

August 2017 | Philippe Lorenz

Digitalisierung im deutschen Arbeitsmarkt

Eine Debattenübersicht



Think Tank für die Gesellschaft im technologischen Wandel

Executive Summary

Die Digitalisierung transformiert Unternehmen mit massiven Auswirkungen auf die Arbeitswelt. Jüngstes Beispiel ist die teilverstaatlichte Commerzbank AG. Bis zum Jahr 2020 streicht sie 9600 Stellen.¹ Besonders stark vom Stellenabbau betroffen sind Sachbearbeiter, deren Tätigkeiten für die Bank automatisierbar geworden sind. Das macht deutlich, die Bank investiert in die Digitalisierung ihrer Geschäftsprozesse. Der Einsatz neuer digitaler Technologien führt zu Effizienzgewinnen – mit weniger Beschäftigten lässt sich dann oftmals ein sogar ein höheres Maß an Arbeit bewältigen. Die Politik muss sich dringend mit diesen Veränderungen befassen. Sie rütteln an den Grundfesten unseres Wirtschafts- und Sozialmodells.

Die internationale Debatte über die Auswirkungen der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt unterscheidet sich von der deutschen Diskussion in zwei zentralen Punkten. Erstens: Die deutsche Sichtweise auf die bevorstehenden Veränderungen von Arbeit und Beschäftigung folgt einer erstaunlich positiven Lesart. Vor allem, wenn man sie mit anderen Digitalisierungsdebatten (z. B. zu den Herausforderungen des Datenschutzes) vergleicht. Die Möglichkeit massiven Stellenabbaus durch den Einsatz digitaler Technologien – wie intelligenter Software, Algorithmen oder neuer industrieller Fertigungstechniken – wird zwar anerkannt. Man nimmt allerdings an, dass die wegfallenden Stellen in anderen Bereichen neu entstehen. Insgesamt komme es in Deutschland daher nicht zu einem Beschäftigungsrückgang. Zweitens: Während die angelsächsische Debatte sich den Veränderungen aller Wirtschaftssektoren und Berufe widmet, fokussiert sich die deutsche Sicht auf die Transformation des hiesigen Industriesektors. Die Debatte um die sogenannte “Industrie 4.0” dominiert die Diskussion und verstellt den Blick auf die bevorstehenden Veränderungen des Dienstleistungssektors.

Der Fokus auf den deutschen Industriesektor erklärt sich aus seiner volkswirtschaftlichen Bedeutung. Das produzierende Gewerbe gilt als der wichtigste Wirtschaftssektor Deutschlands. Allein dessen Größe gemessen am Bruttoinlandsprodukt beträgt 30,4%. Verglichen mit anderen Volkswirtschaften wie Frankreich (19,5 Prozent) oder den USA (20,7 Prozent) ist der Anteil der Industrie deutlich größer und trägt wesentlich mehr zum Wohlstand in Deutschland bei.² Wirtschaftspolitik ist in Deutschland daher vor allem Industriepolitik, wie prominente Regierungsprogramme (Hightech-Strategie, Plattform Industrie 4.0) belegen.

Trotz der Bedeutung der Industrie sinkt seit 1965 die Anzahl der im produzierenden Gewerbe beschäftigten Menschen kontinuierlich, von ehemals 49,2 Prozent auf 24,2 Prozent im Jahr 2016. Gleichzeitig stieg die Anzahl der im Dienstleistungssektor beschäftigten Menschen im selben Zeitraum von 40,1

1 <http://www.handelsblatt.com/finanzen/banken-versicherungen/quartalsbilanz-commerzbank-rutscht-tief-in-die-roten-zahlen/20136264.html>.

2 https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Internationales/Thema/Tabellen/Basistabelle_IndWertschoepfung.html.



Prozent auf 74,4 Prozent.³ Arbeitsmarktexperten erwarten im Fall der weiter voranschreitenden Digitalisierung des Industriesektors sogar eine weitere Beschleunigung des Strukturwandels hin zu einer Dienstleistungsgesellschaft. Schon allein aus diesem Grund ist es notwendig, sich mit den Veränderungen des Dienstleistungssektors konsequenter auseinanderzusetzen. Ein Blick über den Atlantik verdeutlicht die Dynamik der Veränderungsprozesse. Der amerikanische Dienstleistungssektor verändert sich aufgrund höherer Verbreitung datengetriebener Geschäftsmodelle viel stärker als der deutsche – und das mit deutlichen Auswirkungen auf die Beschäftigung. Auch weil seit der Finanzkrise von 2008 neue technologische Potenziale im Dienstleistungssektor entschiedener eingesetzt werden. Das digitalen Technologien innewohnende Automatisierungspotenzial wird auch zunehmend von Unternehmen in Deutschland erkannt. Damit verbunden sind starke Auswirkungen auf die Beschäftigung im deutschen Dienstleistungssektor. Industriepolitische Strategien werden daher nicht ausreichen, um die Veränderungen des gesamten Arbeitsmarktes adäquat zu adressieren.

³ <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/LangeReihen/Arbeitsmarkt/lrerw013.html>.



1. Einleitung

Jede technologische Revolution liefert ihre eigenen Debattenbeiträge über das drohende Ende der Erwerbsarbeit. Der Aufstand der Ludditen (1811-1816) entlud sich vermeintlich gegen technologische Innovationen in Gestalt mechanisierter Webstühle. Ursächlich waren jedoch niedrige Löhne und generell schlechte Arbeitsbedingungen im Raum Nottingham (Mokyr et al. 2015). Zu Zeiten der großen Depression in den 1930er Jahren waren es Traktoren, die Menschen im Agrarsektor freisetzen und sie vor allem in den USA in die Städte migrieren ließen, in denen sie keine Arbeit fanden. Zeitgenössische Kommentatoren sahen darin einen Zusammenhang und folgerten technologisch bedingte Arbeitslosigkeit (Clague 1935), andere negierten eine solche Kausalität (Lonigan 1939).

Die Debatte zur Zukunft der Arbeit ist erneut ins Zentrum der Diskussion um den technologischen Wandel gerückt. Höhere Rechenleistung von Computern⁴, die Verfügbarkeit sehr großer Datenbestände, der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) und Algorithmen sind heute die wesentlichen technologischen Treiber hinter strukturellen Veränderungen des Arbeitsmarktes. Vor diesem Hintergrund wird über massive Veränderungen von Arbeit diskutiert. Manche gehen in dieser Debatte so weit, dass sie bereits vom zukünftigen Ende herkömmlicher Erwerbsarbeit sprechen (Ford 2015). Sehr intensiv wird die Debatte im angelsächsischen Ausland geführt. Dort sind es vor allem datengetriebene Geschäftsmodelle, die besonders stark von diesen Technologien profitieren. Diese neuen Geschäftsmodelle verändern den Dienstleistungssektor in diesen Ländern bereits deutlich. Wie dramatisch der Veränderungsdruck schon ist, zeigten zuletzt eindrucksvoll die Spracherkennungs- und Übersetzungssysteme führender US-amerikanischer Technologieunternehmen. Sprachaufzeichnungen werden schneller und fehlerfreier transkribiert, Texte werden sinngemäßer übersetzt. Diese und viele andere Beispiele belegen, dass Maschinen imstande sind, kognitive Fähigkeiten des Menschen zu übernehmen.

⁴ Das Mooresche Gesetz prognostizierte in seiner ursprünglichen Definition zunächst für 10 Jahre (von 1965 bis 1975) eine Verdopplung der Komponenten (Transistoren, Widerstände etc.) auf einem integrierten Schaltkreis. Vgl.: Moore (1965). Nach mehr als fünfzigjähriger Gültigkeit des Mooreschen Gesetz ist nun eine physikalische Grenze erreicht. Das löst bereits neue Impulse in der Mikroprozessorenforschung aus. Beispielsweise werden Silikonchips für neue Anwendungen rekali-briert. Die Forschung im Bereich Quantencomputer ist ein weiterer Hinweis auf die Bemühungen, neue Hardware zu entwickeln, die die Rechenleistung auch in Zukunft weiter wachsen lassen wird. Für alle genannten Beispiele vgl.: Brooks (2017).



Spätestens mit der Themenwoche zur Zukunft der Arbeit im öffentlich-rechtlichen Fernsehen⁵ hat das Thema auch in Deutschland große Breitenwirkung entfaltet. Dabei sind die deutschen Debattenbeiträge durchaus von den angelsächsischen beeinflusst. Sie weisen jedoch einen großen Unterschied auf. Im Gegensatz zu den angelsächsischen Volkswirtschaften fußt der Erfolg des deutschen Wirtschaftsmodells viel stärker auf dem Export innovativer Industrieprodukte. Hierzulande wird der Diskurs ausgehend vom industriellen Sektor als der wirtschaftlichen Leitbranche geführt. Während die angelsächsische Debatte sich unterschiedslos den Veränderungen aller Berufe widmet, fokussiert sich die deutsche Sicht auf die Transformation des hiesigen Industriesektors.

Von der internationalen Diskussion des Problems lässt sich lernen: Es ist der Dienstleistungssektor, der vor den größten Umwälzungen steht, nicht der Industriesektor. Auch in Deutschland sind hier deutlich mehr Menschen beschäftigt als im produzierenden Gewerbe. In den Fabriken geht die Beschäftigung aufgrund von Automatisierung bereits seit Jahren zurück, was ein Blick in die leerer gewordenen Fertigungsstraßen deutscher Automobilkonzerne eindrucksvoll illustriert.

Um die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitswelt in Deutschland verstehen zu können, ist es dringend notwendig, dem Dienstleistungssektor die gleiche Bedeutung bei der Untersuchung der Veränderungsprozesse beizumessen.

2. Die internationale Debatte: the future of work

Hinsichtlich der Chancen und Risiken für Arbeitsmärkte und Beschäftigung lassen sich die Debattenbeiträge in pessimistische und optimistische Ansichten unterscheiden. Pessimisten sind der Ansicht, dass die aktuellen technologischen Entwicklungen zum Verlust von Arbeitsplätzen führen werden (technologische Arbeitslosigkeit). Gleichzeitig sehen sie in diesen Entwicklungen auch Chancen. Automatisierbare Tätigkeiten basieren zumeist auf repetitiven Tätigkeitsprofilen, die einem klaren Muster folgen. Die Befreiung von solchen Tätigkeiten eröffnet den Berufstätigen die Fokussierung auf anspruchsvolle Arbeitsfelder, die in starkem Maße zwischenmenschliche Kommunikation, Empathie und Problemverständnis erfordern.

Dahingegen erwarten Optimisten hinsichtlich der Beschäftigung keine großen Umwälzungen. Sie unterstreichen, dass Aussagen über zukünftig verschwindende Tätigkeiten leichter zu treffen sind, als solche über neu entstehende. Aber sie erwarten einen positiven Kreislauf. Neue Produkte führen zu neuen, bisher nicht gekannten Tätigkeiten. Diese wiederum bedingen eine Nachfrage nach neuen Produkten, wodurch letztlich erneut Arbeitsplätze entstehen. Im Kern ihrer Argumentation stützen sich die Optimisten auf his-

5 http://www.ard.de/home/themenwoche/ARD_Themenwoche_2016_Zukunft_der_Arbeit/3234726/index.html.

torische Erfahrungen vergangener technologischer Revolutionen. Während die Optimisten nach Wegen suchen, die rasanten Entwicklungen aktiv zu gestalten, zielen die Ausführungen der Pessimisten im Kern darauf ab, die Gesellschaften auf die Auswirkungen einer stetig sinkenden Erwerbsquote vorzubereiten.

Ein erster maßgeblicher Impuls der aktuellen Debatte um die Auswirkungen von Robotik und KI auf die Arbeitswelt gab eine wissenschaftliche Abhandlung zweier Forscher der Universität Oxford von 2013. Untersucht wurde das Automatisierungspotenzial US-amerikanischer Berufe. In der Debatte um die Zukunft der Arbeit bleibt es das bis heute am häufigsten zitierte wissenschaftliche Papier und verkörpert die mit der Debatte verbundenen Ängste und Verunsicherungen auf beiden Seiten des Atlantiks. Laut der Wissenschaftler, Carl Benedikt Frey und Michael A. Osborne (2013), übten 47 Prozent der amerikanischen Beschäftigten Berufe aus, die einer hohen Wahrscheinlichkeit unterliegen, automatisiert zu werden. Mit dieser Schlussfolgerung schaffte das Papier den Sprung aus dem Elfenbeinturm der Wissenschaft in die Öffentlichkeit.

Das Automatisierungspotenzial gründet auf untersuchten Technologiesprüngen in den Bereichen der KI und Robotik. So demonstrierten die Autoren mit ihren Ergebnissen, dass manuelle und kognitive Tätigkeiten gleichermaßen von Automatisierung betroffen sind (Frey & Osborne 2013). Dabei vollziehe sich die Automatisierung im Wesentlichen in zwei Wellen. Betrifft die erste Welle zunächst manuelle und kognitive Routinetätigkeiten⁶, so bezieht sich die zweite Welle auf solche Berufe, für die kreative und soziale Interaktion kennzeichnend sind (ebd.). Während sich die erste Welle bereits im Rollen befindet, stehen nach dieser Studie der zweiten Welle bislang bedeutende informationstechnologische und ingenieurstechnische Hindernisse im Weg. Diese Ergebnisse katapultierten die jungen Wissenschaftler ins Rampenlicht. Ihre Hauptthese rückte die bisweilen abstrakte Debatte um die Zukunft der Arbeit vermehrt in den Fokus der internationalen Medien. Denn plötzlich gab es Zahlen, die sich wunderbar zitieren ließen. Sogar Regierungen sahen sich durch die Erkenntnisse genötigt, weitere Studien zu mandatieren, die die Beschäftigungseffekte auf dem heimischen Arbeitsmarkt untersuchen sollten.⁷

Die zweite, weit weniger beachtete Aussage der Studie widerlegt die Annahme über sich weiter polarisierende Arbeitsmärkte (Frey & Osborne 2013). Im Kern wurde angenommen, dass der Einsatz von Automatisierungstechnologie Berufe mittlerer Qualifikation weiterhin besonders stark unter Druck setzen wird – ein Trend, der zumindest für den britischen (Goos & Manning 2007) und zwischen 1980 und 2005 für den amerikanischen Arbeitsmarkt

6 Hervorgehoben wurden die Transport- und Logistikbranche, unterstützende administrative Bürotätigkeiten und verbliebene Berufe im produzierenden Gewerbe.

