

Melanie Arntz, Terry Gregory, Ulrich Zierahn*

Digitalisierung und die Zukunft der Arbeit

Durch eine rasant wachsende Rechenleistung können immer mehr Tätigkeiten, die bislang dem Menschen vorbehalten schienen, mittels Maschinen und Algorithmen automatisiert werden. Dieser technologische Wandel hat eine öffentliche Debatte über mögliche Arbeitsplatzverluste und eine drohende Massenarbeitslosigkeit entfacht. Solche Hiobsbotschaften sind aus wissenschaftlicher Sicht aus vier Gründen deutlich überzogen: Erstens werden die technologischen Potenziale zur Automatisierung von Jobs vielfach deutlich überschätzt. Zweitens wird noch lange nicht jedes Automatisierungspotenzial tatsächlich in der betrieblichen Praxis genutzt. Drittens verhindert eine sich immer wieder flexibel anpassende Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine vielfach Arbeitsplatzverluste. Und viertens setzt Automatisierung Kompensationsmechanismen frei, die dem ursprünglichen Verdrängungseffekt entgegenwirken. Ein Ende der Arbeit ist daher trotz stetig wachsender technischer Möglichkeiten nicht in Sicht, auch wenn dieser tiefgreifende Strukturwandel Arbeitskräfte vor neue Herausforderungen stellt.

Technologischer Wandel hat zu allen Zeiten nicht nur Hoffnungen auf mehr Wohlstand geweckt, sondern gleichzeitig Befürchtungen geschürt, menschliche Arbeitskraft könnte überflüssig werden und Arbeitslosigkeit und Armut ansteigen.¹ So wundert es nicht, dass auch die aktuelle, oftmals als Digitalisierung bezeichnete technologische Revolution ähnlich pessimistische Stimmen hervorbringt. Denn auch wenn vergangene industrielle Revolutionen letztlich keine Massenarbeitslosigkeit verursachten und der Wohlstand stieg, so wird der aktuellen technologischen Entwicklung dennoch das Potenzial nachgesagt, nun doch das „Ende der Arbeit“ einzuläuten.²

Denn der beständige Anstieg der Rechenleistung senkt die Kosten einer Automatisierung von bislang durch den Menschen ausgeführten Arbeitsschritten.³ Dabei beschränkte sich diese computergesteuerte Automatisie-

rung lange Zeit auf Routineaufgaben, die nach genau definierten Regeln abließen und sich somit in regelbasierte Algorithmen übersetzen ließen. In der Folge sank der Bedarf an Arbeitskräften für Routineaufgaben, die vor allem unter Personen mit mittleren Qualifikationen und mittleren Einkommen wie beispielsweise Buchhaltern, Büroangestellten oder Produktionsarbeitern weit verbreitet sind. Dies führte zu einer Polarisierung des Arbeitsmarkts mit sinkenden Anteilen von Beschäftigten mit mittleren und

© Der/die Autor(en) 2020. Open Access: Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht.

Open-Access wird durch die ZBW – Leibniz-Informationzentrum Wirtschaft gefördert.

* Dieser Beitrag fasst einen Teil der Kernergebnisse aus einem englischsprachigen Artikel zusammen, vgl. M. Arntz, T. Gregory, U. Zierahn: Digitization and the Future of Work: Macroeconomic Consequences, in: K. Zimmermann: (Hrsg.): Handbook of Labor, Human Resources and Population Economics, Cham 2020.

1 Vgl. J. Mokyr, C. Vickers, N. L. Ziebarth: The history of technological anxiety and the future of economic growth: is this time different?, in: Journal of Economic Perspectives, 29. Jg. (2015), H. 3, S. 31-50.

2 J. Rifkin: The end of work: the decline of the global labor force and the dawn of the post-market era, Putnam Publishing Group, 1995.

3 W. D. Nordhaus: Two centuries of productivity growth in computing, in: Journal of Economic History, 67. Jg. (2007), H. 1, S. 128-159.

Prof. Dr. Melanie Arntz ist stellvertretende Leiterin des Forschungsbereichs Arbeitsmärkte und Personalmanagement am ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung in Mannheim und Professorin an der Universität Heidelberg.

Dr. Terry Gregory ist Teamleiter der Forschungsgruppe Digitale Transformation am Forschungsinstitut zur Zukunft der Arbeit (IZA) Bonn und Senior Researcher am ZEW Mannheim.

