

IAB-Kurzbericht

24/2015

Aktuelle Analysen aus dem Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung

In aller Kürze

- Die fortschreitende Digitalisierung wird unsere Arbeitswelt weiter verändern. Dies hat für einzelne Berufe unterschiedliche Folgen. Wir untersuchen für Deutschland, in welchem Ausmaß berufliche Tätigkeiten heute schon durch Computer oder computergesteuerte Maschinen ersetzt werden könnten (Substituierbarkeitspotenzial).
- Sowohl Helfer- als auch Fachkrafttätigkeiten weisen im Durchschnitt ein höheres Substituierbarkeitspotenzial auf als Tätigkeiten, die typischerweise eine höhere Qualifikation erfordern.
- Bei Berufen in der Industrieproduktion zeigt sich ein hohes und bei Berufen in den sozialen und kulturellen Dienstleistungen ein niedriges Substituierbarkeitspotenzial.
- Etwa 15 Prozent der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland haben 2013 in einem Beruf gearbeitet, in dem mehr als 70 Prozent der Tätigkeiten bereits heute potenziell von Computern erledigt werden könnten.
- Es ist aber wenig wahrscheinlich, dass Berufe gänzlich verschwinden. Vielmehr werden sich bestehende Berufe mehr oder weniger stark verändern.
- Um das Wissen und Können auf dem neuesten technologischen Stand zu halten, wird (Weiter-) Bildung immer wichtiger – nicht nur für Geringqualifizierte, sondern auch für Fachkräfte.

Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt

In kaum einem Beruf ist der Mensch vollständig ersetzbar

von Katharina Dengler und Britta Matthes

In der letzten Zeit gibt es immer wieder Befürchtungen, die fortschreitende Digitalisierung könnte die Menschen zukünftig vom Arbeitsmarkt verdrängen. Wie berechtigt sind diese für Deutschland? Wie stark sind Berufe schon heute gefährdet, weil Tätigkeiten, die derzeit noch von Beschäftigten erledigt werden, demnächst von Computern oder computergesteuerten Maschinen übernommen werden? Auf Basis berufskundlicher Informationen berechnen wir die Anteile der Tätigkeiten in den Berufen, die schon heute potenziell ersetzt werden könnten.

Einer amerikanischen Studie zufolge könnte fast die Hälfte der Beschäftigten in den USA in den nächsten zehn bis 20 Jahren durch computergesteuerte Maschinen ersetzt werden (Frey/Osborne 2013). Auch in Deutschland sind Computer oder computergesteuerte Maschinen heutzutage in fast allen Bereichen der Arbeitswelt nicht mehr wegzudenken. Sie haben uns vielfach von schwerer körperlicher Arbeit

befreit, indem sie uns z. B. beim Abbau von Rohstoffen oder bei der Produktion schwerer Bauteile assistieren. Sie haben uns Arbeiten abgenommen, die unsere Gesundheit gefährden, wie das Lackieren von Fahrzeugen. Sie haben monotone, stupide Aufgaben übernommen, etwa das Sortieren von Werkstoffen oder Produkten. In immer mehr Arbeitsbereichen sind Computer oder computergesteuerte Maschinen in der Lage, Tätigkeiten zu übernehmen, die zuvor nur von Menschen erledigt werden konnten.

Inzwischen hat die Digitalisierung aber auch Arbeitsbereiche erreicht, von denen wir noch vor kurzem glaubten, sie könnten niemals von Computern übernommen werden. Computer sind in der Lage, in Sekundenbruchteilen Handelsgeschäfte an der Börse abzuwickeln, schneller und gezielter als Ärzte die statistisch wirkungsvollsten Therapievorschlüsse zu unterbreiten oder selbstständig juristische Gutachten oder Vertragstexte zu erstellen.

■ Arbeitswelt 4.0

Vor allem die neuen Möglichkeiten, die eine digitale Vernetzung bietet, sind gegenwärtig in ihren Auswirkungen auf die Arbeitswelt kaum abschätzbar. Was heißt es für die Beschäftigten, wenn immer mehr Anlagen und Geräte durch die Zuweisung von IP-Adressen digital ansprechbar und steuerbar