7 Vgl. u.a. Bonin et al. (2015) und Nagl et al. (2017).

messbar war (Autor & Dorn 2013). Die Polarisierung beschreibt die Zunahme der Beschäftigung an beiden Rändern der Einkommens- und Qualifizierungsskala, bei gleichzeitigem Rückgang von Berufen mittlerer Qualifikation und Einkommen. Frey und Osborne (2013) sehen jedoch niedrig qualifizierte und niedrig entlohnt Beschäftigte am deutlichsten von der Automatisierung betroffen. Damit vollziehen sie eine Abkehr von der Hypothese zur weiteren Polarisierung des Arbeitsmarktes. Sie folgern, dass betroffene Beschäftigte ihre Arbeitskraft in Bereiche verlagern werden, die weniger stark von Automatisierung betroffen sind. Entscheidende Voraussetzung dafür ist jedoch der Erwerb von kreativer und sozialer Intelligenz.

Um die Oxforder Veröffentlichung gab und gibt es weiterhin großes Aufsehen. Viel entscheidender als der teilweise akademische Streit um die vermeintlich methodischen Schwächen der Studie sind jedoch deren Auswirkungen auf die breite Debatte: Sie verhalf dem Nischenthema zu Prominenz und breiter Öffentlichkeit.

Angesichts der rasanten Fortschritte in der Robotik und KI stellen Pessimisten zumeist negative Beschäftigungseffekte und sogar Risiken für das auf das Erwerbseinkommen basierende Steuer- und Gesellschaftssystem in den Vordergrund. In den aktuellen Entwicklungen sehen sie eine Abkehr vom historischen Muster stetig steigender Beschäftigung. Am treffendsten formuliert dies Gill A. Pratt, vormals Leiter der DARPA⁸ Robotics Challenge und jetzt verantwortlich für den Bereich autonomes Fahren bei Toyota: „However, this time may be different.“ (Pratt 2015). Vertreter dieser Auffassung erwarten mittel- und langfristige die dauerhafte Substitution menschlicher Arbeitskraft durch KI und Robotik (Ford 2015; Brynjolfsson & McAfee 2014). Sie befürchten, dass kurzfristige Arbeitsplatzverluste nicht mehr ausreichend durch neue, technologiebezogene Arbeitsplätze kompensiert werden können. Aktuelle Fortschritte im Bereich der KI⁹ waren bis vor wenigen Jahren selbst für die involvierten Wissenschaftler nicht vorstellbar. Diese Entwicklungen vollziehen sich mit exponentieller Geschwindigkeit. Ein Beispiel dafür sind die jüngeren Fortschritte im Bereich Computervision. Die Fähigkeit, visuelle Informationen zu verarbeiten, ermöglicht die zuverlässige Objekterkennung und erklärt beispielsweise die Etablierung autonomer Fahrsysteme. Neben kreativer und sozialer Intelligenz war die Fähigkeit des Sehens bislang ein entscheidender Wettbewerbsvorteil des Menschen. Es ermöglicht uns die räumliche Orientierung in unstrukturierten Umgebungen. Frey und Osbornes erste und zweite Automatisierungswelle trennen lediglich die Fähigkeit zu

8 DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) einer Forschungsbehörde des US-Verteidigungsministeriums, die durch ausgewählte Förderprogramme auch maßgeblich an der Weiterentwicklung und dem Einsatz autonomer Systeme und Robotik für die Streitkräfte beteiligt ist.

9 Insbesondere im Bereich Deep Learning. Für eine Übersicht über die Meilensteine im Bereich dieser Forschung siehe Schmidhuber (2015).



räumlicher Wahrnehmung, sozialer und kreativer Intelligenz (Frey & Osborne 2013).

Pessimisten befürchten die weitere Polarisierung der Arbeitsmärkte und eine Zunahme technologiegetriebener Arbeitslosigkeit. Gerade für den Dienstleistungssektor befürchten sie deutliche Rationalisierungseffekte und eine Abkehr vom Normalarbeitsverhältnis. Durch den Wegfall sozialversicherter, fester Arbeitsplätze würden Menschen in die sogenannte Gig Economy (eine auf Freiberuflern aufbauende Ökonomie) getrieben (Hill 2015). Dort schlugen sie sich lediglich durch – von Gig zu Gig (ebd.). Diese Tätigkeiten werden durch Plattformen vermittelt, über Software gesteuert und zumeist in Verwendung eigener Wirtschaftsgüter, wie des eigenen Autos oder Fahrrads verrichtet. Seit der Einführung des Großrechners in den frühen 1970er Jahren entkoppelt sich die Lohnkurve von der Produktivitätskurve. Softwaregestützte Technologien, Algorithmen und Robotik sind kapitalintensive Investitionsgüter. Ihr Anteil an der Wertschöpfung wird auch in Zukunft weiter wachsen. Ziehen die Löhne nicht in gleichem Maße nach, impliziert das wachsende soziale Ungleichheit und es ermöglicht ein weiteres Erstarken des wirtschaftlichen Populismus.

Höchst beachtlich ist unter diesem Blickwinkel ein erst kürzlich erschienenes Paper von Daron Acemoglu und Pascual Restrepo (Acemoglu & Restrepo 2017). Die Wissenschaftler des Massachusetts Institute of Technology untersuchten veränderte Lohn- und Beschäftigungseffekte durch den Einsatz von Industrierobotern zwischen 1990 und 2007. Dazu erstellten sie ein Modell, in welchem Industrieroboter und Menschen miteinander um dieselben Tätigkeiten konkurrieren. Als positiv bewerten die Autoren die gestiegene Produktivität des Fertigungssektors, die sich erstmals auch in den Beschäftigungsdaten messen lässt. Bislang war der statistische Beweis nicht einwandfrei zu erbringen, dass der Einsatz von Robotern tatsächlich zu gesteigerter Produktivität führt (Acemoglu et al. 2014).¹⁰ Als negativ bewerten sie die unmittelbare Verdrängung menschlicher Arbeit durch die eingesetzten Roboter.

Das Besondere an Acemoglus und Restrepos Forschung sind die Aussagen, die sie über lokale Arbeitsmärkte treffen können, die sie durch unterschiedliche Pendlergebiete definieren. Für die lokalen Arbeitsmärkte, in denen im Untersuchungszeitraum verstärkt Roboter zum Einsatz kamen, folgern die Autoren starke negative Effekte auf Arbeitslöhne und Beschäftigung. Demnach reduziert jeder zusätzlich eingesetzte Roboter pro 1000 Beschäftigte die Gesamtbeschäftigung im Verhältnis zur Bevölkerung zwischen 0,18 und 0,34 Prozentpunkten.

¹⁰ Dieses Phänomen wird als Produktivitätsparadox oder Solow-Paradox beschrieben und geht auf die in der New York Times getroffene Aussage des Wirtschaftswissenschaftlers und Nobelpreisträgers Robert Solow zurück: "You can see the computer age everywhere but in the productivity statistics." (Solow 1987).

Gleichsam sinken die Arbeitslöhne im gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt um 0,25-0,5 Prozent.¹¹ Besonders interessant ist das Ergebnis für Deutschland, da in der Bundesrepublik wesentlich mehr Industrieroboter im Einsatz sind als in den USA. Bis zu dieser Publikation war die Lesart grundsätzlich entgegengesetzt. Insbesondere die hoch entwickelten Volkswirtschaften Japan, Deutschland und Südkorea weisen die höchsten Zahlen in der Fertigung eingesetzter Roboter auf.¹² Diese Volkswirtschaften zeichnen sich gleichsam durch niedrige Arbeitslosenzahlen aus. Diese Korrelation zwischen niedriger Arbeitslosigkeit und der Anzahl in der Industrie eingesetzter Roboter wurde häufig als Beleg dafür verstanden, dass der Einsatz von Robotik gerade nichts mit steigender Arbeitslosigkeit zu tun hat.¹³

Laut der Studie von Restrepo und Acemoglu verloren die USA durch den Einsatz von Robotern bislang 360.000-670.000 Arbeitsplätze. Das entspricht ungefähr dem bereits erwähnten Rückgang um 0,18 bis 0,34 Prozentpunkte. In ihren Forschungen fanden die Autoren wenige Anhaltspunkte für ein Beschäftigungswachstum in anderen Berufsgruppen oder Wirtschaftssektoren, die den beschriebenen Rückgang der Beschäftigung in der Fertigung ausgleichen könnten. Eine Hypothese, die besonders in der deutschen Arbeitsmarktforschung mit großem Nachdruck vertreten wird (Wolter et al. 2016; Wolter et al. 2015). Jedenfalls seien diese Effekte zumindest für die lokal betroffenen Arbeitsmärkte schwerwiegend. Besonders problematisch sei die Lage für die Personen, die ihren Arbeitsplatz unmittelbar an Roboter verlieren. Volkswirtschaftlich sei durchaus zu erwarten, dass nach einer Anpassungsphase in anderen Sektoren neue Jobs entstehen werden. Die betroffenen lokalen Arbeitsmärkte bieten in dieser Übergangsphase jedoch kaum Perspektiven hinsichtlich neuer Beschäftigungsmöglichkeiten für die zuvor freigesetzten Arbeitnehmer (Acemoglu & Restrepo 2017).

Neue technologische Automatisierungspotenziale, die sich auf KI, weiter steigender Rechenleistung und den verstärkten Einsatz von Algorithmen gründen, sind noch nicht Gegenstand ähnlicher wissenschaftlicher Untersuchungen, da hier die Datengrundlage fehlt. Erste empirische Belege, dass

11 Die geringeren Werte basieren auf einer ausschließlichen Betrachtung der ohnehin schon sehr stark roboterisierten Fertigung und deren Negativeffekte auf die Beschäftigung. Hier wird zusätzlich davon ausgegangen, dass Arbeitsplatzverluste in anderen Sektoren auf einer sinkenden lokalen Nachfrage beruhen und sich nicht in nationale Effekte umwandeln.

12 Pro 10.000 in der Fertigung beschäftigte Personen weist Japan 305, Deutschland 301 und Südkorea 398 multifunktionale Roboter aus, die USA hingegen nur 176 (International Federation of Robotics 2016).

13 So etwa der CEO der ABB Group Ulrich Spiesshofer, siehe Cutmore (2017) oder der deutsche KI-Wissenschaftler Jürgen Schmidhuber, siehe Oltermann (2017).

Rezessionen die Substitution routinebasierter Tätigkeiten beschleunigen, liefert eine wissenschaftliche Untersuchung, die Stellenausschreibungen amerikanischer Unternehmen vergleicht (Hershbein & Kahn 2016).

Die Wissenschaftler untersuchten Stellenausschreibungen vor der Great Recession 2008 und verglichen diese mit Anforderungsprofilen für dasselbe Stellenprofil aus den Jahren 2010-2015. Sie untersuchten also deren Veränderungen über den Konjunkturzyklus. Für besonders stark von der Wirtschaftskrise betroffene Regionen belegen die Wissenschaftler signifikant gestiegene Anforderungen hinsichtlich der Qualifikationen der Bewerber, sogenanntes Up-Skilling. Die Unternehmen verlangten nun universitäre Abschlüsse und Computerkenntnisse für Stellenprofile, die sich zuvor an Niedrigqualifizierte richteten. Der Anpassungsdruck und die Sparzwänge, denen die Unternehmen während der Rezession unterlagen, führten zu schlanken Systemprozessen durch die Einführung neuer Software. Bewerber sahen sich nun mit gestiegenen Anforderungen konfrontiert, die neuen Systeme bedienen zu können.

Diese Untersuchung belegt die These, dass die Einführung von Technologie zu einer umfassenden Restrukturierung des Produktionsprozesses innerhalb der untersuchten Unternehmen führte, routinebasierte Tätigkeiten ersetzte und die Rezession von 2008 diesen gesamten Prozess sogar beschleunigte. Rezessionen markieren für Unternehmen die Zeit des großen Aufräumens (Berger 2012). Viele Beschäftigte sehen sich in dieser Phase mit der kompletten Entwertung ihres Fähigkeitsprofils konfrontiert. Damit sind sie eine besondere Herausforderung für jede Beschäftigungspolitik, denn sie werden ungefähr zur gleichen Zeit freigesetzt. Besser Qualifizierte zieht es in Berufe, die zuvor für weniger gut qualifizierte Arbeitnehmer zugänglich waren. Auch dieser Prozess wird von Rezessionen beschleunigt. Das sollte zufriedenen Kommentatoren der florierenden deutschen Wirtschafts- und Beschäftigungslage zumindest eine Warnung sein. Denn konjunkturelle Abschwünge sind eine Konstante in der Wirtschaftsgeschichte (Schumpeter 1939). Negative Beschäftigungseffekte werden erst in deren Anschluss sichtbar. Auch in Deutschland werden wir die Substitution routinebasierter Tätigkeiten infolge der nächsten Rezession beobachten können.

