

Lewalder, Anna Cristin; Lukowski, Felix; Neuber-Pohl, Caroline; Tiemann, Michael

## Research Report

# Operationalisierung von Ersetzungspotenzialen in Erwerbstätigkeiten durch Technologie

Wissenschaftliche Diskussionspapiere, No. 203

### Provided in Cooperation with:

Federal Institute for Vocational Education and Training (BIBB), Bonn

*Suggested Citation:* Lewalder, Anna Cristin; Lukowski, Felix; Neuber-Pohl, Caroline; Tiemann, Michael (2019) : Operationalisierung von Ersetzungspotenzialen in Erwerbstätigkeiten durch Technologie, Wissenschaftliche Diskussionspapiere, No. 203, ISBN 978-3-96208-126-3, Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Bonn, <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0035-0801-8>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/236167>

### 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.*

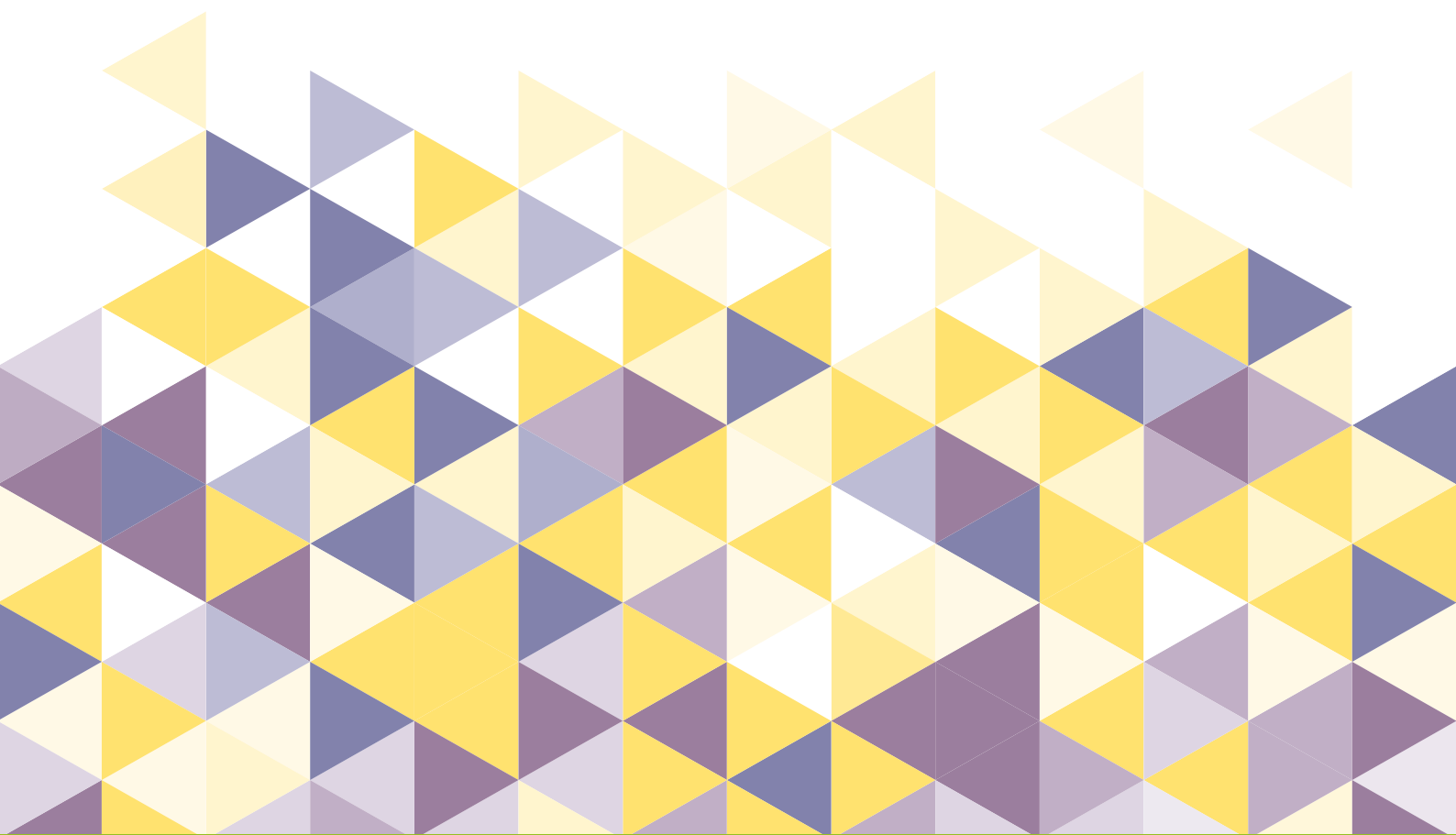
*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Anna Lewalder | Felix Lukowski | Caroline Neuber-Pohl | Michael Tiemann

# Operationalisierung von Ersetzungspotenzialen in Erwerbstätigkeiten durch Technologie





WISSENSCHAFTLICHE DISKUSSIONSPAPIERE

Heft 203

Anna Lewalder | Felix Lukowski | Caroline Neuber-Pohl |  
Michael Tiemann

# Operationalisierung von Ersetzungspotenzialen in Erwerbstätigkeiten durch Technologie

Gefördert vom



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Bundesinstitut  
für Berufsbildung **BiBB**

► Forschen  
► Beraten  
► Zukunft gestalten

Die WISSENSCHAFTLICHEN DISKUSSIONSPAPIERE des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB) werden durch den Präsidenten herausgegeben. Sie erscheinen als Namensbeiträge ihrer Verfasser und geben deren Meinung und nicht unbedingt die des Herausgebers wieder. Sie sind urheberrechtlich geschützt. Ihre Veröffentlichung dient der Diskussion mit der Fachöffentlichkeit.

**Zitiervorschlag:**

Lewalder, Anna u.a.: Operationalisierung von Ersetzungspotenzialen in Erwerbstätigkeiten durch Technologie. Bonn 2019

1. Auflage 2019

**Herausgeber:**

Bundesinstitut für Berufsbildung, Bonn  
Robert-Schuman-Platz 3  
53175 Bonn  
Internet: [www.bibb.de](http://www.bibb.de)

**Publikationsmanagement:**

Stabsstelle „Publikationen und wissenschaftliche Informationsdienste“  
E-Mail: [publikationsmanagement@bibb.de](mailto:publikationsmanagement@bibb.de)  
[www.bibb.de/veroeffentlichungen](http://www.bibb.de/veroeffentlichungen)

**Herstellung und Vertrieb:**

Verlag Barbara Budrich  
Stauffenbergstraße 7  
51379 Leverkusen  
Internet: [www.budrich.de](http://www.budrich.de)  
E-Mail: [info@budrich.de](mailto:info@budrich.de)

**Lizenzierung:**

Der Inhalt dieses Werkes steht unter einer Creative-Commons-Lizenz (Lizenztyp: Namensnennung – Keine kommerzielle Nutzung – Keine Bearbeitung – 4.0 International).



Weitere Informationen finden Sie im Internet auf unserer Creative-Commons-Infoseite [www.bibb.de/cc-lizenz](http://www.bibb.de/cc-lizenz).

ISBN 978-3-8474-2993-7 (Print)

ISBN 978-3-96208-126-3 (Open Access)

urn:nbn:de: 0035-0801-8

Bestell-Nr.: 14.203

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

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

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis . . . . .	4
<b>1 Einleitung . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>2 Ersetzungspotenziale von Berufen . . . . .</b>	<b>7</b>
2.1 Das „Computerisierungs-Ersetzungs-Potenzial“ (CEP-Index) aus der Erwerbstätigenbefragung: Konzept, deskriptive Ergebnisse . . . . .	7
2.2 Der Qualifizierungspanel-Ersetzbarkeitsindex (QPE): Konzept, deskriptive Ergebnisse . .	15
2.3 Unterschiede in den Ergebnissen zum CEP- und QPE-Index . . . . .	20
2.4 Ergänzung des CEP durch Informationen des QPE . . . . .	22
<b>3 Ausschöpfung von Automatisierungspotenzialen in Branchen . . . . .</b>	<b>27</b>
3.1 QP-Digitalisierungsgrad 4.0 . . . . .	28
3.2 QP-Anteil digitaler Technologien an Investitionen . . . . .	30
3.3 Digitalisierungsgrad der Arbeitsmittel in zehn Jahren . . . . .	32
3.4 Digitalisierungsindizes als Ausschöpfungsindex . . . . .	34
<b>4 Fazit. . . . .</b>	<b>37</b>
Literaturverzeichnis . . . . .	38
Autorinnen und Autoren. . . . .	41
Abstract . . . . .	42

# Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

## Abbildungen

Abbildung 1: Dichtefunktionen der Ersetzungspotenziale 2012 und 2018 . . . . .	11
Abbildung 2: Entwicklung von Beschäftigungsanteilen und Ersetzungspotenzialen seit 1979 . . . . .	12
Abbildung 3: CEP in Berufsgruppen . . . . .	14
Abbildung 4: Ersetzungspotenziale aus Sicht der Beschäftigten und Betriebe im Vergleich unter Berücksichtigung der Betriebsgröße . . . . .	21
Abbildung 5: Darstellung der relevanten Fragen für die Berechnung des Automatisierungsindex . . . . .	32
Abbildung 6: Rang der mittleren standardisierten Indexwerte und branchenspezifischer Indexwert . . . . .	35

## Tabellen

Tabelle 1: KMO-Werte und Faktorladungen für einen Index zum Ersetzungspotenzial. . . . .	10
Tabelle 2: CEP für ausgewählte Dreisteller der KldB2010. . . . .	13
Tabelle 3: Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse . . . . .	16
Tabelle 4: Der QP-Ersetzbarkeitsindex nach Wirtschaftszweigen. . . . .	18
Tabelle 5: Durchschnittlicher Anteil an Beschäftigten mit hoher Ersetzbarkeit in 20 Branchen (in %) . . . . .	24
Tabelle 6: Durchschnittlicher Anteil an Beschäftigten mit hoher Ersetzbarkeit in 37 Berufsgruppen (in %) . . . . .	25
Tabelle 7: Der QP-Digitalisierungsgrad 4.0 nach Wirtschaftszweigen . . . . .	30
Tabelle 8: Anteil der Investitionen in digitale Technologien nach Wirtschaftszweigen (in %) . . . . .	31
Tabelle 9: Anzahl der durchgeführten Befragungen nach Branchen. . . . .	33
Tabelle 10: Mittelwerte der Einschätzungen heute und in Zukunft nach Branchen. . . . .	34

# 1 Einleitung

Eine zentrale und oft diskutierte Frage im Zuge der Digitalisierung der Arbeitswelt ist, ob es zu einer Verdrängung menschlicher Arbeitskraft durch Maschinen kommt. In den meisten Studien, die auch im Folgenden vorgestellt werden, wird Bezug genommen auf Arbeitsaufgaben, die durch „intelligente“ Maschinen, Roboter, (selbstlernende) Algorithmen oder Ähnliches übernommen werden könnten. Dabei gelten Arbeitsaufgaben per Annahme<sup>1</sup> als ersetzbar, wenn diese „automatisierbar“ sind, d. h., wenn sich diese in Gänze durch ein Computerprogramm beschreiben und ausführen lassen: „In our usage, a task is ‘routine’ if it can be accomplished by machines following explicit programmed rules. [...] Because these tasks require methodical repetition of an unwavering procedure, they can be exhaustively specified with programmed instructions and performed by machines“ (AUTOR/LEVY/MURNANE 2003, S. 1283). Interessant ist dabei die von vielen Studien offen gelassene Diskrepanz zwischen den tatsächlichen Aufgaben von Erwerbstätigen, die sie zurzeit bearbeiten, und den in der Zukunft liegenden möglichen Veränderungen der Arbeitsaufgaben. Solche Veränderungen zu beschreiben, ist schwierig. Grund dafür ist, dass Arbeitsaufgaben, die in Zukunft von Maschinen übernommen werden können, also auch heute noch nicht ersetzbare Aufgaben, die durch neue Aufgabenfelder erst entstehen, häufig noch eine sehr kleine Teilgruppe der Beschäftigten betreffen. Die geringe Verbreitung und der niedrige Bekanntheitsgrad solcher Tätigkeiten bewirkt zudem, dass sie kaum in den der Forschung zugänglichen Datenquellen wie Stellenanzeigenbanken oder Berufsinformationssystemen beobachtbar sind. Auch über gezielte Umfragen kann man sich diesen Veränderungen in den Arbeitsaufgaben nur annähern, denn oft ist hier die Größe der Stichprobe zu gering, um etwas über diese seltenen Fälle zu erfahren. Angaben zu Ersetzungspotenzialen der menschlichen Arbeitskraft durch Maschinen sollten sich daher auf eine möglichst breite Datenbasis stützen, damit Entwicklungen am aktuellen Rand erfasst werden können.

Mit der Digitalisierung der Arbeitswelt wird oft die Angst vor Arbeitslosigkeit und sozialen Verwerfungen verbunden. Bisherige Studien deuten darauf hin, dass diese Sorge unbegründet scheint. Unterm Strich kommt es nicht zu massiven Arbeitsplatzverlusten, da der Arbeitsmarkt deutlich an Dynamik gewinnt (vgl. HELMRICH u. a. 2016; WOLTER u. a. 2016). Besonders auf der Ebene der Berufe könnten sich demnach erhebliche Unterschiede bei Auswirkungen der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt herauskristallisieren. Um diese Unterschiede genauer zu betrachten, sind zahlreiche Studien – auch besonders für den deutschen Arbeitsmarkt – durchgeführt worden, die Berufe auf Basis ihres Tätigkeitsprofils nach ihren Ersetzungspotenzialen einstufen und dadurch das Ersetzungsrisiko dieser Berufe aufgrund der Digitalisierung einschätzen (vgl. FREY/OSBORNE 2017; DENGLER/MATTHES 2015; ARNTZ u. a. 2016a; PFEIFER/SUPHAN 2015; TIEMANN 2016a). Neben der bloßen Möglichkeit, eine Tätigkeit zu automatisieren, spielen auch die Rahmenbedingungen des Betriebs eine Rolle, die bestehenden Ersetzungspotenziale ausnutzen zu können oder zu wollen. Einer Betriebsbefragung zufolge investieren Betriebe nicht in digitale Technologien, da sie zu diesem Zeitpunkt in ihnen meistens keinen weiteren Mehrwert sehen (vgl. ARNTZ u. a. 2016b). Im Rahmen dieses Aufsatzes knüpfen wir an die bestehende Diskussion über die Ermittlung von Ersetzungswahrscheinlichkeiten an und ergänzen diese um eine Diskussion zur Ausschöpfung dieser Ersetzungspotenziale und zur tatsächlichen

---

1 Eine grundsätzliche Auseinandersetzung mit der Tragweite und Tragfähigkeit dieser Annahme bieten u. a. PFEIFER/SUPHAN (2015) und TIEMANN (2016b). Im Folgenden werden die Begriffe „Ersetzungspotenzial“ und „Automatisierungspotenzial“ synonym verwendet.



Technologieadaption innerhalb der Betriebe. Dabei liegt unser Fokus in der Weiterentwicklung von Indizes, die das Risiko einzelner Berufe, ersetzt zu werden, beschreiben.

In Kapitel 2 stellen wir zwei Indizes für das Ersetzungspotenzial vor. Der CEP-Index (vgl. Kapitel 2.1) nutzt hierbei Tätigkeitsbeschreibungen aus der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung und schätzt somit das Ersetzbarkeitspotenzial aus Arbeitnehmerperspektive ein. Der QPE-Index (vgl. Kapitel 2.2) hingegen basiert auf Tätigkeitsangaben des BIBB-Qualifizierungspanels – einer Betriebsbefragung. Somit quantifiziert dieser Index das Ersetzungspotenzial aus Arbeitgeberperspektive. Auf der Grundlage dieser Indizes entwickeln wir einen leicht interpretierbaren Index, der die Informationen beider Indizes nutzt und sich mit einem hohen Grad an Detailliertheit für Berufe in Branchen berechnen lässt.

In Kapitel 3 widmen wir uns der Ausschöpfung von Ersetzungspotenzialen und den Investitionen in digitale Technologien in den Branchen. Wir stellen verschiedene Maße vor, die über den Digitalisierungsstand und die möglicherweise zukünftig zu erwartenden Veränderungen in den Branchen und Berufen informieren. Indem wir die Ergebnisse der einzelnen Indizes des Digitalisierungsstands vergleichen, diskutieren wir die Ausschöpfung von Ersetzbarkeitspotenzialen und die sich ergebenden Unterschiede zwischen Branchen.