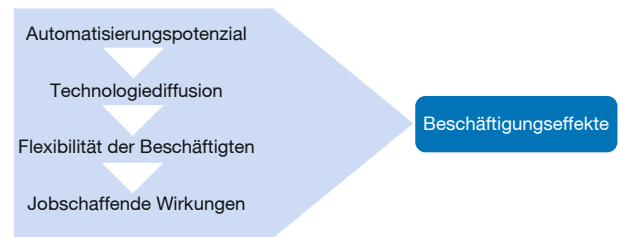
Prof. Dr. Ulrich Zierahn ist Assistant Professor an der Utrecht Universität in den Niederlanden, Senior Researcher am ZEW Mannheim und Research Network Affiliate im CESifoNetwork.

steigenden Anteilen von Beschäftigten mit hohen und niedrigen Löhnen.⁴

In jüngerer Zeit werden die technologischen Barrieren der computerbasierten Automatisierung durch maschinelles Lernen, insbesondere durch sogenanntes Deep Learning⁵, weiter abgebaut. Mit maschinellem Lernen wird es möglich, auch Aufgaben zu automatisieren, die sich nicht durch Regeln beschreiben lassen. Maschinelles Lernen beruht auf der Idee, Maschinen in der Ausführung von Aufgaben zu trainieren, indem man ihnen geeignete Daten oder – im Fall von Reinforcement Learning (bestärkendes/verstärkendes Lernen) – Feedback zur Verfügung stellt, um das menschliche Verhalten zu imitieren, ohne die zugrundeliegenden Regeln verstehen zu müssen. Die wachsende Verfügbarkeit von Trainingsdaten über menschliches Verhalten, z. B. durch Smartphones und Internetaktivitäten sowie die ständig steigende Rechenleistung, ermöglichen eine Verbreitung dieser Methoden in der realen Welt.⁶ Die Automatisierung erfasst somit auch Aufgaben, die typischerweise hoch qualifizierte Arbeitskräfte erfordern.⁷ Die Debatte über die Zukunft der Arbeit ist daher erneut voll entbrannt, befeuert auch durch eine Studie, die behauptet, dass etwa die Hälfte der US-Arbeitskräfte in den nächsten ein bis zwei Jahrzehnten „von der Automatisierung bedroht“⁸ sind. Demgegenüber berichten andere Autoren deutlich niedrigere Zahlen.⁹

- 4 Vgl. D. Acemoglu, D. Autor: Skills, tasks and technologies: implications for employment and earnings, in: D. Card, O. Ashenfelter (Hrsg.): Handbook of labor economics, San Diego, Amsterdam 2011, Kapitel 12, S. 1043-1171.
- 5 Diese Form des maschinellen Lernens wurde in den 1940er und 1960er Jahren als Kybernetik, in den 1980er und 1990er Jahren als Konnektionismus und seit etwa 2006 als Deep Learning bezeichnet, vgl. I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville: Deep learning, Cambridge MA 2016.
- 6 Vgl. E. Brynjolfsson, D. Rock, C. Syverson: Artificial intelligence and the modern productivity paradox: a clash of expectations and statistics, NBER working paper, Nr. 24001, 2017.
- 7 Vgl. E. Brynjolfsson, A. McAfee: The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies, New York 2016; oder G. A. Pratt: Is a Cambrian explosion coming for robotics?, in: Journal of Economic Perspectives, 29. Jg. (2015), H. 3, S. 51-60.
- 8 C. B. Frey, M. A. Osborne: The future of employment: how susceptible are jobs to computerization?, in: Technological Forecasting and Social Change, 114. Jg. (2017), H. C, S. 254-280.
- 9 M. Arntz, T. Gregory, U. Zierahn: The risk of automation for jobs in OECD countries: a comparative analysis, OECD Social, Employment and Migration Working Papers, Nr. 189, 2016; M. Arntz, T. Gregory, U. Zierahn: Revisiting the risk of automation, in: Economics Letters, 159. Jg. (2017), H. C, S. 157-160; L. Nedelkoska, G. Quintini: Automation, skills use and training, OECD social, employment and migration working papers, Nr. 202, 2018; K. Dengler, B. Matthes: The impacts of digital transformation on the labour market: substitution potentials of occupations in Germany, in: Technological Forecasting and Social Change, 137. Jg. (2018), H. C, S. 304-316; K. Poulidakas: Determinants of automation risk in the EU labour market: a skills-needs approach, IZA discussion paper, Nr. 11829, 2018.

Abbildung 1
Von neuen Technologien zu Beschäftigungswirkungen



Quelle: angelehnt an Abbildung 1 aus M. Arntz, T. Gregory, U. Zierahn: Digitization and the Future of Work: Macroeconomic Consequences, in: K. Zimmermann (Hrsg.): Handbook of Labor, Human Resources and Population Economics, Cham 2020.

Vom technischen Potenzial zu Beschäftigungseffekten

Technische Neuerungen schaffen zunächst einmal ein Automatisierungspotenzial, d.h. die technische Möglichkeit, eine bislang durch den Menschen ausgeführte Tätigkeit computergestützt automatisieren zu können. Diese Automatisierungspotenziale dürfen jedoch nicht mit erwartbaren Beschäftigungseffekten gleichgesetzt werden,¹⁰ weil technische Potenziale keineswegs vollständig ausgeschöpft werden müssen und zudem weitere Mechanismen greifen, die beschäftigungserhaltend bzw. -schaffend wirken. Insbesondere hängen die Beschäftigungseffekte der Automatisierungspotenziale von den folgenden Aspekten ab (vgl. auch Abbildung 1):

1. Technologiediffusion, d.h. tatsächliche Anwendung des technologischen Potenzials in der betrieblichen Praxis.
2. Flexibilität der Beschäftigten, d.h. die Fähigkeit von Beschäftigten, sich neuen Anforderungen anzupassen.
3. Induzierte Arbeitsplatzschaffung, d.h. die Schaffung von Arbeitsplätzen durch die indirekten Wirkungen des technologischen Wandels.

