnis

BA .....	Bundesagentur für Arbeit
BeH. ....	Beschäftigten-Historik
BIBB .....	Bundesinstitut für Berufsbildung
BMAS .....	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BMWi .....	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
IAB .....	Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung
IEB .....	Integrierte Erwerbsbiografien des IAB
IFR .....	Federation of Robotics
IfW .....	Institut für Weltwirtschaft
IKT .....	Informations- und Kommunikationstechnik
IW .....	Institut der deutschen Wirtschaft Köln
KldB .....	Klassifikation der Berufe
KMU .....	Kleine und mittlere Unternehmen
KoFW .....	Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung und Weiterbildung
OECD .....	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
PIAAC .....	Programme for the International Assessment of Adult Competencies
QuBe .....	Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen (des BIBB & IAB)
ZEW .....	Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung

## Einleitung

Das Thema „Digitalisierung“ und die damit einhergehenden Schlagwörter „Arbeit 4.0“ und „Industrie 4.0“ werden in Deutschland kontrovers diskutiert. Insbesondere die Auswirkungen neuer Technologien auf die Produktionsprozesse und den Arbeitsmarkt stehen dabei im Fokus der Debatte. Auf der einen Seite werden die Chancen betont, die der technologische Wandel mit sich bringt, auf der anderen Seite birgt die Digitalisierung vor allem für den Arbeitsmarkt durch den Wegfall von Arbeitsplätzen und ganzen Berufen (Möller, 2015) auch Risiken. Vor diesem Hintergrund stellen sich vor allem folgende Fragen:

1. Werden bestimmte Tätigkeiten oder Berufe ganz wegfallen oder sich eher verändern?
2. Wie werden sich die Tätigkeitsstrukturen und Berufsbilder verändern?
3. Welche Personengruppen werden in welchem Ausmaß von der Digitalisierung betroffen sein?
4. Was wird sich für die Unternehmen ändern?
5. Wie schnell werden sich diese Veränderungen vollziehen?

Zur Beantwortung dieser Fragen gibt es zahlreiche Studien, die die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitswelt modellieren und die teils zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen gelangen. Ziel dieser Studie ist es, einen Überblick über die vorhandenen Studien zu erlangen, um diese zu vergleichen und zu bewerten. Dabei liegt der Fokus vor allem auf Deutschland und Studien aus anderen Ländern werden nur teilweise berücksichtigt. Aus diesem Grund erhebt diese Übersicht keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern fasst die aus Sicht der Autoren wichtigsten Studien, insbesondere für Deutschland, zusammen.

Im Folgenden wird zunächst eine systematische Übersicht über die Studien präsentiert, um danach ein Zwischenfazit zu ziehen und ausgewählte Maßnahmen zur Begegnung des Strukturwandels vorzustellen. Am Ende steht eine Zusammenfassung der Studie.

### Begriffsdefinitionen

**Digitalisierung** oder **Digitaler Wandel** ist ein breit gefasstes Konzept und beinhaltet die Veränderungen, die „auf Basis einer schnellen und breiten Adaption neuer Informations- und Kommunikationstechnologien in Wirtschaft und Gesellschaft realisiert werden können.“ (BMAS, 2017, S.199)

**Industrie 4.0** beschreibt den Umbruch im produzierenden Sektor. Leitbild der Industrie 4.0 ist eine hochautomatisierte und vernetzte industrielle Produktions- und Logistikkette. Dabei verschmelzen virtuelle und reale Prozesse auf der Basis sogenannter cyberphysischer Systeme. Diese ermöglicht eine hocheffiziente und hochflexible Produktion, die Kundenwünsche in Echtzeit integriert und eine Vielzahl von Produktvarianten ermöglicht.“ (BMAS, 2017, S.200)

**Arbeiten 4.0** knüpft an die aktuelle Diskussion über die vierte industrielle Revolution (Industrie 4.0) an, rückt aber die Arbeitsformen und Arbeitsverhältnisse ins Zentrum – nicht nur im industriellen Sektor, sondern in der gesamten Arbeitswelt. [...] Arbeiten 4.0 wird vernetzter, digitaler und flexibler sein.“ (BMAS, 2017, S.198)

## Studienübersicht und Maßnahmen

Dieser Abschnitt umfasst eine Übersicht über aktuelle Studien zur Auswirkung der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt. Dabei besteht bei der empirischen Arbeitsmarktforschung vor allem das Problem, wie „Digitalisierung“ operationalisiert werden kann. Mögliche Ansatzpunkte sind dabei die 1.) die Analyse der Veränderungen von Geschäftsmodellen oder Wettbewerbsstrukturen in den verschiedenen Märkten, 2.) die isolierte Betrachtung der Effekte digitaler Technologien auf die Organisation von Produktions- und Arbeitsprozessen und 3.) die isolierte Betrachtung von Arbeitsinhalten (z.B. Rationalisierung) (Stetters, 2017).

Je nachdem, welcher Ansatzpunkt gewählt wird, können sich die Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt und die Beschäftigung unterscheiden, sodass Prognosen grundsätzlich mit Vorsicht interpretiert werden sollten (Stetters, 2017). Um eine systematische Übersicht darüber zu erlangen, welche Methodik verwendet wurde, werden die folgenden Studien unter folgenden Gesichtspunkten betrachtet:

1. (ausgewählte) Forschungsfrage(n)
2. Betrachteter Zeitraum und die Region
3. Herangehensweise
4. Annahmen
5. Wichtigste Ergebnisse
6. Bewertung der Studie durch die Autoren

Die Ergebnisse der hier vorgestellten Studien stimmen darin überein, dass es durch die Digitalisierung eine Veränderung der Tätigkeits- und Berufsfelder in Form eines Strukturwandels geben wird. Allerdings variieren die Ergebnisse in Hinblick auf das Ausmaß abhängig von den zugrundeliegenden Annahmen teils erheblich. So weisen einzelne Studien kaum Nettoauswirkungen auf die Beschäftigung aus, andere Studien hingegen gehen von erheblichen negativen Auswirkungen für die Beschäftigung aus. Eine Veränderung der Arbeitswelt birgt grundsätzlich die Gefahr, die Ungleichheit zu erhöhen, beispielsweise durch unterschiedliche Auswirkungen auf gering- und hochqualifizierte Beschäftigte. Die Studien haben gezeigt, dass tendenziell wohl am ehesten Helfertätigkeiten wegfallen werden ((Dengler & Matthes, 2018); (Lehmer & Matthes, 2017)).