In Kapitel 4 schließen wir unsere Diskussion mit einem Fazit ab.

## 2 Ersetzungspotenziale von Berufen

In den vergangenen Jahren sind viele Studien erschienen, in denen versucht wurde, die Ersetzbarkeit von Berufen in einem Index fassbar und vergleichbar zu machen. Ausgangspunkt für viele dieser Studien ist der Tätigkeitsansatz von AUTOR, LEVY und MURNANE (2003). Dieser geht davon aus, dass mit voranschreitender Computerisierung Algorithmen verfeinert werden, die es Maschinen ermöglichen, routinehafte (d. h. repetitive und programmierbare) Tätigkeiten von Arbeitskräften zu übernehmen. Der Anteil solcher Tätigkeiten am Tätigkeitsprofil bildet das Ersetzungspotenzial eines Berufs. Vorhandene Studien über Ersetzungspotenziale unterscheiden sich jedoch teilweise wesentlich darin, wie die Routinehaftigkeit beurteilt wird, welche Rolle die tägliche Anwendung von Fähigkeiten und Fertigkeiten spielt und wie wichtig der Arbeitskontext ist (vgl. HELMRICH u. a. 2016).

Die Aufsätze von FREY und OSBORNE (2017) sowie DENGLER und MATTHES (2015) sind Beispiele dafür, die Routinehaftigkeit anhand der technologischen Möglichkeit, Tätigkeiten zu ersetzen, zu bewerten. Dieser Ansatz lässt die Konstruktion einfach interpretierbarer Indizes für die Ersetzbarkeit von Tätigkeiten zu. Andere Studien regen jedoch an, auch die Häufigkeit und den Arbeitskontext von Tätigkeiten zu betrachten, die durch ihre Anforderungen z. B. an Selbstverantwortung, Kreativität oder Kommunikation, menschliche Arbeit unersetzlich machen (vgl. z. B. DEMING 2017; ARNTZ u. a. 2016a; TIEMANN 2016a; PFEIFFER/SUPHAN 2015; FREY/OSBORNE 2017). PFEIFFER (2007) führt hierfür das Beispiel des Monteurs an, dessen Arbeit häufig routinehaft ist, jedoch in den vergangenen Jahren mit immer mehr Verantwortung für die Problemlösung und -antizipation in einem unwägbaren Arbeitsumfeld verknüpft ist. So argumentiert die Autorin für diesen Fall, dass trotz striktem Arbeitsprotokoll eine Ersetzung der Arbeitskraft durch eine Maschine unwahrscheinlich scheint.

Diesem Gedanken folgend stellen wir im Rahmen dieses Kapitels zwei Ersetzbarkeitsindizes vor, die auf Befragungen von Beschäftigten einerseits und Entscheidern in Betrieben andererseits beruhen und verschiedene Anforderungsdimensionen in den Tätigkeiten betrachten: CEP-Index (vgl. Kapitel 2.1) und QPE-Index (vgl. Kapitel 2.2).

Anschließend stellen wir die Unterschiede und Gemeinsamkeiten bei der Bewertung der Ersetzbarkeit von Tätigkeiten durch die beiden Indizes dar (vgl. Kapitel 2.3), um daraus einen nach Beruf und Branche detaillierten und einfach zu interpretierenden Index abzuleiten (vgl. Kapitel 2.4).

### 2.1 Das „Computerisierungs-Ersetzungs-Potenzial“ (CEP-Index) aus der Erwerbstätigenbefragung: Konzept, deskriptive Ergebnisse

Das Ersetzungspotenzial von Tätigkeiten im Rahmen der Digitalisierung speist sich aus Informationen der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2017/18 (ETB)<sup>2</sup>. Im Rahmen dieser Erhebung wurden 20.000 Kernerwerbstätige<sup>3</sup> in Deutschland befragt. Die Perspektive ist also die von Individuen, sodass es sich bei den Antworten auf die Fragen um subjektive Einschätzungen handelt. Das hat den Vorteil, dass aktuelle, konkrete Informationen zu Bedingungen und Anforderungen am Arbeitsplatz vorliegen, die von den Befragten gewissermaßen als „Experten

2 Weitere Informationen unter [www.bibb.de/arbeit-im-wandel](http://www.bibb.de/arbeit-im-wandel)

3 Es handelt sich um Erwerbstätige, die mindestens zehn Stunden in der Woche gegen Bezahlung arbeiten.

in eigener Sache“ gegeben wurden. In anderen Datenquellen, wie z. B. dem BERUFENET, sind hingegen redaktionell gesteuerte Informationen über berufliche Inhalte zu finden, wie sie für Vermittlungszwecke relevant sind (vgl. Klassifikation der Berufe laut BA 2010 – KldB 2010). Das führt einerseits zu einer relativ großen Zahl an einzelnen Inhalten oder Kompetenzen. Andererseits sind diese Angaben normiert, denn die Betriebe geben zwar Auskunft, welche Inhalte sie suchen und nutzen wollen, aber diese Informationen gelangen nur gefiltert in die Datenbank.

#### **Datenquelle: BIBB/BauA-Erwerbstätigenbefragung**

Die BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragungen sind repräsentative Erhebungen unter Kern-erwerbstätigen in Deutschland. Sie werden vom BIBB und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) durchgeführt. Als Kern-erwerbstätige gelten Befragte, wenn sie mindestens zehn Stunden in der Woche gegen Bezahlung arbeiten und mindestens 15 Jahre alt sind. Derzeit liegt der Stichprobenumfang bei 20.000 Personen. Die Querschnittserhebungen finden alle sechs bis sieben Jahre statt, erstmals wurde 1979 eine Erwerbstätigenbefragung durchgeführt. Damit können auf Aggregatebene (Berufe, Branchen, Tätigkeiten) auch längsschnittliche Analysen berechnet werden.

Die beiden Kernthemen der Befragungen sind „Erwerb und Verwertung beruflicher Qualifikationen“ und „Arbeit und Beruf im Wandel“, die auch beide vom BIBB bearbeitet werden. Einen weiteren Schwerpunkt, der federführend von der BAuA verantwortet wird, bildet „Gesundheit“, darunter vor allem psychische und physische Arbeitsbelastungen. Daneben stehen wechselnde Themenschwerpunkte wie die Situation älterer Erwerbstätiger (in 2012), die nach Aktualität und Bedarf bearbeitet werden können. Die Erwerbstätigenbefragung bietet die Möglichkeit, gezielt für bestimmte Gruppen von Erwerbstätigen (Fortgebildete, kaufmännisch Tätige) oder bestimmte Themen (Tätigkeiten, erneuerbare Energien) Nachbefragungen durchzuführen. Dabei werden die Befragten, die einer weiteren Teilnahme zugestimmt haben, erneut befragt. So entstehen umfangreiche und detaillierte Datensätze. Die Daten werden zeitnah über das Forschungsdatenzentrum des BIBB der wissenschaftlichen Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Die Nachfrage unter externen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ist groß. Damit wird zum einen die Möglichkeit für Replikationsstudien eröffnet, zum anderen werden von den Beteiligten nicht im Detail untersuchte Themen behandelt.

In der derzeit aktuellen Erwerbstätigenbefragung von 2017/18 sind, wie in den vorherigen Erhebungen auch, Angaben zu Berufen, Branchen, (bis zu fünf abgeschlossenen) Ausbildungen, am Arbeitsplatz ausgeführten Einzeltätigkeiten, den geforderten Fachkenntnissen und weiteren Anforderungen enthalten. Diese können zum Beispiel genutzt werden, um ein dreidimensionales Modell zur Beschreibung beruflicher Inhalte zu füllen, deren Dimensionen der Routine, Kognition und Objektbezogenheit wie beschrieben für die Analyse der Digitalisierungspotenziale geeignet sind.

Auch wenn die BERUFENET-Datenbank die sicherlich umfassendste für berufliche Inhalte in Deutschland ist, stellt sich die Frage, inwiefern alle in einem Beruf vorkommenden Aufgaben und Kompetenzen darin wirklich hinterlegt sind. Denn hier greift im Grunde eine ähnliche Logik wie bei Stellenanzeigen, in denen typischerweise vorausgesetzte Kompetenzen nicht mehr angegeben werden. Während sich diese aus der historischen Entwicklung der Datenbank begründete Unschärfe durch die umsichtige redaktionelle Betreuung auffangen lässt, sieht es bei neuen, aktuellen Kompetenzen anders aus. Aufgaben, die sich nur in einer Handvoll Betrieben stellen, die gewissermaßen an der Speerspitze der Digitalisierung stehen, finden sich daher nicht sofort in dieser Datenbank wieder. Am aktuellen Rand, der ja gerade für die vorliegenden

Fragen nach Ersetzungspotenzialen interessant ist, entsteht so möglicherweise eine Lücke in den Daten.

Dem stellen wir mit dem Ersetzungspotenzial auf Basis der ETB (hier: CEP) einen alternativen Ansatz gegenüber. Er orientiert sich eng an der Definition des Ersetzungspotenzials in der Literatur (vgl. AUTOR/LEVY/MURNANE 2003; FREY/OSBORNE 2017, für eine ausführlichere Auseinandersetzung siehe Tiemann 2016b) und bildet ein Spektrum ab von monotonen, programmierbaren Aufgaben bis hin zu kreativen Aufgaben mit hohen kognitiven Anforderungen. Programmierbar sind Aufgaben, die bis ins letzte Detail vorgeschrieben sind (Routineindex, aus den Fragen F411\_02, F411\_03). Auf der anderen Seite stehen Ausbildungsaufgaben (F312), Reparaturaufgaben (F306) und Anforderungen, neue Lösungen zu finden (F411\_05).

Der Routineindex ist ein additiver Index über die Fragen danach, wie häufig „die Arbeitsdurchführung bis in alle Einzelheiten vorgeschrieben ist“ (F411\_02) und wie häufig „sich ein und derselbe Arbeitsgang bis in alle Einzelheiten wiederholt“ (F411\_03). Der Wertebereich läuft von {0} bis {1}.

Dieser Index bestimmt das programmierbare Ende der Ersetzbarkeitsskala.

$$routine = \frac{(F411_{02} + F411_{03})}{8}; F411_{02} \text{ und } F411_{03} \in \{1,2,3,4\}$$

$$\overline{(routine_{ungewichtet})} = 0,6609$$

Um die „engineering bottlenecks“ (FREY/OSBORNE 2017) zu bestimmen, die das andere Ende der Ersetzbarkeitsskala definieren, werden drei Variablen genutzt. Sie beschäftigen sich mit den Fragen danach, wie häufig im Unternehmen

- ▶ die Tätigkeiten „Ausbilden, Lehren, Unterrichten, Erziehen“ (F312, für Interaktion) vorkommen.
- ▶ die Erwerbstätigen „bisherige Verfahren verbessern oder etwas Neues ausprobieren“ (F411\_05, für Kreativität).
- ▶ „Reparieren, Instandsetzen“ (F306, für „perception und manipulation“) oder Fingerfertigkeit als Tätigkeit ausgeübt wird.

Die Wertebereiche der Variablen laufen zwischen {1} und {4} bzw. {1} und {3}. Daher wurde die Korrelationsmatrix für die Faktorenanalyse unter Verwendung polychorischer Korrelationen zur Bestimmung des Zusammenhanges zwischen ordinalen Variablen erstellt. Die Eignung der Variablen für eine Faktorenanalyse ist (bedingt) gegeben (vgl. Tabelle 1).

Die KMO<sup>4</sup>-Werte zeigen eine Eignung an (obschon alle unter 0,6 bleiben, der Wert für Reparieren liegt unter 0,5). Allerdings wird das Ersetzungspotenzial nicht nur in der ETB 2018 mit diesen Variablen gebildet, sondern auch in der ETB 2012 und kann so auch in der ETB 2006 abgebildet werden. Diese Kongruenz führte zur Nutzung aller beschriebenen Variablen in der Faktorenanalyse, da somit Vergleiche über drei Zeitpunkte möglich werden.

4 Das Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium (KMO-Kriterium) bewertet die Eignung von Frageitems für ein Dimensionsreduktionsverfahren in Form einer Faktoren- oder Hauptkomponentenanalyse (vgl. KAISER 1974). Der Wertebereich liegt zwischen 0 und 1. Ein höherer Wert signalisiert eine bessere Eignung. Grundsätzlich gelten Frageitems mit einem Wert über 0,5 als geeignet.

Tabelle 1: KMO-Werte und Faktorladungen für einen Index zum Ersetzungspotenzial

Merkmal	2012		2018	
	KMO	Faktorladungen	KMO	Faktorladungen
Routineindex (F411_02, F411_03)	0,615	-0,271	0,559	-0,325
Ausbilden, Lehren, Unterrichten, Erziehen (F312)	0,562	0,517	0,579	0,423
Reparieren, Instandsetzen (F306)	0,542	0,147	0,430	0,085
Verfahren verbessern, Neues ausprobieren (F411_05)	0,548	0,698	0,543	0,754
<b>Gesamt</b>	<b>0,562</b>	<b>-/-</b>	<b>0,550</b>	<b>-/-</b>

Quelle: BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragungen 2012 und 2018 (eigene Berechnungen)

Mithilfe der auf einen Faktor reduzierten Informationen der Ausgangsvariablen bekommt jede und jeder Befragte einen Faktorwert, der ihre oder seine individuelle Einordnung auf diesem Spektrum anzeigt. Den einzelnen Individuen wurden Faktorenwerte zugewiesen mit

$$cep = -\sum_{(i=1)}^4 \text{faktorladung}_i \cdot \text{var}_i; \text{var}_i = \text{Standardisierte Variable}$$

$$\overline{cep}_{\text{ungewichtet}} = -0,00107$$

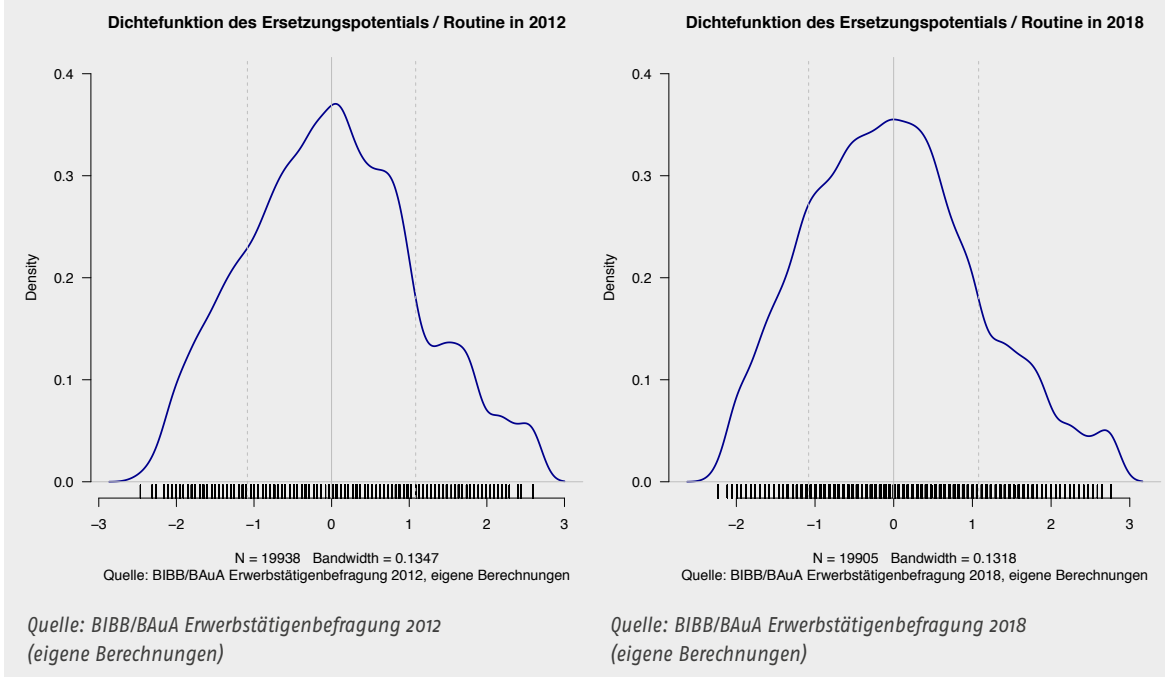
Der Range reicht von  $cep_{\min} = -2,23066$  bis  $cep_{\max} = 2,76703$ .