1 Definition des Substituierbarkeitspotenzials

Das Substituierbarkeitspotenzial sagt etwas darüber aus, in welchem Ausmaß Berufe gegenwärtig potenziell durch den Einsatz von Computern oder computergesteuerten Maschinen ersetzt werden könnten. Es wird für jeden Beruf durch den Anteil der Tätigkeiten bestimmt, der schon heute von Computern oder computergesteuerten Maschinen nach programmierbaren Regeln erledigt werden könnte. So können Tätigkeiten wie „Sortieren von Produkten“ oder „Berechnen“ bereits heute potenziell von Computern übernommen werden, während Tätigkeiten wie „Managen“ oder „Beraten“ lediglich unterstützt, aber nicht ersetzt werden können. Das Substituierbarkeitspotenzial konzentriert sich nur auf die technische Machbarkeit, Tätigkeiten durch Computer oder computergesteuerte Maschinen zu ersetzen. Rechtliche und ethische Hürden aber auch kostentechnische Gründe werden nicht berücksichtigt. Tätigkeiten, die Computer eventuell zukünftig übernehmen könnten, bei denen es derzeit jedoch noch technische Hürden für einen serienmäßigen Einsatz in Deutschland gibt, gelten als (noch) nicht durch Computer ersetzbar. So gilt – trotz selbstfahrender LKWs und PKWs – das Führen eines Fahrzeuges als derzeit noch nicht durch Computer ersetzbar, weil diese gegenwärtig nur teilautonom, zu Testzwecken und nur auf bestimmten Strecken zum Einsatz kommen können. Vor allem in unvorhersehbaren und unübersichtlichen Verkehrssituationen – wie Baustellen oder Unfällen – sind die technischen Fahrassistenzsysteme noch nicht in der Lage, angemessen zu reagieren. Ähnliches gilt für Pflegeroboter in Deutschland. So lange die technischen Probleme nicht gelöst sind, gilt auch die Pflgetätigkeit in Deutschland als nicht von Computern ersetzbar. Nähere Einzelheiten finden sich in unserem zeitgleich erschienenen IAB-Forschungsbericht, der online verfügbar ist (Dengler/Matthes 2015).

2 Datenbasis

Die Expertendatenbank BERUFENET (<http://berufenet.arbeitsagentur.de>) der Bundesagentur für Arbeit (BA) stellt online und kostenlos Informationen über alle in Deutschland bekannten Berufe zur Verfügung. Das BERUFENET wird vor allem bei der Berufsberatung oder bei der Arbeitsvermittlung genutzt. Es enthält z. B. Informationen über die zu erledigenden Aufgaben in der jeweiligen beruflichen Tätigkeit, über die verwendeten Arbeitsmittel, über die Gestaltung von Arbeitsbedingungen, über notwendige Ausbildungen oder rechtliche Regelungen. Für die Berechnung des Substituierbarkeitspotenzials nutzen wir die Anforderungsmatrix (in der BA auch als Kompetenzmatrix bezeichnet), in der ca. 8.000 Anforderungen den ca. 3.900 Kernberufen zugeordnet sind. Mit Kernberuf ist die aktuellste bzw. jüngste Berufsbezeichnung für einen bestimmten Beruf gemeint. So gibt es für den Beruf „Kraftfahrzeugmechatroniker“ ältere Berufsbezeichnungen wie „Kraftfahrzeugmechaniker“ oder spezifischere Berufsbezeichnungen wie „Kraftfahrzeugmechatroniker – Schwerpunkt Karosserietechnik“, die jeweils mit den Anforderungen des Kernberufs „Kraftfahrzeugmechatroniker“ verknüpft sind. Wir verwenden die Anforderungsmatrix für das Jahr 2013.

werden? Können Geringqualifizierte mit Hilfe von Daten-Brillen, die alle notwendigen Informationen für die Erledigung unbekannter Arbeitsschritte situationsbezogen verfügbar machen, ähnlich produktiv werden wie Fachkräfte, die eine langjährige Ausbildung absolviert haben? Werden Pflegebedürftige zukünftig auch in Deutschland (wie beispielsweise schon in Japan oder den USA) von Pflegerobotern umsorgt, weil hochsensible Sensoren und Aktoren eine neuartige Zusammenarbeit von Mensch und Maschine ermöglichen? Diese Frageliste ließe sich beliebig weiter verlängern und spitzt sich letztlich in der Befürchtung zu, Computer könnten den Menschen in Zukunft die Jobs wegnehmen.

Diese Befürchtungen, die sich mit der Etablierung neuer Technologien in der Arbeitswelt ergeben, sind nicht neu. Man denke nur an die Maschinenstürmer im 18. Jahrhundert. Aber bisher hat der technologische Fortschritt immer mehr neue Arbeitsplätze geschaffen als durch ihn verloren gegangen sind. Obwohl bereits 1999 in Deutschland zwei von drei Beschäftigten gelegentlich oder überwiegend mit dem Computer gearbeitet haben (Troll 2000), ist die sozialversicherungspflichtige Beschäftigung seit 1999 gestiegen (Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2015). Der Siegeszug der Computer in der Arbeitswelt ist bislang eher still verlaufen. Was aber, wenn der technologische Fortschritt so rasant an Geschwindigkeit zunimmt, dass mehr Arbeitsplätze überflüssig werden als neue geschaffen werden?