Die Optimisten hingegen erkennen in der aktuellen Entwicklung ein stets rekurrendes historisches Muster. Sie stützen ihre Argumente auf die letzten drei erfolgreich durchschrittenen technologischen Revolutionen¹⁴. Zwar sei es richtig, dass technologische Fortschritte zum Verschwinden bestimmter Tätigkeiten führen. Parallel dazu vollziehe sich jedoch stets ein weiterer Prozess: die Entstehung neuer, zumeist anspruchsvollerer Tätigkeiten (Acemoglu & Restrepo 2016; Autor 2015). Profitieren in der frühen Phase dieser Entwicklung zunächst besser qualifizierte Arbeitskräfte, schließen weniger gut ausgebildete Arbeitskräfte auf, sobald die anfänglich sehr komple-

¹⁴ Mechanisierung durch Wasser- und Dampfkraft, Elektrifizierung und Computerisierung. Für eine historische Einordnung, siehe Mokyr et al. (2015).

nen Tätigkeiten eine gewisse Standardisierung erfahren haben (Acemoglu & Restrepo 2016). So sind die Arbeitsmärkte lediglich kurzfristig von Anpassungsschocks betroffen. Mittel- bis langfristig gehen die Verfechter dieser These also von steigender Beschäftigung und wirtschaftlicher Prosperität aus (Autor 2014; Mokyr et al. 2015; Bessen 2015). Als Beispiel dafür dient James Bessen von der Boston University der Beruf des Bankangestellten in den USA (Bessen 2015). In seinen Ausführungen beschreibt er, wie seit der Einführung des Bankautomaten in den USA, Anfang der 1980er Jahre die Anzahl der Bankangestellten nicht etwa gefallen, sondern gestiegen ist. Sie wurden zum einen von bestimmten Routinetätigkeiten befreit (Geldwechseln, Ein- und Auszahlungen etc.).

Anstelle dieser Aufgaben übernahmen Schalterangestellte zunehmend Tätigkeiten in der Kundenberatung (Autor 2016). Der Einsatz der Geldautomaten führte zunächst zu sinkenden Kosten für den Betrieb der einzelnen Bankfiliale, denn mithilfe des Geldautomaten fiel die Zahl der Bankangestellten, die für den Betrieb der Filiale notwendig waren.¹⁵ Das bewog die Banken dazu, weitere Filialen in Betrieb zu nehmen, um den eigenen Marktanteil zu steigern. Pro Filiale waren damit zwar weniger Bankangestellte beschäftigt als vor der Einführung des Bankomaten. Aufgrund des stetig wachsenden Filialnetzes wurden in der Summe jedoch insgesamt deutlich mehr Bankmitarbeiter beschäftigt.

Die Einführung einer grundlegend neuen Technologie führte somit nicht zu einer Substitution menschlicher Arbeitskräfte, sondern zu einem Zuwachs. Nur wenn alle Tätigkeiten eines bestimmten Berufsbildes ersetzt werden, kann von technologischer Substituierung gesprochen werden. Die verbleibenden Tätigkeiten werden durch die Einführung tätigkeitsspezifischer Technologien aufgewertet. Es resultieren Effizienzsteigerungen und eine potenziell steigende volkswirtschaftliche Produktivität.¹⁶

Die Optimisten stellen die Befreiung von manuellen und kognitiven Routinetätigkeiten in den Vordergrund und erkennen Chancen in Bezug auf die Schaffung neuer Jobs. Großen Handlungsbedarf sehen sie in der fortwährenden Weiterqualifizierung der Belegschaften. Rapide technologische Innovationszyklen führen dazu, dass bereits erworbene Fähigkeiten eine geringe Halbwertszeit haben. Der Geschwindigkeit der technologischen Innovationszyklen ist daher zwingend mit Aus- und Fortbildungsprogrammen zu begegnen. Qualifizierung ist grundsätzlich eine gute Antwort auf die Herausforderungen des technologischen Wandels. Dabei ist es von zentraler Bedeutung, Arbeitskräfte zu befähigen, neue Technologien nutzen zu können (Bessen 2015). Der entscheidende Unterschied zu vergangenen tech-

¹⁵ Von durchschnittlich 20 auf 13 Bankangestellte im urbanen US-amerikanischen Raum, zwischen 1988 und 2004 (Bessen 2015).

¹⁶ Diese Schlussfolgerung ist für den zunehmenden Einsatz digitaler Technologien umstritten. Vgl: Van Ark (2016).

nologischen Revolutionen liegt darin begründet, dass alle Berufsgruppen – niedrig wie hochqualifizierte, hoch wie niedrig entlohnte – gleichermaßen von grundlegenden Veränderungen betroffen sein werden. Radiologen und Juristen werden sich in gleicher Weise gegenüber neuen KI gestützten Assistenzsystemen öffnen müssen wie Sekretariate oder als Warenpicker beschäftigte Berufstätige in der Logistikbranche.

3. Die deutsche Debatte: die Zukunft der Arbeit

Die Studie von Frey und Osborne hat für enorme Aufmerksamkeit in Wissenschaft, Politik und den Medien auch in Deutschland gesorgt. Allerdings gibt es einen entscheidenden Unterschied zu anderen Ländern. Während international die möglichen Auswirkungen über jegliche Berufsgrenzen hinweg diskutiert werden, beschäftigt man sich hierzulande hauptsächlich mit Veränderungen des industriellen Sektors.

So betrachtet ist das produzierende Gewerbe gewissermaßen die Leitbranche, an der sich die restlichen Wirtschaftssektoren ausrichten müssen. Die deutsche Debatte um die Zukunft der Arbeit war lange vornehmlich industriegeprägt. Unter dem Schlagwort Industrie 4.0 wird sie weiter deutlich vernehmbar ausgefochten. Dieser Begriff beschreibt die Verschmelzung des produzierenden Gewerbes mit softwaregestützten Anwendungen, die durch die Verfügbarkeit großer Datenmengen und einer umfassenden Vernetzung des Produktionsprozesses (Internet der Dinge) ermöglicht wird. Als Handlungsempfehlung verstanden, mahnt der Begriff die deutsche Politik zur Unterstützung der deutschen Industrie:

“Die dritte industrielle Revolution, die durch neue Materialien, Robotereinsatz und zentrale Steuerungssysteme geprägt war, wird in der nächsten Dekade mit dem Internet der Dinge auf der Basis Cyber-Physischer Systeme abgelöst: Deutschland sollte hierbei die erste Geige spielen.” (Kagermann et al. 2011).

Das industriepolitische Bedürfnis, auch in Zukunft im internationalen Wettbewerb die erste Geige spielen zu können, wurde 2013 in Form politischer Handlungsempfehlungen durch die Forschungsunion Wirtschaft - Wissenschaft¹⁷ und die deutsche Akademie für Technikwissenschaften (acatech)¹⁸ artikuliert. Die Bemühungen dieser Promotorengruppe, den heimischen In-

17 Die Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft ist ein zentrales innovationspolitisches Beratungsgremium zur Umsetzung und Weiterentwicklung der High-tech-Strategie 2020 für Deutschland. Vgl. http://www.forschungsunion.de/pdf/forschungsunion_perspektivenpapier_2013.pdf.

18 acatech vertritt “die deutschen Technikwissenschaften im In- und Ausland in selbstbestimmter, unabhängiger und gemeinwohlorientierter Weise. Als Arbeitsakademie berät acatech Politik und Gesellschaft in technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen.” Vgl. <http://www.acatech.de/de/ueber-uns/profil.html>.



dustriegütersektor wirtschaftspolitisch in dessen digitaler Transformation zu unterstützen, finden seit 2014 Niederschlag in der High-Tech-Strategie der Bundesregierung.¹⁹

Dies hat gute Gründe. Das produzierende Gewerbe gilt als wichtigster Wirtschaftssektor Deutschlands. Die deutsche Exportquote²⁰ von 46 Prozent²¹ unterstreicht, dass die wirtschaftliche Leistung Deutschlands entscheidend vom Außenhandel geprägt ist und von der ausländischen Nachfrage abhängt. Deutlich wird die Bedeutung des industriellen Sektors bei der Betrachtung der Außenhandelsbilanz. 2016 wurden in Deutschland Waren im Wert von 1207 Mrd. Euro exportiert und Waren im Wert von 955 Mrd. Euro importiert²². Das ergibt einen Exportüberschuss von 252 Mrd. Euro, der bislang höchste jemals erzielte. Der Exportanteil des verarbeitenden Gewerbes lag 2015 bei 47,6 Prozent²³. Wird die Bruttowertschöpfung des produzierenden Gewerbes am Bruttoinlandsprodukt gemessen, was der besseren internationalen Vergleichbarkeit dient, so beträgt sein Anteil in Deutschland 30,4 Prozent.²⁴ Verglichen mit Volkswirtschaften wie Frankreich (19,5 Prozent), dem Vereinigten Königreich (20,2 Prozent) oder den USA (20,7 Prozent) ist die Bruttowertschöpfung des produzierenden Gewerbes in Deutschland gemessen am Bruttoinlandsprodukt deutlich höher.²⁵ Dieser Umstand wird zusätzlich als Beleg für die wirtschaftliche Stärke Deutschlands angeführt und soll sogar der Europäischen Union als Vorbild dienen.²⁶

19 Seit 2006 verfolgt die Bundesregierung eine High-Tech-Strategie, die Prioritäten in der Forschung setzen und für den effektiven Einsatz von Forschungsmitteln sorgen soll. Vgl. <https://www.hightech-strategie.de/>.

20 Sie misst das Verhältnis der Exporte zum Bruttoinlandsprodukt. Vgl. https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Globalisierungsindikatoren/Gliederung/Aussenwirtschaft_AH.html.

21 https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Globalisierungsindikatoren/Tabellen/01_02_03_44_VGR.html.

22 <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/LangeReihen/Aussenhandel/lrahl01.html>.

23 <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/421635/umfrage/exportquote-des-verarbeitenden-gewerbes-in-deutschland-nach-bundeslaendern/>.

24 Im Gegensatz zur Inlandsbetrachtung wird hier das Baugewerbe hinzugerechnet.

25 https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Internationales/Thema/Tabellen/Basistabelle_IndWertschoepfung.html.

26 So schlug der ehemalige deutsche Wirtschaftsminister Sigmar Gabriel im vergangenen Jahr vor, den Anteil der Industrie an der Wertschöpfung in der EU bis 2020 auf 20 Prozent zu steigern. Zu diesem Zeitpunkt lag der Industrieanteil an der Wertschöpfung EU-weit bei 15,3 Prozent. Vgl. Stratmann (2016).

Bis zur Lancierung des Grün- und Weißbuchprozesses²⁷ durch Bundesarbeitsministerin Andrea Nahles 2014 war diese auf die Industrie fokussierte Sichtweise der Ausgangspunkt für die Bewertung des technologischen Wandels. Insbesondere der Dienstleistungssektor droht jedoch in der Debatte um Industrie 4.0 vernachlässigt zu werden. Allein die deutsche Finanz- und Versicherungsbranche und die Unternehmensdienstleistungen haben mit 723,62 Mrd. Euro einen Anteil von 26 Prozent an der nominalen Bruttowertschöpfung von 2,821 Brd. Euro²⁸. Damit liegt dieser Sektor gleichauf mit der Bruttowertschöpfung des produzierenden Gewerbes²⁹. Werden die übrigen Dienstleistungsbranchen³⁰ hinzugerechnet, so liegt der Anteil des gesamten Dienstleistungssektors an der Bruttowertschöpfung bei 69 Prozent.³¹

Noch deutlicher wird die Bedeutung des Dienstleistungssektors, wenn die Erwerbstätigenzahlen der unterschiedlichen Wirtschaftssektoren miteinander verglichen werden. 2016 waren von 43,475 Mio. Erwerbstätigen 8,081 Mio. Menschen im produzierenden Gewerbe beschäftigt. Dagegen beschäftigte der Dienstleistungssektor 32,418 Mio. Menschen.³² Damit arbeiten 18,59 Prozent aller Erwerbstätigen im produzierenden Gewerbe³³ und 74,34 Prozent in der Dienstleistungsbranche.

Diese Veränderungen wurden erkannt. Ausdrückliches Anliegen der Bestrebungen des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) unter Andrea Nahles war es, den Blick für die anderen Wirtschaftssektoren zu schärfen. Das Bundesarbeitsministerium bemühte sich daher auch um eine

27 <http://www.bmas.de/DE/Service/Medien/Publikationen/a883-weissbuch.html>;
<http://www.bmas.de/DE/Schwerpunkte/Arbeiten-vier-null/arbeiten-vier-null.html>.

28 http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb27_jahrtab66.asp; <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/VGR/Inlandsprodukt/Tabellen/BWSBereichen.html>.

29 Ohne das Baugewerbe hinzuzurechnen. http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb27_jahrtab66.asp; <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/VGR/Inlandsprodukt/Tabellen/BWSBereichen.html>.

30 Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Grundstücks- und Wohnungswesen, öffentliche Dienstleister, Erziehung, Gesundheit, sonstige Dienstleister.

31 http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb27_jahrtab66.asp; <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/VGR/Inlandsprodukt/Tabellen/BWSBereichen.html>.

32 <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetigkeit/TabellenErwerbstaetigenrechnung/Arbeitnehmer-Wirtschaftsbereiche.html#Fussnote2>.