Positive Werte zeigen eher programmierbare, negative eher schlecht programmierbare Aufgaben an. Das alleine sagt aber noch nichts aus. Erst in der Zusammenfassung auf der Ebene von Berufsgruppen (sog. Dreisteller der KldB2010) beispielsweise können (gewichtete) durchschnittliche Werte für Berufe ermittelt werden. Diese zeigen dann, wie sehr im Schnitt ein Beruf eher programmierbare oder eher kreative oder interaktive Aufgaben beinhaltet.

Erst im letzten Schritt wird dann ein Schwellenwert für den Index angenommen. Der Anteil der Erwerbstätigen in einem Beruf, der über diesem Schwellenwert liegt, kann dann als prozentuales Ersetzungspotenzial bezeichnet werden (vgl. Kapitel 2.4).

Die nachfolgende Darstellung (vgl. Abbildung 1) vergleicht die Dichtefunktionen der Ersetzungsmaße der letzten beiden Erwerbstätigenbefragungen.

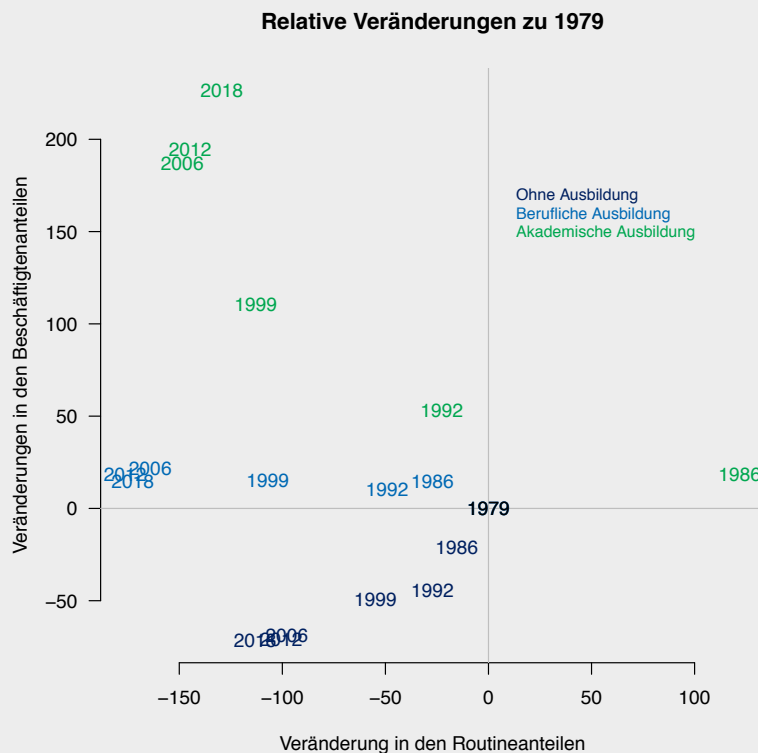
Abbildung 1: Dichtefunktionen der Ersetzungspotenziale 2012 und 2018



Dabei fällt auf, dass die Ersetzungspotenziale für Tätigkeiten eher zunehmen, was sich vor allem darin zeigt, dass im positiven Wertebereich die Dichtefunktion weniger steil ist, aber dafür etwas mehr Fälle gerade über einem Wert von 1 aufweist. Gleichzeitig ist die gesamte Verteilung etwas flacher und im negativen Bereich etwas enger geworden. Die annähernde Normalverteilung – mit Ausnahme der Verwerfungen im positiven Wertebereich – bleibt bestehen. In 2012 lag der Mittelwert bei 0,0, der Median bei -0,03, das untere Quartil lag unter -0,79, das obere Quartil lag über 0,67. In 2018 liegt der Mittelwert bei -0,001, der Median bei -0,05, das untere Quartil liegt unter -0,76, das obere Quartil über 0,66.

Eine Tendenz zu leicht höheren Ersetzungspotenzialen von Aufgaben als in den vorangegangenen Erhebungen zeigt sich auch in einem längeren Zeitvergleich ab etwa 2006, spätestens 2012 (vgl. Abbildung 2).

Abbildung 2: Entwicklung von Beschäftigungsanteilen und Ersetzungspotenzialen seit 1979



Mit dieser Abbildung 2 kann auch ein Teil der „Polarisierungshypothese“ (GOOS/MANNING 2007, FREY/OSBORNE 2017) anschaulich geprüft werden: Demnach sollte der Beschäftigtenanteil von Personen mit mittlerer Qualifikation über die Zeit zurückgehen, da diese hohe Anteile von Routineaufgaben erfüllen, die ersetzt werden; der von Un-/Angelernten und der von akademisch Qualifizierten sollte tendenziell steigen, da sie gerade Nicht-Routineaufgaben wahrnehmen, die nicht ersetzt werden können. In welche Richtung sich der Routineanteil bei den genannten Berufsgruppen entwickelt, ist dabei nicht ganz klar, denn hier finden ja immer wieder Ersetzungen statt. In der Tendenz müsste man aber von einem Rückgang ausgehen.

Bei Erwerbstätigen mit einer akademischen Ausbildung als höchstem beruflichen Bildungsabschluss zeichnet sich ein klar positiver Beschäftigungstrend ab, da die Beschäftigtenanteile seit 1979 fortwährend ansteigen. Bei den Ersetzbarkeitspotenzialen oder Routineinhalten dieser Erwerbstätigen ist zunächst eine deutliche Abnahme zwischen 1986 und 2006 zu erkennen, danach eine Zunahme seit 2006. Bei Erwerbstätigen ohne und mit beruflicher Ausbildung steigen die Routineanteile erstmalig seit 2012, also später als bei den höher qualifizierten Beschäftigten. Interessanterweise ist der Beschäftigungstrend in beiden Gruppen genau gegenteilig zu einem nach der Polarisierungsthese erwartbaren Verlauf, denn die Beschäftigtenanteile der Erwerbstätigen mit beruflicher Ausbildung stagnieren, bzw. steigen leicht, während die derjenigen ohne Ausbildung bis 2018 kontinuierlich zurückgehen.

Bezogen auf die Dreisteller der KldB2010 können 143 der 144 Dreisteller abgebildet werden. Allerdings sind davon 35 Dreisteller mit weniger als 20 Personen besetzt (ungewichtet), sodass nur Informationen aus 108 Dreistellern verwendet werden können. In der nachfolgenden Liste (vgl. Tabelle 2) werden die aggregierten Werte des CEP für die je zehn niedrigsten und höchsten Werte ausgewiesen.

Tabelle 2: CEP für ausgewählte Dreisteller der KIdB2010

KIdB	2010 Dreisteller	CEP	Befragte
841	Lehrtätigkeit an allgemeinbildenden Schulen	-1,11463800	929
842	Lehrtätigkeit für berufsbildende Fächer, betriebliche Ausbildung und Betriebspädagogik	-1,07623433	217
844	Lehrtätigkeit an außerschulischen Bildungseinrichtungen	-0,99609913	204
843	Lehr- und Forschungstätigkeit an Hochschulen	-0,98210253	294
845	Fahr- und Sportunterricht an außerschulischen Bildungseinrichtungen	-0,86759013	48
816	Psychologie und nicht ärztliche Psychotherapie	-0,69860676	76
933	Kunsthandwerk und bildende Kunst	-0,69520886	29
831	Erziehung, Sozialarbeit, Heilerziehungspflege	-0,64731826	1020
432	IT-Systemanalyse, IT-Anwendungsberatung und IT-Vertrieb	-0,63033339	227
941	Musik-, Gesangs- und Dirigententätigkeiten	-0,59740811	33
...	...	...	...
117	Forst- und Jagdwirtschaft, Landschaftspflege	0,74372072	27
222	Farb- und Lacktechnik	0,75574060	20
512	Überwachung und Wartung der Verkehrsinfrastruktur	0,76041493	28
633	Gastronomie	0,77423778	171
832	Hauswirtschaft und Verbraucherberatung	0,77831140	128
234	Drucktechnik und -weiterverarbeitung, Buchbinderei	0,90308514	29
513	Lagerwirtschaft, Post und Zustellung, Güterumschlag	0,91173359	473
522	Fahrzeugführung im Eisenbahnverkehr	0,92322709	40
521	Fahrzeugführung im Straßenverkehr	0,93460294	406
541	Reinigung	1,04047504	242

Quelle: Erwerbstätigenbefragung 2018, gewichtete Werte für CEP, ungewichtete für Befragte (eigene Berechnungen)

Es wird deutlich, dass insbesondere Lehrtätigkeiten, aber auch Tätigkeiten im Bereich der Informationstechnologie (IT) eher niedrige Ersetzungspotenziale aufweisen, während Reinigungstätigkeiten sowie Tätigkeiten, die mit der Führung eines Fahrzeugs in Verbindung stehen, eher hohe Potenziale aufweisen. Allerdings sind diese Dreisteller auch schon Zusammenfas-

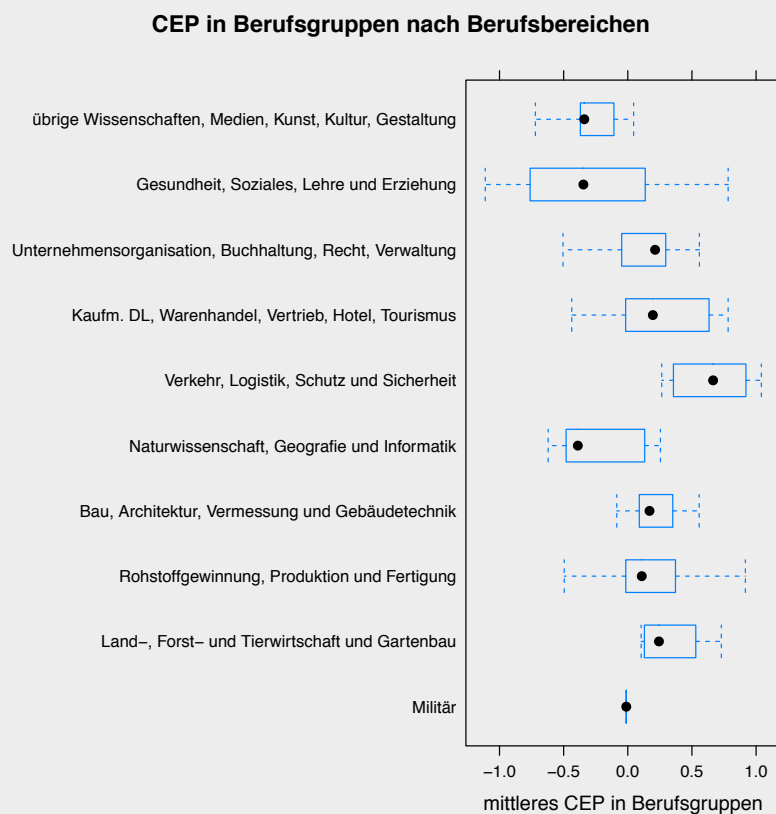


sungen je ganzer Reihen von weiteren Berufen. Hier werden also durch die Gruppenzugehörigkeit Unterschiede zwischen den Berufen überdeckt.

Zu bedenken ist aber, dass – wie bei allen empirischen Arbeiten in diesem Zusammenhang – bei Berufen, die in der Lösung der gestellten Aufgaben ein hohes Erfahrungswissen voraussetzen (wie bei der Metallerzeugung, in der Fahrzeugführung, in der Gastronomie oder auch der Reinigung), menschliche Erwerbstätige ihre Aufgaben eher als routinehaft beschreiben. Diese Routinen setzen aber i. d. R. implizites Wissen voraus, was wiederum weniger gut in technologischen Lösungen abgebildet werden kann. Trotz der Einschätzung also eines hohen Ersetzungspotenziales der Aufgaben im Zuge der Digitalisierung zeigt sich in der Realität dann, dass solche Aufgaben eher schwer zu ersetzen sind.

Hinter diesen Mittelwerten liegen jeweils individuelle Einschätzungen, dennoch ist es interessant zu sehen, wie sie sich auf höheren Aggregationsebenen verteilen. Nachfolgendes Schaubild (vgl. Abbildung 3) zeigt das Ergebnis für die übergreifenden Berufsbereiche (Einsteller), also für die höchste Aggregationsebene der Kldb2010 mit den darin zusammengefassten Berufsgruppen (Dreistellern).

Abbildung 3: CEP in Berufsgruppen



Quelle: Erwerbstätigenbefragung 2018, gewichtete Werte (eigene Berechnungen)

Unter den Berufsbereichen mit höheren CEP-Werten befinden sich z. B. der Bereich 5 „Verkehr, Logistik, Schutz und Sicherheit“ oder 2 „Rohstoffgewinnung, Produktion und Fertigung“. Der erstgenannte Berufsbereich enthält fast nur Berufsgruppen mit höheren CEP-Werten, die alle im positiven Bereich liegen, d. h. die Tätigkeiten weisen eine hohe Ersetzbarkeit auf. Das ist sonst nur im Berufsbereich 1 „Land-, Forst- und Tierwirtschaft und Gartenbau“ der Fall, in dem allerdings die Extremwerte nicht so hoch liegen. Alle anderen Berufsbereiche enthalten auch Berufsgruppen mit negativen CEP-Werten und damit geringerer Ersetzbarkeit. Die zehn Drei-

steller mit den niedrigsten CEP-Werten finden sich eher in dem Berufsbereich 8 „Gesundheit, Soziales, Lehre und Erziehung“ wieder. Das ist gleichzeitig der Berufsbereich mit der größten Spannweite. So wird deutlich, dass trotz nachvollziehbarer Unterschiede zwischen den Berufsbereichen einzelne Berufsgruppen abweichend hohe oder niedrige CEP-Werte aufweisen können.

## 2.2 Der Qualifizierungspanel-Ersetzbarkeitsindex (QPE): Konzept, deskriptive Ergebnisse

Neben der Perspektive der Erwerbstätigen ist es wichtig, die Sicht der Arbeitgeber zu berücksichtigen, da diese über Personalvorgänge und Technologieinvestitionen entscheiden. Um diese Sicht zu untersuchen, stehen die Erhebungswellen 2016 bis 2018 des BIBB-Qualifizierungspanels (vgl. FRIEDRICH/GERHARDS 2018) zur Verfügung, bei denen überwiegend die Geschäftsführung oder bei größeren Betrieben Personen der Leitungsebene befragt werden, also Personen, die mit wichtigen Personal- und/oder Investitionsentscheidungen betraut sind.

### Datenquelle: BIBB-Qualifizierungspanel

Das BIBB-Betriebspanel zu Qualifizierung und Kompetenzentwicklung (BIBB-Qualifizierungspanel) ist eine seit 2011 jährlich durchgeführte Wiederholungsbefragung, mit der repräsentative Längsschnittdaten zum Qualifizierungsgeschehen von Betrieben in Deutschland erhoben werden. Es nehmen rund 3.500 Betriebe an der Befragung teil, wobei die Auswahl über eine disproportional geschichtete Zufallsstichprobe aus der Grundgesamtheit aller Betriebe mit mindestens einem/einer sozialversicherungspflichtig Beschäftigten erfolgt. Schwerpunkte der Befragung bilden das Human-Ressource-Management, die Aus- und Weiterbildungsaktivitäten der Betriebe sowie die Rekrutierung von Fachkräften. Die Erhebung erfolgt über computergestützte persönliche Interviews (CAPI).

In der Erhebungswelle 2016 wurde ein Sondermodul zur Digitalisierung der Berufswelt eingeführt. Die in dem Modul gestellten Fragen zur Technologienutzung der Betriebe werden in diesem Beitrag dafür genutzt, Analysen auf Basis des betrieblichen Digitalisierungsgrads durchzuführen.

Auch in diese Erhebung konnten Fragen einfließen, die es erlauben, Zusammenhänge zwischen dem Einsatz von Technologien und der (Um-)Gestaltung von Arbeitsplätzen zu untersuchen. Gefragt wurde u. a. nach der Häufigkeit (Skala: 1 „Nie“ – 5 „Sehr häufig“), mit der Beschäftigte bestimmte Tätigkeiten ausüben.

Dabei können die vier Dimensionen

- ▶ Routine/repetitiv,
- ▶ manuell,
- ▶ subjektbezogen/interaktiv und
- ▶ wissensintensiv/kognitiv

unterschieden werden.

Diese Tätigkeitsangaben wurden mittels einer Hauptkomponentenanalyse zu einer Dimension „Ersetzbarkeit durch Computer“ verdichtet. Da die Tätigkeitsmerkmale nur in den Erhebungswellen 2012, 2015 und 2016 erhoben wurden, wurde für die Jahre 2017 und 2018 eine Extrapolation der vier Tätigkeitsdimensionen anhand der zur Verfügung stehenden Daten durchgeführt.

