



Diskussionspapier Nr. 7

Beschäftigungseffekte der Digitalisierung – Forschungsansätze und Ergebnisse

Alexandra Effenberger, Alfred Garloff, Horst Würzburg

Beschäftigungseffekte der Digitalisierung – Forschungsansätze und Ergebnisse

Alexandra Effenberger, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Alfred Garloff, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Horst Würzburg, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Juni 2018

Kurzzusammenfassung

In den letzten Jahren sind umwälzende technologische Durchbrüche geglückt. Von einigen weiteren wird vermutet, dass sie anstehen. Diese rapiden Entwicklungen nähren die Befürchtung, dass der technische Wandel – im Gegensatz zu bisherigen Erfahrungen – massiv Arbeitsplätze bedrohen könnte („This time is different“). In diesem Literaturüberblick sortieren und diskutieren wir Studien, die sich mit der Frage der Arbeitsmarkteffekte des digitalen Wandels beschäftigen. Diese unterteilen wir in solche Studien, die entweder einseitig nur Beschäftigungsverlustrisiken betrachten (sog. Verluststudien) oder die Nettobeschäftigungseffekte, also Verluste und Gewinne, berücksichtigen (sog. Gesamtstudien).

Es zeigt sich, dass sich bei Studien, die nur die Verlustseite betrachten, die Größenordnungen der erwarteten Arbeitsplatzverluste stark unterscheiden. Dabei wird allerdings kein Benchmark angeboten (Ist ein Beschäftigungsverlust von 15 Prozent in den nächsten zehn bis 20 Jahren viel oder wenig?). Studien, die Gewinne und Verluste berücksichtigen, kommen für Deutschland zu der Einschätzung, dass der technische Fortschritt in der Vergangenheit insgesamt nicht zu einem Rückgang der Arbeitsplätze geführt hat und dass dies für die Zukunft auch eher nicht zu erwarten ist. Allerdings weisen die meisten dieser Studien darauf hin, dass Digitalisierung mit einem erhöhten Strukturwandel und folglich mit erheblichen Anpassungsproblemen und erhöhter friktioneller Arbeitslosigkeit einhergehen könnte.

Keywords: Digitale Revolution, technischer Fortschritt, Arbeitsmarkteffekte

JEL-Classification: J11, J23, J24, J63, O33

Die digitale Revolution kommt! Aber was bedeutet sie für die Arbeitswelt?

Unzweifelhaft sind in den letzten Jahren beeindruckende technische Entwicklungen gelungen: vom selbstfahrenden Auto bis zu den Siegen von Künstlichen Intelligenzen bei Jeopardy oder Go nähren technologische Durchbrüche die Vorstellung, man befinde sich „auf der zweiten Hälfte des Schachbretts“ – ein Ausdruck dafür, dass wie bei einem exponentiellen Wachstum die Veränderungsdynamik erheblich zugenommen hat und unvorhergesehene, bekannte Dimensionen überschreitende Entwicklungen stattfinden können (vgl. Garloff, 2016).

Diese rapiden Entwicklungen wecken aber auch die Befürchtung, dass im Gegensatz zur Vergangenheit dieses Mal der technische Wandel massiv Arbeitsplätze bedrohen könnte (Autor, 2015; Pratt, 2015). In diesem Literaturüberblick sortieren und diskutieren wir Studien, die sich mit der Frage der Arbeitsmarkteffekte von digitalem Wandel beschäftigen. Studien zu Beschäftigungseffekten der Digitalisierung beziehen sich teilweise auf die Vergangenheit und teilweise auf die Zukunft. „Verluststudien“ beschäftigen sich einseitig nur mit den Beschäftigungsverlusten durch Digitalisierung („Wie viele Jobs sind durch Digitalisierung bedroht?“) und lassen die Gewinne („Wie viele Jobs könnten neu entstehen?“) unberücksichtigt, während „Gesamtstudien“ beides berücksichtigen.

Die bekannteste zukunftsgerichtete Verluststudie kommt für die USA zum Ergebnis, dass 47 Prozent der Arbeitsplätze durch jetzt anstehende Entwicklungen in der Informations- und in der Steuerungstechnik bedroht seien (Frey/Osborne 2017, erste Veröffentlichung der Ergebnisse 2013). Häufig zitierte Verluststudien zum deutschen Arbeitsmarkt (Bonin et al., 2015; Dengler und Matthes, 2015, 2018) kommen zu geringeren Zahlen (zwölf – 25 Prozent), weisen aber dennoch darauf hin, dass Deutschland im internationalen Vergleich überdurchschnittlich betroffen sei.

Die Mehrzahl der Gesamtstudien für Deutschland neigt auf Basis der bisherigen Entwicklung zu eher optimistischen Schlussfolgerungen für die Zahl der Beschäftigten insgesamt (zum Beispiel die Studie von Gregory et al., 2016, für Europa). Während eine aktuelle Gesamtstudie aus den USA rückblickend erhebliche negative Auswirkungen des zunehmenden Einsatzes von Industrierobotern auf das Beschäftigungsniveau und die Entlohnung zeigt (Acemoglu/Restrepo, 2017), lassen sich für Deutschland mit ähnlicher Untersuchungsmethode (Dauth et al., 2017) solche negativen Ergebnisse nicht nachweisen. Die Gesamtzahl der Arbeitsplätze habe sich durch den Einsatz der Roboter in Deutschland nicht verändert. Allerdings finden die Autoren, dass sich der durch den Einsatz von Robotern induzierte Produktivitätszuwachs nicht in den Durchschnittslöhnen widerspiegelt.

Auch zukunftsbezogene Gesamtstudien, wie etwa Studien des IAB (Wolter et al., 2015, 2016), zeigen, dass durch Digitalisierung bis 2025 keine nennenswerte Reduktion der Anzahl der verfügbaren Arbeitsplätze hervorgerufen werde; sehr wohl beschleunige diese aber den Strukturwandel (1,5 Millionen Arbeitnehmer verlören hierdurch zusätzlich ihren Arbeitsplatz und müssten in neue Jobs wechseln). Konzeptionell vergleichbar ist eine Studie im Auftrag des BMAS (Vogler-Ludwig et al., 2017), die bis 2030 einen Netto-Beschäftigungsgewinn von rund 250.000 Personen durch Digitalisierung prognostiziert. Eine vor kurzem veröffentlichte Studie von McKinsey (MGI, 2017) kommt zu dem Ergebnis, dass bis 2030 rund zehn Millionen Arbeitsplätze zusätzlich entstehen, dass aber rund neun Millionen Arbeitnehmer aufgrund von Automatisierungsprozessen einen anderen Job ausüben werden. Das ist das Ergebnis einer mittleren Variante von mehreren Szenarien, bei denen das MGI nicht nur Effekte der Digitalisierung berücksichtigt hat.

In der Literatur gibt es bereits Artikel, die sich überblicksartig mit dem Thema der Auswirkungen der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt beschäftigen (Eichhorst et al., 2016; Garloff, 2016). Allerdings sind seit der Veröffentlichung dieser beiden Studien bereits weitere erkenntnisreiche Studien erschienen, dass eine neuerliche Auseinandersetzung geboten erscheint. Wir können jedoch an dieser Stelle bereits festhalten, dass sich unsere Schlussfolgerungen nicht grundlegend von den beiden genannten Aufsätzen unterscheiden.

Zukunftsgerichtete Verluststudien

Die Diskussion um Beschäftigungsverluste durch Digitalisierung wird von Studien gestützt, die sich auf die Potenziale neuer Technologien und deren Einsatzmöglichkeiten fokussieren. Sie wurde erheblich befeuert durch Bücher von Brynjolfsson und McAfee (2011, 2014), Ford (2015) und ein Papier der Autoren Frey und Osborne von der Universität Oxford (2013, neu veröffentlicht 2017), das zwischenzeitig immer wieder zitiert wurde.

Frey und Osborne (2017) ermitteln, dass 47 Prozent der Beschäftigung in Zukunft durch Computer ersetzt werden könnten. Die Autoren beziehen sich auf die USA und erwarten einen entsprechenden Wandel für die nächsten zwei Dekaden. Methodisch basiert das Ergebnis von Frey und Osborne auf Befragungen von Technikexperten zu einem Teil der in den USA ausgeübten Berufe. Für die übrigen Berufe wird diese Einschätzung mittels einer Lernsoftware hochgerechnet und mit Beschäftigungsdaten verknüpft.

Für ihre Analyse verwenden die Autoren die O*NET-Datenbank. Sie enthält Informationen über 903 Berufe. Diese Informationen liegen in berufsspezifischen Beschreibungen und in Form von mess- und vergleichbaren Charakteristika vor, die als Variablen behandelt werden können. O*NET korrespondiert mit der Standard Occupational Classification (SOC), wodurch sie zu Beschäftigungs- und Lohndaten des Bureau of Labor Statistics (BLS) in Beziehung gesetzt werden können. Da die O*NET-Daten eine stärkere Differenzierung zwischen Berufen erlauben als die nach der SOC-Systematik, werden einerseits Berufsangaben der O*NET-Datenbank teilweise zu Mittelwerten zusammengefasst. Andererseits bleiben aber auch Berufe aus der SOC-Datenbank unberücksichtigt. Im Ergebnis erhalten Frey und Osborne (2017) damit einen Datensatz für 702 Berufe. Die Daten beziehen sich auf das Jahr 2010.

70 dieser 702 Berufe wurden von Experten für maschinelles Lernen hinsichtlich ihrer Wahrscheinlichkeit eingeschätzt, automatisiert zu werden. Grundlage für diese subjektiven Beurteilungen waren die Beschreibungen, die in der O*NET-Datenbank für jeden Beruf zur Verfügung stehen. Die Beurteilungen stellen eine Antwort auf die Frage dar, „Can the tasks of this job be sufficiently specified, conditional on the availability of big data, to be performed by state of the art computer-controlled equipment“ (Frey/Osborne, 2017, S. 263). Berufe wurden nur dann beurteilt, wenn man sich der Einschätzung weitgehend sicher war.

In einem zweiten Schritt stellen die Autoren zwischen diesen subjektiven Beurteilungen und den im O*NET-Datensatz ebenfalls verfügbaren objektiven Charakteristika bzw. Variablen mittels eines statistischen Verfahrens, wie es u. a. beim maschinellen Lernen verwendet wird (Diskriminanzfunktion), eine mathematische Beziehung her. Damit können die objektiven Variablen genutzt werden, um für die restlichen 632 Berufe die Automatisierungswahrscheinlichkeiten zu schätzen.

Als objektive Variablen werden aus der O*NET-Datenbank die Charakteristika der Berufe verwendet, die den drei als wesentlich betrachteten Engpässen bei der technischen Weiterentwicklung der Automatisierung entsprechen (bottlenecks to computerisation). Sie kategorisieren die bottlenecks mit „Wahrnehmung und Feinmotorik“, „kreativer Intelligenz“ und „sozialer Intelligenz“. Insgesamt handelt es sich um neun Variablen, die diese technischen Engpässe beschreiben. Beispielsweise steht für den Bereich „Wahrnehmung und Feinmotorik“ die Variable „Fingerfertigkeit“ zur Verfügung, mit der die Fähigkeit beschrieben wird, präzise koordinierte Bewegungen der Finger einer oder beider Hände beim Greifen, Handhaben oder Sammeln sehr kleiner Objekte ausführen zu können.