In der vielfach diskutierten (und eingangs schon erwähnten) Studie von Frey/Osborne (2013) wird prognostiziert, dass etwa 47 Prozent der Beschäftigten in den USA in den nächsten zehn bis 20 Jahren durch computergesteuerte Maschinen ersetzt werden könnten. Man spricht hierbei auch von einer Automatisierungswahrscheinlichkeit von rund 47 Prozent. Diese Studie wird häufig als Grundlage für die Berechnung von Automatisierungswahrscheinlichkeiten für Deutschland verwendet, indem die amerikanischen Werte direkt auf Deutschland übertragen werden. So finden z. B. Brzeski/Burk (2015) heraus, dass in den nächsten zehn bis 20 Jahren ca. 59 Prozent der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland durch Computer ersetzt werden könnten. Mit einem etwas anderen methodischen Ansatz kommen Bonin/Gregory/Zierahn (2015) auf etwa 42 Prozent.

Es gibt viele Gründe, die gegen einen so massiven Beschäftigungsabbau in den nächsten Jahrzehnten in Deutschland sprechen. Zum einen handelt es sich

nicht um tatsächliche Automatisierungswahrscheinlichkeiten: Ob Beschäftigte durch computergesteuerte Maschinen ersetzt werden, hängt nicht nur von der technischen Machbarkeit ab.

Zum anderen ist eine simple Übertragung der amerikanischen Automatisierungswahrscheinlichkeiten auf Deutschland problematisch. Vor allem Unterschiede zwischen den Bildungssystemen und den Arbeitsmärkten sollten zu unterschiedlichen Werten führen. So lässt sich z. B. zeigen, dass in den USA mehr Akademiker und Führungskräfte, in Deutschland hingegen mehr Bürokräfte und Handwerker beschäftigt sind. Dazu kommt, dass das duale Ausbildungssystem und die darauf aufbauenden Weiterqualifizierungsmöglichkeiten (z. B. zum Meister- oder Technikerabschluss) in Deutschland zu einer stärkeren qualifikatorischen Differenzierung des Arbeitsmarktes im mittleren Qualifikationsbereich führen. Dagegen sind in den USA die meisten der Highschool-Abgänger an Arbeitsplätzen beschäftigt, die keinerlei formelle berufliche Vorbildung, in vielen Fällen nur eine kurze Einarbeitung erfordern (Büchtemann/Schupp/Soloff 1993).

Darüber hinaus kann man für die gleichen Berufe nicht von den gleichen Tätigkeitsprofilen in Deutschland und den USA ausgehen. Angesichts der Schwierigkeiten, die bei dem Versuch aufgetreten sind, die Gleichartigkeit der in Europa ausgeübten Berufe festzustellen (Sloane 2008), ist es äußerst unwahrscheinlich, dass sich die Tätigkeitsprofile in den USA und in Deutschland so stark gleichen, dass eine unmittelbare Übertragung der amerikanischen Automatisierungswahrscheinlichkeiten auf Deutschland als angemessen erachtet werden kann.

■ Substituierbarkeitspotenzial als Maß

All diese Probleme können nur überwunden werden, wenn man die Automatisierungswahrscheinlichkeiten für Deutschland direkt ermittelt. Außerdem werden die Auswirkungen technologischen Wandels von Technologie-Experten in der Regel deutlich überschätzt. Bevor man über zukünftige Automatisierungswahrscheinlichkeiten spekuliert, sollte man die gegenwärtigen Automatisierungswahrscheinlichkeiten in den Blick nehmen.

Vor diesem Hintergrund untersuchen wir für Deutschland, in welchem Ausmaß Berufe gegenwärtig potenziell durch den Einsatz von Computern oder computergesteuerten Maschinen ersetzt werden könnten (Substituierbarkeitspotenzial, vgl. Infokas-

ten 1). Statt amerikanische Automatisierungswahrscheinlichkeiten auf Deutschland zu übertragen, verwenden wir die berufskundlichen Informationen aus der Expertendatenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit als Datenbasis (vgl. Infokasten 2). Dabei schätzen wir keine zukünftigen Substituierbarkeitspotenziale, sondern verwenden aktuelle Berufsbeschreibungen, um die derzeit bereits bestehenden Substituierbarkeitspotenziale zu berechnen.

Eine der wichtigsten Erkenntnisse in diesem Kontext ist, dass nicht ganze Berufe, sondern nur einzelne Tätigkeiten von Computern ausgeübt werden können (siehe auch Bonin/Gregory/Zierahn 2015). Wir ermitteln das Substituierbarkeitspotenzial eines Berufes über den Anteil der in diesem Beruf typischerweise zu erledigenden Aufgaben, die bereits heute von Computern übernommen werden könnten. Die genaue Berechnung des Substituierbarkeitspotenzials ist im Infokasten 3 beschrieben.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit stellen wir im Folgenden diese Substituierbarkeitspotenziale nicht auf Einzelberufsebene dar, sondern für ausgewählte Berufsaggregate. Auf der Internetseite des Instituts erscheint zeitgleich mit diesem Kurzbericht ein IAB-Forschungsbericht mit detaillierteren Ergebnissen (Dengler/Matthes 2015, s. auch Anzeige auf Seite 8).