33 Ohne dem produzierenden Gewerbe den Bausektor hinzuzurechnen. Wird der Bausektor hinzugerechnet, so ergibt sich eine Quote von 24,2 Prozent Erwerbstätiger im sekundären Sektor. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/LangeReihen/Arbeitsmarkt/lrerw013.html>.

begriffliche Abgrenzung. Es verwendet den Begriff Arbeit 4.0. Damit erweitert es das Schlagwort Industrie 4.0, das sich vornehmlich im Sprachgebrauch des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) und prominenter Wirtschaftsverbände befindet. Das ermöglicht dem Arbeitsministerium die ganzheitliche, branchenübergreifende Betrachtung der Arbeitsmarktprozesse. Gleichsam wird dabei ein Widerstreit über die Deutungshoheit jener durch den technologischen Wandel ausgelösten Prozesse deutlich.

Wissenschaftliche Debatte

In Reaktion auf die Erkenntnisse aus der Frey & Osborne Studie kam es zu einer ganzen Reihe wissenschaftlicher Publikationen mit dem Ziel, die deutschen Arbeitsmarktentwicklungen unter dem Einfluss der Digitalisierung abschätzen zu können³⁴. Im Vergleich zur öffentlichen und politischen Debatte um den Wandel der Arbeitswelt in Deutschland, ist überraschenderweise auch die wissenschaftliche Debatte häufig geprägt von einem starken Blick auf den industriellen Sektor.

Eine Szenariostudie des Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (IAB) analysiert die Veränderungen des verarbeitenden Gewerbes bis 2025 (Wolter et al. 2015). Schwerpunkt der Untersuchung bilden die Fortentwicklung der deutschen Industrie zur Industrie 4.0 und die daraus folgenden Effekte für den deutschen Arbeitsmarkt. Im Kern folgern die Autoren, dass eine gelungene Transformation des industriellen Sektors, den sich seit Jahren abzeichnenden Strukturwandel in Richtung einer Dienstleistungsgesellschaft weiter fördert. „Die Arbeitsplätze ‚wechseln‘ zwischen Branchen, Berufen und Qualifikationen in erheblichem Umfang.“ (Wolter et al. 2015).

Für das produzierende Gewerbe erwarten die Autoren ein Sinken der Erwerbsquote aufgrund von Produktivitätssteigerungen, die auf Automatisierung zurückzuführen sind. Davon sind insbesondere maschinensteuernde und -wartende Tätigkeiten und Chemie- und Kunststoffberufe betroffen. Vor allem Routinearbeit wird ersetzt. Die freigesetzten Arbeitnehmer diffundieren in andere Wirtschaftssektoren, in denen Arbeitsplätze neu entstehen. Diese erfordern ein höheres Maß an Qualifikation und zeichnen sich auch durch höhere Löhne aus.

Gewinnen werden vor allem technisch-naturwissenschaftliche Berufe, unterrichtende Berufe, beratende Berufe und Bauberufe. Auch medien- und geisteswissenschaftliche Berufe profitieren von neuen Anforderungen, die neue Produkte hinsichtlich ihres Designs erfordern. Hier wird deutlich, dass die Forscher von einer Arbeitskräfteverlagerung in andere Wirtschaftssektoren

34 Vgl. u.a.: Dengler & Matthes (2015), Bonin et al. (2015), Wolter et al. (2015), Wolter et al. (2016), Pfeiffer (2016), Stettes (2016).

ren ausgehen. Die Auswirkungen variieren zwischen den unterschiedlichen Szenarien der Studie. Unter der Annahme, dass die Industrie 4.0 gelingt, verschwinden im verarbeitenden Gewerbe und in der Landwirtschaft bis 2025 ca. 490.000 Arbeitsplätze. 430.000 Arbeitsplätze entstehen an anderer Stelle neu. Das bedeutet, dass 60.000 Arbeitsplätze ohne eine Kompensation in anderen Branchen verloren gehen.

Die wissenschaftliche Debatte ist aber meistens durch die Annahme geprägt, dass Arbeitsplatzverluste in Deutschland durch neue Arbeitsplätze in anderen Sektoren kompensiert werden, die den Rückgang der Beschäftigung gesamtwirtschaftlich ausgleichen würden (Wolter et al. 2016; Stettes 2016). Gesamtwirtschaftlich sei daher kein Rückgang der Beschäftigung zu erwarten. Anders als in der internationalen Debatte dominieren damit in Deutschland eher die Optimisten.

2015 beauftragte das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) das Mannheimer Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) die Studie der Oxforder Wissenschaftler auf ihre Implikationen für Deutschland zu untersuchen. Die in den Medien kolportierte Kernaussage, dass 47 Prozent der amerikanischen Berufe in den kommenden Jahren automatisiert werden, überraschte die Politik. Die durch das Forscherteam um Holger Bonin hervorgebrachten Hauptkritikpunkte an der Studie betrafen methodische Unzulänglichkeiten. Zunächst wurde die durch Frey und Osborne aufgestellte Methodik direkt auf vergleichbare Berufsbilder in Deutschland übertragen. Danach sind in Deutschland 42 Prozent der Berufe von einer hohen Automatisierungswahrscheinlichkeit (> 70 Prozent) betroffen.

Frey und Osbornes Ergebnisse sind durchaus umstritten.³⁵ Die Hauptkritikpunkte betreffen das Forschungsdesign, insbesondere eine zu statische Handhabung der untersuchten Berufsbilder (Bonin et al. 2015). So führt die Einführung neuer Technologien nicht zwingend zum Wegfall bestimmter Tätigkeiten der betroffenen Berufsbilder. Zahlreiche Veröffentlichungen betonen, dass sie auch stets neue Tätigkeiten hinzugewannen (Autor 2015; Acemoglu & Restrepo 2016; Mokyr et al. 2015). Nur wenn alle Tätigkeiten eines Berufsbildes automatisierbar sind, kann tatsächlich von Substitution gesprochen werden (Acemoglu & Restrepo 2016).

Diese potenziell positiven Effekte waren explizit nicht Gegenstand von Frey und Osbornes Untersuchung. Des Weiteren beruht die Einstufung der Berufe im Hinblick auf ihre Automatisierungswahrscheinlichkeit der subjektiven und selektiven Einschätzung einer Expertengruppe. Diese entstammen den Disziplinen maschinelles Lernen und Robotik. Folglich sind die Klassifizierungen damit in ähnlicher Versuchsanordnung nicht reproduzierbar. Überdies tendieren die Einschätzungen von Technologieexperten häufig dazu, das Potenzial von KI und die hohe Geschwindigkeit ihrer Durchdringung des Marktes zu überschätzen (Bonin et al. 2015).

³⁵ Vgl. Bonin et al. (2015).

Die ZEW-Forscher sind nicht davon überzeugt, dass es der richtige Ansatz ist, Berufe als Untersuchungsgegenstand auszuwählen. Vielmehr bestehe ein Berufsbild aus zahlreichen Tätigkeiten und diese den Beruf prägenden Tätigkeitsprofile seien veränderlich und wiederum nicht für alle Berufstätige des betrachteten Berufsbildes gleich. Deswegen entwickelten die Forscher eine neue, tätigkeitsbezogene Methodik. So betrachtet sind lediglich 9 Prozent der amerikanischen Arbeitsplätze durch Tätigkeitsprofile gekennzeichnet, die einer hohen Automatisierungswahrscheinlichkeit unterliegen. A

uf Deutschland gewendet sind 12 Prozent der Arbeitsplätze betroffen (Bonin et al. 2015).³⁶ Allein die Möglichkeit, neue Technologien einsetzen zu können, sagt gleichsam noch nichts über deren tatsächliche Marktanwendung aus. Ein Argument, dass auch in der angelsächsischen Debatte prominent vertreten wird (Acemoglu & Restrepo 2016). In einer wesentlichen Kernaussage stimmen sie jedoch mit Frey & Osborne überein: „Die Automatisierungswahrscheinlichkeit fällt dennoch für Geringqualifizierte und Geringverdiener relativ hoch aus.“ (Bonin et al. 2015). Daraus leiten sie das Erfordernis umfassender Aus- und Weiterbildungsprogramme für die durch den technologischen Wandel betroffenen Berufsgruppen ab. Insbesondere die Risikogruppen der niedrigqualifizierten und geringverdienenden Beschäftigten seien gezielt durch Qualifizierungsprogramme zu unterstützen.

Das Verlagerungsargument erhält in der Folgeveröffentlichung des IAB weiteres Gewicht. In der Ende 2016 veröffentlichten Szenariostudie werden die Auswirkungen der Digitalisierung im gesamtwirtschaftlichen Kontext untersucht, um Aussagen über die Gestalt des deutschen Arbeitsmarkt im Jahr 2025 machen zu können. Dazu wird eine auf verschiedenen Annahmen basierende vollständig digitalisierte Arbeitswelt (Wirtschaft-4.0-Szenario) mit einer Arbeitswelt verglichen, die sich am bisherigen technologischen Entwicklungspfad orientiert und bis ins Jahr 2025 weiter gezeichnet wird (Basisszenario). Im voll-digitalisierten Szenario werden insgesamt 1,5 Mio. Arbeitsplätze verschwinden, die in der Basisprojektion weiterhin existieren. Umgekehrt werden im Wirtschaft-4.0-Szenario insgesamt 1,5 Mio. Arbeitsplätze an anderer Stelle neu entstehen. Es ergibt sich lediglich ein leichtes Negativsaldo von 30.000 Arbeitsplätzen. Die Szenarioanalyse bestätigt die Ergebnisse aus der zuvor veröffentlichten Industriestudie (Wolter et al. 2015). Das verarbeitende Gewerbe wird besonders deutlich von Arbeitsplatzrationalisierungen betroffen.

Interessanterweise findet sich in der Szenariostudie ein Beleg dafür, dass es auch im Dienstleistungssektor zu negativen Entwicklungen für Berufsbilder kommt, die bislang als relativ sicher galten. Das Berufsfeld Finanz- und

³⁶ Zu vergleichbaren Ergebnissen gelangen auch Dengler & Matthes (2015). Sie sehen 15 Prozent aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten von einem sehr hohen Substituierbarkeitspotenzial betroffen. Dabei betrachten sie die Berufe in ihrer Gestalt im Jahre 2013.

Rechnungswesen, Buchhaltung weicht ähnlich negativ vom Basisszenario ab wie die gefährdeten Berufsgruppen im verarbeitenden Gewerbe. Durch administrative Tätigkeiten gekennzeichnete Berufsgruppen, wie Büroberufe und das Personalwesen, verlieren an die 200.000 Arbeitsplätze. Profiteure sind die Informations- und Kommunikationsbranche und das Erziehungs- und Bildungswesen. Letzteres erklärt sich vor allem aus den weiter steigenden Anforderungen an Aus- und Weiterbildung. Gleichsam positiv sind die Wandlungsprozesse für technisch-naturwissenschaftliche, Sozial- und Lehrberufe. Die Veränderungsprozesse vollziehen sich auf Branchen-, Berufs- und individueller Anforderungsebene. 320.000 Arbeitsplätze werden bis 2025 nicht mehr vorhanden sein. Dafür entstehen 290.000 neue Arbeitsplätze in anderen Branchen. Auf Berufsebene sind die prognostizierten Verlagerungen deutlich beeindruckender. So gehen die Forscher davon aus, dass bis 2025 „rund 1,22 Mio. Arbeitsplätze nicht mehr vorhanden und 1,19 Mio. Arbeitsplätze an anderer Stelle entstanden sein [werden]“ (Wolter et al. 2016). Die Arbeitskräftenachfrage im Dienstleistungssektor steigt dabei deutlich. Die individuellen Anforderungsprofile an die Arbeitnehmer steigen auch. Fachkräftetätigkeiten nehmen zugunsten hochkomplexer Tätigkeiten ab. Damit steigen die individuellen Anforderungen an Qualifizierung und konsequente Weiterbildung der sich im Beruf befindlichen Arbeitskräfte.

Gelingt es der deutschen Wirtschaft nicht, die unterschiedlichen Potenziale der Digitalisierung für sich zu nutzen, so verkommt sie vom technologischen Vorreiter, der auf den Weltmärkten Industrieprodukte abzusetzen vermag, zum Importeur zukünftiger Schlüsseltechnologien. Unter dieser Negativannahme realisieren sich grundsätzlich mögliche internationale Wettbewerbsvorteile nicht. Das führt zu einem Sinken der Warenproduktion und des Warenabsatzes und zieht steigende Arbeitslosigkeit nach sich. Die Autoren empfehlen daher den Wandel hin zu einer Wirtschaft 4.0 möglichst „nachhaltig zu gestalten“.

Die jüngeren Studien zu den möglichen Auswirkungen des technologischen Wandels auf den deutschen Arbeitsmarkt gleichen sich in einem wesentlichen Punkt – sie fokussieren auf den Industriesektor. Dabei werden die Potenziale neuer Technologieanwendungen im Dienstleistungssektor, die sich bereits heute schon deutlich abzeichnen, nicht ausreichend gewürdigt. Verantwortlich ist hier sicherlich die noch unzureichende Datenlage. In Anbetracht des Papiers von Acemoglu und Restrepo (2017) sei noch einmal angemerkt, dass Industrieroboter bereits seit einigen Jahrzehnten in der industriellen Fertigung verwendet werden. Wir schreiben das Jahr 2017 und verzeichnen erst jetzt erste verlässliche wirtschaftswissenschaftliche Ergebnisse aufgrund von Daten, die zwischen 1990 und 2007 erhoben wurden. Andere technologische Potenziale wie Drohnen, Algorithmen und künstliche Intelligenz sind in ihren Automatisierungspotenzialen so schwer abzuschätzen, da es keine Daten über deren Verbreitung gibt. Auch prozessverschlan-

kender Einsatz leistungsfähiger Software, ist mit den tradierten Methoden kaum messbar. Das erklärt auch den Griff zu Szenariostudien, die basierend auf unterschiedlichen Annahmen, unterschiedliche Zukunftsbilder entwerfen, an denen sich Entscheidungsträger orientieren können³⁷.