Frey und Osborne (2017) unterscheiden hohes, mittleres und niedriges Risiko der Automatisierung, wobei die Grenzen zwischen diesen drei Bereichen bei 70 Prozent und 30 Prozent gezogen werden. Über die Verknüpfungen der O*NET-Daten mit den Beschäftigungs- und Lohndaten kommen die Autoren zu ihrem zentralen Ergebnis, dass 47 Prozent der Beschäftigten ein hohes Automatisierungsrisiko haben, also mit einer Wahrscheinlichkeit von über 70 Prozent von computergestützten Systemen verdrängt werden könnten.¹ Den Zeitraum, in dem dies passieren könnte, beschreiben sie recht vage mit „perhaps a decade or two“ (Frey/Osborne, 2017, S. 265). Sie gehen von zwei Wellen der Automatisierung aus: eine erste Welle bestehend aus den Berufen mit hoher Wahrscheinlichkeit und eine zweite Welle mit denen niedriger Wahrscheinlichkeit. Dazwischen liegt der relativ schwach besetzte Bereich mit den Berufen mittlerer Wahrscheinlichkeit, den sie als technologisches Plateau bezeichnen. Das Eintreten der zweiten

1 Dazu wurden die (zu über 70 Prozent) betroffenen Berufe mit den relativen Beschäftigungsgewichten des jeweiligen Berufs gewichtet.

Welle hängt davon ab, ob die technischen Engpässe in den Feldern der kreativen und sozialen Intelligenz überwunden werden.

Die Untersuchung von Frey und Osborne (2017) konzentriert sich auf die technischen Möglichkeiten der Automatisierung. Die Autoren betonen aber selbst, dass das, was technisch möglich ist, nicht unbedingt umgesetzt werden muss, da kaufmännische, ethische oder andere Aspekte ebenfalls von Bedeutung sind. Zudem beschränken sie sich auf die Frage, welche heute (2010) existierenden Berufe durch Automatisierung verloren gehen könnten. Sie treffen keine Aussage über die Zahl möglicherweise neu entstehender Berufe.

Der Ansatz ist im Hinblick auf seine Anwendung in der Ökonomie innovativ. Unabhängig vom verwendeten Algorithmus bleibt aber zum Beispiel zu hinterfragen, ob die Auswahl von rd. zehn Prozent der Berufe (70 von 702) ausreicht, um ein repräsentatives Modell schätzen bzw. anlernen zu können, zumal die Autoren nur solche Berufe gewählt haben, bei denen sie sich bei ihrer Beurteilung sicher waren.

Bei der Einordnung der Ergebnisse muss grundsätzlich auch die Annahme, dass die Tätigkeitsprofile der Berufe in zeitlicher Hinsicht unverändert bleiben, kritisch hinterfragt werden. Schließlich werden Tätigkeitsprofile in Berufen immer wieder angepasst. So weisen Dengler und Matthes (2018) darauf hin, dass es in den naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen zunehmend weniger um die Bedienung bestimmter technischer Geräte als vielmehr um die Analyse von Daten geht. Derartige Unsicherheiten lassen sich aber bei einer zukunftsgerichteten Analyse kaum vermeiden.

In Anlehnung an die Untersuchung von Frey und Osborne (2017) wurden ähnliche Studien auch für andere Länder durchgeführt. Dabei werden allerdings nicht nur, wie bei Frey und Osborne, Berufe („berufsbasierter Ansatz“), sondern Tätigkeiten in den Blick genommen („tätigkeitsbasierter Ansatz“). Letzteres resultiert aus der Idee, dass sich die Tätigkeiten eines Berufes je nach Arbeitsplatz unterscheiden und auch im Zeitverlauf ändern können. Die einzelnen Tätigkeiten einer Person werden dann zusammen beurteilt, um eine Aussage über die Automatisierungswahrscheinlichkeit eines individuellen Arbeitsplatzes zu erhalten (vgl. zum Beispiel Bonin et al., 2015), oder sie werden zu typischen Anforderungen eines Berufes aufaddiert, so dass diesem ein Substitutionspotenzial zugewiesen werden kann (Dengler/Matthes, 2015a, 2015b, 2018).

Für Deutschland folgen Bonin et al. (2015) beiden Ansätzen. Beim berufsbasierten Ansatz haben sie unter der Annahme, dass deutsche und US-amerikanische Beschäftigte in den Berufen vergleichbare Tätigkeitsprofile aufweisen, die von Frey und Osborne (2017) ermittelten Automatisierungswahrscheinlichkeiten auf Deutschland übertragen. Dazu ordnen Bonin et al. die von Frey und Osborne verwendeten Daten nach der SOC-Systematik deutschen Daten nach der Klassifikation der Berufe (KldB) zu. Dies ist allerdings nicht eindeutig möglich, so dass in manchen Fällen mit einem Beruf nach der KldB mehrere Berufe nach SOC und damit mehrere von Frey und Osborne ermittelte Automatisierungswahrscheinlichkeiten korrespondieren. Bonin et al. verteilen deshalb die Beschäftigten eines KldB-Berufs gleichmäßig auf die in solchen Fällen zur Verfügung stehenden verschiedenen Automatisierungswahrscheinlichkeiten (Gleichverteilungsansatz). Im Ergebnis ergibt sich für Deutschland ein ähnliches Bild wie für die USA: hohe Anteile der Beschäftigten in den Bereichen mit jeweils niedrigen und hohen Automatisierungswahrscheinlichkeiten, ein verhältnismäßig kleiner Anteil im Bereich mittleren Automatisierungsrisikos. Für Deutschland berechnen Bonin et al., dass 42 Prozent der Beschäftigten in Berufen mit hoher Automatisierungswahrscheinlichkeit tätig sind.²

Für den tätigkeitsbasierten Ansatz verwenden Bonin et al. (2015) den Datensatz des „Programme for the International Assessment of Adult Competencies (PIAAC)“, der es gestattet, Kompetenzen von Erwachsenen international vergleichbar zu erheben. Im Zentrum des Ansatzes von Bonin et al. steht ein ökonometrisches Modell, mit dem geschätzt wird, wie die von Frey und Osborne (2017) ermittelten Automatisierungswahrscheinlichkeiten für Berufe von den Tätigkeiten der Beschäftigten in den USA, wie sie im PIAAC verzeichnet sind, abhängen. Dies gestattet dann die Übertragung mit Hilfe der für die USA und Deutschland gleichermaßen abgegrenzten PIAAC-Daten auf die deutschen Beschäftigten. Anders als beim berufsbasierten Ansatz liegt hier nicht die Annahme zugrunde, dass die Tätig-

2 Bonin et al. (2015) berechnen zum Vergleich für die USA eine Wahrscheinlichkeit von 49 Prozent. Der Unterschied zum Ergebnis von Frey und Osborne (47 Prozent) kommt zustande, weil Bonin et al. nicht mit den Beschäftigtendaten der Originalstudie arbeiten konnten.

keitsstruktur der Berufe in den USA und in anderen Ländern übereinstimmen. Es wird aber davon ausgegangen, dass Arbeitnehmer mit derselben Tätigkeitsstruktur demselben Automatisierungsrisiko ausgesetzt sind, unabhängig von dem Land, in dem sie leben.

Auch beim tätigkeitsbasierten Ansatz besteht ein Zuordnungsproblem, da manchen amerikanischen Beschäftigten des PIAAC-Datensatzes mehrere Automatisierungswahrscheinlichkeiten von Frey und Osborne (2017) zugeordnet werden können. Bonin et al. versuchen dies mit einem weiteren, vorgeschalteten ökonomischen Modell zu lösen, das dazu dienen soll, die Automatisierungswahrscheinlichkeit herauszufinden, die für den betrachteten Arbeitsplatz am wahrscheinlichsten ist.

Bonin et al. (2015) kommen mit dem tätigkeitsbasierten Ansatz zu dem Ergebnis, dass in Deutschland zwölf Prozent der Arbeitsplätze eine hohe Automatisierungswahrscheinlichkeit haben, während derselbe Ansatz für die USA zu neun Prozent führt. Diese Zahlen sind also deutlich geringer als beim berufsbierten Vorgehen. Bonin et al. stellen dazu fest, dass Beschäftigte in Berufen mit nach Frey und Osborne (2017) hoher Automatisierungswahrscheinlichkeit oft auch schwer automatisierbare, interaktive Tätigkeiten ausüben. Aus diesem Grund weise der tätigkeitsbasierte Ansatz diesen Beschäftigten geringere Automatisierungswahrscheinlichkeiten zu, was im berufsbierten Ansatz unberücksichtigt bleibe.³

Arntz et al. (2016), die den Ansatz von Bonin et al. (2015) für OECD-Länder wiederholen⁴, bestätigen mit ihren Ergebnissen, dass es auf die Betrachtung der Tätigkeiten auch innerhalb von Berufen ankomme.⁵ Dies zeigt sich nicht zuletzt bei der Analyse des Unterschieds, der sich nach ihrer Rechnung beim Anteil der Arbeitnehmer mit hohem Automatisierungsrisiko zwischen verschiedenen OECD-Ländern und der USA ergibt. Dabei differenzieren sie nach Industriezweig, Beruf und Ausbildung.⁶ Sie kommen zu dem Ergebnis, dass beim Automatisierungsrisiko die Unterschiede zwischen den Ländern darauf zurückzuführen sind, dass Personen in derselben Industrie mit demselben Beruf und einer vergleichbaren Ausbildung unterschiedliche Tätigkeiten ausüben.

Nedelkoska und Quintini (2018) weiten diesen Ansatz von Arntz et al. (2016) auf eine größere Zahl von Ländern aus (32 anstelle von 21). Sie berücksichtigen zudem Arbeitnehmer ohne Grundkenntnisse in EDV und/oder ohne Computeranwendungen in ihren jeweiligen Tätigkeiten. Ein weiterer Unterschied zu Arntz et al. besteht darin, dass sie die Koeffizienten ihres ökonomischen Modells, mit dem die Automatisierungsrisiken der Berufe in den verschiedenen OECD-Ländern bestimmt werden, berechnen, indem sie die 70 Expertenschätzungen von Frey/Osborne auf Tätigkeiten vergleichbarer kanadischer und nicht-amerikanischer Berufe abbilden. Sie begründen dies damit, dass die PIAAC-Daten für Kanada am differenziertesten sind. Die Autorinnen kommen zu dem Ergebnis, dass über 18 Prozent der Beschäftigten in Deutschland einem hohen Automatisierungsrisiko ausgesetzt sind. Arntz et al. schätzen einen Anteil von zwölf Prozent für Deutschland. Für den Durchschnitt aller untersuchten Länder kommen Nedelkoska und Quintini auf 14 Prozent und Arntz et al. auf neun Prozent. Auch Nedelkoska und Quintini gehen näher auf Unterschiede des Automatisierungsrisikos zwischen verschiedenen Staaten ein. Sie schätzen, dass dies nur zu ca. einem Drittel auf Unterschiede in der sektoralen Struktur der Volkswirtschaften zurückzuführen ist. Die Variationen lassen sich vielmehr durch eine unterschiedliche Berufsstruktur innerhalb der Sektoren sowie durch unterschiedliche Tätigkeiten innerhalb der gleichen Berufsbezeichnung über Länder hinweg erklären.