Die Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse werden nachfolgend zusammengefasst (vgl. Tabelle 3).

**Tabelle 3: Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse\***

Tätigkeitsdimension	Item	Komponentenladung			KMO-Kriterium		
		2016	2017	2018	2016	2017	2018
Routine/repetitiv	„Tätigkeiten, bei denen alle Einzelheiten vorgeschrieben sind“	-0,150			0,825		
	„Tätigkeiten, bei denen sich Abläufe bis in alle Einzelheiten wiederholen“	-0,179	-0,330	-0,342	0,836	0,954	0,962
manuell	„Tätigkeiten, bei denen Sie Werkzeuge benutzen oder Maschinen, wie z. B. Steuerungs- und Computeranlagen, bedienen“	0,160			0,911		
	„Tätigkeiten, bei denen Sie Fingerfertigkeiten und handwerkliches Geschick anwenden“	0,097	0,019	0,010	0,898	0,288	0,244
subjektbezogen/interaktiv	„Tätigkeiten, bei denen Sie Kunden oder Patienten informieren oder beraten“	0,471			0,932		
	„Tätigkeiten, bei denen Sie andere überzeugen und Kompromisse aushandeln“	0,503	0,696	0,688	0,929	0,811	0,823
wissensintensiv/kognitiv	„Tätigkeiten, bei denen Sie Abläufe organisieren oder forschen“	0,504			0,934		
	„Tätigkeiten, bei denen Sie Verfahren und Prozesse verbessern oder neu erproben“	0,427	0,637	0,640	0,925	0,810	0,822
<b>Gesamt</b>		-	-	-	<b>0,909</b>	<b>0,825</b>	<b>0,838</b>

\* n = 10.423

Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel (eigene Berechnungen). Da die Angaben zu den Tätigkeiten nicht in jedem Jahr erhoben werden, wurden die Werte für 2017 und 2018 anhand der Informationen aus den Erhebungswellen 2012, 2015 und 2016 extrapoliert.

Hier zeigt sich für die jeweils erste extrahierte Komponente<sup>5</sup> eine starke positive Ladung auf die Items zur Interaktivität und Kognition (geringe Ersetzbarkeit) und eine negative Ladung auf die Items zur Routine (hohe Ersetzbarkeit). Folglich lässt sich diese Komponente als Tätigkeitsprofil mit geringem Routineanteil, also mit einer geringen Ersetzungswahrscheinlichkeit durch Computer interpretieren. Für manuelle Tätigkeiten ist die Wirkungsrichtung mit einer leicht positiven Ladung in 2016 und einer Ladung nahe dem Wert Null in 2017 und 2018 nahezu ambivalent. Einerseits sind es anspruchsvolle und komplexe Fertigkeiten (vgl. PFEIFFER/SUPHAN 2015), die sich nur schwer von Maschinen ersetzen lassen, andererseits sind bestimmte routinierte, manuelle Tätigkeiten leichter zu computerisieren. Das KMO-Kriterium zeigt mit Ausnahme der manuellen Tätigkeiten in 2017 und 2018 durchweg eine hervorragende Eignung der Items für ein Dimensionsreduktionsverfahren.

Anhand der durch die Analyse gewonnenen Tätigkeitsdimensionen lässt sich für verschiedene Branchen der Qualifizierungspanel-Ersetzbarkeitsindex (QPE) bestimmen. Dieser errechnet sich aus der Summe der Produkte der standardisierten Item-Antworten ( $z$ ) und der korrespondierenden Komponentenladungen ( $\lambda$ ). Das Ergebnis wird abschließend mit (-1) multipliziert, um eine einfachere Interpretation zu ermöglichen. Die Gleichung lautet:

$$QPE = \sum_{i=1}^{n=8} -z_i \lambda_i$$

Allerdings muss bei der Interpretation des QPE-Index darauf geachtet werden, dass es sich hierbei um das Ersetzbarkeitspotenzial anhand aggregierter Tätigkeitsprofile auf Branchenebene handelt. Diese Angaben stellen keine Wahrscheinlichkeiten dar, da wichtige Faktoren, wie z. B. Kosten-Nutzen-Abwägungen der Betriebe, aber auch die (soziale) Erwünschtheit einer Ersetzung menschlicher Arbeitskraft nicht einfließen. Die Ergebnisse sind auf Branchenebene repräsentativ. Darüber hinaus lassen sich jedoch keine Aussagen für einzelne Berufe treffen, da die in einer Branche vertretenen Berufe nur im Aggregat abgebildet werden, was zu einer Vermischung berufsspezifischer Effekte führt.

In der nachfolgenden Zusammenstellung (vgl. Tabelle 4) wird der QPE in den Jahren 2016, 2017 und 2018 für 45 Wirtschaftszweige dargestellt. Ein höherer Wert bedeutet ein höheres Ersetzungspotenzial für berufliche Tätigkeiten innerhalb dieses Wirtschaftszweigs.

5 Dargestellt werden lediglich die Ladungen der ersten von acht Hauptkomponenten, welche den größten Anteil zur Varianzerklärung der zugrunde liegenden Items beiträgt.

6 Da für die Extrapolation der Tätigkeiten in den Jahren 2017 und 2018 jeweils zwei Items zusammengefasst wurden, lautet die Gleichung für diese Jahre entsprechend  $QPE = \sum_{i=1}^{n=4} -z_i \lambda_i$ .

Tabelle 4: Der QP-Ersetzbarkeitsindex nach Wirtschaftszweigen\*

Wirtschaftszweig		QPE		
		2016	2017	2018
01	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	0,3290	0,5566	0,5225
02	Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden**	0,2452	-0,3572	-0,3806
03	Energie- und Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung und Beseitigung von Umweltverschmutzungen	0,0252	0,5870	0,6017
04	Herstellung von Nahrungs- und Genussmitteln	0,4369	0,0731	0,0533
05	Herstellung von Textilien, Bekleidung, Lederwaren und Schuhen	-0,5276	-0,3632	-0,3343
06	Herstellung von Holzwaren, Papier, Pappe und Druckerzeugnissen	0,1359	-0,1706	-0,1693
07	Herstellung von chemischen und pharmazeutischen Erzeugnissen, Kokereien und Mineralölverarbeitung	-0,4792	-0,1905	-0,1905
08	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	0,3992	-0,4995	-0,5347
09	Herstellung von Glas und Keramik; Verarbeitung von Steinen und Erden	-0,2645	0,0477	0,0563
10	Metallerzeugung und -bearbeitung	1,0399	-0,1586	-0,2487
11	Herstellung von Metallerzeugnissen, Stahl- und Leichtmetallbau	0,3450	0,2270	0,2664
12	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen	-0,5186	-0,4119	-0,4281
13	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	-0,6899	-0,1187	-0,0357
14	Maschinenbau	-0,3155	0,0921	0,1337
15	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen, sonstiger Fahrzeugbau	0,2781	-0,1641	-0,1796
16	Herstellung von Möbeln und sonstigen Waren (z. B. Schmuck, Sportgeräte, Spielwaren, medizinische Apparate/Materialien)	0,1107	-0,0410	-0,0303
17	Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen	-0,7093	-0,7840	-0,7433
18	Hoch- und Tiefbau	0,1508	-0,0291	-0,0139
19	Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation, sonstiges Ausbaugewerbe	0,0706	-0,2936	-0,3147
20	Kraftfahrzeughandel und -reparatur	-0,1190	0,1024	0,1306
21	Großhandel und Handelsvermittlung	-0,0760	-0,6581	-0,6435
22	Einzelhandel, Tankstellen	0,1702	-0,3139	-0,2925
23	Verkehr und Lagerei (auch Parkhäuser), Bahnhöfe, Frachtumschlag, Post-, Kurier- und Expressdienste	0,6584	-0,1119	-0,1527

&gt;&gt;

\* n = 10.423; Ausnahme \*\* n < 30; da die Angaben zu den Tätigkeiten nicht in jedem Jahr erhoben werden, wurden die Werte für 2017 und 2018 anhand der Informationen aus den Erhebungswellen 2012, 2015 und 2016 extrapoliert. Farbskalierung von „geringes Ersetzbarkeitspotenzial“ (dunkelgrün) bis „hohes Ersetzbarkeitspotenzial“ (dunkelrot)

Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel, gewichtete Werte (eigene Berechnungen).

Tabelle 4: Der QP-Ersetzbarkeitsindex nach Wirtschaftszweigen\* (Fortsetzung)

Wirtschaftszweig		QPE		
		2016	2017	2018
24	Information und Kommunikation; Verlagswesen; Herstellung, Verleih und Vertrieb von Filmen; Rundfunkveranstalter; Telekommunikation und Informationsdienstleistungen	-0,4049	-0,7957	-0,7679
25	Beherbergung und Gastronomie	0,6200	-0,4913	-0,5519
26	Finanz- und Versicherungsdienstleistungen	-0,1480	-0,4886	-0,4847
27	Grundstücks- und Wohnungswesen	0,1428	-0,6790	-0,7069
28	Rechts- und Steuerberatung, Wirtschaftsprüfung	-0,0488	-0,1577	-0,1815
29	Verwaltung und Führung von Unternehmen und Betrieben; Unternehmensberatung	-0,2755	0,1225	0,1867
30	Architektur- und Ingenieurbüros; technische, physikalische und chemische Untersuchung	-0,1211	0,0249	0,0535
31	Forschung und Entwicklung	-0,2749	0,8385	0,8090
32	Werbung und Marktforschung, Design, Fotografie, Übersetzung	-0,6706	-0,6906	-0,7285
33	Veterinärwesen**	-0,1440	-1,1186	-1,0324
34	Vermietung von beweglichen Sachen**	0,1094	-0,7270	-0,7640
35	Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften	0,8105	0,4302	0,4531
36	Reisegewerbe, Wach- und Sicherheitsdienste, Garten- und Landschaftsbau, sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen	0,2587	-0,2719	-0,2613
37	Erziehung und Unterricht	-0,4729	-0,6774	-0,6751
38	Krankenhäuser und Kliniken	-0,5415	-0,1489	-0,1182
39	Arztpraxen, Krankengymnastik- und Heilpraktikerpraxen	-0,2419	-0,3615	-0,3622
40	Heime, ambulante soziale Dienste	-0,6541	-0,7401	-0,7325
41	Kunst, Unterhaltung, Erholung, Sport, Lotterie	0,3092	-0,5042	-0,4798
42	Reparatur von Datenverarbeitungsgeräten und Gebrauchsgütern**	-0,4443	.	.
43	Sonstige, überwiegend persönliche Dienstleistungen (z. B. Wäscherei, Friseur, Sauna)	-0,4595	-0,4852	-0,4742
44	Interessenvertretungen, Verbände, kirchliche und sonstige religiöse Vereinigungen	0,0878	-0,1119	-0,1475
45	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung; Sozialversicherung	0,1600	0,4531	0,4696

\* n = 10.423; Ausnahme \*\* n < 30; da die Angaben zu den Tätigkeiten nicht in jedem Jahr erhoben werden, wurden die Werte für 2017 und 2018 anhand der Informationen aus den Erhebungswellen 2012, 2015 und 2016 extrapoliert. Farbskalierung von „geringes Ersetzbarkeitspotenzial“ (dunkelgrün) bis „hohes Ersetzbarkeitspotenzial“ (dunkelrot)

Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel, gewichtete Werte (eigene Berechnungen).

Es lassen sich einerseits Wirtschaftszweige mit einem relativ konstanten, also durchgängig geringen (z. B. „Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen“) oder durchgängig hohen Ersetzungspotenzial (z. B. „Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften“)

beobachten. Dies lässt sich dadurch erklären, dass im Umgang mit Maschinen das menschliche Eingreifen bei Störfällen nach wie vor unerlässlich ist. Tätigkeiten, die im Rahmen von Leiharbeit ausgeübt werden, besitzen dagegen häufig ein hohes Ersetzungspotenzial.

Andererseits gibt es für bestimmte Wirtschaftszweige in dem abgebildeten Dreijahreszeitraum eine Dynamik sowohl von einem geringen zu einem hohen Ersetzungspotenzial („Forschung und Entwicklung“) als auch von einem hohen zu einem geringen Ersetzungspotenzial (z. B. „Beherbergung und Gastronomie“). Auch das lässt sich leicht erklären: In der Forschung sind aufgrund von neuronalen Netzen und der Möglichkeit zur Auswertung großer Datenmengen insbesondere die Recherche und Datenanalyse zunehmend gut zu computerisieren. In der Hotel- und Gastronomiebranche hingegen wurde ein Großteil der Automatisierung bereits realisiert (z. B. Bestell- und Buchungssysteme), sodass für die verbleibenden Tätigkeiten, bei denen der persönliche Kontakt im Vordergrund steht, das Ersetzungspotenzial geringer wird.

### 2.3 Unterschiede in den Ergebnissen zum CEP- und QPE-Index

Die vorgestellten Indizes haben unterschiedliche Perspektiven. Der erste Index beschreibt den individuellen Blickwinkel von Erwerbstätigen, der zweite Index hingegen die Perspektive von Betrieben. Dennoch sind beide Indizes so gebildet worden, dass eine Vergleichbarkeit angelegt ist. Die Routine- und Interaktionsdimension wie auch die kognitive und manuelle Dimension des QPE-Index enthalten Fragen, die vergleichbar sind mit denen, die für die Bildung des CEP-Index genutzt wurden. Durch die unterschiedlichen Zielgruppen und Stichproben kann hier allerdings keine vollständige Kongruenz erreicht werden. Aber es gibt die Möglichkeit, beide Maße auf derselben Aggregatebene zu vergleichen. Dafür werden die Angaben zum QPE für Wirtschaftszweige mit denen des CEP für Wirtschaftszweige verglichen.

Eine Vergleichsebene bieten hierbei die Wirtschaftszweige, die für das Qualifizierungspanel und die Erwerbstätigenbefragung gleich abgebildet werden können. Dies betrifft insgesamt 45 Branchen, für die wir die beiden aggregierten Ersetzungsmaße einander gegenübergestellt und ihre Korrelation beschrieben haben. Über alle 45 Branchen (wobei die Branche „Reparatur von Datenverarbeitungsgeräten und Gebrauchsgütern“ wegen zu geringer Fallzahlen herausgenommen wurde) zeigt sich eine Korrelation von  $+0,11$  (mit einem  $p$ -Wert von  $0,49$ )<sup>7</sup>.

Dabei müssen allerdings methodische Unterschiede bedacht werden. Schon die Aggregation auf der Ebene von Branchen birgt bereits die Gefahr verdeckter Unterschiede in den Daten der Erwerbstätigen und der Betriebe. Erwerbstätigen fällt es gewöhnlich schwerer, die Branche des Betriebes, in dem sie arbeiten, genau zu bezeichnen. Hier sind die Angaben aus dem Qualifizierungspanel vonseiten der Betriebe sicherlich reliabler als die aus der Erwerbstätigenbefragung.

Eine weitere mögliche Erklärung für die unterschiedlichen Einschätzungen der Ersetzungspotenziale von Aufgaben zwischen Betrieben und Beschäftigten liegt in der jeweiligen Wahrnehmung der Arbeitsaufgaben, die sich auch nach der Größe der Betriebe unterscheiden kann. Nachfolgendes Schaubild (vgl. Abbildung 4) verdeutlicht genau diesen Zusammenhang.