3 Methode

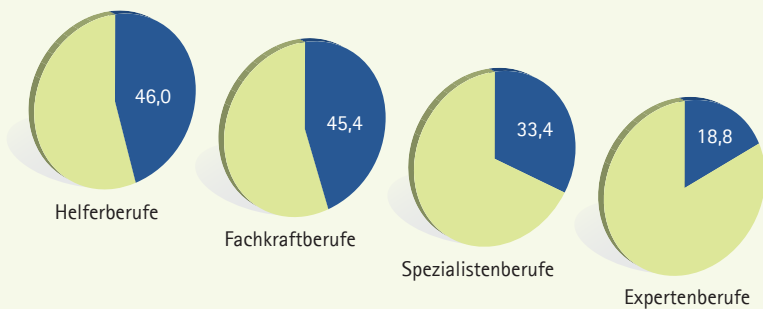
Zur Berechnung des Substituierbarkeitspotenzials betrachten wir für jeden Beruf den Anteil der Tätigkeiten, die schon heute von Computern oder computergesteuerten Maschinen nach programmierbaren Regeln erledigt werden könnten. Dazu verwenden wir die Task-Operationalisierung von Dengler/Matthes/Paulus (2014), bei der von uns in einem unabhängigen Dreifach-Codier-Verfahren jede Anforderung aus der Anforderungsmatrix auch danach beurteilt wurde, ob sie aktuell von Computern ausgeführt werden könnte. Dabei betrachten wir nur die Anforderungen, die für die Ausübung des Berufes unerlässlich sind, also den Kern eines Berufes ausmachen (Kernanforderungen). Das Substituierbarkeitspotenzial eines Einzelberufes wird berechnet, indem für jeden Beruf die Anzahl der durch Computer ersetzbaren Kernanforderungen durch die gesamte Anzahl der Kernanforderungen dividiert wird.

Bei der Ermittlung des Substituierbarkeitspotenzials für verschiedene Berufsaggregate muss berücksichtigt werden, dass Einzelberufe mit hohen Beschäftigtenzahlen das Substituierbarkeitspotenzial stärker beeinflussen als Einzelberufe mit einer kleinen Beschäftigtenzahl. Deswegen werden die Substituierbarkeitspotenziale auf Einzelberufsebene mit einem Gewicht, das auf Basis der Beschäftigtenzahlen 2012 ermittelt wurde, hochaggregiert (Dengler/Matthes/Paulus 2014). In diesem Kurzbericht stellen wir somit den Durchschnitt der gewichteten Substituierbarkeitspotenziale auf Einzelberufsebene für verschiedene Berufsaggregate dar.

Abbildung 1

Substituierbarkeitspotenzial nach Anforderungsniveau der Berufe

Anteil der Tätigkeiten, die schon heute potenziell von Computern erledigt werden könnten, in Prozent



Anmerkung: Zu den Anforderungsniveaus der Berufe vgl. Infokasten 4 (Seite 5).

Quelle: Eigene Berechnungen, BERUFENET (2013).

© IAB

Abbildung 2

Substituierbarkeitspotenzial nach Berufssegmenten

Anteil der Tätigkeiten, die schon heute potenziell von Computern erledigt werden könnten, in Prozent



Anmerkung: Zu den Berufssegmenten vgl. Infokasten 4 (Seite 5).

Quelle: Eigene Berechnungen, BERUFENET (2013).

© IAB

Substituierbarkeitspotenzial nach Anforderungsniveau

In **Abbildung 1** wird zunächst das Substituierbarkeitspotenzial differenziert nach dem Anforderungsniveau der Klassifikation der Berufe (KldB) 2010 dargestellt (vgl. Infokasten 4).

Ausgehend von dem vielfach belegten Ergebnis, dass sich Bildung auszahlt (z. B. Stüber/Schmillen 2014), würde man erwarten, dass das Substituierbarkeitspotenzial mit zunehmendem Anforderungsniveau sinkt. Unsere Ergebnisse zeigen aber, dass das nur teilweise zutrifft. Helferberufe, für die typischerweise keine berufliche Ausbildung erforderlich ist, haben ein etwa gleich hohes Substituierbarkeitspotenzial von durchschnittlich etwa 45 Prozent wie Fachkraftberufe, für die in der Regel eine mindestens zweijährige Berufsausbildung erfolgreich abgeschlossen werden muss. Sollte eine berufliche Ausbildung nicht grundsätzlich besser gegen eine Substitution durch Computer schützen als eine unqualifizierte Helfertätigkeit? Unsere Analysen zeigen, dass in manchen Berufen Tätigkeiten, die von Fachkräften erledigt werden, leichter zu automatisieren sind als Helfertätigkeiten in diesem Beruf (für Details siehe Dengler/Matthes 2015). Helfer übernehmen häufig manuelle Tätigkeiten, die nur schwer in programmierbare Algorithmen übersetzt werden können.