Die Beiträge von Bonin et al. (2015), Arntz et al. (2016) und Nedelkoska und Quintini (2018) machen deutlich, dass die Analyse auf Ebene der Berufe das Automatisierungsrisiko überzeichnen dürfte. Problematisch erscheint allerdings, dass ihre Analysen weiterhin auf den von Frey und Osborne gefundenen, ursprünglich nur für 70 Berufe durch

3 Eine Rolle mag auch spielen, dass Frey und Osborne nur neun der objektiven Variablen von einem Datensatz auswählen, der letztlich viel umfangreicher ist, vgl.: Heinen, Heuer und Kschutschick (2017).

4 Zu Bonin et al. gehören Bonin, Gregory und Zierahn, Arntz et al. sind ausführlicher Arntz, Gregory und Zierahn, d. h. die beiden Forschergruppen sind zu zwei Dritteln identisch.

5 Der tätigkeitsbasierte Ansatz ergibt wiederum neun Prozent für die USA und zwölf Prozent für Deutschland. Vgl. auch Arntz et al. (2017), wo der berufsbierte und der tätigkeitsbasierte Ansatz für die USA dargestellt werden. Die Resultate lauten 38 Prozent und neun Prozent. Der zu Bonin et al. (2015) vergleichsweise niedrigere Wert von 38 Prozent für den berufsbierten Ansatz könnte herrühren von der Verwendung der Mediane der Berufe in den Fällen, in denen Mehrdeutigkeiten bei der Verknüpfung von verschiedenen Beschäftigungsstatistiken auftreten (Medianansatz). Wie oben erwähnt verwenden Bonin et al. stattdessen den Gleichverteilungsansatz.

6 Die Autoren machen keine Angaben über den Typ des Modells, geben aber die verwendeten Variablen in einem Anhang bekannt.

Experten subjektiv vergebenen Automatisierungswahrscheinlichkeiten beruhen. Diese Wahrscheinlichkeiten werden über mehrere Datensätze hinweg, bei denen es Zuordnungsprobleme gibt, auf deutsche Arbeitsmarktdaten übertragen. Dieser Ansatz ist also an mehreren Stellen fehleranfällig. Andere, nicht ganz selbstverständliche Annahmen kommen hinzu, wie die, dass Tätigkeiten in Deutschland dieselben Automatisierungswahrscheinlichkeiten aufweisen würden wie in den USA. Es wird davon ausgegangen, dass Automatisierungstechnologien in beiden Ländern zur Ausübung derselben Tätigkeiten eingesetzt werden.

Einen für den deutschen Arbeitsmarkt direkteren Ansatz als die bisher behandelten Studien wählen Dengler und Matthes (2015b, 2018). Sie stützen sich auf Daten für Deutschland und verwenden Expertenurteile, die sich unmittelbar auf diese deutschen Daten beziehen. Dadurch entfallen die Zuordnungsprobleme und die damit verbundenen Ungenauigkeiten, die entstehen, wenn man unterschiedliche Statistiken miteinander verknüpft.

Anders als Frey und Osborne, Bonin et al. (2015) sowie Arntz et al. (2016) geht es Dengler und Matthes (2015b) aber nicht darum, welchem Automatisierungsrisiko die Berufe künftig ausgesetzt sind. Sie wollen vielmehr wissen, wie stark Berufe schon heute potenziell technologisch ersetzbar sind. Gleichwohl heben Dengler und Matthes aber hervor, dass der Anteil der bereits heute potenziell durch Computer ersetzbaren Tätigkeiten auch „(zukünftige) Beschäftigungsrisiken“ (Dengler/Matthes, 2015a, S. 7) in den verschiedenen Berufen deutlich macht. Zudem sage er etwas darüber aus, „wie stark sich dieser Beruf – höchstwahrscheinlich – in den nächsten Jahren verändern wird“ (Dengler/Matthes, 2015a, S. 7). Wie bei den anderen Studien geht es auch bei ihnen allein um die technische Ersetzbarkeit. Wirtschaftliche, ethische oder juristische Aspekte bleiben unberücksichtigt.

Ihre Berufsdaten stammen aus der Expertendatenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit. Diese Statistik spiegelt Besonderheiten des deutschen Arbeitsmarktes und Bildungssystems wider, da sie zum Beispiel Informationen über die zu erledigenden Aufgaben in der jeweiligen beruflichen Tätigkeit, über die verwendeten Arbeitsmittel, über die Gestaltung von Arbeitsbedingungen, über notwendige Ausbildungen oder rechtliche Regelungen enthält.

Dengler und Matthes (2015b) betrachten die Kernanforderungen eines Berufes, d.h. Anforderungen, die für die Ausübung des Berufes unerlässlich sind, und fragen danach, ob eine Kernanforderung aktuell von Computern oder computergesteuerten Maschinen ausgeführt werden könnte. Wenn das der Fall ist, gilt sie als Routinetätigkeit. Der Anteil dieser Routinetätigkeiten an der gesamten Anzahl der Kernanforderungen wird dann als Maß für die Ersetzbarkeit des betrachteten Berufes interpretiert. Die so gefundenen Ergebnisse auf Einzelberufsebene werden für die Zusammenfassung zu Berufssegmenten und zu einem gesamten Substituierbarkeitspotenzial mit Gewichten versehen, die auf Basis der Beschäftigtenzahlen ermittelt wurden.

Dengler und Matthes (2015b) verfolgen also ebenfalls einen tätigkeitsbasierten Ansatz, der aber bottom-up von den Tätigkeiten auf die Substituierbarkeit eines Berufes schließt. Die Entscheidung, welche Tätigkeit eines Berufes eine Kernanforderung darstellt, haben Berufsexperten im Auftrag der Bundesagentur für Arbeit herausgearbeitet. Die darauf aufbauenden Einschätzungen, ob eine computergesteuerte Maschine oder ein Computer eine Tätigkeit vollumfänglich automatisch erledigen kann, wurden von drei Codierern unabhängig voneinander recherchiert. Soweit es zunächst zu unterschiedlichen Einschätzungen kam, wurde über Diskussion und Entscheidung ein eindeutiges Ergebnis gefunden.

Dengler und Matthes (2015b) orientieren sich bei der Darstellung ihrer Ergebnisse an den Kategorien von Frey und Osborne (2017), indem sie von einem geringen Substitutionspotenzial ausgehen, wenn maximal 30 Prozent der Tätigkeiten durch Computer erledigt werden könnten. Ein mittleres Substituierbarkeitspotenzial wird entsprechend zwischen 30 Prozent und maximal 70 Prozent gesehen, während Anteile der (potenziell ersetzbaren) Routinetätigkeiten von mehr als 70 Prozent ein hohes Substituierbarkeitspotenzial kennzeichnen.

Die Autoren haben ihre Untersuchung inzwischen zweimal durchgeführt. Ihre erste Studie (Dengler/Matthes, 2015b) bezieht sich auf das Jahr 2013 und hat zum Ergebnis, dass 15 Prozent der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland einem hohen Substituierbarkeitspotenzial ausgesetzt sind. Eine zweite Untersuchung (Dengler/Matthes, 2018) für 2016 ergibt einen Vergleichswert von 25 Prozent. Der Anstieg des Substituierbarkeitspotenzials lässt sich dahingehend interpretieren, dass sich die Anforderungsprofile an die Berufe (derzeit) insgesamt langsamer ändern als die potenziellen Einsatzmöglichkeiten neuer Technologien.

Dengler und Matthes (2018) differenzieren unter anderem nach Anforderungsniveaus, die, in der Reihenfolge zunehmender formaler Bildungsabschlüsse, mit „Helfer“, „Fachkräfte“, „Spezialisten“ und „Experten“ bezeichnet werden. Dabei zeigt sich, dass Helfer nicht nur das höchste Substituierbarkeitspotenzial aufweisen und die Substituierbarkeitspotenziale mit zunehmend höherem Bildungsabschluss kleiner werden. Vielmehr sind auch die Zuwächse des Substituierbarkeitspotenzials zwischen den Untersuchungsjahren 2013 und 2016 entsprechend den Bildungsabschlüssen ausgefallen, d.h. bei den Helfern am stärksten, bei den Experten am schwächsten und entsprechend bei den beiden dazwischenliegenden Kategorien.

Dengler und Matthes (2018) analysieren mittels einer einfachen OLS-Regression den Zusammenhang zwischen Beschäftigungswachstum zwischen 2013 und 2016 einerseits und Substituierbarkeitspotenzial im Jahr 2013 andererseits. Nach ihrem Ergebnis war im betrachteten Zeitraum ein um zehn Prozentpunkte höheres Substituierbarkeitspotenzial in einem Beruf mit einem um einen Prozentpunkt geringeren Beschäftigungswachstum in diesem Beruf verbunden. Dengler und Matthes betonen allerdings, dass das Substituierbarkeitspotenzial nicht der einzige Erklärungsfaktor für die Beschäftigungsentwicklung ist. So sei die Beschäftigung der Lager- und Transportarbeiter oder der Mechatroniker in den letzten Jahren trotz eines hohen Substituierbarkeitspotenzials gewachsen. Umgekehrt habe sich die Zahl der Verbraucherberater verringert, obwohl dieser Beruf ein Substituierbarkeitspotenzial von null Prozent aufweise.

Die Analysen von Dengler und Matthes (2018) ermöglichen einen Vergleich zu den Untersuchungen von Bonin et al. (2015) bzw. Arntz et al. (2016), die teilweise auf den Ergebnissen von Frey und Osborne (2017) aufsetzen, diese aber bereits in Richtung eines individuellen Ansatzes weiterentwickelt haben. Dengler und Matthes bestätigen mit ihrer ersten Analyse das entsprechende Ergebnis von Bonin et al. bzw. Arntz et al. Das zweite Ergebnis von ihnen zeigt aber, dass man hier nicht von stabilen Ergebnissen ausgehen kann. Künftige Wiederholungen dieser Untersuchungen können wichtige Anhaltspunkte für die weitere Entwicklung, aber auch nützliche Vergleichsmöglichkeiten für ggf. neue Forschungsansätze bieten.

Ein Schwachpunkt des Frey/Osborne-Ansatzes, der daran anknüpfenden Literatur sowie des Dengler/Matthes-Ansatzes besteht darin, dass einseitig nur die mögliche Arbeitsplatzsubstitution in den Blick genommen wird, so dass das Vorzeichen des Effektes vorgegeben ist.⁷ Es stellt sich mithin gar nicht erst die Frage, ob Arbeitsplätze verloren gehen, sondern nur noch wie viele. Ob eine bestimmte errechnete Zahl aber hoch oder niedrig ist, ist ohne den fehlenden Vergleichsmaßstab „neu entstandener Arbeitsplätze“ kaum zu bestimmen.

Vergangenheitsbezogene Gesamtstudien

Durch den technischen Fortschritt sind indessen nicht nur bestehende Arbeitsplätze gefährdet, es entstehen auch neue Arbeitsplätze und Beschäftigungsfelder.