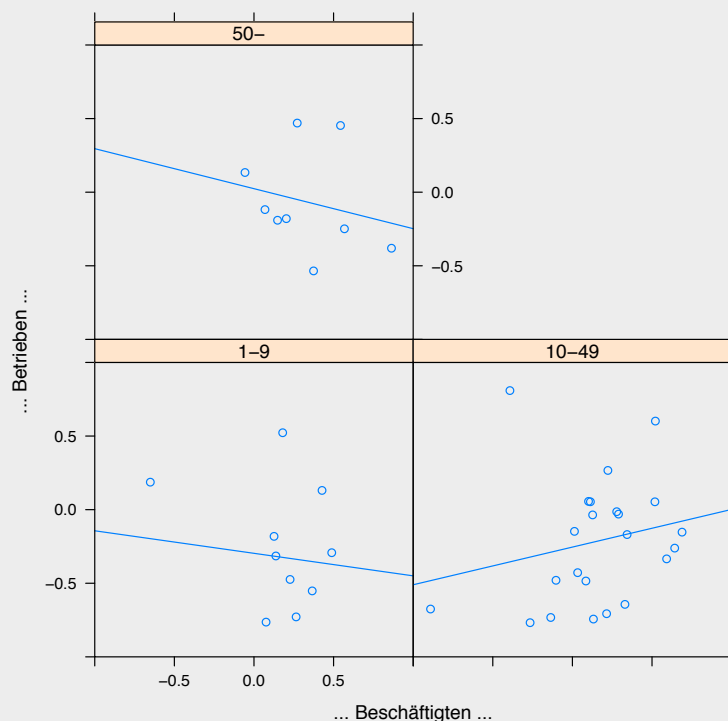
---

7 Die Korrelationen wurden als Pearsons  $r$  auf der Basis der aggregierten Daten berechnet.



**Abbildung 4: Ersetzungspotenziale aus Sicht der Beschäftigten und Betriebe im Vergleich unter Berücksichtigung der Betriebsgröße\***

**Ersetzungspotenziale aus der Sicht von ... nach Betriebsgrößen**



\* Punkte zeigen Branchen nach dem BIBB-Qualifizierungspanel

Quellen: Erwerbstätigenbefragung 2018 und BIBB-Qualifizierungspanel 2018, gewichtete Werte, eigene Berechnungen. Punkte zeigen Branchen nach dem BIBB-Qualifizierungspanel

Dabei zeigen sich Korrelationen von  $-0,10$  für Betriebe bei bis zu neun Beschäftigten,  $+0,21$  für Betriebe bei bis zu 49 Beschäftigten und  $-0,24$  für Betriebe mit mehr als 49 Beschäftigten. Allerdings sind die Korrelationen mit p-Werten von  $0,33$  bis  $0,77$  nicht signifikant.

In kleinen Betrieben bis zu neun Beschäftigten werden die Betriebsverantwortlichen die Aufgaben der einzelnen Beschäftigten vermutlich als eher offen einschätzen, also sinngemäß „Hier muss jeder alles machen oder können“. Gleichzeitig werden die Beschäftigten selbst aber nur den Teil ihrer Aufgaben wahrnehmen, der sie von den anderen abgrenzt. Das sind die Aufgabenteile, in deren Bearbeitung sie Erfahrung haben. Die Betriebsverantwortlichen sehen eher, dass unterschiedliche Aufgaben übernommen werden. Aus Sicht der Beschäftigten ist aber gerade das etwas, was diese Aufgaben zu „normalen“ Aufgaben macht, die nicht genutzt werden können, um sich herauszustellen und die dann eher noch als Regelfall aufgenommen werden, eben weil das „jeder macht“. Insofern ist hier eine negativere Einschätzung im Sinne von höherer Ersetzbarkeit seitens der Beschäftigten durchaus nachvollziehbar.

Ähnlich kann für Großbetriebe argumentiert werden, in denen Spezialisierungen auf bestimmte Arbeitsaufgaben die Regel sind und aus Sicht der Erwerbstätigen die Arbeit mitdefinieren, während Personalverantwortliche eher sagen würden (oder müssen), dass natürlich eine gewisse Offenheit der Aufgaben besteht, damit Abteilungswechsel und dergleichen erklärbar werden.

Diese unterschiedlichen Perspektiven im Hinblick auf Ersetzungspotenziale sind hingegen bei Betrieben mittlerer Größen (zehn bis zu 50 Beschäftigte) nicht mehr auffindbar, da auch



auf der Ebene der Beschäftigten ein Bewusstsein dafür vorhanden ist, dass unterschiedliche Arbeitsaufgaben übernommen werden können und müssen.

Diese Beobachtungen decken sich mit dem Konzept des „Erfahrungswissens“, das auch als implizites Wissen angesehen werden kann (vgl. TIEMANN 2015). „Durch Erfahrungen erwirbt man sich demnach Routine und Können, ‚wie‘ etwas gemacht wird“ (BÖHLE u. a. 2004, S. 102). Tatsächlich wird also die Bearbeitung von Arbeitsaufgaben als routinehaft erlebt, während dies von außen nicht so wahrgenommen wird. Dieses Erleben entspricht einem höheren CEP-Wert bei niedrigerem QPE-Wert.

Trotz dieser Unterschiede konnten wir die Daten nutzen, um sie in einer Berufe-Branchen-Matrix zusammenzufassen. Für die Fälle, in denen wir keine Angaben nach Berufen gefunden haben, nutzten wir dafür das Verfahren der Imputation und vervollständigten so den Datensatz mithilfe der Daten aus der Betriebsbefragung (vgl. Kapitel 2.4).

## 2.4 Ergänzung des CEP durch Informationen des QPE

Aufgrund der Ungenauigkeiten des CEP auf der einen Seite und des QPE auf der anderen (vgl. Kapitel 2.3) schlagen wir daher im Folgenden einen neuen Index für das Ersetzungspotenzial vor. Dieser basiert im Wesentlichen auf dem CEP-Index, stellt jedoch einen leicht interpretierbaren Kennwert dar. Allerdings kann bei einer Fallzahl von etwa 20.000 Befragten der CEP-Wert nicht für jeden Beruf in jeder Branche valide berechnet werden. Deswegen beschreiben wir im Folgenden ebenfalls, wie das QPE als Ergänzung des CEP bei fehlenden Werten oder zu kleinen Fallzahlen herangezogen werden kann, um auch in diesen Fällen Informationen über das Ersetzungspotenzial zu erhalten. Hierfür nehmen wir eine Imputation aller fehlenden Werte einer Matrix der 144 Berufsgruppen aus der Klassifizierung der Berufe (KlDB 2010) und der 63 zusammengefassten Wirtschaftsabteilungen der Klassifikation der Wirtschaftszweige 2008 vor. Der Detailgrad ist jedoch nur insoweit wichtig, dass die Menge der vorhandenen validen Informationen auf Basis der ETB in einem adäquaten Verhältnis zu der Anzahl notwendiger Imputationen stehen muss, um verlässliche Ergebnisse zu erhalten.

Im ersten Schritt wird für alle Befragten ermittelt, ob ihr CEP-Wert zu den oberen 30 Prozent gehört. Zugehörige zu dieser Gruppe werden als Personen mit einem hohem Ersetzbarkeitspotenzial eingestuft. Dann können die Randsummen als durchschnittlicher Anteil der Beschäftigten mit hohem Ersetzungspotenzial der Matrix nach 144 Berufsgruppen und 63 Branchen ermittelt werden. Dieser Anteilswert kann folglich Werte zwischen 0 (geringes Gesamtersetzungspotenzial) und 1 (sehr hohes Gesamtersetzungspotenzial) erreichen und ist nun leicht interpretierbar und mit anderen Maßen des Ersetzbarkeitspotenzials vergleichbar.

Es ist aber zu beachten, dass anders als bei DENGLER und MATTHES (2015) die Extremwerte des Indexes nicht als keine bzw. komplette Ersetzung interpretiert werden können. Da sie sich an der Verteilung der Ersetzungspotenziale in der Beschäftigung orientieren, gibt der Index nur Auskunft über im Vergleich zu anderen Berufsgruppen relativ hohe Ersetzungspotenziale.

Werte, die auf einer Fallzahl von weniger als 20 Personen beruhen, werden als invalide definiert und wie ein fehlender Wert behandelt. Dies ist der Fall für die Randsummen von 35 der 144 Berufsgruppen und 6 der 63 Branchen. Für diese Fälle wird nun das QPE für das Berichtsjahr 2018 herangezogen. Hierfür wird zunächst – gewichtet nach den Beschäftigtenzahlen des Mikrozensus in 2015 – das mittlere QPE für die Berufsgruppen ermittelt. Hierauf basierend kann dann für die Berufsgruppenanteile der Personen mit hohem Ersetzbarkeitspotenzial mittels einer einfachen Regressionsanalyse ohne weitere Kontrollvariablen bestimmt werden, wie hoch der mittlere CEP-Wert mit dem mittleren QPE-Wert assoziiert ist. Die hierbei ermittelten

Koeffizienten der Konstante und des QPE-Wertes sind signifikant unterschiedlich von 0 mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von fünf Prozent.<sup>8</sup>

Auch in einzelnen Zellen der Berufsgruppen- und Branchenmatrix mit fehlenden Werten wird hierüber ein Wert ermittelt, der jedoch nur als Startwert dient. Diese Startwerte werden dann iterativ wechselweise an den Branchenmittelwert bzw. den Berufsgruppenmittelwert des Personenanteils mit hohen Ersetzungspotenzialen angepasst. Hierbei werden die Werte fehlender oder zu klein besetzter Gruppen über die Iterationen stets proportional angeglichen, sodass die Differenz zwischen der aus den Zellen berechneten Randsummen, die diese neu berechneten Werte nutzen, und der vorab bestimmten Randsummen gegen 0 konvergieren. Der Wertebereich zwischen 0 und 1 wird dabei eingehalten. Der durchschnittliche Wert des Ersetzungsindizes für diese Kombinationen aus Berufen und Branchen liegt bei 26,53 Prozent.

Mittels dieser Berechnungsweise lässt sich der Index auch für fehlende Gruppen vervollständigen. Die mittleren Ergebnisse des sich hieraus ergebenden neuen Indexes für die 37 Berufshauptgruppen der KldB 2010 und 20 weiter zusammengefasste Branchen der WZ 2008 sind den nachfolgenden Tabellen (vgl. Tabelle 5 bzw. Tabelle 6) zu entnehmen.

---

8 Die Spezifikation ist natürlich viel zu einfach, um den QPE-Wert als erklärende Variable des Personenanteils mit hohem Ersetzungspotenzial zu interpretieren. Zwar ist der F-Test signifikant mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von fünf Prozent, aber das  $R^2$  ist sehr gering. Für unsere Zwecke reicht eine einfache statistische Assoziation der beiden Indizes jedoch aus, um Schätzer der fehlenden Randsummen aus den beiden Koeffizienten zu errechnen.

**Tabelle 5: Durchschnittlicher Anteil an Beschäftigten mit hoher Ersetzbarkeit in 20 Branchen (in %)\***

Branche		durchschnittliche Ersetzbarkeit
01	Landwirtschaft/Bergbau	26,8
02	Energie- und Wasserversorgung; Entsorgung	29,4
03	Herstellung sonstiger Güter	41,4
04	Chemie/Pharmazie	35,0
05	Metall-/Elektrogewerbe	29,9
06	Maschinen-/Automobilbau	22,7
07	Bauwirtschaft	26,4
08	Kraftfahrzeughandel, -reparatur, Großhandel	34,5
09	Einzelhandel, Tankstellen	45,8
10	Verkehr, Lagerei, Post	51,8
11	Information und Kommunikation, Verlagswesen	19,2
12	Beherbergung und Gastronomie	38,9
13	Finanz-, rechts-, wohnungswirtschaftliche Dienstleistungen	28,3
14	Forschung und Entwicklung	18,3
15	Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen	41,0
16	Erziehung und Unterricht	7,2
17	Medizinische Dienstleistungen	23,9
18	Pflegerische Dienstleistungen	22,1
19	Sonstige persönliche Dienstleistungen	29,8
20	Kollektive Dienstleistungen	32,4

Farbskalierung von „geringes Ersetzbarkeitspotenzial“ (dunkelgrün) bis „hohes Ersetzbarkeitspotenzial“ (dunkelrot)

Quelle: Erwerbstätigenbefragung 2018, BIBB-Qualifizierungspanel 2018 (eigene Berechnungen).

Es zeigt sich, dass die Branchen „Verkehr, Lagerei, Post“ mit 51,8 Prozent und „Einzelhandel, Tankstellen“ mit 45,8 Prozent besonders hohe Werte bei der Ersetzbarkeit ihrer Beschäftigten aufweisen. Der mit Abstand geringste Anteil ersetzbarer Beschäftigter ist mit 7,2 Prozent in der Branche „Erziehung und Unterricht“ zu verzeichnen. Betrachtet man hingegen die Berufsgruppen, erhält man folgendes Ergebnis (vgl. Tabelle 6).

**Tabelle 6: Durchschnittlicher Anteil an Beschäftigten mit hoher Ersetzbarkeit in 37 Berufsgruppen (in %)\***

Berufsgruppe nach KldB 2010		durchschnittliche Ersetzbarkeit
01	Angehörige der regulären Streitkräfte	22,5
11	Land-, Tier- und Forstwirtschaftsberufe	25,7
12	Gartenbauberufe und Floristik	33,4
21	Rohstoffgewinnung und -aufbereitung, Glas- und Keramikherstellung und -verarbeitung	31,5
22	Kunststoffherstellung und -verarbeitung, Holzbe- und -verarbeitung	34,2
23	Papier- und Druckberufe, technische Mediengestaltung	25,5
24	Metallerzeugung und -bearbeitung, Metallbauberufe	29,0
25	Maschinen- und Fahrzeugtechnikberufe	23,7
26	Mechatronik-, Energie- und Elektroberufe	22,7
27	Technische Forschungs-, Entwicklungs-, Konstruktions- und Produktionssteuerungsberufe	20,6
28	Textil- und Lederberufe	34,8
29	Lebensmittelherstellung und -verarbeitung	39,8
31	Bauplanungs-, Architektur- und Vermessungsberufe	25,1
32	Hoch- und Tiefbauberufe	25,6
33	(Innen-)Ausbauberufe	21,3
34	Gebäude- und versorgungstechnische Berufe	21,8
41	Mathematik-, Biologie-, Chemie- und Physikberufe	31,4
43	Informatik-, Informations- und Kommunikationstechnologieberufe	9,3
51	Verkehrs- und Logistikberufe (außer Fahrzeugführung)	57,9
52	Führer/-innen von Fahrzeug- und Transportgeräten	60,9
53	Schutz-, Sicherheits- und Überwachungsberufe	32,5
54	Reinigungsberufe	70,7
61	Einkaufs-, Vertriebs- und Handelsberufe	28,7
62	Verkaufsberufe	47,8
63	Tourismus-, Hotel- und Gaststättenberufe	40,5
71	Berufe in Unternehmensführung und -organisation	32,7
72	Berufe in Finanzdienstleistungen, Rechnungswesen und Steuerberatung	30,2

&gt;&gt;

\* Farbskalierung von „geringes Ersetzbarkeitspotenzial“ (dunkelgrün) bis „hohes Ersetzbarkeitspotenzial“ (dunkelrot)

Quelle: Erwerbstätigenbefragung 2018, BIBB-Qualifizierungspanel 2018 (eigene Berechnungen)

**Tabelle 6: Durchschnittlicher Anteil an Beschäftigten mit hoher Ersetzbarkeit in 37 Berufsgruppen (in %)\* (Fortsetzung)**

Berufsgruppe nach KldB 2010		durchschnittliche Ersetzbarkeit
73	Berufe in Recht und Verwaltung	35,4
81	Medizinische Gesundheitsberufe	19,4
82	Nichtmedizinische Gesundheits-, Körperpflege- und Wellnessberufe, Medizintechnik	23,5
83	Erziehung, soziale und hauswirtschaftliche Berufe, Theologie	11,8
84	Lehrende und ausbildende Berufe	1,0
91	Sprach-, literatur-, geistes-, gesellschafts- und wirtschaftswissenschaftliche Berufe	28,0
92	Werbung, Marketing, kaufmännische und redaktionelle Medienberufe	28,6
93	Produktdesign und kunsthandwerkliche Berufe, bildende Kunst, Musikinstrumentenbau	26,1
94	Darstellende und unterhaltende Berufe	22,3

\* Farbskalierung von „geringes Ersetzbarkeitspotenzial“ (dunkelgrün) bis „hohes Ersetzbarkeitspotenzial“ (dunkelrot)

Quelle: Erwerbstätigenbefragung 2018, BIBB-Qualifizierungspanel 2018 (eigene Berechnungen)

Hier sind mit 70,7 Prozent die Reinigungsberufe mit Abstand am meisten von einer möglichen Ersetzung betroffen. Als klassische Berufe der Logistikbranche weisen auch Führerinnen und Führer von Fahrzeug- und Transportgeräten mit 60,9 Prozent und Verkehrs- und Logistikberufe mit 57,9 Prozent ein erhöhtes Risiko der Ersetzbarkeit auf, während analog zu den Ergebnissen aus den Branchen (vgl. Tabelle 5) die Berufsgruppe der Lehrenden und Ausbildenden mit nur einem Prozent potenziell wenig von Ersetzungen betroffen zu sein scheinen. Dies gilt ebenfalls für Berufe der Berufsgruppe „Erziehung, soziale und hauswirtschaftliche Berufe, Theologie“, die mit 11,8 Prozent ebenfalls nur ein geringes Risiko, ersetzt zu werden, aufweisen (vgl. Tabelle 6). Medizinische Gesundheitsberufe hingegen haben einen leicht höheren Anteilswert als die sozialen und lehrenden Berufe. Die Gruppe der Informatik-, Informations- und Kommunikationstechnologieberufe weisen mit 9,3 Prozent ebenso einen geringen Anteilswert für die durchschnittliche Ersetzbarkeit auf.