Für die Politik besteht dabei die Herausforderung, die Vorteile der Digitalisierung für möglichst viele Menschen zu realisieren. Dafür wird eine Auswahl von in der Literatur vorgeschlagenen Maßnahmen vorgestellt, die den Strukturwandel begleiten. Ausführliche Vorschläge für Handlungsempfehlungen sind unter anderem in den Studien der OECD (2017), der BMAS (2017) und des BMWi (2016) zu finden. Bei fast allen Untersuchungen zum Thema „Digitalisierung“ wird die Bedeutung der Schaffung von Rahmenbedingung zur Begleitung des Strukturwandels betont. Dabei wird als Grundvoraussetzung der Ausbau des Glasfasernetzes gezählt (Dispan et al., 2017). Weiterhin wird der Stärkung der Innovationsfähigkeit von Unternehmen eine hohe Bedeutung beigemessen. Dazu werden die Beratung und Unterstützung von KMU sowie die Förderung von Investitionen gezählt (Dispan et al., 2017).

Weiterhin bedarf es Veränderungen und eine Intensivierung in der Aus- und Weiterbildung, um die möglichen negativen Folgen des technologischen Wandels für Beschäftigte abzufangen. Dazu sollte bei den Ausbildungsinhalten vermehrt ein Fokus auf Big Data, Social Media und IT gelegt werden. Zusätzlich sollten Weiterbildungsprogramme vermehrt vor allem für Geringqualifizierte angeboten werden (Arntz et al., 2017), da bis dato Weiterbildungsprogramme oftmals durch bereits hoch gebildete Arbeitnehmer, Besserverdienende und Angestellte in bereits sicheren Beschäftigungsverhältnissen wahrgenommen werden ((Poschmann, 2015); (Bellmann & Leber (2003)).

<b>Studie und Fragestellung</b>	<b>Frey &amp; Osborne ((2013);(2017)) Wie anfällig für Automatisierung sind Arbeitsplätze in den USA?</b>
Region & Zeitraum	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ USA</li> <li>▪ 2010-2020</li> </ul>
Herangehensweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identifizierung von drei Tätigkeitskategorien, die schwer zu automatisieren sind (creative intelligence, social intelligence, perception und manipulation).</li> <li>▪ Aus 702 Berufen, die einen Bezug zu diesen Kategorien haben, wählten Experten 70 Berufe aus, die Automatisierungspotenzial besitzen.</li> <li>▪ Hochrechnung der gewählten Berufe auf die übrigen 632 untersuchten Berufe: für die 70 Berufe wird ein Modell geschätzt, dass die Einteilung in automatisierbar/nicht-automatisierbar durch bestimmte Tätigkeiten erklärt; Anschließend wird die Automatisierungswahrscheinlichkeit für die übrigen Berufe extrapoliert.</li> <li>▪ Modell errechnet eine Automatisierungswahrscheinlichkeit von 0 – 100% per Beruf.</li> <li>▪ Gruppierung der Ergebnisse auf niedriges (bis 30%), mittleres (30-70%) und hohes (über 70%) Automatisierungsrisiko</li> </ul>
Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fokus auf Automatisierungs-potential bereits existierender Beschäftigungsverhältnisse</li> <li>▪ Analyse neuer Tätigkeitsfelder oder von Automatisierungshemmnissen wird nicht vorgenommen</li> <li>▪ Die Tätigkeiten in einer Berufsgruppe sind für alle Beschäftigten in dieser Berufsgruppe gleich. Es wird nicht berücksichtigt, dass sich die Tätigkeiten trotz gleicher Berufsgruppe unterscheiden könnten.</li> </ul>
Wichtigste Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 47 % der Beschäftigten in den USA arbeiten in Berufen, die durch automatisierungsbedingte Rationalisierung gefährdet sind, d.h. mit hoher Wahrscheinlichkeit (&gt; 70 %) automatisiert werden können.</li> <li>▪ Automatisierungsgefahr sinkt mit steigendem Lohn und Bildungsgrad.</li> </ul>
Einschätzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Automatisierungsannahmen basieren auf Einschätzungen von Experten. Es ist nicht auszuschließen, dass Experten die technischen Möglichkeiten überschätzen.</li> <li>▪ Mögliche Grenzen der Umsetzung des technisch Möglichen werden nicht berücksichtigt: Überschätzung des Automatisierungspotenzials</li> <li>▪ Mögliche positive Auswirkungen auf die Beschäftigung (z.B. Entstehung neuer Berufsbilder) werden nicht berücksichtigt.</li> </ul>
<b>Studie &amp; Fragestellung</b>	<b>Bonin et al. (2015) Wie anfällig für Automatisierung sind Arbeitsplätze in Deutschland?</b>
Region & Zeitraum	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deutschland</li> <li>▪ 10-20 Jahre; Basisjahr 2013</li> </ul>
Herangehensweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Übertragung der Studie von Frey &amp; Osborne 2013 auf Deutschland</li> <li>▪ Übertragung der US-Automatisierungswahrscheinlichkeiten auf Berufe in Deutschland: Daten von Frey &amp; Osborne werden erst auf die International Standard Classification of Occupations (ISCO) und dann auf die Klassifikation der Berufe (KldB) der Bundesagentur für Arbeit übertragen.</li> <li>▪ Darüber hinaus Berücksichtigung von Tätigkeiten statt Berufen: Übertragung der US-Automatisierungswahrscheinlichkeiten auf Tätigkeiten in Deutschland</li> </ul>
Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Annahme, dass Beschäftigte in den gleichen Berufsgruppen in den USA und in Deutschland gleiche Tätigkeiten ausüben</li> <li>▪ Automatisierungspotenzial jeder Tätigkeit ist in Deutschland und den USA gleich</li> <li>▪ Fokus auf Automatisierungspotenzial bereits existierender Beschäftigungsverhältnisse</li> <li>▪ Analyse neuer Tätigkeitsfelder oder von Automatisierungshemmnissen wird nicht vorgenommen.</li> </ul>
Wichtigste Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 42 % der Beschäftigten in Deutschland arbeiten in Berufen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit (&gt; 70%) automatisiert werden können (in den USA 49 %).</li> <li>▪ Werden Tätigkeiten (und nicht Berufe) berücksichtigt, liegt der Anteil der Arbeitsplätze mit hoher Automatisierungswahrscheinlichkeit (&gt; 70 %) in Deutschland bei 12 % (in den USA bei 9 %).</li> </ul>
Einschätzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Automatisierungsannahmen basieren auf Einschätzungen von Experten. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Experten die technischen Möglichkeiten überschätzen.</li> <li>▪ Mögliche Grenzen der Umsetzung des technisch Möglichen werden nicht berücksichtigt: Überschätzung des Automatisierungspotenzials</li> <li>▪ Das Entstehen neuer bzw. die Veränderung von Arbeitsplätzen durch neue Technologien ist nicht aufgenommen: positive Beschäftigungseffekte werden nicht berücksichtigt</li> </ul>