In theoretischen Modellen zeigen Benzell et al. (2015) und Sachs et al. (2015), dass dort die Automatisierung von Aufgaben durch autonome Systeme keine eindeutigen Vorhersagen auf die dadurch generierte Veränderung der Arbeitsnachfrage erlaubt. Vielmehr hängen die Auswirkungen in den Modellen von einigen Spezifika der Volkswirtschaft ab (Sparquote, Substituierbarkeit von Gütern, die automatisiert hergestellt werden, und Gütern, deren Herstellung nicht automatisiert werden kann, sowie Komplementarität zwischen autonomen Systemen und Arbeit relativ zu traditionellem Kapital), deren Ausgestaltung sich a priori nicht bestimmen lässt. Dies öffnet das Feld für empirische Forschungsarbeiten.

Gregory, Salomons und Zierahn (2016) schätzen die Parameter eines strukturellen Modells und zeigen, dass die Berücksichtigung beider Effekte, also der Arbeitsplatzsubstitution und -schaffung, durch den technischen Fortschritt in den Jahren 1999 – 2010 dazu führte, dass per Saldo 11,6 Millionen neue Jobs durch technischen Fortschritt in Europa entstanden sind. Das ist ungefähr die Hälfte des gesamten Beschäftigungswachstums in dieser Zeitspanne (23 Millionen Arbeitsplätze).

⁷ Darüber hinaus vernachlässigt der Ansatz u. a. den sog. Skaleneffekt, nämlich dass durch technischen Fortschritt typischerweise der Preis des produzierten Gutes sinkt und damit die Nachfrage danach steigt, was tendenziell die Beschäftigung erhöht.

Dabei berücksichtigen die Autoren mehrere Kanäle, über die technischer Fortschritt die Arbeitsnachfrage beeinflussen kann. Erstens führen technische Innovationen dazu, dass Tätigkeiten, die bisher von Personen übernommen wurden, nunmehr durch Maschinen verrichtet werden, falls deren Einsatz günstiger ist (Substitutionseffekt). Zweitens führt dies dazu, dass Herstellungskosten des Produktes und bei kompetitiven Märkten der Preis sinkt, was zu steigender Produktnachfrage nach den günstiger gewordenen Produkten führt. Drittens wird ein Teil der (realen) Einkommenszuwächse durch niedrigere Produktpreise auch für Güter aufgewendet, die selbst nicht durch diesen technischen Wandel betroffen waren. Der erste Effekt tendiert dazu, die Arbeitsnachfrage zu senken, während der zweite und dritte Kanal in die entgegengesetzte Richtung wirken. Den ersten Kanal können die Autoren mit -9,6 Millionen Arbeitsplätzen beziffern, während die Kanäle zwei und drei sich auf +21 Millionen Arbeitsplätze aufsummieren.

Die Autoren argumentieren, dass das positive Ergebnis kritisch davon abhängt, dass das zusätzliche (reale) Einkommen (sowohl Lohn- als auch Kapitaleinkommen) auch tatsächlich in den betrachteten Regionen verbleibt und ausgegeben wird. Wird das Kapitaleinkommen nicht berücksichtigt, so sinkt der Nettoeffekt des technischen Fortschritts auf +1,9 Millionen Arbeitsplätze (gegenüber +11,6 Millionen).⁸ Dabei ist zu bedenken, dass Deutschland Kapital-exporteur ist, dass also wahrscheinlich ist, dass ein Teil der zusätzlichen Einkommen zumindest kurzfristig nicht in Deutschland ausgegeben wird.

Dieses Ergebnis erlaubt auch, die Voraussagen der weiter oben diskutierten Verluststudien zu benchmarken. Die Arbeitsplatzverluste (Substitutionseffekt) bewegen sich im genannten Papier in einer Größenordnung von zehn Millionen über gut zehn Jahre – bei rund 200 Millionen Beschäftigten in Europa (EU 27). Das sind rund fünf Prozent der Beschäftigten, die aufgrund des technischen Wandels ihre Arbeitsplätze verlieren. Je nachdem, ob man die Aussagen der obigen Verluststudien auf zehn oder auf 20 Jahre bezieht (die Verluststudien sind da recht vage), wäre die Größenordnung also vergleichbar mit dem Resultat von Arntz et al. (2016) (zwölf Prozent), oder etwa doppelt so groß; bei Dengler und Matthes (2018) ist das Verlustrisiko mit 25 Prozent deutlich höher.

Lehmer und Matthes (2017) wählen einen anderen Ansatz, um Gesamtbeschäftigungseffekte abzuschätzen. Hierzu wurden gemeinsam durch das IAB und ZEW Betriebe befragt⁹, inwiefern digitale Technologien eingesetzt werden und in welche digitalen Technologien in den vergangenen fünf Jahren investiert wurde. In Verbindung mit administrativen Daten der Bundesagentur für Arbeit wurde dann der Zusammenhang zwischen digitalen Investitionen und Beschäftigungsentwicklung innerhalb der Betriebe geschätzt. Insgesamt zeigt sich in einzelnen Bereichen ein negativer Zusammenhang zwischen Investitionen und Beschäftigungsentwicklung (z. B. Fachkräfte im Bereich wissensintensive Dienstleister), während sich in anderen Bereichen ein positiver Zusammenhang abzeichnet (z. B. bei Experten in IKT-Vorreiter-Betrieben). Über alle Beschäftigtengruppen hinweg aber zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang im betrachteten Zeitraum. Das liefert einen Hinweis, dass ein starker, direkt wirkender negativer Effekt der Digitalisierung auf Beschäftigung insgesamt nicht vorhanden ist.

Arntz et al. (2018) nutzen die gleiche Datenbasis, um in einem strukturellen Modell der Gesamtwirtschaft auf Sektorebene die Auswirkungen betrieblicher Investitionen in technologischen Wandel auf Beschäftigung, Löhne und Arbeitslosigkeit insgesamt zu schätzen. In der Analyse wird zwischen Investitionen in drei verschiedene Technologiearten unterschieden: manuell gesteuerte und nicht IT-gestützte Technologien der ersten und zweiten industriellen Revolution (1.0/2.0), indirekt gesteuerte und IT-gestützte Technologien der dritten industriellen Revolution (3.0) (z. B. Computer), und selbststeuernde und IT-integrierte Technologien der vierten industriellen Revolution (4.0). Dabei zeigen die Autoren, dass die betrieblichen Investitionen in den Jahren 2011 bis 2016, die auch durch Lehmer und Matthes (2017) analysiert werden, über die fünf Jahre insgesamt zu einem Beschäftigungsanstieg von einem Prozent geführt haben. Einem Rückgang der Beschäftigung von fünf Prozent aufgrund von Substitutionseffekten zwischen Kapital und Arbeit standen starke Produktnachfrageeffekte gegenüber, sodass es per Saldo zu einem Beschäftigungsaufbau kam. Die Entwicklungen unterscheiden sich jedoch entlang der Lohnverteilung sowie zwischen Sektoren. So hat die Beschäftigung im Niedriglohnbereich stärker zugenommen als im mittleren Lohnsegment. Die Arbeitslosenquote ist in dem gleichen Zeitraum aufgrund der Investitionen um 0,9 Prozentpunkte gesunken. Die Autoren weisen

8 Hierzu wird das theoretische Modell derart modifiziert, dass zusätzliches Kapitaleinkommen nicht ausgegeben wird, und entsprechend empirisch umgesetzt.

9 Arbeitswelt-4.0-Betriebsbefragung des IAB und des ZEW.

allerdings daraufhin, dass die Verbreitung von 4.0-Technologien bisher langsam verlaufen ist und ihr Anteil an den Produktions-, Büro- und Kommunikationsmitteln bisher nur fünf bis acht Prozent beträgt. Auf Basis der Befragung schätzt die Studie jedoch, dass die Adaption sich beschleunigen wird.¹⁰

Zu der Literatur, ob technischer Fortschritt per Saldo Arbeitsplatzgewinne oder -verluste impliziert, tragen auch die Papiere von Graetz und Michaels (2015), Acemoglu und Restrepo (2016, 2017) und Dauth und Koautoren (2017) mit Ergebnissen für Deutschland bei. Untersucht werden jeweils die Auswirkungen des Einsatzes von Industrierobotern als einer Ausprägung der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt.

In einem rein theoretischen Modell studieren Acemoglu und Restrepo (2016), inwiefern die Automatisierung von Aufgaben auf der einen Seite und die Schaffung neuer Aufgaben, die (zunächst) von Menschen erledigt werden, auf der anderen Seite mit Blick auf Beschäftigung und Löhne zusammenhängen. Sie argumentieren, dass Technologieschübe, die zu schnellerer Automatisierung führen, einen direkten Anreiz bieten, wieder mehr in arbeitsintensive Aufgaben und weniger in Automatisierung zu investieren. Das liegt daran, dass die Automatisierung Arbeit günstiger macht und daher die Entwicklung arbeitsintensiver Aufgaben begünstigt. In dem Modell tendieren Selbstkorrekturkräfte dazu, das Beschäftigungsniveau zu stabilisieren, den Arbeitnehmeranteil am Volkseinkommen konstant zu halten und den Anstieg der Ungleichheit zu begrenzen.

Graetz und Michaels (2015) sind die ersten, die Daten der International Federation of Robotics (IFR) verwenden, um den Effekt der Installation zusätzlicher Industrieroboter auf den Arbeitsmarkt abzuschätzen. Sie zeigen mit Daten für 17 Länder und 14 Wirtschaftszweige für den Zeitraum 1993 – 2007, dass die Preise für Industrieroboter dramatisch gesunken sind (1990 – 2005), während deren Nutzung ebenso deutlich gestiegen ist (Zuwachs von 150 Prozent pro gearbeitete Stunde). Außerdem zeigen sie, dass Deutschland im internationalen Vergleich Roboter am intensivsten nutzt und dass der Zuwachs der Roboternutzung in Deutschland am höchsten war. Mit Regressionen auf Basis von Land-Wirtschaftszweig-Zellen kommen sie zu dem Ergebnis, dass Industrieroboter sowohl Arbeitsproduktivität, die totale Faktorproduktivität als auch die Durchschnittslöhne erhöhen. Die Zahl der insgesamt gearbeiteten Stunden wird zwar nicht signifikant beeinflusst. Allerdings sprechen einige Beobachtungen dafür, dass die Zahl der Beschäftigten mit einer geringen oder mittleren Qualifikation in dem Beobachtungszeitraum durch den Einsatz von Robotern gesunken ist. Nach Berechnungen der Autoren haben Roboter pro Jahr im Durchschnitt 0,37 Prozentpunkte zum BIP-Wachstum und 0,36 Prozentpunkte zum Wachstum der Arbeitsproduktivität beigetragen.

Kritisch ist bei dieser Studie, dass Regressionen auf einer solchen aggregierten Ebene (Vergleich von Volkswirtschaften) immer durch eine Vielzahl von Störfaktoren betroffen sind. Daher konzentrieren sich Acemoglu und Restrepo (2017) und Dauth und Koautoren (2017) auf jeweils ein Land, die USA und Deutschland.