Erst eine weiterführende oder akademische Ausbildung schützt etwas besser davor, durch Computer potenziell ersetzt werden zu können. Das Substituierbarkeitspotenzial in den Spezialistenberufen – für die in Deutschland typischerweise eine Meister- oder Techniker Ausbildung oder auch ein weiterführender Fachschul- oder Bachelorabschluss Zugangsvoraussetzung ist – beträgt ein gutes Drittel. Noch niedriger, bei rund 19 Prozent, liegt das Substituierbarkeitspotenzial in den Expertenberufen, für die in der Regel ein mindestens vierjähriges abgeschlossenes (Fach-)Hochschulstudium erforderlich ist.

Substituierbarkeitspotenzial nach Berufssegmenten

Die Substituierbarkeitspotenziale unterscheiden sich massiv zwischen den unterschiedlichen beruflichen Teilarbeitsmärkten. Um einerseits ein möglichst breites berufsfachliches Spektrum abzubilden, andererseits dennoch übersichtlich zu bleiben, stellen wir die Substituierbarkeitspotenziale von 14 Berufssegmenten dar (vgl. Infokasten 4).

In den „Fertigungsberufen“ ist das Substituierbarkeitspotenzial am höchsten (vgl. **Abbildung 2**). Es liegt im Durchschnitt bei mehr als 70 Prozent, was nach der Einschätzung von Frey/Osborne (2013) als sehr hohes Risiko der Ersetzbarkeit durch Computer gewertet werden muss. Demnach könnten insbesondere Berufe, in denen Rohstoffe gewonnen und Produkte aus Materialien wie Glas, Keramik, Kunststoff, Papier usw. hergestellt werden, von computergesteuerten Maschinen ausgeübt werden. Aber auch die „Fertigungstechnischen Berufe“, in denen vor allem Fahrzeuge, Maschinen und Anlagen produziert werden, sind einem relativ hohen Substituierbarkeitspotenzial von etwa 65 Prozent ausgesetzt. Damit kann man große Potenziale der Nutzung von Computertechnologien insbesondere für die Berufe in der Industrieproduktion feststellen.

In allen anderen Berufssegmenten liegt das Substituierbarkeitspotenzial unter 50 Prozent, am niedrigsten ist es im Berufssegment „Soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe“. Letzteres überrascht wenig, denn es ist nur schwer vorstellbar, dass Tätigkeiten, die dort ausgeübt werden – etwa Kinder erziehen oder unterrichten – von Computern übernommen werden können. Auch solche Berufssegmente wie „Sicherheitsberufe“ oder „Reinigungsberufe“ sind – trotz staubsaugender Roboter und vernetzter Überwachungskameras – nach wie vor eher von schlecht automatisierbaren manuellen Tätigkeiten dominiert.

■ Substituierbarkeitspotenzial für sozialversicherungspflichtige Beschäftigung

Abschließend betrachten wir, in welchem Umfang die sozialversicherungspflichtige Beschäftigung von den Substituierbarkeitspotenzialen der Berufe betroffen ist (vgl. **Abbildung 3**). Etwa 11,8 Millionen bzw. 40 Prozent der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten arbeiten in Berufen mit einem niedrigen Substituierbarkeitspotenzial, in denen maximal 30 Prozent der Tätigkeiten von Computern erledigt werden könnten. Darunter sind 2,4 Millionen (etwa 8 %) der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Berufen erwerbstätig, in denen keine Tätigkeiten von Computern übernommen werden könnten.

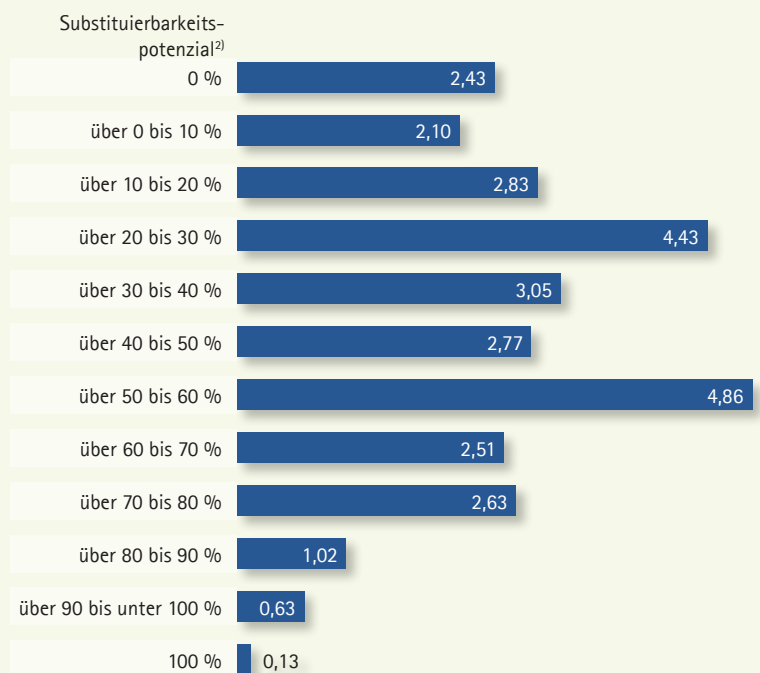
Derzeit sind 170 von insgesamt rund 1.200 Berufen überhaupt nicht durch Computer ersetzbar. Hierzu gehört z. B. die Tätigkeit von Busfahrern, da das Führen eines Fahrzeuges im Straßenverkehr derzeit