<b>Studie &amp; Fragestellung</b>	<b>Dengler &amp; Matthes (2015)</b> <b>Welcher Anteil an Tätigkeiten einzelner Berufe kann schon heute (Stand 2013) potenziell durch Computer ersetzt werden?</b>
Region & Zeitraum	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deutschland</li> <li>▪ 2013; keine Prognose</li> </ul>
Herangehensweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es werden derzeit (2013) bestehende Substituierbarkeitspotenziale berechnet.</li> <li>▪ Verwendet werden dabei die Berufsbeschreibungen aus der Expertendatenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit, die u.a. Angaben zu den jeweiligen einzelnen Tätigkeiten und den verwendeten Arbeitsmitteln enthält.</li> <li>▪ Das Substituierbarkeitspotenzial bestimmt sich aus dem Anteil an Routine-Tätigkeiten in den jeweiligen Berufen.</li> <li>▪ Differenzierung nach Anforderungsniveaus (Helfer, Fachkräfte, Spezialisten, Experten), Berufssegmenten, Berufssegment-Anforderungsniveau-Kombinationen und sozialversicherungspflichtig Beschäftigten</li> </ul>
Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es können nicht ganze Berufe, sondern nur einzelne Tätigkeiten von Computern ersetzt werden.</li> </ul>
Wichtigste Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ca. 15 % der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten haben 2013 in Deutschland in einem Beruf gearbeitet, in dem mehr als 70 % der Tätigkeiten durch Computer bereits dann hätten - zumindest technisch- ersetzt werden können.</li> <li>▪ Sowohl Helfer als auch Fachkraftberufe weisen hohe, Spezialisten- und Expertenberufe weisen niedrige Substituierbarkeitspotenziale auf.</li> <li>▪ Das durchschnittliche Substituierbarkeitspotenzial ist in Fertigungsberufen am höchsten und in sozialen und kulturellen Dienstleistungsberufen am niedrigsten.</li> </ul>
Einschätzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Berücksichtigung von Besonderheiten des deutschen Ausbildungs- und Arbeitsmarktes.</li> <li>▪ Tätigkeiten, die theoretisch substituiert werden können, müssen nicht tatsächlich substituiert werden. Rechtliche und gesellschaftliche Regeln können eine Umsetzung verhindern bzw. verlangsamen.</li> <li>▪ Keine Unterscheidung von unterschiedlichen Anforderungen in gleichen Berufen.</li> <li>▪ Keine Aussage über zukünftige Entwicklungen.</li> <li>▪ Keine Berücksichtigung von makroökonomischen Anpassungen.</li> </ul>
<b>Studie &amp; Fragestellung</b>	<b>Dengler &amp; Matthes (2018)</b> <b>Welcher Anteil an Tätigkeiten einzelner Berufe kann schon heute (Stand 2016) potenziell durch Computer ersetzt werden?</b>
Region & Zeitraum	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deutschland</li> <li>▪ 2016; keine Prognose</li> </ul>
Herangehensweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aktualisierung der Untersuchung von Dengler &amp; Matthes (2015)</li> <li>▪ Berechnung von Substituierbarkeitspotenzialen von Tätigkeiten pro Beruf auf Basis der Expertendatenbank BERUFENET</li> </ul>
Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es können nicht ganze Berufe, sondern nur einzelne Tätigkeiten von Computern ersetzt werden.</li> </ul>
Wichtigste Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es sind neue Berufe und Tätigkeiten seit der Untersuchung von 2015 (basierend auf Daten von 2013) entstanden.</li> <li>▪ Helferberufe weisen im Jahr 2016 mit 58 % (statt vorher 45 %) das höchste Substituierbarkeitspotenzial auf.</li> <li>▪ Das Substituierbarkeitspotenzial in Verkehrs- und Logistikberufen ist um 20 Prozentpunkte angestiegen.</li> <li>▪ 25 % (statt vorher 15 %) der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten arbeiten in Berufen, die von einem hohen Substituierbarkeitspotenzial (&gt; 70 %) betroffen sind.</li> </ul>
Einschätzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Berücksichtigung von Besonderheiten des deutschen Ausbildungs- und Arbeitsmarktes</li> <li>▪ Tätigkeiten, die theoretisch substituiert werden können, müssen nicht tatsächlich substituiert werden. Rechtliche und gesellschaftliche Regeln können eine Umsetzung verhindern bzw. verlangsamen.</li> <li>▪ Keine Unterscheidung von unterschiedlichen Anforderungen in gleichen Berufen</li> <li>▪ Keine Aussage über zukünftige Entwicklungen</li> <li>▪ Keine Berücksichtigung von makroökonomischen Anpassungen</li> </ul>