## 3 Ausschöpfung von Automatisierungspotenzialen in Branchen

Die im vorangegangenen Kapitel vorgestellten Indizes beschäftigen sich mit dem Automatisierungspotenzial der im Beruf ausgeübten Tätigkeiten. Inwieweit dieses Potenzial auch tatsächlich ausgeschöpft wird, hängt jedoch nicht nur von den technischen Möglichkeiten und der Natur der zu verrichtenden Tätigkeiten ab. Juristische, gesellschaftliche und wirtschaftliche Abwägungen können Betriebe in ihrer Entscheidung, in digitale Technologien zu investieren, durch die menschliche Arbeitskraft ersetzt wird, beeinflussen (vgl. z. B. BONIN/GREGORY/ZIERAHN 2015). Juristische Hemmnisse zur Einführung neuer digitaler Technologien könnten in Datenschutzbestimmungen liegen (vgl. BAUERNHANSEL/TEN HOMPEL/VOGEL-HEUSER 2014, S. 633ff.) oder in einer unzureichenden Klärung der Haftung, besonders in internationalen Firmennetzwerken (vgl. BAUERNHANSEL/TEN HOMPEL/VOGEL-HEUSER 2014; ARNTZ/GREGORY/ZIERAHN 2016a).

Gesellschaftlich könnte die Ausschöpfung der Potenziale ebenfalls als nicht erstrebenswert angesehen werden. So könnte in einigen Berufen mit traditionell hoher Gewerkschaftsmitgliedschaft die Einführung ersetzender Technologien etwa bewusst verhindert werden. Hierzu gibt es allerdings noch keine Anhaltspunkte aus der empirischen Forschung. Studien aus den USA und UK weisen auf einen negativen Zusammenhang zwischen Gewerkschaftsdichte und Innovationspolitik der Firmen hin (vgl. z. B. HIRSCH 1992; MENEZES-FILHO/ULPH/VAN REENEN 1998). Auf Basis deutscher Betriebsdaten können KRAFT, STANK und DEWENTER (2009) jedoch keine Anhaltspunkte für diesen Zusammenhang in deutschen Betrieben finden. Eine neuere Studie von BELLMANN, GENZ UND MATTHES (2014) zeigt jedoch einen signifikant negativen Zusammenhang zwischen Betriebsräten und neuen Technologien im Betrieb. Ausnahmen finden sich in solchen Betrieben, in denen zu einem hohen Anteil körperliche Tätigkeiten verrichtet werden. Ein weiteres gesellschaftliches Hemmnis für die Ersetzung von Tätigkeiten durch die Digitalisierung könnte in einer Präferenz der Kunden liegen, menschliche Arbeit, z. B. im Sinne des handwerklichen Geschicks (vgl. BAUMOL 1967) oder wegen der sozialen Interaktion etwa in der Pflege (vgl. PRATT 2015), besonders wertzuschätzen.

In der wirtschaftlichen Betrachtung muss die Investition in neue, Arbeitskraft ersetzende Maschinen kosteneffektiv sein. So werden Betriebe z. B. eher in Technologien investieren, die die reichlich vorhandenen Fähigkeiten von Arbeitskräften komplementieren und die knappen ersetzen können (vgl. AUTOR/LEVY/MURNANE 2003; ACEMOGLU/AUTOR 2011). FENG und GRAETZ (2015) finden weiterhin Anhaltspunkte dafür, dass Betriebe stärker in solche Technologien investieren, die Tätigkeiten ersetzen, die eine lange Anlernzeit benötigen. Dafürsprechen könnte, dass für Berufe mit vorwiegend einfachen Tätigkeiten das Ersetzbarkeitspotenzial weniger stark ausgeschöpft wird und Lohnsteigerungen für mehr komplexe Tätigkeiten zu beobachten sind. Ebenso müssen allerdings auch ausreichend viele Arbeitskräfte vorhanden sein, die den effektiven Einsatz der neuen Technologien gewährleisten können. JANSSEN und MOHRENWEISER (2015) konnten z. B. als Ursache für die verzögerte Einführung der CNC-Maschine fehlende gut qualifizierte Arbeitskräfte nachzeichnen. In diesem Zusammenhang können neue Technologien auch die Komplexität der Tätigkeiten der menschlichen Arbeitskräfte erhöhen und somit Druck auf die Löhne erzeugen (vgl. WOLTER u. a. 2016). Schließlich muss ebenso miteinbezogen werden, dass die Arbeitslosigkeit ersetzter Arbeitnehmer/-innen das Einkommen der Konsumentinnen und Konsumenten senken könnte, was bei unzureichender

Umverteilung zu einem geringeren Absatz führen würde (vgl. BENZELL u. a. 2015; SACHS/BENZELL/LAGARDA 2015).

Insgesamt gibt es also mehrere Gründe, neue digitale Technologien nicht einzuführen, obwohl sie menschliche Tätigkeiten potenziell ersetzen könnten. Daher sollten sich diese Gründe in den Investitionen und dem Digitalisierungsstand der Betriebe widerspiegeln. Insofern ist eben hier die bereits vollzogene Ausschöpfung von Ersetzbarkeitspotenzialen von Betrieben zu beobachten. Dabei gehen wir davon aus, dass Betriebe, die ihre Investitionen in digitale Technologien und ihren Digitalisierungsstand im Allgemeinen als hoch erachten, bereits ihre Potenziale als vergleichsweise ausgeschöpft ansehen. Betriebe mit einem geringen Digitalisierungsstand haben demzufolge in Zukunft mehr Möglichkeiten, bestehende Potenziale noch auszuschöpfen.

Je nach Branche zeichnen sich hier unterschiedliche Muster ab. Mit diesen branchenspezifischen Unterschieden haben sich in Deutschland mehrere Studien beschäftigt, wobei die meisten sich auf Schätzungen von Expertinnen und Experten beziehen (vgl. WISCHMANN u. a. 2015). Zwei quantitative Erhebungen möchten wir an dieser Stelle nennen. So kommen aktuelle Ergebnisse aus dem jährlich erhobenen Wirtschaft Digital Index (vgl. WEBER u. a. 2018) zu dem Schluss, dass Dienstleistungsunternehmen, insbesondere in den Bereichen Informations- und Kommunikationstechnologie sowie Finanz- und Versicherungsdienstleistungen, bei der Digitalisierung die Nase vorn haben. Digitalisierungsschlusslicht ist das Gesundheitswesen. Weiterhin beobachten ARNTZ, GREGORY und ZIERAHN (2018) einen hohen Digitalisierungs- und Automatisierungsgrad in der öffentlichen Verwaltung, der Chemiebranche sowie im Bereich der unternehmensnahen Dienstleistungen. Bislang nur wenig digitalisierte Branchen sind laut dieser Studie das Baugewerbe, das Gastgewerbe und die Landwirtschaft.

Im Folgenden möchten wir die Literatur an dieser Stelle erweitern und vier verschiedene Indizes vorschlagen, die sich der Erfassung des Ausschöpfungsgrads auf verschiedene Weise nähern. Auf Basis des BIBB-Qualifizierungspanels konstruieren wir den Digitalisierungsgrad von Betrieben gemäß der Anzahl verschiedener digitaler Technologien, die im Betrieb vorhanden sind (vgl. Kapitel 3.1). Weiterhin bestimmen wir auf derselben Datenbasis den Anteil an Investitionen in digitale Technologien sowie den Anteil an Betrieben mit steigenden Investitionen in digitale Technologien in den Branchen (vgl. Kapitel 3.2). Schließlich zeigt der Expertenindex auf Basis einer kleineren Expertenbefragung, mit welchen Steigerungen der Digitalisierung Expertinnen und Experten in ihren Branchen in Zukunft rechnen (vgl. Kapitel 3.3). In Kapitel 3.4 werden diese Indizes miteinander verglichen und von den gemeinsamen Aussagen zum Ausschöpfungsgrad von Ersetzungspotenzialen abstrahiert.

### 3.1 QP-Digitalisierungsgrad 4.0

Im Rahmen der Erhebungen des BIBB-Qualifizierungspanels werden Betriebe gefragt, welche digitalen Technologien sie für ihre Geschäftstätigkeit nutzen. Hieraus wurde ein Digitalisierungsindex entwickelt, der das jeweilige Digitalisierungsniveau eines Betriebs angibt (vgl. WELLER/LUKOWSKI/BAUM 2018). Aufbauend auf diesem Index werden vier Technologien herausgegriffen, anhand derer sich Entwicklungen ableiten lassen, die häufig mit Industrie 4.0 in Verbindung gebracht werden.

Der daraus resultierende, betriebliche Digitalisierungsgrad 4.0 errechnet sich dabei aus der Summe der folgenden, im Betrieb genutzten Technologien:

- ▶ auf die Vernetzung mit Kunden bezogene digitale Technologien, z. B. betriebseigene Internetseiten mit Produktübersichten oder Dienstleistungsangeboten, Online-Bestell- oder Buchungssysteme, Social Media;
- ▶ auf Vernetzung mit Lieferanten bezogene digitale Technologien. z. B. Enterprise-Ressourcen-Management (ERP);
- ▶ auf personal- oder arbeitsorganisationsbezogene Technologien, wie z. B. Personal-Management-Tools, Gebäude-Anlagen-Management-Tools;
- ▶ auf digitale Technologien, die sich auf Sammlung, Speicherung und Verarbeitung großer Datenmengen beziehen, z. B. Big Data, Cloud-Computing.

Nachfolgende Zusammenstellung (vgl. Tabelle 7 auf folgender Seite) zeigt den Digitalisierungsgrad 4.0 für verschiedene Wirtschaftszweige.



Tabelle 7: Der QP-Digitalisierungsgrad 4.0 nach Wirtschaftszweigen

Wirtschaftszweig		Digitalisierungsgrad 4.0*
01	Landwirtschaft/Bergbau	1,2
02	Energie- und Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallentsorgung und Beseitigung	1,9
03	Herstellung sonstige Güter	1,4
04	Chemie/Pharmazie	1,6
05	Metall/Elektrogewerbe	1,8
06	Maschinen-/Automobilbau	2,4
07	Bauwirtschaft	1,1
08	Kraftfahrzeughandel, -reparatur, Großhandel	1,8
09	Einzelhandel, Tankstellen	1,6
10	Verkehr, Lagerei auch Parkhäuser, Bahnhöfe, Frachumschlag, Post-, Kurier- und Expressdienste	1,3
11	Information und Kommunikation; Verlagswesen; Herstellung; Verleih und Vertrieb von Filmen; Rundfunkveranstalter; Telekommunikation; Informationstechnologische Dienstleistungen und Informationsdienstleistungen	2,4
12	Beherbergung und Gastronomie	1,5
13	Finanz-, rechts- und wohnungswirtschaftliche Dienstleistungen	1,6
14	Forschung und Entwicklung	2,2
15	Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen	1,4
16	Erziehung und Unterricht	1,4
17	Medizinische Dienstleistungen	1,6
18	Pflegerische Dienstleistungen	1,5
19	Sonstige, überwiegend persönliche Dienstleistungen (z. B. Wäscherei, Friseur, Sauna)	1,2
20	Kollektive Dienstleistungen	1,5
<b>Gesamt</b>		<b>1,5</b>

\* Farbskalierung von „niedriger Digitalisierungsgrad“ (rot) bis „hoher Digitalisierungsgrad“ (blau); der Digitalisierungsgrad kann Werte zwischen 0 und 4 annehmen. Dargestellt wird der durchschnittliche Digitalisierungsgrad nach Wirtschaftszweigen.

Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel, Erhebungswelle 2016; n= 7.122 (eigene Berechnungen)

Demnach kommen 4.0-Technologien am häufigsten im „Maschinen-/Automobilbau“ und im Bereich „Information und Kommunikation“ zum Einsatz. Die geringste Rolle spielen sie in der „Bauwirtschaft“.

### 3.2 QP-Anteil digitaler Technologien an Investitionen

In der 2016er-Erhebung des BIBB-Qualifizierungspanels wurde auch erhoben, welchen Anteil digitale Technologien an den betrieblichen Investitionen haben und ob dieser Anteil in den vorherigen Jahren angestiegen ist. Aus den nachfolgenden Ergebnissen (vgl. Tabelle 8) lässt sich der Stellenwert der Digitalisierung in den verschiedenen Branchen ableiten.

Tabelle 8: Anteil der Investitionen in digitale Technologien nach Wirtschaftszweigen (in %)\*

Wirtschaftszweig		Anteil der Investitionen in digitale Technologien	Anteil der Betriebe mit einem Anstieg der Investitionen in digitale Technologien
01	Landwirtschaft/Bergbau	10,2	45,8
02	Energie- und Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallentsorgung und Beseitigung	30,2	63,2
03	Herstellung sonstige Güter	28,9	47,6
04	Chemie/Pharmazie	25,5	68,9
05	Metall/Elektrogewerbe	32,4	49,3
06	Maschinen-/Automobilbau	32,2	38,7
07	Bauwirtschaft	17,1	28,3
08	Kraftfahrzeughandel, -reparatur, Großhandel	29,5	50,2
09	Einzelhandel, Tankstellen	26,0	51,7
10	Verkehr, Lagerei (auch Parkhäuser), Bahnhöfe, Frachtumschlag, Post-, Kurier- und Expressdienste	14,7	54,3
11	Information und Kommunikation; Verlagswesen; Herstellung; Verleih und Vertrieb von Filmen; Rundfunkveranstalter; Telekommunikation; Informationstechnologische Dienstleistungen und Informationsdienstleistungen	54,7	47,4
12	Beherbergung und Gastronomie	13,4	43,1
13	Finanz-, rechts- und wohnungswirtschaftliche Dienstleistungen	41,2	47,6
14	Forschung und Entwicklung	49,1	49,9
15	Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen	29,8	44,2
16	Erziehung und Unterricht	21,8	57,1
17	Medizinische Dienstleistungen	24,1	40,1
18	Pflegerische Dienstleistungen	21,1	47,3
19	Sonstige, überwiegend persönliche Dienstleistungen (z. B. Wäscherei, Friseur, Sauna)	18,7	51,0
20	Kollektive Dienstleistungen	26,8	52,8
	<b>Gesamt</b>	<b>26,6</b>	<b>45,9</b>

\* n = 7.069

Farbskalierung von unterdurchschnittlichen und niedrigen Anteilen (rot) bis zu überdurchschnittlichen und hohen Anteilen (blau).

Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel, Erhebungswelle 2016 (eigene Berechnungen)

So weisen z. B. die Branchen „Forschung und Entwicklung“ und „Information und Kommunikation“ bereits einen hohen Digitalisierungsgrad auf, investieren aber weiterhin viel in die Digitalisierung, wohingegen in der Bauwirtschaft das Gegenteil der Fall ist.

### 3.3 Digitalisierungsgrad der Arbeitsmittel in zehn Jahren

Eine weitere Perspektive wurde durch eine Expertenstudie eingeholt, die das Ziel verfolgt, den gängigen Arbeitsmitteln bestimmter Branchen einen Automatisierungsgrad zuzuordnen.

Diese Studie, die als Online-Befragung mit vorher identifizierten Betriebsvertreterinnen und Betriebsvertretern verschiedener Branchen durchgeführt wurde, soll dazu dienen, zukünftige Entwicklungen, Trends und technologische Entwicklungen etc. einzuschätzen. Die Betriebsvertreterinnen und -vertreter waren hier vor allem in ihrer Rolle als Führungskraft mit Überblick über die in ihrem Arbeitsumfeld genutzten Arbeitsmittel und durchgeführten Tätigkeiten gefragt. Um eine Einschätzung der zukünftigen Entwicklung zu erhalten, wurden die Befragten zu dem Einsatz dieser Arbeitsmittel zu zwei Zeitpunkten gefragt.

**Abbildung 5: Darstellung der relevanten Fragen für die Berechnung des Automatisierungsindex**

#### Frage 1

Welche dieser Tätigkeiten wird mit dem Arbeitsmittel XY\* ausgeführt?

- ▶ Gewinnen von Rohstoffen, Herstellen
- ▶ Maschinen und Anlagen steuern
- ▶ Reparieren und Instandsetzen
- ▶ Handeln und Verkaufen
- ▶ Bürotätigkeiten
- ▶ Programmieren
- ▶ Allgemeine Dienstleistungen
- ▶ Forschen und Entwickeln
- ▶ Organisieren und Management
- ▶ Sichern, Recht anwenden
- ▶ Pflegen, Behandeln, Ausbilden, Informieren\*\*

#### Frage 2

Wie wird diese Tätigkeit mit Arbeitsmittel XY **heute** ausgeführt?