4. Beispiele aus dem Dienstleistungssektor

Der Fokus auf die Industrie prägt die deutsche Debatte um die Zukunft der Arbeit. Allerdings gibt es viele aktuelle Beispiele, die den Fokus der Debatte zukünftig auf den Dienstleistungssektor verlagern könnten. Allein die hohen Beschäftigungszahlen rechtfertigen eine Betrachtung auf Augenhöhe mit dem Industriesektor. In der Fertigung sind bereits viele Prozesse stark automatisiert. Die meisten Kommentatoren sind sich zudem einig, dass es hier zu einem weiteren Rückgang der Beschäftigung kommen wird. Im Gegensatz zum Industriesektor hat die Digitalisierung im deutschen Dienstleistungssektor gerade erst an Geschwindigkeit gewonnen. Ein Blick auf die USA zeigt, dass die Digitalisierung des Dienstleistungssektors dort bereits besonders stark fortgeschritten ist. Gleichsam verdeutlicht diese Betrachtung das Potenzial der bevorstehenden Veränderungen.

Dieses Papier möchte neben der Schilderung der wissenschaftlichen Debatten auch den Blick für sich derzeit abzeichnende Entwicklungen öffnen und wählt daher ganz bewusst einige Beispiele aus, die das Ausmaß der Veränderungen – insbesondere des Dienstleistungssektors – deutlich werden lassen. Dabei ist erneut hervorzuheben, dass sowohl hochqualifizierte und hochentlohnte als auch geringqualifizierte und geringentlohnte Berufsgruppen gleichermaßen betroffen sind. Deswegen wird die geradezu redundant hervorgebrachte Forderung nach Qualifizierung kritisch gesehen. Wie die Beispiele zeigen werden, sind bereits heute eine Vielzahl von Spezialistenberufen von technologischen Anwendungen betroffen, die allesamt mehrjährige akademische Abschlüsse als Mindestvoraussetzung für den beruflichen Zugang aufweisen³⁸.

Das neue an den aktuellen technologischen Entwicklungen ist, dass sich selbst Hochqualifizierte nicht mehr auf die einmal erworbene Qualifikation verlassen können. Der entscheidende Vorteil, den besser qualifizierte gegenüber schlechter qualifizierten Arbeitskräften haben, besteht in der Neigung, Bildung in verschiedenen Lebenssituationen aktiv wahrzunehmen³⁹. Gering qualifizierten Arbeitskräften fällt es im Vergleich dazu un-

37 Vgl. Vogler-Ludwig & Düll (2013), Apt et al. (2016), Landmann & Heumann (2016), Wolter et al. (2015), Wolter et al. (2016).

38 Vgl. Susskind & Susskind (2017). Die Autoren setzen sich detailliert mit den technologischen Entwicklungen auseinander, die nunmehr selbst Berufsgruppen betreffen, die aufgrund ihrer hohen Qualifikationen als wenig verwundbar galten.

39 Vgl. dazu die zusammenfassenden Ausführungen in Bonin et al. (2015).



gleich schwerer, sich durch individuelle Weiterbildung beschäftigungsfähig zu halten (Bonin et al. 2015). Qualifikation schützt somit nicht notwendigerweise vor Verdrängung. Entscheidend ist vielmehr der individuelle Umgang mit Technologie. Arbeitnehmern, die es verstehen, das Berufsbild prägende Technologien frühzeitig in die eigenen Arbeitsabläufe zu integrieren und anzuwenden, werden sich dadurch beschäftigungsfähig halten. Der Radiologe, der es nicht versteht KI-gestützte Software in seine Arbeitsabläufe zu integrieren, wird genauso unter Druck geraten wie der Anlageberater, der algorithmisierte Portfoliozusammenstellungen nicht zu nutzen versteht. Hierin unterscheidet diese beiden hochqualifizierten Berufsbilder nichts von den durch autonome Fahrzeuge bedrohten Dienstleistern des Personen- und Warentransports.

Finanzwesen

Hochfinanz als Vorreiter

Deutliche Veränderungen der Beschäftigungsstruktur lassen sich in der Finanzbranche erkennen. Treiber hinter diesen Entwicklungen ist die gestiegene Rechenleistung, die insbesondere den algorithmierten, hochfrequenten⁴⁰ Handel von Wertpapieren ermöglicht. Der genaue Anteil des Hochfrequenzhandels an verschiedenen Anlageklassen ist schwierig zu quantifizieren (Deutsche Bundesbank, 2016). Eine neue Studie der deutschen Bundesbank verweist jedoch auf Quellen, die den Anteil für den US-Aktienmarkt im Jahr 2012 auf 50 Prozent⁴¹ des gehandelten Volumens beziffert (ebd.). Für die europäischen Handelsplätze verweist die Studie auf einen Anteil des Hochfrequenzhandels zwischen 24-43 Prozent⁴². Dabei ist er verantwortlich für 58-78 Prozent aller ausgeführten Handelsaufträge (ebd.). Wenn Software Aktienorder ausführt, dann ersetzt das einen Tätigkeitsschwerpunkt von Aktienhändlern – nämlich das Kaufen und Verkaufen bestimmter Handelstitel. Und das wirkt sich bereits in der Beschäftigungsstruktur prominenter Investmentbanken aus. Was passiert genau? Der neue CFO von Goldman Sachs, Marty Chavez, nennt konkrete Zahlen: Im Bereich des Devisenhandels ersetzt ein Softwareingenieur vier Devisenhändler (Byrnes 2017). Das führt zu einer Verschiebung der Beschäftigungsstruktur innerhalb des Unternehmens. Weltweit hat Goldman Sachs insgesamt 34.400 Beschäftigte. Der Anteil von Softwarespezialisten ist auf 9.000 Beschäftigte angewachsen (ebd.). Dabei ist zu beachten, dass es nicht zu einem Verlust an Beschäftigten, son-

40 In Mikrosekunden was der Größenordnung einer millionstel Sekunde entspricht. Siehe Kaya (2016).

41 <http://tabbforum.com/researches/us-equities-market-2012-mid-year-review>.

42 Der Spread erklärt sich aus unterschiedlichen Definitionen hochfrequenten Handels. Vgl. European Securities and Markets Authority (2014).



dern zu einer Verschiebung zwischen den Berufsklassen kommt. Softwarefähigkeiten werden relevanter für das Geschäftsmodell, Handelsfähigkeiten nehmen ab beziehungsweise konzentrieren sich bei sehr wenigen Spezialisten, die den algorithmierten Handel verantworten. Ganz konkret heißt das für Goldman Sachs, dass lediglich zwei verbliebene Wertpapierhändler den gesamten New Yorker Wertpapierhandelsraum leiten (ebd.). Dabei werden sie durch 200 Softwareingenieure unterstützt. Vormalig beherbergte der Handelsraum 600 Wertpapierhändler mit einem geschätzten Jahresgehalt von 500.000 Dollar, inklusive Bonuszahlungen. 75 Prozent aller an der Wallstreet erzielten Gehälter verteilen sich auf Beschäftigte in ähnlichen Handelsabteilungen. Die Tätigkeitsprofile von Investmentbankern stehen als nächstes vor umfassender Automatisierung (ebd.). Goldman Sachs definierte bereits 146 Schritte die im Vorfeld einer börslichen Erstplatzierung eines Unternehmens (IPO - Initial Public Offering) notwendig werden (ebd.). Investmentbanker stützen sich, neben der Marktkenntnis und mathematischen Fähigkeiten, auf erfahrungsbasiertes Verkaufsgeschick und persönliche Beziehungen. Dennoch ist es dank der nun eingesetzten Software möglich, einen Großteil dieser Fähigkeiten zu ersetzen. Investmentbanker verdienen an der Wallstreet ein durchschnittliches Jahresgehalt von 700.000 Dollar. Den Investmenthäusern eröffnen sich durch den Einsatz von Software, die zu einer Reduktion der Anzahl an Investmentbankern führt, enorme Einsparungspotenziale (ebd.).

Anlageberatung

Aber nicht nur in der Hochfinanz lässt sich das Automatisieren von Tätigkeiten beobachten. Im sogenannten Robo-Advising übernehmen Algorithmen die softwaregestützte Anlageberatung des Kunden. Über einen kurzen Onlinefragebogen werden die wichtigsten Eckpunkte für die Anlagestrategie erfragt. Basierend auf diesen individuellen Präferenzen und Risikotoleranzen wird ein aktives Portfoliomanagement ermöglicht. Diese Form der Anlageberatung zeichnet sich im Allgemeinen durch höhere Gebühren aus und war dementsprechend vermögendere Kunden vorbehalten. Denn im Gegensatz zur passiven Anlageberatung erfordert sie ein aktives Verwalten des Kundendepots durch einen spezialisierten Anlageberater. Robo-Advising erschließt weniger vermögenden Bankkunden einen höheren Service und vermittelt diesen überdies über transparente und einfach zu bedienende Apps und Webdienste. Das Anlagevermögen der vier größten Robo-Advising Dienstleister belief sich im zweiten Quartal 2015 bereits auf 26 Milliarden US-Dollar (KPMG 2016).



Restrukturierung der Filialnetze

War in vorangegangenen Abschnitten noch die Rede davon, dass sich Bankangestellte durch den Einsatz von Computern insbesondere des Bankomaten zu Anlageberatern weiter entwickeln konnten, so sind diese Tätigkeitsprofile durch diese Neuerungen inzwischen zunehmend von Automatisierung bedroht. Auch wird die dadurch ausgelöste Erweiterung des Filialnetzes wieder sukzessive zurückgenommen. In Deutschland fiel die Anzahl Bankbeschäftigter im Jahr 2016 um zwei Prozent von 640.050 auf 627.150 Stellen (Arbeitgeberverband des privaten Bankgewerbes e.V. 2016). Die Gründe liegen in der Restrukturierung des Filialnetzes, bedingt durch die vermehrte Nutzung von Online- und Mobilebankingangeboten und hohem Kostendruck (ebd.). Seit 2000 fiel die Beschäftigtenzahl in der Bankenbranche um jährlich 1,3 Prozent (ebd.). Im Rahmen des neuen Sparprogramms sind bei der Deutschen Bank in Deutschland 4.000 Stellen im Privatkundenbereich von Stellenabbau betroffen. Grund dafür ist die Verkleinerung des Filialnetzes von 723 auf 535 Filialen.⁴³ Im Bereich des Aktienhandels werden im Verlauf des aktuellen Kalenderjahres weltweit 20 Prozent der Beschäftigten des größten deutschen Geldhauses ihren Hut nehmen müssen. In den Filialen der Commerzbank sollen rund 4.800 der insgesamt 11.000 Arbeitsplätze abgebaut werden.⁴⁴

Veränderungen im Bereich administrativer Berufe

Die bereits in der Einleitung erwähnten KI-gestützten Systeme zur Sprachtranskription und Übersetzung basieren auf neuronalen Netzwerken⁴⁵ und setzen Deep-Learning-Algorithmen⁴⁶ ein. Diese Anwendungen

43 <http://www.handelsblatt.com/finanzen/banken-versicherungen/stellenabbau-deutsche-bank-setzt-aber-mals-den-rotstift-an/19344596.html>; <http://www.handelsblatt.com/finanzen/banken-versicherungen/deutsche-bank-chef-john-cryan-wir-moechten-uns-entschuldigen/19334254.html>.

44 <http://www.handelsblatt.com/finanzen/banken-versicherungen/umbauplaene-commerzbank-streicht-jobs-vor-allem-in-deutschland/14702832.html>.

45 Diese Systeme sind in ihrer Anordnung inspiriert durch neuronale Netzwerke aus der Biologie. Ihnen gleich kommt es innerhalb des Netzwerks zum Austausch von Information. Für eine Einführung siehe: Michael Bongards http://www.bongards.de/nn_v.pdf.

46 "Deep" ist das neuronale Netzwerk weil es die Neuronen im Netzwerk übereinander stapelt. Es gibt nun mehr Input- und Outputlayer. Möglich wurde das durch Fortschritte in der eingesetzten Rechenleistung, insbesondere durch die Nutzung von Grafikkartenchips für das Verarbeiten der Informationen. Innerhalb des Netzwerks verarbeiten die Neuronenlayer Informationen wie Bild-, Ton- oder Textdaten. Für eine Übersicht siehe: <https://www.quora.com/What-is-deep-learning>.

beinhalten weitreichende Konsequenzen für eine große Vielzahl unterschiedlicher Berufsbilder, deren Tätigkeitsprofile auf zwischenmenschlicher Kommunikation basieren (The Economist 2017). Microsofts Spracherkennungssystem erreicht bei der Erkennung von Wörtern aus einer Konversation dieselbe Fehlerrate wie Menschen (Xiong et al. 2017).⁴⁷ Googles KI-basiertes Übersetzungssystem kennt 103 verschiedene Sprachen, übersetzt täglich über 140 Mrd. Wörter und ist sogar imstande, zwischen bisher nicht explizit antrainierten Sprachen zu übersetzen (sogenannte Zero-Shot-Übersetzung) (Johnson et al. 2016).⁴⁸ Das System erhält zunächst Übersetzungsbeispiele aus dem Englischen ins Koreanische und umgekehrt. Anschließend wird dieser Prozess für das Sprachenpaar Englisch und Japanisch wiederholt. Sobald das System diese Trainingseinheit absolviert hat und die Übersetzungen zwischen diesen vier Sprachenpaaren gelingen, ist es plötzlich in der Lage in beide Richtungen der japanischen und koreanischen Sprache zu übersetzen. Und das in ausreichend verständlicher Form (The Economist 2017). Damit leistet das System einen erstaunlichen Transfer, denn es übersetzt zwischen ihm unbekanntem Sprachen. Die Forscher vermuten sogar, dass sich die KI dabei auf eine Meta-Syntax stützt, die sie zwischen den Sprachen erkannt haben muss (Johnson et al. 2016).