<b>Studie &amp; Fragestellung</b>	<b>Buch et al. (2016)</b> <b>Wie stark sind Berufe in Schleswig-Holstein schon heute (Stand 2013) potenziell ersetzbar?</b>
Region & Zeitraum	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Schleswig-Holstein</li> <li>▪ 2013; keine Prognose</li> </ul>
Herangehensweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Basierend auf der Untersuchung von Dengler &amp; Matthes (2015) werden derzeit (2013) bestehende Substituierbarkeitspotenziale berechnet.</li> <li>▪ Berechnung von Substituierbarkeitspotenzialen von Tätigkeiten pro Beruf auf Basis der Expertenbank BERUFENET</li> </ul>
Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Konzentration auf eine Betrachtung von Berufssegmenten, die auf Basis der Klassifikation der Berufe (KldB) 2010 für Deutschland anhand berufsfachlicher Kriterien qualitativ zusammengefasst wurden.</li> </ul>
Wichtigste Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 12 % der Beschäftigungsverhältnisse sind mit einem sehr hohen Substituierbarkeitspotenzial von über 70 % konfrontiert (Bundesdurchschnitt: 15 %).</li> <li>▪ Mit Ausnahme von Flensburg (Anteil von 15 %) liegen alle Kreise und Städte im Land unter dem Bundesdurchschnitt.</li> <li>▪ Produktionsberufe weisen ein höheres Substituierbarkeitspotenzial als Dienstleistungstätigkeiten auf.</li> <li>▪ Tätigkeiten im Helfer- und Fachkraftbereich, aber auch Spezialistentätigkeiten weisen höhere Substituierbarkeitspotenziale auf als Expertenberufe, welche vom digitalen Wandel weitgehend nicht betroffen sein werden.</li> </ul>
Einschätzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Berücksichtigung von Besonderheiten des deutschen Ausbildungs- und Arbeitsmarktes</li> <li>▪ Tätigkeiten, die theoretisch substituiert werden können, müssen nicht tatsächlich substituiert werden. Rechtliche und gesellschaftliche Regeln können eine Umsetzung verhindern bzw. verlangsamen.</li> <li>▪ Keine Unterscheidung von unterschiedlichen Anforderungen in gleichen Berufen</li> <li>▪ Keine Aussage über zukünftige Entwicklungen</li> <li>▪ Keine Berücksichtigung von makroökonomischen Anpassungen</li> </ul>
<b>Studie &amp; Fragestellung</b>	<b>Vogler-Ludwig et al. (2016)</b> <b>Wie entwickeln sich Arbeitsangebot und -nachfrage in Deutschland bis 2030 unter Berücksichtigung einer „beschleunigten Digitalisierung“?</b>
Region & Zeitraum	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deutschland</li> <li>▪ Prognose bis 2030, Basisjahr: 2016</li> </ul>
Herangehensweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Simultane Schätzung von Arbeitsangebot und -nachfrage</li> <li>▪ Analyse von Szenarien, u.a. ein Szenario „beschleunigte Digitalisierung“, das von einer Entwicklungsstrategie mit Fokus auf die intensive Nutzung und Anwendung der digitalen Technik ausgeht.</li> </ul>
Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Weitgehende Digitalisierung aller Lebens- und Arbeitsbereiche</li> <li>▪ Annahme hoher Freisetzung von Arbeit in digitalisierbaren Tätigkeitsfeldern, sowie verstärkter Bedarf an koordinierenden, forschenden, kommunikativen, kreativen und entscheidungsintensiven Tätigkeiten</li> <li>▪ Ausbau der Studienfächer Informatik, Kommunikationstechnik und Datenanalyse, Förderung von Umschulung und Weiterbildung, fortschreitende Flexibilisierung der Arbeitsverhältnisse, hohe F&amp;E-Investitionen, weltweite Anwerbung von IT-Experten, selbstfahrende Autos sind bis 2030 Standard, Car-Sharing setzt sich durch, vollautomatische Lagerhaltung, forcierter Ausbau der digitalen Netze, internetbasierte Verwaltung, digitale Verkehrsleitsysteme etc.</li> </ul>
Wichtigste Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Im Vergleich zu einem Szenario ohne beschleunigte Digitalisierung ergibt sich ein Beschäftigungsgewinn von rund einer viertel Million; ein Rückgang der Erwerbslosigkeit um 20 %; eine Steigerung des realen Bruttoinlandsprodukts um 4%; eine Steigerung des Pro-Kopf-Einkommens um 4 %; eine Kompensation von etwa einem Achtel des demografisch bedingten Rückgangs der Erwerbspersonen; eine Verlagerung der Arbeitskräftenachfrage zugunsten der Hochschulabsolventen und zulasten der Arbeitskräfte ohne berufliche Bildung; keine Linderung des Fachkräftemangels; kein verstärktes Auseinanderdriften der Einkommensverteilung durch die Digitalisierung</li> </ul>
Einschätzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Entstehung neuer Berufe wird indirekt berücksichtigt: für einige Berufsgruppen wird ein Beschäftigungsrückgang, für andere ein Beschäftigungszuwachs geschätzt.</li> </ul>



<b>Studie &amp; Fragestellung</b>	<b>Hammermann &amp; Stettes (2015)</b> <b>Inwiefern geht der Digitalisierungstrend mit dem zukünftigen qualifikatorischen Personalbedarf und den unternehmerischen Anforderungen an spezifische Qualifikationen und Kompetenzen einher?</b>
Region & Zeitraum	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deutschland</li> <li>▪ Unternehmensbefragung im Jahr 2014, Einschätzung für 5-10 Jahre</li> </ul>
Herangehensweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Datengrundlage ist das IW-Personalpanel 2014: Abfrage von Erwartungen und Einschätzungen von Personalverantwortlichen zum Thema Digitalisierung</li> <li>▪ Unterscheidung nach dem Grad der Digitalisierung der Unternehmen: mittlerer/hoher/sehr hoher Digitalisierungsgrad und Frontier-Unternehmen (Intensive Befassung mit Digitalisierung &amp; Einsatz für alle Nutzungszwecke)</li> <li>▪ Ermittlung von Charakteristika, die digital ausgerichtete Unternehmen aufweisen.</li> <li>▪ Abfrage von Einschätzungen zu Bedeutung und Entwicklung von Kompetenzen und Qualifikationen, zur Personalentwicklung und Weiterbildung</li> <li>▪ Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem Digitalisierungsgrad der Unternehmen und der Beschäftigungsentwicklung</li> </ul>
Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eine Stichprobe aller Unternehmen mit mindestens einem Beschäftigten wurden nach dem Zufallsprinzip aus der Unternehmensdatenbank der IW Consult ausgewählt: 1.394 Unternehmen</li> <li>▪ Gewichtung nach Verteilung der Branchen und Unternehmensgrößen an der Gesamtverteilung deutscher Unternehmen</li> </ul>
Wichtigste Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Von den befragten Unternehmen wird kein starker Personalabbau erwartet.</li> <li>▪ Ein knappes Drittel der Unternehmen ist bereits relativ stark auf eine digitale Wirtschaft und Arbeitswelt ausgerichtet.</li> <li>▪ 2/3 der Unternehmen sehen Handlungsbedarf bei der schulischen sowie beruflichen Aus- und Weiterbildung.</li> <li>▪ Unternehmen erwarten Mehrbedarf an IT-Fachkräften (Höherqualifizierungstrend) und wachsende Bedeutung von weichen Kompetenzen (Kommunikationsfähigkeit, Kooperationsfähigkeit etc.).</li> </ul>
Einschätzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lediglich Befragung von Personalverantwortlichen liefert eine Einschätzung.</li> </ul>
<b>Studie &amp; Fragestellung</b>	<b>Dengler &amp; Matthes (2016)</b> <b>Wie unterscheiden sich Substituierbarkeitspotenziale nach Geschlecht?</b>
Region & Zeitraum	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deutschland</li> <li>▪ 2013</li> </ul>
Herangehensweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Basiert auf der Untersuchung von Dengler &amp; Matthes (2015)</li> <li>▪ Berechnung von Substituierbarkeitspotenzialen von Tätigkeiten pro Beruf auf Basis der von BERUFENET</li> <li>▪ Unterscheidung nach Geschlecht</li> </ul>
Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es können nicht ganze Berufe, sondern nur einzelne Tätigkeiten von Computern ersetzt werden.</li> <li>▪ Männer arbeiten zum Teil in anderen Berufen als Frauen.</li> </ul>
Wichtigste Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Höheres Substituierbarkeitspotenzial bei Männern als bei Frauen über alle Anforderungsniveaus hinweg (im Durchschnitt)</li> <li>▪ Substituierbarkeitspotenzial bei Helferberufen: 54% bei Männern, 37% bei Frauen</li> <li>▪ Substituierbarkeitspotenzial sinkt bei Männern mit steigendem Anforderungsniveau.</li> <li>▪ Höheres Substituierbarkeitspotenzial bei Frauen im Berufssegment „Unternehmensführung und -organisation“</li> <li>▪ 21 % der Männer und 8 % der Frauen arbeiten in einem Beruf mit einem hohen Substituierbarkeitspotenzial (&gt; 70 %)</li> <li>▪ 36 % der Männer und 46 % der Frauen arbeiten in einem Beruf mit einem niedrigen Substituierbarkeitspotenzial (&lt; 30 %)</li> </ul>
Einschätzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Berücksichtigung von Besonderheiten des deutschen Ausbildungs- und Arbeitsmarktes</li> <li>▪ Tätigkeiten, die theoretisch substituiert werden können, müssen nicht tatsächlich substituiert werden. Rechtliche und gesellschaftliche Regeln können eine Umsetzung verhindern bzw. verlangsamen.</li> <li>▪ Keine Unterscheidung von unterschiedlichen Anforderungen in gleichen Berufen</li> <li>▪ Keine Aussage über zukünftige Entwicklungen sowie möglichen positiven Auswirkungen</li> <li>▪ Keine Berücksichtigung von makroökonomischen Anpassungen</li> </ul>