Acemoglu und Restrepo (2017) verwenden die Daten der IFR, um die Betroffenheit 722 lokaler Arbeitsmärkte in den USA abzuschätzen. Dabei wird die lokale Betroffenheit durch die nationale bzw. wirtschaftszweigspezifische Betroffenheit und die lokale Zusammensetzung der Wirtschaftszeige bestimmt. Das verwendete Maß kann also die wahre lokale Betroffenheit nur approximieren. Die geschätzten Gleichungen leiten die Autoren aus einem theoretischen Modell ab. Die geschätzten Ergebnisse sind robust gegenüber einer Berücksichtigung der Tatsache, dass Roboter in einer Region den Preis des produzierten Gutes überregional beeinflussen, der Berücksichtigung umgekehrter Kausalität (durch einen Instrumentvariablenansatz), lokaler Arbeitsmarktcharakteristika, der Importpenetration, dem Rückgang von Arbeitsplätzen durch Verdrängung von Routinejobs durch Software und Arbeitsmarkteffekten durch Offshoring.

Die Autoren errechnen einen robusten deutlichen negativen Effekt des Einsatzes von Industrierobotern auf den US-amerikanischen Arbeitsmarkt: Ein zusätzlicher Roboter pro tausend Arbeitnehmern in einer Region reduziert das regionale Verhältnis von Beschäftigung zu Bevölkerung um 0,34 Prozentpunkte und führt bei den Arbeitnehmern zu einem Lohnsatz, der um 0,5 Prozent unterhalb des Lohnes der Arbeitnehmer in Regionen mit unverändertem Robotereinsatz liegt. Der Beschäftigungseffekt entspricht einer Verdrängung von 5,6 Arbeitnehmern durch einen zusätzlichen Roboter.

10 Zukunftsgerichtete Ergebnisse der Studie werden im Teil „Zukunftsbezogene Studien“ beschrieben.

Dauth, Findeisen, Suedekum und Woessner (2017) führen wie Acemoglu und Restrepo (2017) mit den Daten der IFR eine regionale Analyse für 402 deutsche Kreise durch. Auch sie konstruieren ein Maß der regionalen Betroffenheit nach obigem Muster. Darüber hinaus analysieren sie aber nicht nur die regionale Betroffenheit, sondern auch den Effekt der regionalen Roboterexposition auf individuelle Erwerbsverläufe im Verarbeitenden Gewerbe. Sie können also über den aggregierten Effekt hinaus untersuchen, ob der Effekt des zunehmenden Robotereinsatzes auf Beschäftigung über Einstellungen oder Entlassungen zustande kommt. Deutschlands hoher Beschäftigungsanteil im Verarbeitenden Gewerbe, die Tatsache, dass die Roboterintensität in Deutschland hoch ist und zwischen 1994 und 2014 eine Rekordzunahme ausweist (von zwei pro 1.000 Arbeitnehmern auf 7,6 pro 1.000 Arbeitnehmern, Automobilindustrie Zunahme 60 – 100 Roboter pro 1.000 Arbeitnehmern). Dass Deutschland nicht nur Roboter einsetzt, sondern auch produziert, macht Deutschland zu einem besonders interessanten Fall.

Die Ergebnisse stehen in deutlichem Kontrast zu den Resultaten von Acemoglu und Restrepo (2017) für den US-amerikanischen Arbeitsmarkt. In Deutschland hat der steigende Einsatz von Robotern nach der Studie von Dauth, Findeisen, Suedekum und Woessner (2017) bisher nicht zu einem Rückgang der Beschäftigung geführt. Vielmehr wurde der Strukturwandel dadurch beschleunigt; einem Abbau der Industriebeschäftigung (zwei Arbeitnehmer pro Roboter) folgte eine entsprechende Zunahme im Dienstleistungsgewerbe, die ebenfalls auf den Robotereinsatz zurückzuführen ist. Dabei ist der Rückgang im Verarbeitenden Gewerbe statistisch signifikant bei niedrig- und mittelqualifizierten Arbeitnehmern nachzuweisen, während die Zunahme im Dienstleistungssektor statistisch signifikant nur bei Hochqualifizierten nachgewiesen wird. Obwohl insgesamt also kein Beschäftigungseffekt nachgewiesen werden kann, zeigt sich doch eine Verschiebung von niedrigen und mittleren Qualifikationen hin zu hohen Qualifikationen.¹¹ Interessant ist, dass der negative Beschäftigungseffekt im Verarbeitenden Gewerbe nicht durch Entlassungen zustande kommt, sondern durch ein geringeres Maß an Neueinstellungen. Über Arbeitnehmergruppen hinweg zeigt sich zudem, dass hochqualifizierte Arbeitnehmer im Verarbeitenden Gewerbe durch den Einsatz von Robotern Lohngewinne erzielen können, während die Löhne von Gering- und Mittelqualifizierten im Verarbeitenden Gewerbe durch Roboter unter Druck geraten.

Diese deutsche Reaktion auf den steigenden Einsatz von Industrierobotern wird von den Autoren als Ergebnis des deutschen Sozialmodells interpretiert, in dem starke Tarifvertragsparteien im Verarbeitenden Gewerbe eine vergleichsweise moderate Lohnentwicklung zugunsten von Beschäftigungsstabilität akzeptieren.

Darüber hinaus finden die Autoren, dass die durchschnittliche Arbeitsproduktivität durch den Einsatz von Industrierobotern gestiegen ist. Bei den durchschnittlichen Löhnen hat sich durch den Einsatz der Roboter bemerkenswerterweise keine Erhöhung ergeben. Mithin hat nach diesen Erkenntnissen also der steigende Einsatz der Industrieroboter auch zu einem Rückgang des Arbeitnehmeranteils am BIP beigetragen.¹²

Abschließend ist zu den Studien von Acemoglu und Restrepo (2017) und Dauth et al. (2017) kritisch anzumerken, dass angesichts der bislang nicht idealen Datenbasis, die die Betroffenheit durch den Einsatz von Robotern nur näherungsweise erfasst, keine voreiligen Schlussfolgerungen gezogen werden sollten.

Im Gesamtbild der diskutierten Studien zu den Auswirkungen des technischen Fortschritts auf die Gesamtbeschäftigung in der Vergangenheit, aber auch wirtschaftshistorische Betrachtungen (wie bspw. Autor, 2015) geben zum derzeitigen Zeitpunkt jedenfalls keinen Anlass zur Sorge eines gesteigerten Beschäftigungsabbaus.

11 Zu bedenken ist hier, dass es häufig schwierig sein wird, Personen mit niedrigen Qualifikationen zu Personen mit hohen Qualifikationen zu entwickeln. Wahrscheinlicher ist, dass Qualifikationspyramiden entstehen, dass also aus Personen mit niedrigen Qualifikationen Personen mit mittleren Qualifikationen gemacht werden und dass Personen mit mittleren Qualifikationen zu Personen mit hohen Qualifikationen entwickelt werden. Ein Teil der Höherqualifikation kann außerdem über den demografischen Wandel, also über das Ausscheiden älterer weniger gut qualifizierter Kohorten und das Eintreten jüngerer besser qualifizierter Kohorten stattfinden.

12 Zum Rückgang des Arbeitnehmeranteils am BIP, siehe bspw. Autor et al. (2017).

Zukunftsbezogene Gesamtstudien

Außer den oben beschriebenen vergangenheitsbezogenen Studien zur Gesamtwirkung der Digitalisierung auf die Beschäftigung gibt es einige Studien, die zukunftsbezogen versuchen, Gesamtbeschäftigungswirkungen der Digitalisierung abzubilden.

Eine Studie von McKinsey (MGI, 2017) ermittelt für insgesamt 46 Länder auf der Basis verschiedener Szenarien die Wirkungen der Digitalisierung – und zwar hauptsächlich die der Automatisierung – auf die Beschäftigung bis 2030. Die Studie basiert auf einer Kombination einer Variante des Frey/Osborne-Ansatzes für die Verlustanalyse und einer makroökonomischen Simulation für zusätzlich geschaffene Arbeitsplätze.

Die Entwicklung von rund 800 Berufen im Zuge der Digitalisierung wird anhand der in den Berufen ausgeführten Aktivitäten und ihrer Stundenzahl untersucht. Insgesamt bewertet die Studie von McKinsey auf Basis von wissenschaftlicher Forschung und Expertenmeinungen 2.000 Aktivitäten nach ihrem Automatisierungspotenzial. Bei der Bewertung spielt neben der technischen Möglichkeit der Automatisierung auch die Wirtschaftlichkeit (Implementationskosten und Löhne) auf Unternehmensebene eine Rolle. Dabei werden verschiedene Szenarien mit Blick auf die Implementierungsgeschwindigkeit berücksichtigt. Zur Bestimmung der Anzahl der Jobs, die durch Automatisierung in Zukunft wegfallen können, wird anders als in Frey und Osborne (2017) die Annahme getroffen, dass jede automatisierbare Arbeitsstunde einen proportionalen Jobverlust bedeutet. Werden z.B. Aktivitäten automatisiert, die innerhalb eines Berufs fünf Prozent aller Arbeitsstunden ausmachen, so nimmt die Studie an, dass insgesamt fünf Prozent aller Jobs in diesem Beruf in Zukunft aufgrund von Automatisierung wegfallen werden. Implizit wird bei dieser Rechnung davon ausgegangen, dass der Anteil der jeweiligen Berufe innerhalb der Wirtschaft sowie die notwendigen Aktivitäten in diesen Berufen bis 2030 von sonstigen Trends nicht betroffen sind.¹³ Auf Basis dieser Methodik kommt die Studie für Deutschland in einem Szenario mit mittlerer Implementierungsgeschwindigkeit (des Arbeitsplatzabbaus) zu einer Reduktion von Arbeitsstunden durch Automatisierung in Höhe von 24 Prozent und unter den getroffenen Annahmen somit zu einem Arbeitsplatzabbau von ca. neun Millionen bis 2030. Das liegt über dem weltweiten Schnitt von 15 Prozent (in diesem Szenario). Für die USA findet die Studie mit 23 Prozent einen ähnlichen Wert wie für Deutschland.

Wie die Autoren der Studie selbst feststellen, ist es allerdings möglich, dass Arbeitnehmer innerhalb des Berufs andere Aktivitäten übernehmen und somit der Anteil der wegfallenden Jobs unterproportional ausfällt. Historisch sei dies bisher zumeist der Fall gewesen. Die Autoren argumentieren jedoch auch, dass die Digitalisierung innerhalb verschiedener Berufe zu ganz neuen Prozessabläufen führen könnte, die insgesamt mit noch weniger Personalaufwand auskommen können. A priori sei daher nicht eindeutig zu bestimmen, ob die getroffene Annahme die wegfallenden Jobs unter- oder überschätzt.