Eine andere, oft lästige Tätigkeit ist die Terminkoordination zwischen verschiedenen Personen oder Gruppen. Ein junges New Yorker Startup hat ihrer KI unzählige E-Mails gefüttert, die Terminkoordinationsinhalte hatten. Sie erkannte die Gesprächsmuster hinter den Terminanbahnungen und ist nun selbständig in der Lage, einen Termin zu vereinbaren⁴⁹. Dazu nutzt sie die Kalenderdaten der einladenden Person. Es ist lediglich erforderlich, die digitale Assistenz in das CC-Feld einer E-Mail zu kopieren und an den Gast zu versenden. Den Rest regelt der Bot namens Amy Ingram von allein. Zumeist merkt die eingeladene Person gar nicht, dass sie mit einer Software kommuniziert. XdotAI ist ein gutes Beispiel dafür, wie routinierte Prozesse durch systematische Mustererkennung automatisierbar werden und letztlich dazu führen, dass solche Tätigkeiten aus einem Berufsfeld verschwinden. Das kann durchaus positiv sein. Die Zeit, die vergeht und die Schleifen, die gedreht werden müssen, um Termine zwischen mehreren Personen zu vereinbaren, wird nun frei für andere möglicherweise kompliziertere (und deswegen noch nicht automatisierbare) Tätigkeiten. Aber: direkte zwischenmenschliche Kommunikation wird zugänglich für Maschinen. In letzter Konsequenz ist eine weitreichende Automatisierung sämtlicher administrativer

47 <https://blogs.microsoft.com/next/2016/10/18/historic-achievement-microsoft-researchers-reach-human-parity-conversational-speech-recognition/>.

48 <https://research.googleblog.com/2016/11/zero-shot-translation-with-google.html>.

49 <https://x.ai/>.

Kommunikation vorstellbar, liege sie in der Unterstützung anderer, wie sie im Bürowesen üblich ist, oder gegenüber Behörden, deren Prozesse erst am Anfang stehen, digitalisiert zu werden. Außer Inselfähigkeiten wie die Terminorganisation immer weiter zu optimieren, ist es diesen Bots noch nicht möglich, komplexere Interaktionen mit Menschen zu führen oder gar so zu denken wie wir. KI-gestützte persönliche Assistenzsysteme wagen sich jedoch auf dieses Spielfeld vor.⁵⁰ Sie werden stetig besser in ihrer Interaktion mit den sie nutzenden Menschen. Gleich autonomen Fahrzeugen, die unterschiedliche KI-Systeme kombinieren (Schilder-, Radfahrer-, Markierungserkennung etc.), sind solche Bündelungen von enger KI zu höheren, funktionalen Systemen auch in anderen Bereichen denkbar. Ihre Anwendungsgebiete sind mannigfaltig. Nicht umsonst vergleicht der ehemalige Chief Scientist des chinesischen Technologiekonzerns Baidu und Gründer der Lernplattform Coursera, Andrew Ng, die Bedeutung künstlicher Intelligenz für unsere Zeit mit der Bedeutung von Elektrizität zur Wende des 19. zum 20. Jahrhundert⁵¹.

Wie Elektrizität wird KI jeden Lebens- und Arbeitsbereich durchdringen. Die Entwicklungen in diesem Bereich sind mehr als nur schwache Signale für mögliche Umwälzungen, die Berufsgruppen erwarten, denen zwischenmenschliche Kommunikation immanent ist. Das soll nicht bedeuten, dass dort nicht neue Tätigkeiten hinzukommen werden. Aber es heißt sicherlich, dass diese neuen Tätigkeitsgebiete aufgrund ihrer nicht Automatisierbarkeit zumeist höhere Ansprüche an Beschäftigte knüpfen, mit einer geringeren Anzahl an Beschäftigten absolviert werden können und gezielt den komparativen Vorteil des Menschen gegenüber Maschinen ausnutzen werden – kreative und soziale Intelligenz.

Einzelhandel und Warentransport

Vor einigen Monaten kamen die US-amerikanischen Medien durch zwei nahezu gleichzeitig enthüllte Nachrichten nicht zur Ruhe – zusätzlich zur Wahl Donald J. Trumps zum 45. Präsidenten der Vereinigten Staaten. Erstes Ereignis betraf die Eröffnung eines Supermarktes durch Amazon in Seattle. Zweites Ereignis betraf die amerikanische Warenlogistikindustrie - Lastkraftwagen, genauer deren Fahrer. Was erregte die Gemüter? Die Antwort liegt im enormen Automatisierungspotential, das in den exerzierten Beispielen steckt und deren potenzieller Bedeutung für den US-amerikanischen Arbeitsmarkt.

50 Dazu zu zählen sind Systeme wie Alexa von Amazon, Cortana von Microsoft, Siri von Apple und Google Now. Vgl. The Economist (2017).

51 <https://twitter.com/AndrewYNg/status/735874952008589312>.

Nach Schätzungen des Bureau of Labor Statistics sind in den USA 2016 rund 3,5 Mio.⁵² Menschen als Kassierer und 4,5 Mio.⁵³ Menschen als Einzelhandelskaufleute beschäftigt. Amazon Go, so der Name des Supermarkts, beschäftigt überhaupt keine Kassierer und nur ganz wenige Einzelhandelskaufleute. Nach Amazons Konzept betritt der Kunde den Supermarkt und checkt sich zunächst über seine App ein. Danach sucht er sich Waren aus und verstaut diese und schließlich verlässt er den Supermarkt, ohne einem Kassierer begegnen zu müssen. Abgerechnet wird über das bereits im persönlichen Amazo-Account hinterlegte Zahlungsmittel.

Dahinter steckt eine ausgeklügelte Trackingtechnologie. Mithilfe von zahlreichen Computerkameras werden sämtliche Aktionen des Kunden erfasst. Zusätzlich erfassen Sensoren, welche Gegenstände aus den Regalen genommen werden. Genau enthüllt hat Amazon die dahinter steckende Technologie noch nicht, weist aber darauf hin, dass ähnliche Deep-Learning-Algorithmen und Sensoren zum Einsatz kommen wie bei autonomen Fahrzeugen⁵⁴. Damit ist die Brücke zum Straßengüterverkehr geschlagen, der auch zukünftig für volle Regale in Amazons Supermärkten sorgen wird. Aber voraussichtlich mit einer sehr viel geringeren Anzahl an Beschäftigten. Denn zahlreiche Startups und etablierte Autohersteller wie beispielsweise Daimler schicken sich an, autonome Lkw-Flotten auf die Highways zu bringen. Über bezahlte vergangenen August 600 Mio. US Dollar für das auf autonome Fahrzeuge spezialisierte Startup Otto und löste damit einen Run von Investoren auf ähnlich aufgestellte Startups aus.

Das volle Ausmaß der Aufregung wird deutlich, wenn die Entlohnung der potenziell betroffenen Berufsgruppen betrachtet wird. Der stündliche Durchschnittslohn eines Kassierers liegt bei 10,43 US-Dollar, der jährliche Durchschnittsverdienst bei 21.680 US-Dollar.⁵⁵ Bei den Einzelhandelskaufleuten liegen die Zahlen bei 13,07 US-Dollar, respektive bei 27.180 US-Dollar pro Jahr. Wenn nun Kassensysteme quer über die verschiedenen Einzelhandelsindustrien hinweg automatisiert werden können, dann trifft das in den USA vornehmlich niedrig qualifizierte und niedrig entlohnte Beschäftigte, deren Berufsprofil sich durch ein sehr hohes Maß repetitiver Tätigkeiten ausweist. Denkbar ist eine Verlagerung in andere Einzelhandelsberufe. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Berufe in Richtung der Warendistribution bereits deutliche Automatisierungsverluste haben hinnehmen müssen. Die Distri-

52 <https://www.bls.gov/oes/current/oes412011.htm>. Kassierer werden in der Statistik nicht als Einzelhandelskaufleute sondern getrennt davon betrachtet.

53 <https://www.bls.gov/oes/current/oes412031.htm>.

54 <http://etailment.de/news/stories/Technologie-So-funktioniert-Amazon-Go-Die-Technik-hinter-dem-Zauberwort-Sensor-Fusion-20194>.

55 <https://www.bls.gov/oes/current/oes412011.htm>.

bution von Waren aus großen Distributionszentren erfolgt in hohem Maße automatisiert. Das wird auch durch das bereits 2012 durch Amazon erworbene Unternehmen Kiva Systems deutlich (Rusli 2012). Amazon bezahlte 775 Mio. US-Dollar und setzt damit entscheidend auf die Automatisierung seiner Warendistribution. Im Einzelhandel sehen die Beschäftigungschancen der von Entlassungen betroffenen Menschen damit in Zukunft schlecht aus. Es wird auch hier Verlagerungen in andere Beschäftigungsbereiche geben. In diesem Zusammenhang sei auch noch auf die schlechte räumliche Mobilität dieser Berufsgruppen hingewiesen.

Die Suche nach einem neuen Job vollzieht sich nämlich nicht notwendigerweise in derselben Region, in der der Job zuvor verloren ging. Neue Stellen, auch im Niedriglohnbereich, entstehen häufig an Clustern, die sich ohnehin durch wirtschaftliche Prosperität auszeichnen und daher Arbeitskräfte anziehen (Moretti 2014). Hinzu kommt aktuell, dass E-Commerce weiterhin in die Margen etablierter Warenverkaufshäuser schneidet. In den USA wird von einem historischen Wendepunkt der Einzelhandelsindustrie gesprochen (Corkery 2017). Zwischen 2010 und 2014 wuchs der jährliche Umsatz im US-amerikanischen E-Commerce-Sektor durchschnittlich um 30 Mrd. US-Dollar. Im Verlauf der letzten drei Jahre erhöhte er sich erneut deutlich im Durchschnitt auf jährlich 40 Mrd. US-Dollar (ebd.). Parallel dazu reduzierte sich die Anzahl der im Einzelhandel beschäftigten Menschen (Thompson 2017).

So verloren seit Oktober 2016 knapp 100.000 Beschäftigte schillernder Warenhäuser wie Macy's oder JC Penney ihren Job (ebd.). Gleichsam wurden seit der Great Recession von 2008 im E-Commerce-Sektor 350.000 neue Stellen geschaffen, im Gegensatz zu lediglich 50.000 neuen Stellen in Warenhäusern (ebd.). Diese Jobs entstehen insbesondere in großen Warendistributionszentren – gewissermaßen dem Rückgrat der E-Commerce-Welt. Und sie sind gleichzeitig besser bezahlt (Corkery 2017; Thompson 2017). Diese Tätigkeiten sind aufgrund ihres Tätigkeitsprofils zukünftig jedoch in hohem Maß von Automatisierung betroffen. Momentan haben Beschäftigte noch einen komparativen Vorteil im Sortieren und Versenden von Ware. Das wird nicht immer so bleiben. In Ansätzen demonstrieren das bereits spezielle für die Warendistribution entwickelte Multifunktionsroboter, denen das zielsichere Greifen des benötigten Artikels aus einem ungeordneten Haufen davon verschiedener gelingt (Knight 2017).

Für amerikanische Trucker sieht es nicht viel besser aus. Der durchschnittliche Stundenlohn liegt bei 22,91 US-Dollar, das durchschnittliche Jahreseinkommen bei 44.480 US-Dollar.⁵⁶ Aussagekräftiger ist hier jedoch die

⁵⁶ <https://www.bls.gov/iag/tgs/iag484.htm>.

Betrachtung des Medians, der bei 43.020 US-Dollar liegt.⁵⁷ Denn je nach Berufserfahrung verdienen Lkw-Fahrer in den USA bis zu 75.000 US-Dollar Jahresgehalt, was die Attraktivität des Berufs besonders in strukturschwachen ländlichen Regionen erklärt (Hook 2017).

Für die USA lässt sich ein Zusammenhang zwischen den Erwerbspersonen, die von der Angst befallen sind, bald ihren Job zu verlieren, und den von Donald J. Trump erzielten Wahlstimmen feststellen. In Bundestaaten, in denen der Beruf des Lkw-Fahrers weit verbreitet ist, stimmten mehr Menschen für Trump als für Hillary Clinton (ebd.). Hier wird die breitere Dimension der Debatte um die Automatisierung deutlich. Sie geht schnell Hand in Hand mit der Debatte um soziale Ungleichheit, wirtschaftlichen Populismus und gesellschaftliche Teilhabe.

Die Bedeutung der sich in den USA abzeichnenden Entwicklungen für den deutschen Einzelhandel sind gravierend. Im deutschen Einzelhandel sind laut Branchenreports des Handelsverbands Deutschland (HDE) (2016) knapp 3 Mio. Menschen beschäftigt. Werden die Ausbildungsberufe betrachtet, die bei jungen Menschen am beliebtesten sind, wird möglicher Handlungsbedarf noch deutlicher (Heumann & Landmann 2016). Mit 30.474 neu abgeschlossenen Ausbildungsverträgen ist das Berufsbild Einzelhandelskaufmann/frau weiterhin das beliebteste unter jungen Menschen⁵⁸. Dicht gefolgt von den Ausbildungsberufen Kaufmann/Kauffrau für Büromanagement (28.449) und Verkäufer/in (24.027) (Handelsverband Deutschland 2016)⁵⁹. Es sind die Tätigkeitsprofile dieser Berufsgruppen, die durch die beschriebenen Technologieentwicklungen, die sich auf den US-amerikanischen Arbeitsmärkten bereits entladen, am deutlichsten verändern werden. Aktuell besteht große Nachfrage nach diesen Beschäftigten. Das belegen auch die hohen Zahlen neu abgeschlossener Ausbildungsverträge. Die eigentlich entscheidende Frage ist nur, was mit diesen Arbeitnehmern geschieht, deren enge Tätigkeitsprofile – beispielsweise durch automatische Kassensysteme – ersetzt werden.