<b>Studie &amp; Fragestellung</b>	<b>Sorgner et al. (2017)</b> <b>Wie beeinflusst digitaler Wandel die Geschlechtergleichstellung?</b>
Region & Zeitraum	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ acht G20 Länder: Deutschland, Frankreich, Italien, Japan, Korea, Russland, Türkei, Vereinigtes Königreich</li> <li>▪ 2012</li> </ul>
Herangehensweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Automatisierungswahrscheinlichkeiten von Frey &amp; Osborne (2017) werden mit PIAAC-Daten verbunden.</li> <li>▪ Es werden die Kompetenzen und Qualifikationen der befragten Arbeitnehmer mit den Automatisierungswahrscheinlichkeiten ihrer jeweiligen Berufe verbunden und Unterschiede zwischen Männern und Frauen untersucht.</li> </ul>
Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die PIAAC-Daten enthalten ausschließlich Informationen zu Personen, die Beschäftigung haben. Arbeitslosigkeit und Ausbildung sind nicht berücksichtigt.</li> <li>▪ Automatisierungswahrscheinlichkeiten sind für unterschiedliche Tätigkeiten in gleichen Berufen gleich.</li> </ul>
Wichtigste Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ In Deutschland, Italien, Japan, Korea und der Türkei gibt es verglichen mit Frankreich und Russland relativ viele Berufe, die eine hohe Automatisierungswahrscheinlichkeit aufweisen.</li> <li>▪ Grundsätzlich werden neue digitale Technologien die Arbeitsplätze von Frauen weniger ersetzen als die von Männern.</li> <li>▪ In Deutschland sind Frauen entweder geringen oder hohen Substituierbarkeitswahrscheinlichkeiten ausgesetzt.</li> </ul>
Einschätzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Automatisierungsannahmen basieren auf Frey &amp; Osborne (2013/2017).</li> <li>▪ Mögliche Grenzen der Umsetzung des technisch Möglichen werden nicht berücksichtigt: Überschätzung des Automatisierungspotenzials</li> <li>▪ Mögliche positive Auswirkungen auf die Beschäftigung (z.B. Entstehung neuer Berufs-bilder) werden nicht berücksichtigt.</li> </ul>
<b>Studie &amp; Fragestellung</b>	<b>Dauth et al. (2017)</b> <b>Welche Auswirkungen hat der Einsatz von Industrierobotern auf die Erwerbsverläufe von Beschäftigten im verarbeitenden Gewerbe?</b>
Region & Zeitraum	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deutschland</li> <li>▪ 1994-2014</li> </ul>
Herangehensweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Roboterdaten auf Industriebende stammen von der International Federation of Robotics (IFR), die auf jährlichen Befragungen von Roboterzulieferer beruhen.</li> <li>▪ Die Informationen werden für 72 Industrien mit den Integrierten Erwerbsbiografien des IAB (IEBS) verbunden, um die Erwerbsbiographien verfolgen zu können.</li> </ul>
Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nicht alle Roboter aus Datenbank der IFR sind eindeutig einer Industrie zuzuordnen.</li> <li>▪ Das Verhältnis von Robotern zu Beschäftigten in einer Industrie ist für alle Regionen gleich.</li> </ul>
Wichtigste Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Jeder Roboter verdrängt zwei Jobs, was etwa 275.000 Jobs (23 %) des gesamten Rückgangs der Beschäftigung im verarbeitenden Gewerbe entspricht.</li> <li>▪ Robotereinsatz führt insgesamt nicht zu Jobverlusten, allerdings verändert er die Struktur der Gesamtbeschäftigung: Jeder Roboter verdrängt zwei Jobs im verarbeitenden Gewerbe; dieser Rückgang wurde jedoch vollkommen durch zusätzliche Jobs im Dienstleistungssektor kompensiert.</li> <li>▪ Dies geht nicht zu Lasten bereits beschäftigter Personen: Beschäftigte in Branchen, die verstärkt Roboter einsetzen, hatten sogar eine höhere Beschäftigungsstabilität bei ihrem ursprünglichen Arbeitgeber; systematischer Rückgang von Neueinstellungen in diesen Branchen.</li> <li>▪ Vor allem die Löhne von Personen mit Ausbildungsabschluss in Fertigungsberufen geraten durch den Einsatz von Robotern unter Druck. Bei Managern und Ingenieuren sind dagegen steigende Löhne zu verzeichnen. Im Aggregat führen Roboter also zu einem Anstieg der Arbeitsproduktivität, aber nicht zu einem Anstieg der Löhne insgesamt. Damit tragen sie zum Rückgang der Lohnquote bei.</li> </ul>
Einschätzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Daten liegen nur auf Industrie-, und nicht auf Betriebsebene vor.</li> <li>▪ Das Verhältnis von Robotern zu Beschäftigten in einer Industrie ist wahrscheinlich nicht in allen Regionen gleich.</li> </ul>