(noch) nicht vollständig durch Autopiloten übernommen werden kann, sondern lediglich Fahrerassistenzsysteme zum Einsatz kommen können. Aber auch Expertenberufe wie Lehrer sind nicht durch

Abbildung 3

Betroffenheit der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland vom Substituierbarkeitspotenzial der Berufe

Betroffene Beschäftigte¹⁾ in Millionen



¹⁾ Eine Differenzierung der Betroffenen nach Anforderungsniveau der Berufe finden Sie in einer zusätzlichen **Abbildung** im Internet.

²⁾ Anteil der Tätigkeiten, die schon heute potenziell von Computern erledigt werden könnten.

Quelle: Eigene Berechnungen, BERUFENET (2013).

© IAB

4 Klassifikation der Berufe 2010

Die neue Klassifikation der Berufe (KldB) 2010 schafft für Deutschland eine aktuelle Berufsklassifikation, die zwei Dimensionen der beruflichen Tätigkeiten erfasst (Paulus/Schweitzer/Wiemer 2011). In der ersten Dimension, der Berufsfachlichkeit, werden die Berufe hinsichtlich der Ähnlichkeit ihrer Tätigkeiten, Kenntnisse und Fertigkeiten gruppiert. Die zweite Dimension, das Anforderungsniveau, bildet die unterschiedlichen Komplexitätsgrade innerhalb der Berufe ab. Hierzu werden vier Anforderungsniveaus unterschieden, die sich an den formalen beruflichen Bildungsabschlüssen orientieren (Paulus/Matthes 2013):

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

Des Weiteren kann man die Berufe zu 14 Berufssegmenten nach inhaltlichen Gesichtspunkten anhand berufsfachlicher Kriterien qualitativ zusammenfassen, um einerseits übersichtlich zu bleiben, aber andererseits auch das breite berufsfachliche Spektrum abzubilden (Matthes/Meinken/Neuhauser 2015).

Computer ersetzbar: Neben Lerninhalten – wie man sie beispielweise auch durch E-Learning erwerben könnte –, vermitteln sie auch soziale und interaktive Kompetenzen im Klassenkontext oder grundlegende Techniken der Wissensaneignung, der Problemlösung und kreativen Betätigung. Ebenso lassen sich kreative Tätigkeiten wie etwa die von Dirigenten nicht durch Computer ersetzen. Schwer automatisierbare, manuelle Tätigkeiten wie z. B. die von Schornsteinbauern, Frisuren und Altenpflegern weisen auch keinerlei Substituierbarkeitspotenzial auf.

Etwa 13,2 Millionen bzw. 45 Prozent der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten arbeiten in Berufen mit einem mittleren Substituierbarkeitspotenzial, das heißt zwischen 30 bis maximal 70 Prozent der Tätigkeiten könnten von Computern erledigt werden.

Mit einem sehr hohen Substituierbarkeitspotenzial (mehr als 70 %) sind etwa 4,4 Millionen sozialversicherungspflichtig Beschäftigte konfrontiert. Damit sind rund 15 Prozent aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten einem hohen Substituierbarkeitspotenzial ausgesetzt. Darunter sind nur 0,1 Millionen bzw. 0,4 Prozent der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Berufen tätig, die ein Substituierbarkeitspotenzial von 100 Prozent aufweisen – das heißt, alle Tätigkeiten in diesem Beruf könnten von Computern übernommen werden. Dies trifft auf insgesamt 20 Berufe zu. So können beispielsweise alle Tätigkeiten eines Aufbereitungsmechanikers für Steinkohle wie das Aufbereiten, Sieben und Sortieren von Steinkohle durch computergesteuerte Maschinen ersetzt werden. Das heißt aber nicht, dass dieser Beruf gänzlich verschwindet. Vielmehr verändern sich die Tätigkeiten in diesem Beruf dahingehend, dass vermehrt Steuerungs- und Überwachungsaufgaben sowie Wartungs- und Reparaturarbeiten der automatisierten Produktionsanlagen übernommen werden müssen. Ähnlich verhält es sich bei den Verfahrensmechanikern der Hütten- und Halbzeugindustrie der Fachrichtung Eisen-, Stahl- und Metallurgie. Die Herstellung von Eisen und Stahl kann durch computergesteuerte Maschinen erledigt werden, aber für die Verfahrensmechaniker ergeben sich neue Aufgaben, vor allem Überwachungs- und Wartungsaufgaben. Auch die Tätigkeiten von Korrektoren, die im Gegensatz zu Lektoren Texte nicht inhaltlich und sprachlich überarbeiten, sondern nur orthografisch, grammatikalisch und typografisch prüfen, könnten schon heute von Computern ersetzt werden.