Ob die Ausbildung diese Menschen adäquat befähigt, in andere Wirtschaftssektoren oder Berufe zu diffundieren, ist zumindest zweifelhaft. Daher wird es umso wichtiger, ein fundiertes Grundmaß an Fähigkeiten zu vermitteln, das den Branchenwechsel leichter gestalten kann. Dabei sind enge Berufsbilder tendenziell gefährdeter als solche, die auf einer breiten Ausbildungs-

57 <https://www.bls.gov/iag/tgs/iag484.htm>.

58 https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2016/07/PD16_254_212.html.

59 https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2016/07/PD16_254_212.html.

basis fußen und beispielsweise erst im letzten Jahr der Berufsausbildung eine Spezialisierung erhalten. Darin unterscheiden sich vor allem die Ausbildungsgänge im Einzelhandel des schweizerischen vom deutschen System. In der Schweiz erhalten Auszubildende eine sehr breite zweijährige Ausbildung. Erst im letzten Ausbildungsjahr erfolgt die Spezialisierung auf den relevanten Einzelhandelsberuf. Konsequenterweise stehen den schweizerischen Auszubildende auch weniger Spezialisierungen zur Auswahl als in Deutschland. In Deutschland ist der Ausbildungsgang an sich sehr eng gestaltet. Die Spezialisierung erfolgt wesentlich früher. Gerät ein Berufsbild aufgrund dieser engen Gestaltung im Zuge technologischer Entwicklungen unter Druck, hat das potenziell schwerwiegendere Konsequenzen für die zukünftigen Beschäftigungschancen der betroffenen Arbeitnehmer, als wenn sie eine von vornherein generalistische Ausbildung absolviert hätten. Daran wurde in letzter Zeit vermehrt Kritik geübt (Hanushek et al., 2017; Wössmann 2017).

5. Schlussfolgerungen

Der deutsche Industriesektor durchläuft bereits seit Jahrzehnten technologische Transformationsprozesse, die sukzessive dessen Beschäftigung reduzieren. Durch den Einsatz von Sensoren werden Daten über den Produktionsprozess generiert, die weiteres Automatisierungspotenzial entfesseln werden. In diesem Punkt sind sich die meisten untersuchten Studien einig. Eine erfolgreiche Transformation der deutschen Industrie zur Industrie 4.0 wird den strukturellen Wandel Deutschlands zu einer Dienstleistungsgesellschaft weiter verstärken. Aus diesem Grund ist es notwendig, sich den Veränderungen des Dienstleistungssektors entschiedener zuzuwenden. Ein Blick auf die Bruttowertschöpfung und die Beschäftigungszahlen des Dienstleistungssektors verdeutlichen dessen gestiegene Bedeutung für die deutsche Volkswirtschaft. Ein Blick auf die USA, dessen Dienstleistungssektor aufgrund höherer Verbreitung datengetriebener Geschäftsmodelle neue technologische Potenziale bereits entschiedener nutzt, verdeutlicht die Dynamik der Veränderungsprozesse. Auch in Deutschland ist es der Dienstleistungssektor, der unter dem Einfluss neuer Technologien vor den größten Umwälzungen steht. Industriepolitische Strategien reichen nicht aus, um die Veränderungen des gesamten Arbeitsmarktes adäquat zu adressieren. Die Politik hat wichtige Regelungsaufgaben zu übernehmen. Als ‚erstes ist dafür erforderlich, sich von der Fokussierung auf den Industriesektor zu lösen.

Wachsende Rechenleistung und die Verfügbarkeit größter Datenmengen befeuern die Weiterentwicklung von KI und leistungsfähiger Software. Diesen Technologien immanentes Automatisierungspotenzial wird sich im Dienstleistungssektor entfalten. Neben der weiteren Automatisierung manueller Tätigkeiten implizieren diese Technologien erstmals die Möglichkeit, den Menschen bei kognitiven Tätigkeiten zu ersetzen. Hierin liegt die neue Di-

mension der aktuellen Entwicklungen. Berufsbilder werden unweigerlich um ihre repetitiven und damit automatisierbaren Tätigkeiten reduziert. Nur wenn sämtliche Tätigkeitsaspekte eines Berufsbildes automatisierbar sind, kann von der Substitution des Berufs gesprochen werden. In der historischen Betrachtung ist das bisher die absolute Ausnahme. Das einzige Berufsbild, das in den USA in den vergangenen Jahrzehnten vollständig verschwand, war der Fahrstuhlbegleiter (Liftboy) (Bessen 2016). Berufsbilder sind in der Regel so dynamisch, dass der technologische Wandel auch neue Tätigkeitsfelder schafft. Pressestellen pflegen zum Beispiel mittlerweile Social Media Accounts. Diese Tätigkeitsprofile wurden erst durch die Entstehung sozialer Netzwerke ermöglicht und waren vorher nicht vorstellbar.

Ob die historische Erfahrung – kurzfristige Anpassungsschocks einzelner Beschäftigungsbranchen und Berufsbilder, jedoch mittel- bis langfristig steigende Produktivität und Erwerbstätigenzahlen – für die bevorstehenden Entwicklungen Prognosekraft besitzt, darin liegt im Kern der Streit zwischen Optimisten und Pessimisten. Während in den USA sogar Optimisten beginnen, sich Sorgen zu machen (als sie im Einsatz von Industrierobotern negative Effekte auf Löhne und Beschäftigung erblickten), überwiegt in Deutschland eine optimistische Sichtweise auf die Veränderungen der Arbeitsmärkte. Das ist verwunderlich. Wird die deutsche Perspektive auf andere, parallele Digitalisierungsdebatten betrachtet, so überwiegt – beispielsweise im Bereich des Datenschutzes – häufig die Skepsis gegenüber dem technologisch Möglichen.

Die beschriebenen technologischen Entwicklungen betreffen unterschiedslos hoch- wie niedrigqualifizierte Beschäftigte. Seien es Kardiologen, deren Prognosegüte bezüglich bevorstehender Herzinfarkte steigt (durch den Einsatz selbstlernender KI (Hutson 2017)) oder Beschäftigte in der Systemgastronomie, denen die Zubereitung des Essens (durch Koch- und Backautomaten (Miller 2015)) und die Entgegennahme der Bestellung (durch Serviceterminals (Prentice & Baertlein 2016)) zunehmend abgenommen werden. Betrifft das erste Beispiel eine generelle Aufwertung des Berufsbildes und das zweite explizit die Reduzierung von Tätigkeiten, so implizieren beide Beispiele Rationalisierungseffekte. Durch den Einsatz von Technologie werden Effizienzsteigerungen möglich, die enormes Kosteneinsparungspotenzial besitzen. Deutlich werden die Technologiesprünge deshalb im Verlauf von Rezessionen, die Unternehmen zu Kosteneinsparungen zwingen. Rezessionen forcieren die Automatisierung routinebasierter Tätigkeiten und erhöhen gleichzeitig die Qualifizierungsanforderungen der betroffenen Berufsbilder.

Der technologische Wandel führt zu rapiden Innovationszyklen und zu einer geringeren Halbwertszeit von Wissen. Wer trägt die Verantwortung für die Sicherung der Beschäftigungsfähigkeit der Arbeitnehmer? Liegt sie beim Individuum oder darf sie zusätzlich auf den Staat, Unternehmen oder Ge-



werkschaften verlagert werden? Für angelsächsisch geprägte Staaten ist die Verantwortung einseitig beim Individuum verortet. Der Ruf nach einem sich zurückhaltenden Staat ist in den USA unüberhörbar. Das ist der falsche Weg. Die Arbeitnehmer mit dieser Aufgabe allein zu lassen, wird sie überfordern. Welches Ausmaß eine Vernachlässigung dieser Fürsorge erreichen kann, wird deutlich anhand der dramatisch angestiegenen strukturellen Arbeitslosigkeit in den USA⁶⁰. In Deutschland scheint es eine geteilte Aufgabe zu sein. Die Arbeitnehmer sollen durch adäquate Rahmenbedingungen dabei unterstützt werden, ihre Fähigkeiten an die neuen Gegebenheiten anzupassen⁶¹. Dieser Ansatz ist richtig. Die Erkenntnis darüber, wie sich Berufsbilder in ihren Tätigkeitsaspekten verändern, ist dabei der erste Schritt bevor der zweite Schritt – Qualifizierung – folgen kann. Dazu ist der enge Dialog mit Unternehmen unerlässlich. Unternehmen sind gefragt, sich noch strategischer als bisher mit diesen Fragen zu beschäftigen. Ein Gradmesser für das Gelingen der institutionellen Verankerung von Weiterqualifizierung ist der beabsichtigte Ausbau der Bundesagentur für Arbeit (BA) zur Bundesagentur für Arbeit und Qualifizierung⁶². Es ist notwendig, diesen Ausbau im Einvernehmen mit Unternehmen und Gewerkschaften zu gestalten, sodass sich Synergien zwischen den Beteiligten Akteuren ergeben. Ansonsten werden sich bereits abzeichnende Grabenkämpfe⁶³ zwischen der Politik und Unternehmen über die Hoheit von Beratungs- und Weiterqualifizierungsmaßnahmen weiter verstärken.

Der Autor bedankt sich beim gesamten Team der Stiftung Neue Verantwortung für die Unterstützung (Fabian Reetz!) bei der Veröffentlichung dieses Papiers, insbesondere bei Dr. Stefan Heumann und Sebastian Rieger für wertvolle inhaltliche Beiträge und die konstruktive Kritik.

6020 Mio. Amerikaner scheinen keinen Zugang mehr zum Arbeitsmarkt zu finden. Sie werden als “left behind” bezeichnet. Siehe das eindrückliche Porträt von Smialek & Laya (2017).

61 Vgl. die Ergebnisse des Dialogprozess des Bundesministerium für Arbeit und Soziales “Arbeit 4.0”. <http://www.bmas.de/DE/Schwerpunkte/Arbeiten-vier-null/arbeiten-vier-null.html>.

62 Vgl. <http://www.bmas.de/DE/Presse/Interviews/2015/01-08-2015-westfalen-blatt.html>.

63 Vgl. <http://www.rp-online.de/wirtschaft/streit-um-ausbau-der-bundesagentur-fuer-arbeit-aid-1.6642102>.



Literaturverzeichnis

ACEMOGLU, D., & RESTREPO, P. (2016). The Race Between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment. Cambridge, MA, National Bureau of Economic Research.
<http://www.nber.org/papers/w22252>.

ACEMOGLU, D., & RESTREPO, P. (2017). Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. Cambridge, MA National Bureau of Economic Research 2017.
<http://www.nber.org/papers/w23285>.

ACEMOGLU, D., AUTOR, D., DORN, D., HANSON, G. H., & PRICE, B. (2014). Return of the Solow Paradox? IT, Productivity, and Employment in US Manufacturing. American Economic Association.
<http://dx.doi.org/10.5167/uzh-99442>.

APT, W., BOVENSCHULTE, M., HARTMANN, E., & WISCHMANN, S. (2016). Foresight-Studie „Digitale Arbeitswelt“ für das Bundesministerium für Arbeit und Soziales.
http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/f463-digitale-arbeitswelt.pdf?__blob=publicationFile&v=2.

ARBEITGEBERVERBAND DES PRIVATEN BANKGEWERBES E.V. (2016). Bericht 2015/2016. Berlin, Oktober.

AUTOR, D. H. (2014). Polanyi's Paradox and the Shape of Employment Growth. Cambridge, MA, National Bureau of Economic Research.
<https://economics.mit.edu/files/9835>.

AUTOR, D. H. (2015). Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. Journal of Economic Perspectives. 29, 3-30.
<https://economics.mit.edu/files/11563>.

AUTOR, D., & DORN, D. (2013). The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market. AMERICAN ECONOMIC REVIEW. 103, 1553-1597.
<http://www.ddorn.net/papers/Autor-Dorn-LowSkillServices-Polarization.pdf>.

BERGER, D. (2012). Countercyclical Restructuring and Jobless Recoveries. Meeting Papers from Society for Economic Dynamics. No 1179.
https://economicdynamics.org/meetpapers/2012/paper_1179.pdf.



BESSEN J. (2015). Toil and technology: Innovative technology is displacing workers to new jobs rather than replacing them entirely. Finance and Development. 52, 16-19.

<http://www.micci.com/downloads/digests/eberita/2015/2/imf.pdf>.

BESSEN, J. (2016). How Computer Automation Affects Occupations: Technology, Jobs, and Skills. Research Paper No. 15-49. Boston Univ. School of Law, Law and Economics.

https://papers.ssrn.com/sol3/Delivery.cfm/SSRN_ID2847189_code355514.pdf?abstractid=2690435&mirid=1.

BONIN, H., GREGORY, T., & ZIERAHN, U. (2015). Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. Series: ZEW Kurzexpertise ; No.57. Mannheim: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW).

<http://hdl.handle.net/10419/123310>.

BROOKS, R. (2017). The End of Moore's Law.

<http://rodneybrooks.com/the-end-of-moores-law/>.

BRYNJOLFSSON, E., & MCAFEE, A. (2014). The Second Machine Age Wie die nächste digitale Revolution unser aller Leben verändern wird. Kulmbach, Plassen Verlag.

BYRNES, N. (2017). As Goldman Embraces Automation, Even the Masters of the Universe Are Threatened. Software that works on Wall Street is changing how business is done and who profits from it. MIT Technology Review.