<b>Studie &amp; Fragestellung</b>	<b>Arnold et al. (2016)</b> <b>Wie weit ist die Digitalisierung am Arbeitsplatz verbreitet? Welche Konsequenzen hat die Digitalisierung aus Sicht der Beschäftigten für die Arbeitsplatzqualität, Jobanforderungen und Leistungsfähigkeit?</b>
Region & Zeitraum	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deutschland</li> <li>▪ 2015</li> </ul>
Herangehensweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Basis: Linked Personnel Panel (2012/13, 2014/15); Fokus auf Berücksichtigung von Unterschieden von Betriebs- und Beschäftigungsgruppen</li> <li>▪ Multivariate Auswertung: Zusammenhang zwischen der wahrgenommenen Notwendigkeit zur Weiterentwicklung und der Teilnahme an Weiterbildungsmaßnahmen</li> </ul>
Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Keine Berücksichtigung von Betrieben aus dem öffentlichen Sektor und Nichtregierungsorganisationen</li> </ul>
Wichtigste Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Knapp vier Fünftel der Beschäftigten merken eine Veränderung in der technischen Ausstattung ihres Arbeitsplatzes.</li> <li>▪ 30 % berichten von einer körperlichen Entlastung</li> <li>▪ 15 % berichten von sinkenden Anforderungen an die eigenen Fähigkeiten und Kompetenzen; diese nehmen seltener an Weiterbildungsmöglichkeiten teil.</li> <li>▪ 80 % sehen die Weiterbildung aufgrund der technologischen Veränderungen als wichtig an; diese nehmen öfter an Weiterbildungsmöglichkeiten teil.</li> <li>▪ 65 % nehmen eine Verdichtung der Arbeit wahr.</li> <li>▪ Etwa ein Drittel erleben eine größere Entscheidungsfreiheit aufgrund des technischen Fortschritts.</li> <li>▪ Mehr als die Hälfte nimmt eine Steigerung der eigenen Produktivität wahr.</li> <li>▪ Hochqualifizierte nutzen IKT beruflich öfter als Geringqualifizierte.</li> <li>▪ Beschäftigte mit Führungsverantwortung werden öfter mit mobilen IKT ausgestattet als Beschäftigte ohne Führungsverantwortung.</li> <li>▪ 13 % schätzen eine Übernahme der Arbeit von Maschinen als (sehr-)wahrscheinlich ein.</li> </ul>
Einschätzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Beschäftigtenbefragung liefert eine Einschätzung aus Sicht von Beschäftigten zu den empfundenen Konsequenzen von Digitalisierung.</li> </ul>
<b>Studie &amp; Fragestellung</b>	<b>Bellmann (2017)</b> <b>Führt die Digitalisierung dazu, dass auf der einen Seite bestehende Risiken für die (Weiter-) Beschäftigung von Älteren geringer werden und sich auf der anderen Seite neue Chancen bieten?</b>
Region & Zeitraum	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deutschland</li> <li>▪ 2013/2015</li> </ul>
Herangehensweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Basis: Linked Personnel Panel (Befragung von privaten Betrieben mit 50 oder mehr Beschäftigten)</li> <li>▪ Vergleich der Altersgruppen (&lt;25, 25-39, 40-54, 55+) zu den Themen körperliche Belastung, Weiterbildung, Veränderung/Bedeutung von bestimmten Kompetenzen und Fähigkeiten</li> </ul>
Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stärken der Älteren: Erfahrungswissen, Arbeitsmoral und -disziplin, Qualitätsbewusstsein, Loyalität und theoretisches Wissen</li> <li>▪ Sensorische, motorische und kognitivfluide Funktionen lassen im Alter nach (Bsp. Auffassungsgabe, Gedächtnis), kognitiv-kristalline Funktionen können sich im Alter verbessern (verbale Ausdrucksvermögen, Fachwissen und soziale Kompetenzen)</li> <li>▪ Bestehende Möglichkeiten der Beeinflussung des Verlaufs der kognitiven Altersfunktion durch z.B. den Lebensstil oder körperliche Aktivität</li> <li>▪ Wichtig für ältere Mitarbeiter: Geistig fordernde Arbeit, Rotation, längerfristiger Arbeitsplatzwechsel</li> </ul>
Wichtigste Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 44 % der Männer und 25 % der Frauen berichten über eine körperliche Entlastung im Zuge der Digitalisierung (Altersgruppe &gt; 55)</li> <li>▪ Männliche Produktionsarbeiter geben in fast allen Altersgruppen eine körperliche Entlastung häufiger an als Arbeiter aus anderen Bereichen</li> <li>▪ Männliche Produktionsarbeiter werten die Erfordernisse einer Weiterentwicklung in allen Altersgruppen als geringer im Vergleich zu Arbeitern aus anderen Bereichen</li> <li>▪ Anstieg von 8 % der beruflichen Weiterbildung</li> </ul>
Einschätzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Befragung liefert grundsätzlich eine Einschätzung aus Sicht der Beschäftigten.</li> <li>▪ Veränderung dieser Einschätzung kann betrachtet werden, da Ergebnisse aus zwei Befragungswellen verglichen werden.</li> </ul>