■ Fazit

In diesem Kurzbericht legen wir die erste direkt für Deutschland ermittelte Abschätzung der bereits heute vorhandenen Substituierbarkeitspotenziale vor. Sie zeigen, in welchem Ausmaß die Tätigkeiten eines Berufs durch Computer erledigt werden könnten. Wir stellen fest, dass Helfer- und Fachkraftberufe ein ähnlich hohes Substituierbarkeitspotenzial von rund 45 Prozent aufweisen. Erst eine weiterführende oder akademische Ausbildung ist mit einem niedrigeren Substituierbarkeitspotenzial verbunden.

Vor diesem Hintergrund wird eine der größten Herausforderungen sein, das Wissen und Können auf dem aktuellen technologischen Stand zu halten. Deswegen kommt gerade der (Weiter-)Bildung zukünftig eine ganz besondere Bedeutung zu – nicht nur für Geringqualifizierte, sondern auch für Fachkräfte. Bereits in der Schule müssen die Voraussetzungen dafür geschaffen werden, dass Computer nicht nur verwendet, sondern bewusst und kontrolliert für das Lernen oder für die Selbstorganisation eingesetzt werden. Ausbildungen müssen so gestaltet werden, dass alle Auszubildenden mit den neuesten technologischen Innovationen in ihrem Beruf vertraut gemacht werden. Auch Fachkräfte müssen verstärkt dabei unterstützt werden, sich fit für die neuen Anforderungen der digitalen Arbeitswelt zu machen.

Die Ergebnisse belegen zudem, dass die Befürchtungen eines massiven Beschäftigungsabbaus im Zuge einer weiterführenden Digitalisierung derzeit unbegründet sind. Etwa 15 Prozent der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten sind in Deutschland mit einem sehr hohen Substituierbarkeitspotenzial konfrontiert. Dies muss aber nicht heißen, dass 15 Prozent der Arbeitsplätze wegfallen, da es sich lediglich um Substituierbarkeitspotenziale handelt. Ob diese Tätigkeiten dann tatsächlich von Computern ersetzt werden, hängt von weiteren Faktoren ab (vergleiche dazu auch Bonin/Gregory/Zierahn 2015).

Bei der Abschätzung der Arbeitsmarktwirkungen technologischen Fortschritts dürfen vor allem makroökonomische Anpassungsprozesse nicht unberücksichtigt bleiben: Die Investitionen in digitale Technologien müssen sich lohnen. Selbst wenn die Preise für Computer weiter sinken, ist es möglich, dass die Löhne für Tätigkeiten, die von Computern übernommen werden können, niedriger sind als die Kosten für Investitionen in Computer oder computergesteuerte Maschinen.

Darüber hinaus ist noch eine Reihe rechtlicher Hürden zu nehmen und ethischer Fragen zu beantworten. So ist es fraglich, ob wir es zulassen würden, dass – angesichts des Fachkräftemangels in der Altenpflege – autonome Roboter die Pflege älterer Menschen übernehmen, wenn z. B. die permanente Überwachung mit einer gewissen Verletzung der Privatsphäre der Pflegebedürftigen einhergeht. Wer ist schuld, wenn ein Pflegeroboter einen Unfall verursacht? Oder was würden wir dazu sagen, wenn wir unsere Kinder morgens nicht in die Hände einer kompetenten Erzieherin, sondern in die Arme eines Erziehungsroboters geben müssten? Dazu muss eine Diskussion angestoßen werden, in der die neuen Gestaltungsspielräume, die sich durch die digitalen Technologien ergeben, ausgelotet und Grenzen definiert werden.

Es ist sogar denkbar, dass die Digitalisierung statt zu einem Beschäftigungsabbau zu einem Beschäftigungsaufbau führt. Die computergesteuerten Maschinen müssen entwickelt und gebaut werden. Es werden Fachkräfte gebraucht, um die Maschinen zu steuern, zu kontrollieren und zu warten. Fachkräfte, die mit der neuen Technik umgehen können, müssen geschult werden. Im Zuge der Digitalisierung können aber auch Produkt-, Prozess- und Dienstleistungsinnovationen sowie Produktivitätswachstum zu Preisenkungen führen (Möller 2015). Damit könnte der Gesamtbeschäftigungseffekt in der Summe durchaus positiv ausfallen.

Fest steht, es gibt derzeit nur wenige Berufe, die vollständig von Computern ersetzt werden könnten. Berufe werden also nur in den seltensten Fällen gänzlich verschwinden, sie werden sich vor allem verändern. Ob – wenn die leicht automatisierbaren Tätigkeiten durch computergesteuerte Maschinen erledigt werden – die Arbeit der davon entlasteten Beschäftigten interessanter und anspruchsvoller oder doch eintöniger und primitiver wird, ist eine Frage der Ausgestaltung. Die neuen digitalen Technologien stecken lediglich den Rahmen fest, in dem sich auch neue Freiräume für den Zuschnitt von Arbeitsplätzen und Berufen bieten.