<https://www.technologyreview.com/s/603431/as-goldman-embraces-automation-even-the-masters-of-the-universe-are-threatened/>.

CLAGUE, E. (1935). The Problem of Unemployment and the Changing Structure of Industry. Journal of the American Statistical Association. 30, 209-214.

CORKERY, M. (2017). Is American Retail at a Historic Tipping Point? The New York Times.
https://www.nytimes.com/2017/04/15/business/retail-industry.html?_r=0.

CUTMORE, J., ROSENFELD, E. (2017). Bill Gates wants to tax robots, but one robot maker says that's 'as intelligent' as taxing software. CNBC.

<http://www.cnn.com/2017/03/18/china-development-forum-bill-gates-wants-to-tax-robots-but-abb-group-ceo-ulrich-spiesshofer-says-otherwise.html>.

DENGLER, K., & MATTHES, B. (2015). Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland. Nürnberg, IAB.

<http://doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb1115.pdf>.

DEUTSCHE BUNDESBANK (2016). Bedeutung und Wirkung des Hochfrequenzhandels am deutschen Kapitalmarkt. Monatsbericht Oktober. https://www.bundesbank.de/Redaktion/DE/Downloads/Veroeffentlichungen/Monatsberichtsauftsaetze/2016/2016_10_hochfrequenzhandel.pdf?__blob=publicationFile.

EUROPEAN SECURITIES AND MARKETS AUTHORITY (2014). High-frequency trading activity in EU equity markets. Economic Report. Number 1, November. https://www.esma.europa.eu/sites/default/files/library/2015/11/esma20141_-_hft_activity_in_eu_equity_markets.pdf.

FORD, M. (2015). The rise of the robots: technology and the threat of mass unemployment. London, Oneworld.

FREY, C. B., & OSBORNE, M. A. (2013). The future of employment how susceptible are jobs to computerisation? Oxford, Oxford Martin School, Univ. of Oxford. <http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/future-of-employment.pdf>.

GOOS, M., & MANNING, A. (2007). Lousy and Lovely Jobs: The Rising Polarization of Work in Britain. The Review of Economics and Statistics. 89, 118-133. <http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/rest.89.1.118?journalCode=rest>

HANDELSVERBAND DEUTSCHLAND (2016). Branchenreport Einzelhandel. Berlin. http://www.einzelhandel.de/images/publikationen/Branchenreport_Arbeitgeber_2016.pdf.

HANUSHEK, E. A., SCHWERDT, G., WOESSMANN, L., & ZHANG, L. (2017). General Education, Vocational Education, and Labor-Market Outcomes over the Lifecycle. Journal of Human Resources. 52, 48-87. http://hanushek.stanford.edu/sites/default/files/publications/Hanushek%2BSchwerdt%2BWoessmann%2BZhang%202017%20JHR%2052%281%29_0.pdf.

HERSHBEIN, B., & KAHN, L. B. (2016). Do Recessions Accelerate Routine-Biased Technological Change?: Evidence from Vacancy Postings. Cambridge, MA National Bureau of Economic Research 2016. <http://www.nber.org/papers/w22762>.

HEUMANN, S., LANDMANN, J. (2016). Training für die Wirklichkeit. Gastkommentar, 14. August 2016. Die Welt. https://www.welt.de/print/die_welt/debatte/article145207968/Training-fu-



[er-die-Wirklichkeit.html](#).

HILL, S. (2015). Raw deal: how the sharing economy and naked capitalism are screwing American workers. New York, NY, Palgrave Macmillan Trade.

HOOK, L. (2017). Out of road: driverless vehicles and the end of the trucker. Financial Times Magazine. Financial Times.
<https://www.ft.com/content/2d70469c-140a-11e7-b0c1-37e417ee6c76>.

HUTSON, M. (2017). Self-taught artificial intelligence beats doctors at predicting heart attacks. Science Magazine. American Association for the Advancement of Science (AAAS).
<http://www.sciencemag.org/news/2017/04/self-taught-artificial-intelligence-beats-doctors-predicting-heart-attacks>.

INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS (2016). Industrial Robots 2016 (Executive Summary). 11-18.
https://ifr.org/img/uploads/Executive_Summary_WR_Industrial_Robots_20161.pdf.

JOHNSON, M., SCHUSTER, M., QUOC, LE, Q. V., KRIKUN, M., WU, Y., CHEN, Z., THORAT, N., VIÉGAS, F., WATTENBERG, M., CORRADO, G., HUGHES, M., DEAN, J. (2016). Google's Multilingual Neural Machine Translation System: Enabling Zero-Shot Translation.
<https://arxiv.org/pdf/1611.04558.pdf>

KAGERMANN, H. LUKAS, W.-D., WAHLSTER, W. (2011). Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution. VDI nachrichten, 13.
<http://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Gesellschaft/Industrie-40-Mit-Internet-Dinge-Weg-4-industriellen-Revolution>.

KAYA, O. (2016). High-frequency trading. Reaching the limits. Research Briefing Global Financial Markets. Deutsche Bank Research. May 2016.
https://www.dbresearch.com/PROD/DBR_INTERNET_EN-PROD/PROD0000000000406105/High-frequency_trading%3A_Reaching_the_limits.pdf.

KNIGHT, W. (2017). A Robot with Its Head in the Cloud Tackles Warehouse Picking. MIT Technology Review.
<https://www.technologyreview.com/s/604038/a-robot-with-its-head-in-the-cloud-tackles-warehouse-picking/>.

KPMG (2016). Robo advising: Catching up and getting ahead.

<https://home.kpmg.com/content/dam/kpmg/pdf/2016/07/Robo-Advising-Catching-Up-And-Getting-Ahead.pdf>.

LANDMANN, J., HEUMANN, S. (2016). Auf dem Weg zum Arbeitsmarkt 4.0. Mögliche Auswirkungen der Digitalisierung auf Arbeit und Beschäftigung. Gütersloh/Berlin 2016.

<https://www.stiftung-nv.de/sites/default/files/arbeitsmarkt2030.pdf>.

LONIGAN, E. (1939). The Effect of Modern Technological Conditions upon the Employment of Labor. The American Economic Review. 29, 246-259.

MILLER, C. C. (2015). Restaurant of the Future? Service With an Impersonal Touch. The Upshot. The New York Times. <https://www.nytimes.com/2015/09/09/upshot/restaurant-of-the-future-service-with-an-impersonal-touch.html>.

MOKYR, J., VICKERS, C., & ZIEBARTH, N. L. (2015). The History of Technological Anxiety and the Future of Economic Growth: Is This Time Different? Journal of Economic Perspectives. 29, 31-50.

<http://mx.nthu.edu.tw/~cshwang/cs-economics/reading-and-writing/10-Growth/Mokyr-J=The%20Future%20of%20Economic%20Growth.pdf>.

MOORE, GORDON E. (1965). Cramming more components onto integrated circuits. Electronics, Vol. 32, No. 8.

<https://www.cs.utexas.edu/~fussell/courses/cs352h/papers/moore.pdf>.

MORETTI, E. (2014). The new geography of jobs. Houghton Mifflin Harcourt.

NAGL, W., TITELBACH, G., VALKOVA, K. (2017). Digitalisierung der Arbeit: Substituierbarkeit von Berufen im Zuge der Automatisierung durch Industrie 4.0. Endbericht.

https://www.ihs.ac.at/fileadmin/public/2016_Files/Documents/20170412_IHS-Bericht_2017_Digitalisierung_Endbericht.pdf.

OLTERMANN, P. (2017). Jürgen Schmidhuber on the robot future: "They will pay as much attention to us as we do to ants". The Guardian.

<https://www.theguardian.com/technology/2017/apr/18/robot-man-artificial-intelligence-computer-milky-way>.

PFEIFFER, S. (2016). Robots, Industry 4.0 and Humans, or Why Assembly Work Is More than Routine Work. Societies. 6, 16.

<http://www.mdpi.com/2075-4698/6/2/16/htm>.

PRATT, G. A. (2015). Is a Cambrian Explosion Coming for Robotics? Journal of



Economic Perspectives. 29, 51-60.

PRENTICE, C., BAERTLEIN, L. (2016). McDonald's USA in tech push plans self-serve kiosks, mobile ordering. Technology News. Reuters.
<http://www.reuters.com/article/us-mcdonalds-technology-idUSKB-N13C241>.

RUSLI, E. M. (2012). Amazon.com to Acquire Manufacturer of Robotics. The New York Times.
https://dealbook.nytimes.com/2012/03/19/amazon-com-buys-kiva-systems-for-775-million/?_r=0.

SCHMIDHUBER, J. (2015). Deep learning in neural networks: An overview. Neural Networks. 61, 85-117.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0893608014002135>.

SCHUMPETER, J. A. (1939). Business cycles 2. 2. New York, NY, McGraw-Hill.

SMIALEK, J., LAYA, P. (2017). The New Face of American Unemployment. Bloomberg.
<https://www.bloomberg.com/features/2017-new-unemployment/>.

SOLOW, R. (1987). We'd better watch out. New York Times Book Review. S. 36.
<http://www.standupeconomist.com/pdf/misc/solow-computer-productivity.pdf>.

STETTES, O. (2016). Arbeitswelt der Zukunft wie die Digitalisierung den Arbeitsmarkt verändert. Köln, Institut der deutschen Wirtschaft Medien GmbH.
https://www.iwkoeln.de/_storage/asset/306403/storage/master/file/10732656/download/Analyse_2016_108_Arbeitswelt_der_Zukunft.pdf.

STRATMANN, K. (2016). Großaufgebot für die Industrie. Handelsblatt.
<http://www.handelsblatt.com/my/politik/konjunktur/nachrichten/deutschlands-wachstumsmotor-grossaufgebot-fuer-die-industrie/12979154.html?ticket=ST-1779050-M2VFbCg2JcHtts4I2vu-ap3>.

SUSSKIND, R. E., & SUSSKIND, D. (2017). The future of the professions: how technology will transform the work of human experts. Oxford University Press.

THE ECONOMIST (2017). Finding a voice. Technology Quarterly. The Economist.
<http://www.economist.com/technology-quarterly/2017-05-01/language>.

THOMPSON, D. (2017). The Silent Crisis of Retail Employment. The Atlantic.
<https://www.theatlantic.com/business/archive/2017/04/the-silent-crisis/>



[sis-of-retail-employment/523428/](#).

VAN ARK, B. (2016). The Productivity Paradox of the New Digital Economy. *International Productivity Monitor*. 31, 3-18.
<http://www.csls.ca/ipm/31/vanark.pdf>.

VOGLER-LUDWIG, K., DÜLL, N. (2013). Arbeitsmarkt 2030: Eine strategische Vorausschau auf Demografie, Beschäftigung und Bildung in Deutschland. Online-Ausg. Bielefeld, Bertelsmann, W.
https://www.wbv.de/download/shop/download/0/_/0/0/listview/file/-direct%406004383w.html.

WOLTER, M. I., MÖNNIG, A., HUMMEL, M., SCHNEEMANN, C., WEBER, E., ZIKA, G., HELMRICH, R., MAIER, T., & NEUBER-POHL, C. (2015). Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. Nürnberg, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit.
<http://doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb0815.pdf>.

WOLTER, M. I., MÖNNIG, A., HUMMEL, M., WEBER, E., ZIKA, G., HELMRICH, R., MAIER, T., & NEUBER-POHL, C. (2016). Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. Nürnberg, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit.
<http://doku.iab.de/forschungsbericht/2016/fb1316.pdf>.

WÖSSMANN, L. (2017). Wenn das Gleis zur Sackgasse wird. Gastkommentar, 20. Februar 2016. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*.
<http://www.faz.net/aktuell/beruf-chance/campus/duale-ausbildung-wenn-das-gleis-zur-sackgasse-wird-14885656.html?GEPC=s3>.

XIONG, W., DROPPA, J., HUANG, X., SEIDE, F., SELTZER, M., STOLCKE, A., YU, D., ZWEIG, G. (2017). Achieving Human Parity in Conversational Speech Recognition. Microsoft Research Technical Report MSR-TR-2016-71.
<https://arxiv.org/pdf/1610.05256.pdf>.



Stiftung Neue Verantwortung

Neue Technologien verändern Gesellschaft. Dafür brauchen wir rechtzeitig politische Antworten. Die Stiftung Neue Verantwortung ist eine unabhängige Denkfabrik, in der konkrete Ideen für die aktuellen Herausforderungen des technologischen Wandels entstehen. Um Politik mit Vorschlägen zu unterstützen, führen unsere Expertinnen und Experten Wissen aus Wirtschaft, Wissenschaft, Verwaltung und Zivilgesellschaft zusammen und prüfen Ideen radikal.

So erreichen Sie den Autor

Philippe Lorenz

Telefon: 030 8145037894

Email: plorenz@stiftung-nv.de

Twitter: @Ph_Lorenz

Impressum

Stiftung Neue Verantwortung e. V.

Beisheim Center

Berliner Freiheit 2

10785 Berlin

T: +49 (0) 30 81 45 03 78 80

www.stiftung-nv.de

info@stiftung-nv.de

Twitter: @SNV_berlin

Design:

Make Studio

www.make-studio.net



Dieser Beitrag unterliegt einer CreativeCommons-Lizenz (CC BY-SA). Die Vervielfältigung, Verbreitung und Veröffentlichung, Veränderung oder Übersetzung von Inhalten der Stiftung Neue Verantwortung, die mit der Lizenz „CC BY-SA“ gekennzeichnet sind, sowie die Erstellung daraus abgeleiteter Produkte sind unter den Bedingungen „Namensnennung“ und „Weiterverwendung unter gleicher Lizenz“ gestattet. Ausführliche