- ▶ ausschließlich durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
- ▶ durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit Computerunterstützung
- ▶ durch Computer/Maschinen, überwacht durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
- ▶ ausschließlich computergesteuert/ durch Maschinen

#### Frage 3

Wie wird diese Tätigkeit mit Arbeitsmittel XY in **zehn Jahren** ausgeführt?

- ▶ ausschließlich durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
- ▶ durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit Computerunterstützung
- ▶ durch Computer/Maschinen, überwacht durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
- ▶ ausschließlich computergesteuert/ durch Maschinen

\* Es wurden für jede Branche die TOP-10-Arbeitsmittel aus der Stellenanzeigen-Datenbank des BIBB ermittelt und in verschiedenen Fragen in der Online-Befragung operationalisiert. Die Fragen wurden in diesem Zuge für jedes einzelne dieser Arbeitsmittel (sofern sie im jeweiligen Betrieb vorhanden waren) gestellt.

\*\* Jede dieser Tätigkeitsgruppen wurde in der Befragung zum besseren Verständnis mit Beispielen hinterlegt.

Quelle: eigene Darstellung

Insgesamt wurden 456 Einschätzungen abgegeben. Die Streuung auf die verschiedenen Branchen (vgl. Tabelle 9) sowie Filterführung etc. führen zu teilweise geringen Fallzahlen. Dies gilt es bei den weiteren Ausführungen zu berücksichtigen.

**Tabelle 9: Anzahl der durchgeführten Befragungen nach Branchen**

Branche		n
01	Land-, Forstwirtschaft & Fischerei	6
02	Bergbau & Gewinnung von Steinen und Erden	1
03	Verarbeitendes Gewerbe	56
04	Energieversorgung	2
05	Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallentsorgung & Beseitigung von Umweltverschmutzungen	1
06	Baugewerbe	25
07	Handel; Instandhaltung & Reparatur von Kraftfahrzeugen	60
08	Verkehr & Lagerei	15
09	Gastgewerbe	20
10	Information und Kommunikation	28
11	Erbringung von Finanz- und Versicherungsdienstleistungen	10
12	Grundstücks- und Wohnungswesen	10
13	Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen	55
14	Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen	25
15	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	14
16	Erziehung und Unterricht	29
17	Gesundheits- und Sozialwesen	57
18	Kunst, Unterhaltung und Erholung	8
19	Sonstige Dienstleistungen	34
	<b>Gesamt</b>	<b>456</b>

Quelle: BIBB Online-Expertenbefragung 2018 (eigene Berechnungen)

Um einen Index zu erzeugen, der aus den oben dargestellten Fragen abgeleitet wird und der den Branchen einen Automatisierungsgrad zuordnet, wurden zunächst die Mittelwerte zu Frage 2 und Frage 3 über alle Tätigkeiten und alle Arbeitsmittel für die jeweiligen Branchen ermittelt (vgl. Tabelle 10). Da die Befragten zu mehreren Arbeitsmitteln (insgesamt maximal zehn) und mehreren Tätigkeiten (insgesamt maximal elf) Angaben machen konnten, erhöhen sich durch die möglichen Kombinationen die Fallzahlen. Betrachtet wurden als Einheiten nun nicht mehr die einzelnen Befragten, sondern ihre Nennungen.

Um das arithmetische Mittel berechnen zu können, wurden die Angaben zu den Fragen 2 und 3 zunächst dichotomisiert (mit den Skalenswerten: 0 geringe Automation und 1 hohe Automation). Des Weiteren wurde eine GewichtungsvARIABLE erzeugt, die nur Fälle einbezieht, die zu beiden Fragen eine gültige Angabe aufweisen.

**Tabelle 10: Mittelwerte der Einschätzungen heute und in Zukunft nach Branchen\***

Branche		heute (Frage 2)	in zehn Jahren (Frage 3)	Differenz (Index)
03	Verarbeitendes Gewerbe (n = 273)	0,06	0,31	0,25
04	Energieversorgung (n = 9)	0	0,22	0,22
05	Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallentsorgung & Beseitigung von Umweltverschmutzungen (n = 2)	0,1	0	-0,13
06	Baugewerbe (n = 133)	0,11	0,22	0,11
07	Handel; Instandhaltung & Reparatur von Kraftfahrzeugen (n = 41)	0,01	0,15	0,13
08	Verkehr & Lagerei (n = 25)	0,10	0,33	0,23
09	Gastgewerbe (n = 7)	0,06	0,14	0,08
10	Information und Kommunikation (n = 9)	0	0	0,00
11	Erbringung von Finanz- und Versicherungsdienstleistungen (n = 32)	0,03	0,31	0,28
12	Grundstücks- und Wohnungswesen (n = 23)	0,16	0,52	0,36
13	Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen (n = 101)	0,04	0,20	0,16
14	Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen (n = 28)	0,06	0,11	0,05
15	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung (n = 27)	0,04	0,13	0,09
16	Erziehung und Unterricht (n = 107)	0,08	0,40	0,32
17	Gesundheits- und Sozialwesen (n = 46)	0,03	0,13	0,10
19	Sonstige Dienstleistungen (n = 55)	0,02	0,12	0,10

\* n = Anzahl der Nennungen

Quelle: BIBB Online-Expertenbefragung 2018 (eigene Berechnungen)

Eine positive Zahl bedeutet eine erwartete Zunahme an Automation für die jeweilige Branche, eine negative Zahl hingegen eine Abnahme.

### 3.4 Digitalisierungsindizes als Ausschöpfungsindex

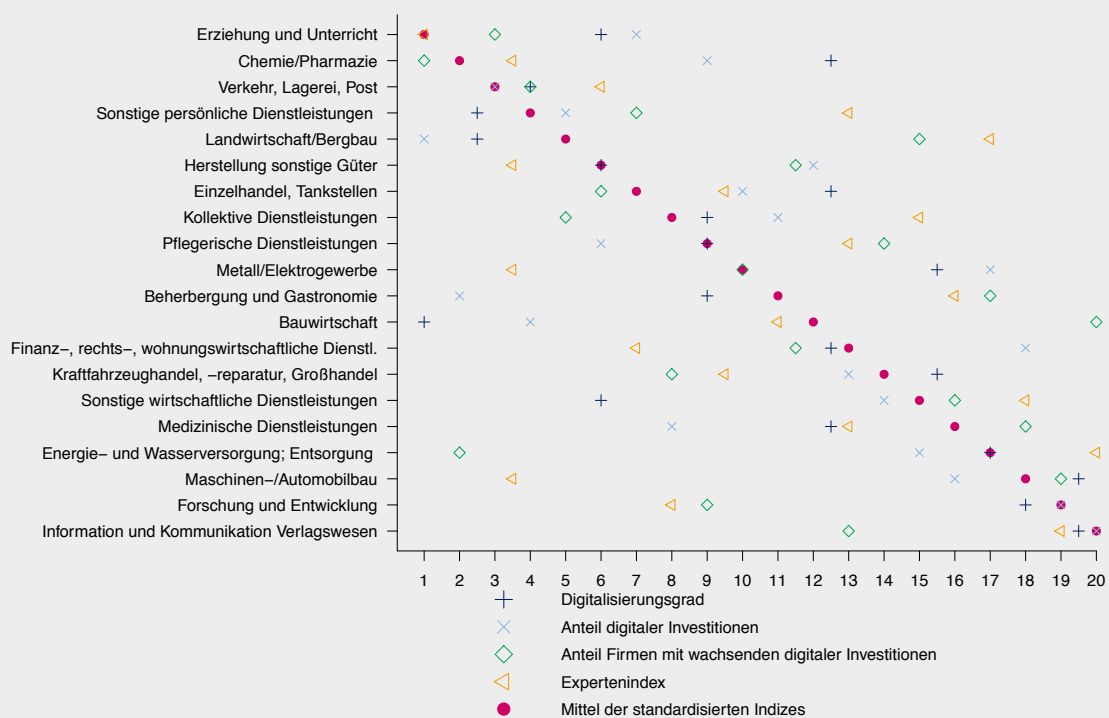
Im Folgenden nutzen wir die Informationen der vier Indizes über den Digitalisierungsstand in Betrieben, um die Ausschöpfung der Ersetzbarkeitspotenziale aus Kapitel 2 zu diskutieren. Das nachfolgende Schaubild (vgl. Abbildung 6) stellt die Unterschiede zwischen Digitalisierungsgrad (vgl. Kapitel 3.1), Anteil an Investitionen in Digitalisierung (vgl. Kapitel 3.2), Anteil an Betrieben mit wachsenden Investitionen in Digitalisierung (vgl. Kapitel 3.2) und den Exper-

tenindex (vgl. Kapitel 3.3) in Betrieben in zusammengefassten Branchenkategorien dar. Hierfür wird eine Rangfolge für die jeweiligen Indizes nach Branchenkategorien erstellt. Wir folgen hierbei der Logik, dass ein bereits hoher Digitalisierungsstand auf eine geringere zukünftige Ausschöpfung hinweist.

Ein hoher Digitalisierungsstand äußert sich hierbei in Form eines hohen Digitalisierungsgrads, eines hohen Anteils an Investitionen in Digitales, eines geringen Anteils an Firmen mit wachsendem Anteil an Investitionen in Digitales sowie einer Experteneinschätzung eines geringen Anstiegs der Digitalisierung in der Branche. Dementsprechend ist ein hoher Rang beim Digitalisierungsgrad und Anteil der Investitionen in digitale Technologien auf Basis des BIBB-Qualifizierungspanels gleichbedeutend mit einem hohen Digitalisierungsstand und einer damit verbundenen geringen Ausschöpfung von Ersetzungspotenzialen in der Zukunft. Ein hoher Rang beim Anteil der Firmen mit steigenden Investitionen in Digitales und beim Expertenindex wiederum interpretieren wir als einen hohen Ausschöpfungsgrad in der Zukunft, da hier noch viel Veränderung innerhalb der Branchen geschieht.

Weiterhin berechnen wir den Rang des mittleren Indexwertes für die jeweilige Branche. Hierfür werden die verschiedenen Indizes zum Digitalisierungsstand zunächst standardisiert, sodass sie über die Branchenkategorien hinweg stets einen Mittelwert von 0 und eine Standardabweichung von 1 aufweisen. Dann wird eine Rangfolge für den einfachen Mittelwert dieser Branchenkategorien ermittelt, sodass ein Mittel der standardisierten Indizes entsteht.

**Abbildung 6: Rang der mittleren standardisierten Indexwerte und branchenspezifischer Indexwert**



Quelle: BIBB-Qualifizierungspanel 2016, BIBB Online-Expertenbefragung 2018 (eigene Berechnungen)

Anhand der verschiedenen Indizes (vgl. Abbildung 6) lässt sich nun ablesen, dass der Digitalisierungsstand in der Branche „Erziehung und Unterricht“ im Mittel am niedrigsten bewertet wird. Auch die Branchen „Chemie und Pharmazie“ und „Verkehr, Lagerei und Post“ haben im Mittel einen niedrigen Rang. Den höchsten Rang des gemittelten Digitalisierungsstands ha-

ben Firmen in der Branche „Information und Kommunikation, Verlagswesen“. Auch Betriebe in den Branchen „Forschung und Entwicklung“ sowie „Maschinen-/Automobilbau“ bewerten ihren Digitalisierungsstand im Mittel als besonders hoch.

Der Annahme folgend, dass besonders in Branchen mit bisher niedrig eingeschätztem Digitalisierungsstand in Zukunft verstärkt noch Ersetzungspotenziale ausgeschöpft werden können, ist in eben diesen Branchen mit höheren Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitskräftenachfrage zu rechnen. Dies betrifft insbesondere die Branche „Erziehung und Unterricht“. Wohingegen solche Branchen, in denen der Digitalisierungsstand bereits als vergleichsweise hoch eingeschätzt wurde, wie es z. B. in der Branche „Information und Kommunikation, Verlagswesen“ der Fall ist, die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitskräftenachfrage gering ausfallen werden.

Berücksichtigt man hier aber zusätzlich die Ergebnisse zum durchschnittlichen Anteil an Beschäftigten mit hoher Ersetzbarkeit in verschiedenen Branchen (vgl. Kapitel 2.4, Tabelle 5), weist die Branche „Erziehung und Unterricht“ den geringsten Anteil an Beschäftigten mit hoher Ersetzbarkeit auf, sodass die Ausschöpfungspotenziale auch bei hohem Ausschöpfungsgrad gering ausfallen dürften und somit auch die Auswirkungen auf die Nachfrage. Bei den Branchen „Information und Kommunikation, Verlagswesen“ wie auch „Forschung und Entwicklung“ und „Maschinen-/Automobilbau“ hingegen unterstützen die ebenfalls relativ geringen Ersetzungspotenziale (vgl. Tabelle 5) die Annahme, dass der bereits hohe Digitalisierungsstand eher geringe zukünftige Auswirkungen auf die Arbeitskräftenachfrage erwarten lässt. Die Branchen „Chemie und Pharmazie“ sowie „Verkehr, Lagerei und Post“ hingegen weisen überdurchschnittliche Ersetzungspotenziale auf; der Anteil der hoch ersetzbaren Beschäftigten ist in der Branche „Verkehr, Lagerei und Post“ sogar am höchsten (vgl. Tabelle 5). Hier könnte der gleichzeitig niedrige Digitalisierungsstand größere negative Auswirkungen auf die Nachfrage nach Beschäftigten in Zukunft bedeuten.

Bei der Interpretation des gemittelten Digitalisierungsstands müssen jedoch auch die Unterschiede in den verschiedenen Indizes (vgl. Abbildung 6) beachtet werden, die auf dem unterschiedlichen Informationsgehalt in Bezug auf den Digitalisierungsstand in den verschiedenen Indizes beruhen. So verwenden Betriebe in der Branche „Bauwirtschaft“ dem Digitalisierungsgrad zufolge bisher nur wenige der neuen digitalen Technologien und investieren im Mittel nur zu geringen Teilen in diesem Bereich. Demzufolge wäre also mit einem hohen Ausschöpfungsgrad bei den Ersetzungspotenzialen in Zukunft zu rechnen. Andererseits verzeichnen nur wenige Firmen dieser Branche einen Anstieg bei Investitionen in digitale Technologien im letzten Jahr, und auch Expertinnen und Experten der Branche schätzen den zukünftigen Anstieg des Digitalisierungsgrads von Tätigkeiten und Arbeitsmitteln vergleichsweise gering ein. Ein ähnliches Bild ergibt sich für die Branchen „Landwirtschaft/Bergbau“, aber auch in der „Beherbergung und Gastwirtschaft“.

Für die Branche „Chemie- und Pharmaindustrie“ hingegen ist laut Experteneinschätzung mit starken Veränderungen in den nächsten zehn Jahren zu rechnen. Dies wird auch gestützt durch einen hohen Anteil von Firmen mit steigenden Investitionen in digitale Technologien, sodass zukünftig eine größere Ausschöpfung der Ersetzungspotenziale denkbar sind, obwohl der Anteil der Investitionen in Digitales sowie der Digitalisierungsgrad bereits sehr hoch sind.



## 4 Fazit

In der Diskussion über die Verdrängung von menschlicher Arbeitskraft durch Maschinen, insbesondere durch programmierbare Roboter, bleiben unterschiedliche Fragen unbeantwortet.

Mit diesem Beitrag versuchen wir Antworten auf die Fragen danach zu geben,

- ▶ wie diese ersetzbaren Aufgaben sinnvoll ermittelt werden können,
- ▶ wie mit der Diskrepanz zwischen den aktuell (auch in empirischen Daten) feststellbaren Arbeitsaufgaben und den neuen Aufgaben in der Zukunft umgegangen werden kann und
- ▶ mit welcher Wahrscheinlichkeit eigentlich Ersetzungspotenziale auch tatsächlich umgesetzt werden.

Mit aktuellen Daten aus Projekten des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB-Qualifizierungspanel, BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung, Expertenbefragungen) und unter Einbezug externer Datenquellen konnte eine Basis geschaffen werden, mit der sowohl der aktuelle Stand bei der Verteilung von Arbeitsaufgaben abgebildet werden kann und gleichzeitig der betriebliche Umgang mit der Verteilung und Organisation dieser Aufgaben. Die aktuell zu beobachtende und zukünftig erwartbare Technologieadaptation fließt ein in Ausschöpfungsquoten von Ersetzungspotenzialen.