Literatur

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

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



Katharina Dengler

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Forschungsgruppe „Berufliche Arbeitsmärkte“ am IAB.
katharina.dengler@iab.de



Dr. Britta Matthes

ist Leiterin der Forschungsgruppe „Berufliche Arbeitsmärkte“ am IAB.
britta.matthes@iab.de

- Büchtemann, Christoph F.; Schupp, Jürgen; Soloff, Dana J. (1993): Übergänge von der Schule in den Beruf – Deutschland und USA im Vergleich. In: Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, 26(4), S. 507–519.
- Dengler, Katharina; Matthes, Britta (2015): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt: Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland. [IAB-Forschungsbericht Nr. 11](#), Nürnberg.
- Dengler, Katharina; Matthes, Britta; Paulus, Wiebke (2014): Berufliche Tasks auf dem deutschen Arbeitsmarkt. Eine alternative Messung auf Basis einer Expertendatenbank. [FDZ-Methodenreport Nr. 12](#), Nürnberg.
- Frey, Carl Benedikt; Osborne, Michael A. (2013): The future of employment. How susceptible are jobs to computerisation? Oxford.
- Matthes, Britta; Meinken, Holger; Neuhauser, Petra (2015): Berufssektoren und Berufssegmente auf Grundlage der KldB 2010. [Methodenbericht der Statistik der BA](#), Nürnberg.
- Möller, Joachim (2015): Verheißung oder Bedrohung? Die Arbeitsmarktwirkungen einer vierten industriellen Revolution. [IAB-Discussion Paper Nr. 18](#), Nürnberg.
- Paulus, Wiebke; Matthes, Britta (2013): Klassifikation der Berufe. Struktur, Codierung und Umsteigeschlüssel. [FDZ-Methodenreport Nr. 8](#), Nürnberg.
- Paulus, Wiebke; Schweitzer, Ruth; Wiemer, Silke (2011): Die Klassifikation der Berufe 2010. Potenziale der neuen Struktur. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis, 40(2), S. 4–5.
- Sloane, Peter F. E. (2008): Zu den Grundlagen eines Deutschen Qualifikationsrahmens (DQR): Konzeptionen, Kategorien, Konstruktionsprinzipien: W. Bertelsmann Verlag.
- Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2015): Zeitreihe über Beschäftigte nach Altersgruppen – Deutschland.
- Stüber, Heiko; Schmillen, Achim (2014): Lebensverdienste nach Qualifikation: Bildung lohnt sich ein Leben lang. [IAB-Kurzbericht Nr. 1](#), Nürnberg.
- Troll, Lothar (2000): Moderne Technik bringt Vielfalt in die Arbeitswelt. [IAB-Kurzbericht Nr. 6](#), Nürnberg.



Die IAB-Forschungsberichte erscheinen unregelmäßig (nur online) und stehen auf der Internetseite des IAB zum kostenlosen Download zur Verfügung (<http://www.iab.de/publikationen/forschungsbericht.aspx>).

IAB-Forschungsbericht 11/2015

Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland

In der letzten Zeit sind zahlreiche öffentliche Debatten von Begriffen wie „Industrie 4.0“ oder „Arbeitswelt 4.0“ geprägt. Dabei wird deutlich, dass die fortschreitende Digitalisierung weitreichende Auswirkungen auf die zukünftige Arbeitswelt haben wird. Um abschätzen zu können, wie sich die Arbeitswelt zukünftig weiter entwickeln wird, muss zunächst einmal geklärt werden, wo Deutschland heute steht. Wie stark sind Berufe schon heute potenziell ersetzbar, weil Tätigkeiten, die derzeit noch von Beschäftigten erledigt werden, demnächst von Computern übernommen werden? In diesem Forschungsbericht ermitteln die Autorinnen für die einzelnen Berufe den Anteil der Tätigkeiten, der schon heutzutage durch Computer ersetzt werden könnte. Diese Substituierbarkeitspotenziale der Berufe werden auf Grundlage von Berufsdaten aus der Expertendatenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit berechnet. Die Autorinnen stellen ihre Ergebnisse detailliert nach dem Anforderungsniveau, für die Berufssegmente sowie für die Berufssegmente getrennt nach unterschiedlichen Anforderungsniveaus nach der Klassifikation der Berufe 2010 dar. Im Anhang werden zudem Ergebnisse für die Berufshauptgruppen getrennt nach unterschiedlichen Anforderungsniveaus sowie für die BIBB-Berufsfelder präsentiert.

Dengler, Katharina; Matthes, Britta (2015): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt: Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland. [IAB-Forschungsbericht Nr. 11](#), Nürnberg.