Um die Nettoentwicklung von Arbeitsplätzen bis 2030 insgesamt zu bewerten, schätzt die Studie neben den Automatisierungsverlusten auch den zukünftigen Arbeitsnachfragezuwachs aufgrund unterstellter Entwicklungen. Dabei wird die Zunahme der Nachfrage für verschiedene Berufe bis 2030 auf Basis von sieben globalen Trends (z.B. Investitionen in Infrastruktur, Bauinvestitionen, Energiewende, demografischer Wandel, Einkommenswachstum) projiziert. Es wird zwischen zwei Szenarien unterschieden. Das erste Szenario schreibt zunächst bisherige Entwicklungen fort, während das zweite eine Beschleunigung der Trends (z.B. erhöhte Investitionen) annimmt. Die Ergebnisse dieser Projektion werden im Weiteren mit den Verlustergebnissen verglichen, um ein „Gesamtergebnis“ zu ermitteln bzw. zu bewerten, ob es in Zukunft ausreichend Arbeitsplätze geben wird, um den vorhergesagten, durch die Automatisierung entstehenden Verlust auszugleichen. Nach dieser Rechnung würde in Deutschland aufgrund der unterstellten Trends (im Basisszenario bis 2030) ein Arbeitsnachfragezuwachs von zehn Millionen Jobs bestehen, sodass per Saldo nach Berücksichtigung der vorhergesagten Verluste durch Automatisierung insgesamt eine Million neue Arbeitsplätze zur Verfügung stehen könnten.¹⁴ In einem beschleunigten Szenario ständen elf Millionen neue Jobs zur Verfügung, per Saldo also zwei Millionen zusätzliche Arbeitsplätze. Unterscheidet man im Basisszenario nach Berufen, so legen die Ergebnisse nahe, dass drei Millionen Personen ihren Beruf in Zukunft voraussichtlich wechseln müssen.

13 In einem sehr schnellen Implementierungsszenario schätzt die Studie sogar einen Verlust von 47 Prozent.

14 Zudem schätzt die Studie, dass die Erwerbsbevölkerung aufgrund einer alternden Gesellschaft bis 2030 um drei Millionen sinken wird, sodass davon auszugehen sei, dass auch in Zukunft ausreichend Jobs für die Erwerbsbevölkerung zur Verfügung stehen werden.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die zehn Millionen zusätzlichen Jobs keine neuen Berufe oder Sektoren darstellen, die allein durch die Digitalisierung geschaffen werden, sondern (im Modell) durch die Kombination verschiedener wirtschaftlicher Trends (also nicht nur durch Digitalisierung) entstehen. Die Rechnung beantwortet daher nicht direkt die Frage, welche Beschäftigungseffekte die Digitalisierung insgesamt haben wird, sondern bemüht sich um eine Einschätzung zu der Frage, ob in Zukunft trotz Automatisierung genug Arbeitsplätze zur Verfügung stehen, um die im Zuge der Digitalisierung freigesetzten Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer in neue Beschäftigung zu integrieren.

Neben der einfachen Gegenüberstellung der Verlustrechnung und der Arbeitsnachfrage schätzt die Studie zudem ein gesamtwirtschaftliches Makromodell, um auch Feedbackeffekte über ein z. B. gesteigertes Wirtschaftswachstum im Zuge der Automatisierung zu berücksichtigen. Die Ergebnisse zur Anzahl automatisierter Jobs und der damit verbundenen Investitionen fließen dabei als Inputgröße ein. Zudem wird ein Produktivitätswachstum unterstellt, das bei einer geringeren Anzahl von Beschäftigten die Produktion stabil hält. Es werden verschiedene Annahmen über die Wiedereinstellungsraten der durch die Automatisierung verdrängten Arbeitnehmer getroffen. Für Deutschland werden aber keine separaten Ergebnisse berichtet. Die Autoren schreiben, dass der Arbeitsmarkt in Deutschland flexibel genug sei, um die meisten freigesetzten Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bis 2030 zu reintegrieren.

Zwei weitere zukunftsbezogene Gesamtstudien gehen über die Analyse der McKinsey-Studie (2017) hinaus und konzentrieren sich neben dem Automatisierungspotenzial, das die Digitalisierung bietet, insbesondere auch auf weitere Effekte der Digitalisierung innerhalb der Wirtschaft wie z. B. Produktinnovationen. Dabei werden jeweils Szenarien betrachtet, die eine Intensivierung des Digitalisierungsprozesses in den nächsten Jahren unterstellen. Die Ergebnisse werden dabei, anders als in der McKinsey-Studie, nicht mit der derzeitigen Wirtschaftssituation verglichen, sondern mit einem Basisszenario, das sich aus bereits jetzt bestehenden Entwicklungen (im Bereich der Digitalisierung und in anderen Bereichen) bis 2025/2030 ergibt.

Vom IAB stammt eine Studie (Wolter et al., 2016), die auf einer makroökonomischen Simulation eines Digitalisierungsszenarios auf Basis der VGR-Daten bis 2025 beruht. Neben weiteren gesamtwirtschaftlichen Kennzahlen weist das Modell insbesondere Beschäftigungsgewinne und -verluste für insgesamt 50 Berufsgruppen aus.¹⁵

Das Szenario setzt sich aus fünf Teilszenarien zusammen, die sukzessiv aufeinander aufbauen und bisherige Erkenntnisse und Befunde als Grundlage für getroffene Annahmen heranziehen. Für die ersten beiden Teilszenarien wird von einer Steigerung der (1) Investitionen in Ausrüstung um insgesamt 185 Mrd. Euro¹⁶ und (2) Bauinvestitionen um zwölf Mrd. Euro ausgegangen. Im dritten Teilszenario werden zudem Kosten- und Gewinnstrukturen von Unternehmen im Zuge der Digitalisierung angepasst. In dem Modell wird dies durch höhere Unternehmensausgaben für Weiterbildung (ca. 25 Mrd. Euro), für Beratungsleistungen und IT-Dienstleistungen (Verdopplung im Produzierenden Gewerbe, Steigerung um 66 Prozent im Dienstleistungssektor), durch Senkung von Ausgaben für Materialaufwendungen (0,72 Prozent im Verarbeitenden Gewerbe, 0,8 Prozent im Dienstleistungsgewerbe) und Logistik (0,8 Prozent im Verarbeitenden Gewerbe, 0,65 Prozent im Dienstleistungsgewerbe) sowie eine um ein Prozent höhere Arbeitsproduktivität umgesetzt.

In einem vierten Teilszenario wird speziell der Frage einer veränderten Nachfragestruktur nach Berufen und Qualifikationen nachgegangen. Die Studie greift dabei auf bereits bestehende Studien und Ergebnisse zum Automatisierungspotenzial einzelner Berufe zurück und nutzt diese als Input. Es wird angenommen, dass Tätigkeiten mit hohem Routineanteil in Zukunft ab- und Tätigkeiten mit geringem Routineanteil zunehmen werden. Um den Routineanteil und somit das Automatisierungspotenzial abzuschätzen, bezieht sich die Studie auf den oben beschriebenen Ansatz von Dengler und Matthes (2015). Dabei wird die Annahme getroffen, dass insgesamt nur maximal 50 Prozent aller Routinetätigkeiten tatsächlich automatisiert werden. Da Unternehmen eine solche Umstellung nur durchführen, wenn sie

15 Eine Vorgängerstudie des IAB aus dem Jahr 2015 (Wolter et al., 2015) untersucht ebenfalls die Fragestellung. Während die Studie aus 2015 Effekte einer digitalisierten Industrie 4.0 beschreibt, wird in der hier dargestellten Studie aus 2016 die Digitalisierung der gesamten Wirtschaft (Wirtschaft 4.0) abgebildet.

16 Von den zusätzlichen Investitionen in Höhe von 185 Mrd. entfallen ca. 45 Mrd. Euro auf Landwirtschaft und Produzierendes Gewerbe und 140 Mrd. auf den Dienstleistungsbereich. In der 2015er Studie zum Szenario Industrie 4.0 sind es mit Beschränkung auf das Verarbeitende Gewerbe und die Landwirtschaft knapp 40 Mrd. Euro.

zumindest geringfügig gewinnsteigernd ist, wird ähnlich wie in der McKinsey-Studie (2017) eine zusätzliche Erhöhung der Arbeitsproduktivität um 0,23 Prozent angenommen.

In einem letzten Teilszenario wird zudem eine steigende Nachfrage nach sowohl bereits existierenden als auch nach neuen Gütern angenommen. Die Staatsausgaben in den Bereichen Cyberkriminalität und Cyberkriegsführung steigen dabei um fünf Prozent. Die Nachfrage privater Haushalte erhöht sich in diesem Szenario für Güter bis 2025 um zwei Prozent und für Dienstleistungen um drei Prozent. Um eine höhere Qualität und einen höheren Grad an Individualisierung abzubilden, wird zudem eine gesteigerte Zahlungsbereitschaft von 0,66 Prozent für Güter und von einem Prozent für Dienstleistungen angenommen.

Die fünf Teilszenarien werden über Anpassung entsprechender Parameter in dem zugrunde liegenden Prognose- und Simulationsmodell abgebildet. Als Referenzszenario dient eine Projektion, die sich aus den bereits bestehenden Entwicklungen und Trends ableiten lässt. Dies bezieht sich auch auf die derzeit vorhandene Fortschrittsrate technologischer Entwicklungen. Es wird somit eine Aufstockung entsprechender Investitionen in diesem Bereich bisherigen Trends gegenübergestellt.¹⁷

Die Effekte auf die Beschäftigung relativ zu einem Referenzszenario ohne (beschleunigte) Digitalisierung sind relativ gering.¹⁸ So schätzt die Studie, dass bis 2025 per Saldo gegenüber dem Basisszenario rund 30.000 Arbeitsplätze verloren gehen können. Das entspricht ca. 0,1 Prozent aller Beschäftigten und ist damit sehr gering. Allerdings wird durch den beschleunigten technischen Wandel der Übergang zur Dienstleistungsgesellschaft bis 2025 beschleunigt. In Branchen, in denen die Beschäftigung rückläufig ist, ist demnach mit einem Verlust von 320.000 Arbeitsplätzen zu rechnen, während in anderen Branchen insgesamt 290.000 zusätzliche entstehen können.¹⁹ Verluste werden durch die beschleunigte Digitalisierung in der Landwirtschaft und dem Produzierenden Gewerbe zu verzeichnen sein, während der IKT-Sektor seine Arbeitsnachfrage deutlich ausbaut. Auf der Ebene der Berufsfelder können insgesamt 1,22 Millionen Arbeitsplätze wegfallen und 1,19 Millionen (in anderen Berufsfeldern) neu entstehen. Werden Berufsfelder zudem nach Anforderungsniveau aufgesplittet, können etwa 1,5 Millionen Arbeitsplätze durch Digitalisierung verloren gehen, während etwa genauso viele Arbeitsplätze (in anderen Berufsfeld-Anforderungsniveau-Zellen) neu entstehen können.

Interessant ist dabei auch die separate Betrachtung des Teilszenarios (4), in dem Annahmen zur Automatisierung von Routinetätigkeiten getroffen werden. Vergleicht man dieses Szenario mit Teilszenario (3), welches bereits Investitionen und Anpassungen von Unternehmenskosten und -gewinnstrukturen im Zuge der Digitalisierung beinhaltet, ergibt sich durch die Automatisierungsannahme per Saldo ein Verlust von 130.000 Arbeitsplätzen bis 2025.