<b>Studie &amp; Fragestellung</b>	<b>Lehmer &amp; Matthes (2017)</b> <b>Gibt es allgemein eher Beschäftigungsverluste oder Zuwächse? Wie verteilen sich eventuell auftretende Verluste und Zuwächse auf unterschiedliche Gruppen oder Wirtschaftsbereiche?</b>
Region & Zeitraum	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deutschland</li> <li>▪ 2012-2015; keine Prognose</li> </ul>
Herangehensweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verlinkung der Arbeitswelt-4.0.-Betriebsbefragung des IAB und des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) mit der Beschäftigten-Historik (BeH) des IAB.</li> <li>▪ Befragung von 2.032 Betrieben mit dem Ziel, den Zusammenhang zwischen Investitionen in Wirtschaft-4.0-Technologien und der Beschäftigungsentwicklung zu untersuchen.</li> <li>▪ Vergleich von Nutzung der Technologien in den Bereichen Produktion sowie Büro und Kommunikation vor 5 Jahren und aktuell.</li> <li>▪ Aufteilung in drei Gruppen: „Vorreiter“-Gruppe, „Nachzügler“-Gruppe und „Hauptfeld“</li> <li>▪ Analyse der Gruppen getrennt nach Wirtschaftsbereichen.</li> </ul>
Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Neue Technologien: selbstgesteuerte Anlagen, Online-Plattformen und -Shops, Big-Data Anwendungen oder Cloud-Computing Systeme.</li> <li>▪ Arbeitsprozesse, die durch Technologie oder Computersysteme überwiegend autonom durchgeführt werden: Wirtschaft 4.0/neue digitale Technologien.</li> </ul>
Wichtigste Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Investitionen in digitale Techniken haben in den letzten Jahren weder zu massiven Beschäftigungsverlusten noch zu deutlichen Gewinnen geführt.</li> <li>▪ Positive Effekte für Beschäftigte, die IKT-Expertentätigkeiten und nicht-wissensintensive Dienstleistungen ausüben</li> <li>▪ Verluste für Beschäftigte, die Helfertätigkeiten im Bereich der nicht-wissensintensiven Dienstleistung ausüben.</li> <li>▪ Bei 18 % ist die Nutzung moderner digitaler Technologien bereits zentraler Bestandteil ihres Geschäftsmodells.</li> </ul>
Einschätzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Keine Übertragung auf alle wirtschaftlichen Bereiche möglich</li> </ul>
<b>Studie &amp; Fragestellung</b>	<b>Wolter et al. (2015)</b> <b>Werden Entwicklungen im Rahmen von Industrie 4.0 den Strukturwandel beschleunigen? Welche Auswirkungen auf die Zahl der Erwerbstätigen ist zu erwarten?</b>
Region & Zeitraum	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deutschland</li> <li>▪ 2011-2030</li> </ul>
Herangehensweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 5-stufige Szenario-Analyse: 1. erhöhte Ausrüstungsinvestitionen, 2. erhöhte Bauinvestitionen, 3. veränderter Material- und Personalaufwand, 4. veränderte Berufsfeldstruktur, 5. steigende Nachfrage nach neuen Gütern</li> <li>▪ Ermittlung von Folgen veränderter Einflussgrößen auf Qualifikation, Berufe, Branchen und die gesamtwirtschaftliche Entwicklung</li> </ul>
Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Übergang zu Industrie 4.0 ist ein langfristiger Prozess, der erst ab 2025 abgeschlossen ist.</li> <li>▪ Keine Rückkehr von ins Ausland verlagerten Produktionsstandorten nach Deutschland; Deutschland fängt im Vergleich zu anderen Ländern früh mit der Realisierung von Industrie 4.0 an.</li> <li>▪ Szenario 1: Zusätzliche Investitionen, Umrüstung der Kapitalstöcke Sensorik und IT-Dienstleistungen; Szenario 2: Ausbau von „schnellem Internet“; Szenario 3: Weiterbildung, Beratungsleistungen, Digitalisierung, anteiliger Rückgang der Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, steigende Arbeitsproduktivität; Szenario 4: Anpassung der Berufsstruktur nach Branchen unter Beachtung der Routine, Anpassung der Arbeitsproduktivität; Szenario 5: Exportsteigerungen, zusätzliche Nachfrage der privaten Haushalte</li> </ul>
Wichtigste Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Beschleunigung des Strukturwandels durch Industrie 4.0 hin zu mehr Dienstleistungen</li> <li>▪ Arbeitskräftebewegungen zwischen Branchen und Berufen sind größer als die Veränderung der Anzahl aller Erwerbstätigen.</li> <li>▪ 60.000 weniger Arbeitsplätze in 2030 als im Referenzszenario (Verlust vor allem im verarbeitenden Gewerbe)</li> <li>▪ Nachfrage nach höher Qualifizierten nimmt zu Lasten von Personen mit Berufsabschluss und Routine-Tätigkeiten zu; IT-Berufe und lehrende Berufe profitieren aufgrund der Investitionen dauerhaft.</li> </ul>
Einschätzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erste Modellierung gesamtwirtschaftlicher Effekte von Industrie 4.0 für Deutschland</li> <li>▪ Berücksichtigung von neu entstehenden und wegfallenden Arbeitsplätzen</li> </ul>

## Zusammenfassung

Zusammenfassend zeigen die Studien, dass es unstrittig ist, dass es zu (massiven) Veränderungen für Beschäftigte kommen wird, obgleich die hier vorgestellten Studien zu teils sehr unterschiedlichen Aussagen bezüglich der Auswirkungen der Digitalisierung, Arbeit 4.0 und Industrie 4.0 auf den Arbeitsmarkt kommen. Die bisherigen Ergebnisse der bisher vorhandenen Studien für Deutschland legen die Vermutung nahe, dass es zu Verschiebungen zwischen Branchen kommen wird, einzelne Tätigkeiten zukünftig entfallen werden, sich Arbeitsformen wandeln werden und qualifizierte im Vergleich zu unqualifizierter Arbeit zunehmen wird (Dispan et al., 2017).

Welche Beschäftigungseffekte von der (BMAS, 2017) fortschreitenden Digitalisierung zu erwarten sind, kann nicht abschließend geklärt werden. Viele Studien berücksichtigen dabei nur Teilaspekte der Digitalisierung wie beispielsweise die Rationalisierungsfrage (Dengler & Matthes, 2018). Oftmals werden makroökonomische Anpassungen nicht berücksichtigt und arbeitsschaffende Effekte ausgeklammert, sodass in diesen Fällen keine Aussage zu den Gesamtbeschäftigungseffekten getroffen werden kann. Eine Ausnahme bildet die Untersuchung von Wolter et al. (2015). Die Untersuchungen, die sich mit den Beschäftigungseffekten befassen, kommen überwiegend zu dem Ergebnis, dass nur mit einem moderaten Beschäftigungsrückgang oder sogar einem Beschäftigungszuwachs in Deutschland zu rechnen ist ((Stetters, 2017); (Wolter et al., 2015); (Dauth et al., 2017); (Vogler-Ludwig et al., 2016)). Somit lässt sich schlussfolgern, dass keine Massenarbeitslosigkeit durch den digitalen Wandel zu erwarten ist. Selbst für die Personengruppen, für deren Tätigkeiten hohe Substituierbarkeitswahrscheinlichkeiten berechnet wurden, werden keine oder kaum negative Beschäftigungseffekte erwartet (Stetters, 2017). Auch für Schleswig-Holstein wird kein massiver Wegfall von Arbeitsplätzen erwartet (Buch et al., 2016).