Dabei wurden zwei Indizes genutzt, die dabei helfen können, Ersetzungspotenziale aus der Erwerbstätigensicht einerseits und aus betrieblicher Sicht andererseits einander gegenüberzustellen: nämlich CEP und QPE. Beide Indizes sind unter Berücksichtigung ihrer jeweils unterschiedlichen Datenbasis miteinander vergleichbar, auch wenn das Aggregieren auf der Ebene von Branchen durch die Eigenarten der jeweiligen Datenquellen keine vollständige Kongruenz ermöglicht. Gründe für die Differenzen sind vor allem in den unterschiedlichen Bewertungen der Informationen vonseiten der individuellen Erwerbstätigen einerseits und der in für Personal- und/oder Investitionsentscheidungen verantwortlichen Personen in Betrieben andererseits zu finden. So konnte eine Matrix mit Ersetzungspotenzialen für 144 Berufsgruppen und 63 Branchen ermittelt werden.

Darüber hinaus konnte aus Daten zum Digitalisierungsgrad von Firmen, dem Anteil digitaler Investitionen an den Gesamtinvestitionen, dem Anteil der Firmen mit steigenden digitalen Investitionen und einem Expertenindex ein Ausschöpfungsgrad gewonnen werden. Mit diesem Ausschöpfungsgrad können die Branchen in Gruppen unterteilt werden, die es z. B. im Rahmen von Projektionen ermöglichen, genauere Aussagen über die zukünftige Beschäftigungsentwicklung in Berufen und Branchen wegen der Einführung neuer Technologien zu treffen.

Betrachtet man sowohl das berechnete Ersetzungspotenzial von Beschäftigten durch die Digitalisierung als auch den Ausschöpfungsgrad möglicher Digitalisierungen innerhalb von 20 Branchen, sind vor allem in den Branchen „Chemie und Pharmazie“ sowie „Verkehr, Lagerie und Post“ größere Auswirkungen auf die Arbeitskräftenachfrage möglich, da wir hier vergleichsweise hohe Ersetzungspotenziale bei einem gleichzeitig hohen Ausschöpfungsgrad ermitteln konnten.



# Literaturverzeichnis

- ACEMOGLU, Daron; AUTOR, David H.: Skills, tasks and technologies: Implications for employment and earnings. In: CARD, David; ASHENFELTER, Orley (Hrsg.): Handbook of Labor Economics. 4. Aufl. North Holland 2011, S. 773–1823
- ARNTZ, Melanie; GREGORY, Terry; ZIERAHN, Ulrich: Digitalisierung und die Zukunft der Arbeit: Makroökonomische Auswirkungen auf Beschäftigung, Arbeitslosigkeit und Löhne von morgen. Mannheim 2018 – URL: <http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/DigitalisierungundZukunftderArbeit2018.pdf> (Stand: 19.09.2018)
- ARNTZ, Melanie; GREGORY, Terry; ZIERAHN, Ulrich: The risk of automation for jobs in OECD countries. A comparative analysis. OECD Social, Employment, and Migration Working Papers, No. 189. Paris 2016a – URL: [https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/the-risk-of-automation-for-jobs-in-oecd-countries\\_5jzl9h56dvq7-en](https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/the-risk-of-automation-for-jobs-in-oecd-countries_5jzl9h56dvq7-en) (Stand: 03.02.2019)
- ARNTZ, Melanie u. a.: Arbeitswelt 4.0 – Stand der Digitalisierung in Deutschland: Dienstleister haben die Nase vorn. IAB-Kurzbericht 22. Nürnberg 2016b – URL: <http://doku.iab.de/kurzber/2016/kb2216.pdf> (Stand: 19.09.2018)
- AUTOR, David: Technological Change and Earnings Polarization: Implications for Skill Demand and Economic Growth. Economics Program Working Papers, No. 08-07. New York 2007 – URL: [https://www.conference-board.org/pdf\\_free/workingpapers/E-0034-08-WP.pdf](https://www.conference-board.org/pdf_free/workingpapers/E-0034-08-WP.pdf) (Stand: 19.09.2018)
- AUTOR, David H.; LEVY, Frank; MURNANE, Richard J.: The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. In: Quarterly Journal of Economics (2003) 118(4), S. 1279–1333
- BAUERNHANSEL, Thomas; TEN HOMPEL, Michael; VOGEL-HEUSER, Birgit (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden 2014
- BAUMOL, William J.: Macroeconomics of unbalanced growth: The anatomy of urban crisis. In: American Economic Review (1967) 57(3), S. 415–426
- BELLMANN, Lutz; GENZ, Sabrina; MATTHES, Britta: Do German works councils slow down or foster the implementation of digitalization technologies? First evidence from the IAB-Establishment Panel. Nürnberg 2014
- BENZELL, Seth G. u. a.: Robots are us: Some economics of human replacement. Nber Working Papers 20941. Cambridge 2015 – URL: <http://www.nber.org/papers/w20941.pdf> (Stand: 19.09.2018)
- BÖHLE, Fritz u. a.: Der gesellschaftliche Umgang mit Erfahrungswissen: Von der Ausgrenzung zu neuen Grenzziehungen. In: BECK, Ulrich; LAU, Christoph (Hrsg.): Entgrenzung und Entscheidung: Was ist neu an der Theorie reflexiver Modernisierung? Frankfurt am Main 2004, S. 95–122
- BONIN, Holger; GREGORY, Terry; ZIERAHN, Ulrich: Übertragung der Studie von FREY/OSBORNE (2013) auf Deutschland. ZEW Kurzexpertise 57. Berlin 2015 – URL: [https://www.arbeitsviertel.de/fileadmin/Downloads/Kurzexpertise\\_BMAS\\_zu\\_Frey-Osborne.pdf](https://www.arbeitsviertel.de/fileadmin/Downloads/Kurzexpertise_BMAS_zu_Frey-Osborne.pdf) (Stand: 19.09.2018)
- BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT: Klassifikation der Berufe 2010 (KLDB2010). Band 1: Systematischer und alphabetischer Teil mit Erläuterungen, Nürnberg 2011

- BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT: Klassifikation der Berufe 2010 (KLDB2010). Band 2: Definitorischer und beschreibender Teil, Nürnberg 2011
- DEMING, David J.: The growing importance of social skills in the labor market. In: The Quarterly Journal of Economics (2017) 132(4), S. 1593–1640
- DENGLER, Katharina; MATTHES, Britta: Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt: Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland. IAB-Forschungsbericht 11. Nürnberg 2015 – URL: <http://doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb1115.pdf> (Stand: 19.09.2018)
- FENG, Andy; GRAETZ, Georg: Rise of the machines: The effects of labor-saving innovations on jobs and wages. Cep Discussion Papers dp1330. London 2015 – URL: <http://cep.lse.ac.uk/pubs/download/dp1330.pdf> (Stand: 19.09.2018)
- FREY, Carl B.; OSBORNE, Michael A.: The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?. In: Technological Forecasting and Social Change (2017) 114, S. 254–280
- FRIEDRICH, Anett; GERHARDS, Christian: BIBB-Qualifizierungspanel 2016. In: BIBB-FDZ Daten- und Methodenbericht (2018) 1 – URL: <https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/show/9562> (Stand: 25.07.2019)
- GOOS, Maarten; MANNING, Alan: Lousy and Lovely Jobs: the Rising Polarization of Work in Britain. In: The Review of Economics and Statistics, Vol. 89 (2007) 1, S. 118–133
- HELMRICH, Robert u. a.: Digitalisierung der Arbeitslandschaften – Keine Polarisierung der Arbeitswelt, aber beschleunigter Strukturwandel und Arbeitsplatzwechsel. Wissenschaftliche Diskussionspapiere 180. Bonn 2016 – URL: <https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/show/8169> (Stand: 19.09.2018)
- HIRSCH, Barry: Firm Investment Behavior and Collective Bargaining Strategy. In: Industrial Relations: A Journal of Economy and Society (1992) 31(1), S. 95–121
- JANSSEN, Simon; MOHRENWEISER, Jens: The long-lasting effect of technological change on the careers of young workers: Evidence from changes of mandatory training regulations. Annual Conference: Economic Development – Theory and Policy 112851. Münster 2015 – URL: <https://www.aeaweb.org/conference/2016/retrieve.php?pdfid=149> (Stand: 19.09.2018)
- KAISER, Henry F.: An index of factorial simplicity. In: Psychometrika (1974) 39(1), S. 31–36
- KRAFT, Kornelius; STANK, Jörg; DEWENTER, Ralf: Co-Determination and innovation. In: Cambridge Journal of Economics (2009) 35(1), S. 145–172
- MENEZES-FILHO, Naerico; ULPH, David; VAN REENEN, John: R&D and unionism: comparative evidence from British companies and establishments. In: Industrial and Labor Relations Review (1998) 52(1), S. 45–54.
- PFEIFFER, Sabine: Montage und Erfahrung. Warum ganzheitliche Produktionssysteme menschliches Arbeitsvermögen brauchen. München und Mering 2007
- PFEIFFER, Sabine; SUPHAN, Anne: Der AV-Index. Lebendiges Arbeitsvermögen und Erfahrung als Ressourcen auf dem Weg zu Industrie 4.0. Stuttgart 2015 – URL: <https://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2015-Pfeiffer-Suphan-final.pdf> (Stand: 19.09.2018)
- PRATT, Gill A.: Is a Cambrian explosion coming for robotics?. In: Journal of Economic Perspectives (2015) 29(3), S. 51–60
- SACHS, Jeffrey D.; BENZELL, Seth G.; LAGARDA, Guillermo: Robots: Curse or blessing? A basic framework. Nber Working Papers 21091. Cambridge 2015 – URL: <https://www.nber.org/papers/w21091.pdf> (Stand: 25.07.2019)
- TIEMANN, Michael: Routine at work. An investigation into routine work contents on the basis of employee surveys since 1979. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (2016a) 2, S. 18–22

- TIEMANN, Michael: Kurzexpertise „Polarisierung von Tätigkeiten in der Wirtschaft 4.0 – Fachkräftequalifikationen und Fachkräftebedarf in der digitalisierten Arbeit von morgen“. Bonn 2016b – URL: [https://www.bibb.de/dokumente/pdf/AB22\\_Polar\\_Polarisierungsthese-Frey\\_V2.1.pdf](https://www.bibb.de/dokumente/pdf/AB22_Polar_Polarisierungsthese-Frey_V2.1.pdf) (Stand: 02.10.18)
- TIEMANN, Michael: Wissensintensität von Berufen und ihre Entlohnung. Klassifikation und empirische Ergebnisse. In: DIETZEN, Agnes u. a. (Hrsg.): Soziale Inwertsetzung von Wissen, Erfahrung und Kompetenz in der Berufsbildung. Weinheim und Basel 2015, S. 281–299
- WEBER, Tobias u. a.: Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2018 – Kurzfassung. Berlin 2018 – URL: [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/monitoring-report-wirtschaft-digital-2018-kurzfassung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=10](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/monitoring-report-wirtschaft-digital-2018-kurzfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=10) (Stand: 19.09.2018)
- WELLER, Sabrina; LUKOWSKI, Felix; BAUM, Myriam: Digitalisierung in Betrieben und betriebliche Ausbildung – Ergebnisse aus dem BIBB-Qualifizierungspanel. In: Datenreport zum Berufsbildungsbericht 2018. Informationen und Analysen zur Entwicklung der Beruflichen Bildung. Bonn 2018, S. 220–223 – URL: [https://www.bibb.de/dokumente/pdf/bibb\\_datenreport\\_2018.pdf](https://www.bibb.de/dokumente/pdf/bibb_datenreport_2018.pdf) (Stand: 25.07.2019)
- WISCHMANN, Steffen; WANGLER, Leo; BOTTHOF, Alfons: Industrie 4.0 – Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland. Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0. Berlin 2015 – URL: [https://www.iit-berlin.de/de/publikationen/industrie-4-0-volks-und-betriebswirtschaftliche-faktoren-fuer-den-standort-deutschland/at\\_download/download](https://www.iit-berlin.de/de/publikationen/industrie-4-0-volks-und-betriebswirtschaftliche-faktoren-fuer-den-standort-deutschland/at_download/download) (Stand: 19.09.2018)
- WOLTER, Marc Ingo u. a.: Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie. Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. IAB-Forschungsbericht 13. Nürnberg 2016 – URL: <http://doku.iab.de/forschungsbericht/2016/fb1316.pdf> (Stand: 19.09.2018)

# Autorinnen und Autoren

**Anna Lewalder**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bundesinstitut für Berufsbildung, Arbeitsbereich Qualifikation, berufliche Integration und Erwerbstätigkeit

E-Mail: [lewalder@bibb.de](mailto:lewalder@bibb.de)

**Felix Lukowski**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bundesinstitut für Berufsbildung, Arbeitsbereich Qualifikation, berufliche Integration und Erwerbstätigkeit

E-Mail: [lukowski@bibb.de](mailto:lukowski@bibb.de)

**Caroline Neuber-Pohl**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bundesinstitut für Berufsbildung, Arbeitsbereich Qualifikation, berufliche Integration und Erwerbstätigkeit

E-Mail: [neuber-pohl@bibb.de](mailto:neuber-pohl@bibb.de)

**Michael Tiemann**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bundesinstitut für Berufsbildung, Arbeitsbereich Qualifikation, berufliche Integration und Erwerbstätigkeit

E-Mail: [tiemann@bibb.de](mailto:tiemann@bibb.de)

## Abstract

Viele Studien behandeln das Ersetzungspotenzial von Berufen, welches durch die Anzahl an Tätigkeiten entsteht, die in Zukunft durch Maschinen übernommen werden können. Inwiefern tatsächlich aus Potenzial auch Ersetzung wird, diskutieren wir anhand mehrerer unterschiedlicher Indizes. Hierfür vereinen wir zunächst Informationen über Tätigkeitsinhalte von Berufen aus Arbeitgeber- und Arbeitnehmerperspektive in einem Index des Ersetzungspotenzials. Des Weiteren konstruieren wir vier unterschiedliche Indizes über den Digitalisierungsstand von Branchen mithilfe derer wir den möglichen Ausschöpfungsgrad dieser Ersetzungspotenziale in der Zukunft diskutieren. Vor allem in den Branchen „Chemie und Pharmazie“ sowie „Verkehr, Lagerei und Post“ ist hier von ausgehend ein größerer Rückgang der Arbeitskräftenachfrage möglich, da wir hier vergleichsweise hohe Ersetzungspotenziale bei einem gleichzeitig hohen Ausschöpfungsgrad ermitteln konnten.

Many studies analyze substitution potentials of occupations as the amount of their tasks, which machines can possibly carry out in the future. In the following, we discuss to what extent these substitution potentials might actually materialize along the interpretation of a plethora of indexes. We, first, combine two indexes about task content from the employer and employee perspective to assess substitution potentials. Second, we construct four different indexes about the state of digitalization of industrial sectors and use them to discuss actual exploitation of substitution potentials. Our findings suggest that relatively large decreases in labor demand are possible in the chemical and pharmaceutical sector as well as traffic, warehousing, and postal services. For these sectors, we find both comparably high substitution potentials and exploitation.





Viele Studien behandeln das Ersetzungspotenzial von Berufen, welches durch die Anzahl an Tätigkeiten entsteht, die in Zukunft durch Maschinen übernommen werden können. Inwiefern tatsächlich aus Potenzial auch Ersetzung wird, diskutiert diese Publikation anhand mehrerer unterschiedlicher Indizes. Hierfür werden zunächst Informationen über Tätigkeitsinhalte von Berufen aus Arbeitgeber- und Arbeitnehmerperspektive in einem Index des Ersetzungspotenzials vereint. Des Weiteren werden vier unterschiedliche Indizes über den Digitalisierungsstand von Branchen konstruiert, mithilfe derer der mögliche Ausschöpfungsgrad dieser Ersetzungspotenziale in der Zukunft diskutiert wird. Vor allem in den Branchen „Chemie und Pharmazie“ sowie „Verkehr, Lagerei und Post“ ist hiervon ausgehend ein größerer Rückgang der Arbeitskräftenachfrage möglich, da hier vergleichsweise hohe Ersetzungspotenziale bei einem gleichzeitig hohen Ausschöpfungsgrad ermittelt werden konnten.

Bundesinstitut für Berufsbildung  
Robert-Schuman-Platz 3  
53175 Bonn

Telefon (0228) 107-0

Internet: [www.bibb.de](http://www.bibb.de)  
E-Mail: [zentrale@bibb.de](mailto:zentrale@bibb.de)



ISBN 978-3-8474-2993-7