Auch die Ergebnisse von Vogler-Ludwig et al. (2016) im Auftrag des BMAS beruhen auf einem makroökonomischen Simulationsmodell, das zwischen 44 Wirtschaftszweigen unterscheidet und die gesamtwirtschaftlichen Effekte eines Digitalisierungsszenarios bis 2030 berechnet. Dabei wird in dem simulierten Szenario davon ausgegangen, dass eine Vorreiterrolle im Bereich von Industrie 4.0 angestrebt wird (z.B. durch entsprechende Investitionen, weltweite Anwerbung von IT-Experten etc.), neue Technologien die gesamte Wirtschaft, Bevölkerung und den öffentlichen Sektor durchdringen, die notwendigen Voraussetzungen dafür geschaffen werden (z. B. Anpassung von Bildungsinhalten, geringerer Wettbewerbsschutz „analoger Märkte“, hohe Akzeptanz durch die Bürger) und entsprechende Konsequenzen daraus folgen (z. B. Automatisierung).

Zur Implementierung des Szenarios einer im Gegensatz zur derzeitigen Entwicklung beschleunigten Digitalisierung wird zunächst der Einfluss von sechs verschiedenen Technologiefeldern (Vernetzung, Robotik, 3D-Druck, Autonomes Fahren, Plattformen, KI/Big Data) auf Nachfrage und Produktivität in den einzelnen Wirtschaftszweigen auf Basis der Fachliteratur quantitativ bewertet. Entsprechend den Ergebnissen werden Nachfrage und (Kapital-)Produktivität in dem Simulationsmodell angepasst. Ähnlich wird bei der Schätzung der Erwerbstätigkeit und der Berufe innerhalb des

17 Für Entwicklungen in anderen Ländern trifft die Studie die Annahme, dass Deutschland eine Vorreiterrolle bei dem Thema Wirtschaft 4.0 einnimmt.

18 Die zitierten Ergebnisse beziehen sich auf die Kombination aller fünf Teilszenarien.

19 In der 2015er Studie, die sich auf eine Industrie 4.0 beschränkt, finden die Autoren einen Verlust von insgesamt 60.000 Arbeitsplätzen, wobei über Branchen hinweg 200.000 Arbeitsplätze wegfallen und 140.000 neue hinzukommen.

Modells vorgegangen. Hier werden sowohl begünstigende als auch benachteiligende Faktoren im Sinne von Automatisierungspotenzialen, die wiederum auf Basis oben beschriebener Studien geschätzt werden²⁰, ermittelt und in die Simulation aufgenommen. Die Ergebnisse werden mit einem Basisszenario verglichen, das die Entwicklung ohne zusätzliche bzw. weitergehende Anstrengungen im Bereich der Digitalisierung abbildet. Insofern ist der Ansatz mit der oben beschriebenen IAB-Studie vergleichbar.

Nach den Berechnungen könnte eine beschleunigte Digitalisierung zu Beschäftigungszuwächsen per Saldo in Höhe von rund 250.000 Personen bis 2030 relativ zum Basisszenario führen und die Erwerbslosenquote um 20 Prozent sinken. Ähnlich zu den anderen Studien weist die Analyse neben den gesamtwirtschaftlichen Effekten zudem Strukturverschiebungen zwischen Sektoren und Berufen auf. In 27 Sektoren, die durch Digitalisierung Einbußen zu verzeichnen haben, werden 750.000 Personen weniger benötigt als im Referenzszenario, während in 13 Sektoren, die Beschäftigungszuwächse aufweisen, insgesamt eine Million Jobs entstehen. Unterscheidet man zudem zwischen unterschiedlichen groben Berufsgruppen, so schätzt die Studie, dass insgesamt 310.000 Arbeitsplätze wegfallen, während 580.000 (in anderen Berufsgruppen) neu entstehen. Das führt auch dazu, dass es zu einer Verschiebung der Qualifikationsstruktur kommt. So schätzt die Studie, dass die Nachfrage nach Arbeitnehmern mit einem Hochschulstudium bis 2030 um 530.000 Absolventen steigen wird.

Schließlich nutzen auch Arntz et al. (2018) ihre oben vorgestellten Ergebnisse zu den Effekten von Technologieinvestitionen im Zeitraum 2011 – 2016, um Szenarien für die zukünftige Entwicklung zu beschreiben. Dabei greifen sie erneut auf die Betriebsumfrage zurück, in der Unternehmen nicht nur über vergangene Investitionen, sondern auch zu ihren Investitionsplänen für die nächsten fünf Jahre befragt wurden. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die von den Unternehmen geplanten zusätzlichen Investitionen einen Beschäftigungszuwachs von 1,8 Prozent über den Zeitraum von fünf Jahren generieren könnten. Interessant dabei ist jedoch, dass – anders als bei bisherigen Investitionen, die hauptsächlich zu Substitution von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern geführt haben – die zukünftigen Investitionspläne eine verstärkte Implementierung von Industrie 4.0-Technologien vorsehen, die mittelfristig komplementär zum Faktor Arbeit sind und somit zu einem höheren Fachkräftebedarf führen könnten. Dies könne wiederum zu steigenden Kosten und somit einem negativen Produktnachfrageeffekt führen, der den positiven Effekt der wachsenden Fachkräftenachfrage dämpft. Die Ergebnisse stünden somit Befürchtungen entgegen, dass die Implementierung neuerer Technologien in Zukunft per se zu einer sinkenden Arbeitsnachfrage führen könnte.²¹ Wie auch andere Studien gehen die Autoren allerdings von einer Strukturverschiebung zwischen Berufen aus. So schätzen sie, dass unter den geplanten Investitionen kognitive Routine-Berufe um 3,8 Prozent sinken, während analytische Berufe um 8,5 Prozent wachsen könnten.

Die geschätzten Beschäftigungsgewinne bzw. -verluste unterscheiden sich zwischen den verschiedenen Studien z.T. deutlich. Dies ist zum einen sicherlich auf Unterschiede bei Annahmen und Modellspezifikationen der verschiedenen Analysen zurückzuführen. Die unterschiedlichen Ergebnisse sind zudem darauf zurückzuführen, dass die Modelle unterschiedliche Ziele verfolgen: Während die IAB-Studie(n) (Wolter et al., 2015, 2016) und die BMAS-Studie (Vogler-Ludwig et al., 2016) Ergebnisse relativ zu einem Basisszenario präsentieren, verfolgt McKinsey (2017) einen anderen Ansatz. Ihre Ergebnisse sind relativ zum Status quo zu interpretieren und daher nicht eins zu eins mit den Effekten der Digitalisierung in Verbindung zu setzen.

Zum anderen zeigen die Unterschiede allerdings auch, wie schwierig es ist, einen so unsicheren bzw. dynamischen Prozess wie die Digitalisierung eindeutig in einem quantitativen Modell abzubilden. Neben modellspezifischen Annahmen müssen immer Annahmen zur Intensität und Ausgestaltung des Digitalisierungsprozesses sowie den spezifischen Investitionen getroffen werden. Die Ergebnisse von Arntz et al. (2018) zeigen z. B., dass nicht alle zukünftigen Technologien einen rein automatisierenden Charakter haben, sondern durchaus (zumindest kurz- und mittelfristig) komplementär zu Fachkräften eingesetzt werden könnten („Assistenzsysteme“). Zusammenfassend ist festzustellen, dass keine der beschriebenen gesamtwirtschaftlichen Studien einen ausgeprägten Rückgang der Beschäftigung

20 Die Autoren beziehen sich zwar explizit auf die Studien von Frey und Osborne (2017), Bonin et al. (2015) und Dengler und Matthes (2016), lassen aber offen, wie sie den daraus resultierenden berufsspezifischen „Automatisierungsindex“ bilden.

21 Dies gelte zumindest mittelfristig. Langfristig bestünde jedoch die Möglichkeit, dass nach einer Implementierungsphase das entsprechende Know-how aufgebaut wurde und auch Industrie 4.0-Technologien automatisierend wirken könnten.

(durch Digitalisierung) in den nächsten 15 Jahren voraussagt. Einig sind sich die Studien zudem darin, dass es allerdings einen beschleunigten Strukturwandel durch die Digitalisierung geben wird, der zu deutlichen Verschiebungen zwischen verschiedenen Berufen führen kann.

Kommt der große Umbruch auf dem Arbeitsmarkt? Ein wirtschaftspolitischer Ausblick

Die hier diskutierten Studien geben einen Ausblick darüber, wie sich die Anzahl der zukünftigen Arbeitsplätze als Folge der Digitalisierung entwickeln kann. Dabei ist zu bedenken, dass weder die Anzahl der wegfallenden noch die Anzahl der neu entstehenden Arbeitsplätze im Vorhinein feststeht. Vielmehr werden Entscheidungen der Politik, der Tarifvertragsparteien und einzelwirtschaftlicher Akteure diesen Prozess mitbestimmen. Die Studie von Dauth und Koautoren (2017) etwa weist darauf hin, dass die Tarifvertragsparteien im Hinblick auf die Beschäftigungswirkungen eine wichtige Rolle gespielt haben. Das dürfte auch in Zukunft der Fall sein. Zudem bleibt zu beachten, dass die Digitalisierung, die das zentrale Thema der hier behandelten Studien ist, gleichwohl nicht den einzigen bedeutenden Trend der künftigen Entwicklung auf dem Arbeitsmarkt darstellt. Insbesondere durch den demografischen Wandel sind Veränderungen mit Blick auf das zukünftige Arbeitsangebot zu erwarten. Gehen die Befürchtungen bei der Digitalisierung dahin, dass es in Zukunft nicht genug Arbeitsplätze für alle erwerbsfähigen und erwerbswilligen Menschen geben könnte, so ist mit den demografischen Veränderungen eher die Sorge verbunden, dass es in den kommenden Jahrzehnten nicht genug Menschen gibt, um alle Jobs besetzen zu können. In den Studien von Wolter und Koautoren (2016) sind diese demografischen Trends bereits berücksichtigt. Sie sind dort die Ursache dafür, dass die Beschäftigung insgesamt in den kommenden 20 Jahren sinken wird. Die Ergebnisse des Digitalisierungsszenarios ergeben sich relativ hierzu.

Im Zusammenhang mit möglichen Beschäftigungswirkungen der Digitalisierung werden Maßnahmen wie ein bedingungsloses Grundeinkommen, eine Wertschöpfungsabgabe oder eine stärkere Kapitalbeteiligung der Arbeitnehmer („Who Owns the Robots Rules the World“, Freeman, 2015) genannt. Diesen Überlegungen liegt jedoch meistens implizit oder explizit die Annahme zugrunde, dass die Zahl der Beschäftigten so stark sinkt, dass bestehende institutionelle Regelungen in ihrer Funktion bedroht sind. Falls der Rückgang der Beschäftigung nicht so deutlich ausfällt oder es zu gar keinem Rückgang kommt, wie einige der hier diskutierten Studien erwarten lassen, könnten sich aber zum Beispiel radikale Veränderungen der sozialen Sicherungssysteme (wie sie etwa mit einem bedingungslosen Grundeinkommen diskutiert werden) möglicherweise als unnötig erweisen.

Dennoch sind selbst bei einer möglichen per Saldo weitgehend ausgeglichenen Beschäftigungsbilanz deutliche strukturelle Veränderungen zu erwarten, wie sie die hier dargestellten Studien beschreiben. Ein solcher Strukturwandel bzw. die Verschiebung von Arbeitsplätzen zwischen Sektoren, Berufen und Qualifikationsstufen wird mit spürbaren wirtschaftspolitischen Herausforderungen verbunden sein. Um einen solchen Prozess erfolgreich zu begleiten, ist die Vermittlung neuer Qualifikationen und Weiterbildung von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern ein zentrales Element.