Weiterhin kann davon ausgegangen werden, dass die errechneten Automatisierungspotenziale überschätzt werden und die tatsächliche Substitution aufgrund von rechtlichen und gesellschaftlichen Barrieren nicht in dem Ausmaß stattfinden wird, wie sie technisch möglich wäre (Arntz et al., 2017).

Allerdings kann zukünftig mit einer Polarisierung von Tätigkeiten und Qualifikationen gerechnet werden. Zwischen 1993 und 2010 nahm in westeuropäischen Ländern die Beschäftigung in Berufen mit geringem und hohem Lohnniveau im Verhältnis zu denen mit mittlerer Entlohnung zu (Goos et al., 2014). Für Deutschland fällt diese Polarisierung weniger stark aus, unter anderem, weil die berufliche Ausbildung zu einem vergleichsweise hohen Qualifikationsniveau führt ((Sachverständigenrat, 2017); (Möller, 2015)). Eine verstärkte Nutzung von Industrierobotern kann mit niedrigeren Löhnen für Personen mittlerer Qualifikation einhergehen und so zu einer verstärkten Polarisierung in Deutschland führen (Dauth et al., 2017). In Schleswig-Holstein werden voraussichtlich vor allem Beschäftigte in Produktionsberufen von fortschreitender Automatisierung betroffen sein (Buch et al., 2016).

## Literaturverzeichnis

- Arnold, D., Butschek, S., Steffes, S., & Müller, D. (2016). *Digitalisierung am Arbeitsplatz*. Bundesministeriums für Arbeit und Soziales.
- Arntz, M., Gregory, T., & Zierahn, U. (Juli 2017). Digitalisierung und die Zukunft der Arbeit. *ifo Schnelldienst*(70), S. 6-9.
- Bellmann, L. (2017). Chancen und Risiken der Digitalisierung für ältere Produktionsarbeiter. *IAB-Forschungsbericht*(15).
- Bellmann, L., & Leber, U. (2003). Betriebliche Weiterbildung - Denn wer da hat, dem wird gegeben. *IAB-Materialien*(1), S. 15-16.
- BMAS. (2017). *Weissbuch - Arbeiten 4.0*. Bonn: Bundesministerium für Arbeit und Soziales.
- BMWi. (2015). *Digitale Strategie 2015*. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
- Bonin, H., Gregory, T., & Zierahn, U. (2015). Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. *ZEW Kurzexpertise*, 57.
- Brzeski, C., & Burk, I. (2015). *Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt*. INGDiBa Economic Research.
- Buch, T., Dengler, K., & Stöckmann, A. (April 2016). Digitalisierung der Arbeitswelt – Folgen für den Arbeitsmarkt in Schleswig-Holstein. *IAB-Regional Nord*(4).
- Buhr, D. (2015). *Soziale Innovationspolitik für die Industrie 4.0*. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Dauth, W., Findeisen, S., Südekum, J., & Wößner, N. (2017). German robots: The impact of industrial robots on workers. *IAB-Discussion Paper*(30).
- Dengler, K., & Matthes, B. (2015). Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt – Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland. *IAB-Forschungsbericht*(11).
- Dengler, K., & Matthes, B. (2016). Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitswelt: Substituierbarkeitspotenziale nach Geschlecht. *IAB-Bericht*(24).
- Dengler, K., & Matthes, B. (2018). Substituierbarkeitspotenziale von Berufen – Wenige Berufsbilder halten mit der Digitalisierung Schritt. *IAB-Kurzbericht*(4).
- Dispan, J., Koch, A., Luitjens, P., & Seibold, B. (2017). *Strukturbericht Region Stuttgart 2017 – Entwicklung von Wirtschaft und Beschäftigung Schwerpunkt: Digitaler Wandel in der regionalen Wirtschaft*. Stuttgart.
- Frey, C., & Osborne, M. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, S. 254-280.
- Frey, C., & Osborne, M. (kein Datum). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Oxford Working Paper*.
- Goos, M., Manning, A., & Salomons, A. (2014). Explaining job polarization: Routine-biased technological change and offshoring. *The American Economic Review*, 104(8), S. 2509-2556.
- Jäger, A., Moll, C., & Lerch, C. (2016). *Analysis of the impact of robotic systems on employment in the European Union – 2012 data update*. Luxemburg: Europäische Kommission.

- Lehmer, F., & Matthes, B. (2017). Auswirkungen der Digitalisierung auf die Beschäftigungsentwicklung in Deutschland. *IAB Aktuelle Berichte*(5).
- Möller, J. (2015). Verheißung oder Bedrohung? Die Arbeitsmarktwirkungen einer vierten industriellen Revolution. *IAB-Discussion Paper*(18).
- OECD. (2017). *Key issues for digital transformation in the G20 – Report prepared for a joint G20 German Presidency*.
- Poschmann, K. (2015). Berufliche Weiterbildung im Zeitalter der Digitalisierung. *DIW Roundup: Politik im Fokus*(84).
- Sachverständigenrat. (2017). Kapitel 8: Arbeitsmarkt: Fachkräftesicherung im digitalen Wandel. In Sachverständigenrat, *Jahresgutachten des Sachverständigenrates*.
- Sorgner, A., & Krieger-Boden, C. (2018). Labor market opportunities for women in the digital age. *Economics Discussion Papers*(18).
- Sorgner, A., Bode, E., & Krieger-Boden, C. (2017). effects of digitalization on gender equality in G20 economies. *Women20 study*.
- Stettes, O., & Hammermann, A. (2015). *2014, Fachkräftesicherung im Zeichen der Digitalisierung – Empirische Evidenz auf Basis des IW-Personalpanels*. Institut der deutschen Wirtschaft Köln.
- Vogler-Ludwig, K., Düll, N., & Kriechel, B. (2016). *Arbeitsmarkt 2030 – Wirtschaft und Arbeitsmarkt im digitalen Zeitalter – Prognose 2016*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Wolter, M., Mönnig, A., Hummel, M., Schneemann, C., Weber, E., Zika, G., . . . Neuber-Pohl, C. (2015). Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft – Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. *IAB-Forschungsbericht*(8).