Anhang: Überblickstabelle über Studien zu Beschäftigungseffekten des technischen Fortschritts und der Digitalisierung

	Studie	Ergebnis	Bewertung
Zukunftsgerichtete Studien, die nur Beschäftigungsverluste betrachten	Frey/Osborne (2017)	47 Prozent aller Arbeitsplätze in den USA bedroht.	Innovativer Ansatz, der eine breite Diskussion angestoßen hat
	Bonin et al. (2015) [ZEW]	12 Prozent aller Arbeitsplätze in Deutschland bedroht (42 Prozent bei exakter Frey/Osborne-Methodik).	Replikation von Frey/Osborne für Deutschland mit verbesserter Methodik
	Dengler/Matthes (2015) [IAB]	15 Prozent aller Arbeitsplätze sind bereits heute (2013) zu mindestens 70 Prozent durch Automatisierung ersetzbar.	Deutsche Studie mit deutschen Daten zu Berufsprofilen
	Dengler/Matthes (2018) [IAB]	25 Prozent aller Arbeitsplätze sind bereits heute (2016) zu mindestens 70 Prozent durch Automatisierung ersetzbar.	Aktualisierung von Dengler/Matthes (2015)
	Arntz et al. (2016)	12 Prozent aller Arbeitsplätze in Deutschland bedroht; Wert hoch im OECD-Vergleich.	Replikation von Frey/Osborne für 21 OECD-Länder mit verbesserter Methodik
	Nedelkoska and Quintini (2018)	Rd. 18 Prozent aller Arbeitsplätze in Deutschland bedroht; Wert hoch im OECD Vergleich.	Replikation von Frey/Osborne und in Anlehnung an Arntz et al. (2016) für 32 OECD-Länder mit verbesserter Methodik
Zukunftsgerichtete Studien, die sowohl Verluste als auch Gewinne betrachten	Wolter et al. (2015) [IAB]	Per Saldo fast keine Nettoveränderungen durch Digitalisierung bis 2025 (-40.000 Arbeitsplätze); aber: erhebliche strukturelle Verschiebungen.	Effekt ist auf Digitalisierung der Industrie zurückzuführen. Vergleich eines Basiszenarios mit einem Szenario Industrie 4.0.
	Wolter et al. (2016) [IAB]	Per Saldo fast keine Nettoveränderungen durch Digitalisierung bis 2025 (-30.000 Arbeitsplätze); aber: erhebliche strukturelle Verschiebungen (1,5 Millionen Jobs werden zerstört und entstehen neu).	Effekt ist auf Digitalisierung der Wirtschaft insgesamt zurückzuführen. Vergleich eines Basiszenarios mit einem Szenario Wirtschaft 4.0.
	MGI (2017)	Per Saldo bis 2030: 1 Million zusätzliche Jobs. 9 Millionen müssen neue Jobs suchen, darunter 3 Millionen in neuen Berufszweigen.	Effekt nicht auf Digitalisierung insgesamt zurückzuführen, sondern nur Automatisierung. Vergleich zum jetzigen Zeitpunkt.
	Vogler-Luwdig et al. (2016)	Per Saldo bis 2030: 250.000 zusätzliche Jobs; aber: strukturelle Verschiebungen (310.000 Jobs werden zerstört, 580.000 entstehen neu).	Effekt ist auf Digitalisierung der Wirtschaft insgesamt zurückzuführen. Vergleich eines Basiszenarios mit Szenario einer beschleunigten Digitalisierung.
	Arntz et al. (2018) [ZEW]	Technologieinvestitionen durch Betriebe haben in den Jahren 2011 – 2016 zu einem Beschäftigungswachstum von insgesamt einem Prozent geführt.	Empirisch geschätztes makroökonomisches Modell der Volkswirtschaft. Tatsächliche betriebliche Investitionen anhand von Unternehmensbefragung bestimmt.

Vergangenheitsbezogene Studien , die Nettobeschäftigungseffekte betrachten	Gregory et al. (2017) [ZEW]	Per Saldo 11,6 Millionen neue Jobs durch technischen Fortschritt.	Innovativer Ansatz zur Ermittlung der Effekte des technischen Fortschritts
	Arntz et al. (2018) [ZEW]	Durch Unternehmen geplante Investitionen in neue Technologien können über einen Zeitraum von 5 Jahren ein Beschäftigungswachstum von 1,8 Prozent bewirken.	Geplante Investitionen anhand von Unternehmensbefragung bestimmt. Auswirkung anhand von makroökonomischem Modell geschätzt.
	Graetz/Michaels (2015)	Einsatz von Industrierobotern erhöht BIP, Produktivität und Löhne. Gesamtbeschäftigung ist nicht betroffen.	Neuartige Daten zu Industrierobotern
	Acemoglu/Restrepo (2016)	Digitalisierung führt im Modell nicht zu Arbeitsplatzverlusten.	Darstellung wichtiger Mechanismen, die einen Rückgang der Beschäftigung durch technischen Fortschritt verhindern.
	Acemoglu/Restrepo (2017)	Erhebliche Arbeitsplatzverluste und Lohneinbußen durch den Einsatz von Industrierobotern in den USA.	Nutzt die regionale Variation des Einsatzes von Industrierobotern in den USA.
	Dauth et al. (2017)	Per Saldo keine Arbeitsplatzverluste durch den Einsatz von Industrierobotern in Deutschland.	Replikation und Verfeinerung von Acemoglu/Restrepo (2017)

Literaturverzeichnis

Acemoglu, Daron and Restrepo, Pascale (2016). The Race Between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment. NBER Working Paper No. 22252, Cambridge.

Acemoglu, Daron and Restrepo, Pascale (2017). Robots and Jobs: Evidence from US Labor Market. NBER Working Paper No. 23285, Cambridge.

Arntz, Melanie, Terry Gregory and Ulrich Zierahn (2016). The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis. OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 189, Paris.

Arntz, Melanie, Terry Gregory and Ulrich Zierahn (2017). Revisiting the Risk of Automation. Economics Letters 159, S. 157 – 160.

Arntz, Melanie, Terry Gregory und Ulrich Zierahn (2018). Digitalisierung und die Zukunft der Arbeit: Makroökonomische Auswirkungen auf Beschäftigung, Arbeitslosigkeit und Löhne von morgen. ZEW-Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, Mannheim.

Autor, David (2015). Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. Journal of Economic Perspectives, 29(3), S. 3 – 30.

Autor, David, David Dorn, Lawrence F. Katz, Christina Patterson and John Van Reenen (2017). The Fall of the Labor Share and the Rise of Superstar Firms. IZA Discussion Paper No. 10756, Bonn.

Benzell, Seth G., Laurence J. Kotlikoff, Guillermo LaGarda and Jeffrey D. Sachs (2015). Robots Are Us: Some Economics of Human Replacement. NBER Working Paper 20941, Cambridge.

Bonin, Holger, Terry Gregory und Ulrich Zierahn (2015). Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Mannheim.

Brynjolfsson, Erik and Andrew McAfee (2011). Race Against the Machine. Digital Frontier Press, Lexington, MA.

Brynjolfsson, Erik and Andrew McAfee (2014). The Second Machine Age. WW Norton, New York, NY.

Dauth, Wolfgang, Sebastian Findeisen, Jens Suedekum und Nicole Woessner (2017). German Robots – The Impact of Industrial Robots on Workers. CEPR Discussion Paper No. 12306, London.

Dengler, Katharina und Britta Matthes (2015a). Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt – Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland. IAB-Forschungsbericht 11/2015, Nürnberg.

Dengler, Katharina und Britta Matthes (2015b). Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt: In kaum einem Beruf ist der Mensch vollständig ersetzbar. IAB-Kurzbericht 24/2015, Nürnberg.

Dengler, Katharina und Britta Matthes (2018). Substituierbarkeitspotenziale von Berufen: Wenige Berufsbilder halten mit der Digitalisierung Schritt. IAB-Kurzbericht 04/2018, Nürnberg.

Eichhorst, Werner, Holger Hinte, Ulf Rinne und Verena Tobsch (2016). Digitalisierung und Arbeitsmarkt: Aktuelle Entwicklungen und sozialpolitische Herausforderungen. IZA Standpunkte No. 85, Nürnberg.

Ford, Martin (2015). The Rise of the Robots. Oneworld Publications, London.

Freeman, Richard B. (2015). Who Owns the Robots Rules the World. IZA World of Labor, Nürnberg.

- Frey, Carl Benedikt and Michael A. Osborne (2017). The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, S. 254 – 280.
- Garloff, Alfred (2016). Keine Beschäftigungsverluste durch Digitalisierung. *Schlaglichter der Wirtschaftspolitik*, Monatsbericht Januar 2016, BMWi, Berlin, S. 31 – 36.
- Graetz, Georg and Guy Michaels (2016). *Robots at Work*. CEP Discussion Paper 1335, London.
- Gregory, Terry, Anna Salomons, and Ulrich Zierahn (2016). Racing With or Against the Machine? Evidence from Europe. *ZEW Discussion Paper No. 16-053*, Mannheim.
- Heinen, Nicolaus, Alexander Heuer und Philipp Kschutschick (2017). Künstliche Intelligenz und der Faktor Arbeit. *Wirtschaftsdienst* 97. Jg., 10, S. 714 – 720.
- Kehl, Christoph (2018). Entgrenzungen zwischen Mensch und Maschine, oder: Können Roboter zu guter Pflege beitragen? *Aus Politik und Zeitgeschichte*, 68. Jg., 6-8, S. 22 – 28.
- Lehmer, Florian und Britta Matthes (2017). Auswirkungen der Digitalisierung auf die Beschäftigungsentwicklung in Deutschland. *IZA Aktuelle Berichte 05/2017*, Nürnberg.
- McKinsey Global Institute (2017). *Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transformations in a Time of Automation*.
- Nedelkoska, Ljubicy and Glenda Quintini (2018). *Automation, Skills Use and Training*. OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 202, Paris.
- Pratt, Gill (2015). Is a Cambrian Explosion Coming for Robotics? *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), S. 51 – 60.
- Sachs, Jeffrey D., Seth G. Benzell and Guillermo LaGarda (2015). *Robots: Curse or Blessing? A Basic Framework*. NBER Working Paper No. 21091, Cambridge.
- Vogler-Ludwig, Kurt, Nicola Düll, Ben Kriechel und Tim Vetter (2016). *Arbeitsmarkt 2030 – Wirtschaft und Arbeitsmarkt im digitalen Zeitalter. Prognose 2016. Projekt Analyse der zukünftigen Arbeitskräftenachfrage und des -angebots in Deutschland auf Basis eines Rechenmodells im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales*.
- Wolter, Marc Ingo, Anke Mönnig, Markus Hummel, Christian Schneemann, Enzo Weber, Gerd Zika, Robert Helmrich, Tobias Maier und Caroline Neuber-Pohl (2015). *Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft. Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen*. IAB-Forschungsbericht 08/2015, Nürnberg.
- Wolter, Marc Ingo, Anke Mönnig, Markus Hummel, Enzo Weber, Gerd Zika, Robert Helmrich, Tobias Maier und Caroline Neuber-Pohl (2016). *Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie. Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen*. IAB-Forschungsbericht 13/2016, Nürnberg.