Der tatsächliche Nettobeschäftigungseffekt neuer Technologien kann somit zeitlich verzögert auftreten und zudem sowohl positiv als auch negativ ausfallen. Um zu verstehen, wie und unter welchen Umständen aus technischen Möglichkeiten Arbeitsplatzverluste entstehen, werden alle Einzelaspekte im Folgenden diskutiert.

¹⁰ Vgl. M. Arntz, T. Gregory, U. Zierahn: The risk of automation for jobs ..., a. a. O.

Automatisierungspotenziale

Eine Reihe von Studien hat sich mit der Frage beschäftigt, wie viele und welche Jobs für eine künftige Automatisierung anfällig sind. Die Antwort auf diese, vor allem für politische Entscheidungsträger wichtige Frage, fällt jedoch höchst unterschiedlich aus. So sind laut Frey und Osborne fast 50 % der Beschäftigten in den USA in Berufen beschäftigt, die in den nächsten ein bis zwei Dekaden technisch automatisierbar sind. Dieses Ergebnis beruht auf Einschätzungen von Experten für maschinelles Lernen, die für 70 Berufe die Frage beantwortet haben, ob diese auf der Basis einer großen Datenmenge mittels modernster computergesteuerter Geräte ausgeführt werden könnten. Frey und Osborne schätzen dann auf Basis von Berufsbeschreibungen aus den O*Net-Daten¹¹ den Zusammenhang zwischen der Einschätzung der Experten und dem beruflichen Aufgabenspektrum und verwenden dieses Modell anschließend, um die Automatisierungspotenziale für alle 702 Berufe in den O*Net-Daten zu extrapolieren. Ein Beruf wird dann als automatisierbar eingestuft, wenn das geschätzte Automatisierungspotenzial mindestens 70 % beträgt. Schließlich kombinieren sie dies mit Daten zur beruflichen Beschäftigung, um zu berechnen, dass 47 % der Arbeitnehmer in den USA derzeit in „hoch riskanten“ bzw. automatisierbaren Berufen arbeiten.¹² Wendet man diese berufsbezogenen Automatisierungspotenziale für die USA auf die Berufsstruktur der EU an, gelten dort 54 % der Beschäftigten als „hochgefährdet“.¹³ Dem Ansatz von Frey und Osborne liegt jedoch die Annahme zugrunde, dass alle Arbeitnehmer desselben Berufs genau die gleichen, berufstypischen Aufgaben ausführen. Aufgaben unterscheiden sich jedoch selbst zwischen Arbeitnehmern desselben Berufs oft erheblich.¹⁴ Darüber hinaus ist der Rückgang der Routineaufgaben in der Wirtschaft primär auf sinkende Anteile von Routineaufgaben innerhalb der Berufe zurückzuführen und weniger auf sinkende Anteile von Routineberufen.¹⁵

Ansätze, die den tatsächlichen Arbeitsplatz in den Blick nehmen und das gesamte Aufgabenspektrum auch innerhalb von Berufen erfassen, kommen daher zu deutlich moderateren Einschätzungen des Automatisierungspotenzials. So verknüpfen Arntz et al.¹⁶ das von Frey und Osbor-

11 Vgl. O*Net Online, <https://www.onetonline.org/> (3.2.2020).

12 C. B. Frey, M. A. Osborne, a. a. O., S. 263.

13 J. Bowles: The computerisation of european jobs, Bruegel Blog, 24.7.2014, <https://bruegel.org/2014/07/the-computerisation-of-european-jobs/> (25.2.2020).

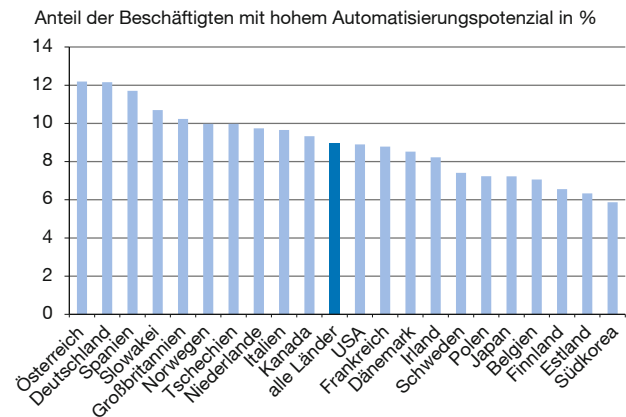
14 D. H. Autor, M. J. Handel: Putting tasks to the test: human capital, job tasks, and wages, in: Journal of Labor Economics, 31. Jg. (2013), H. 2, S. S59-S96.

15 A. Spitz-Oener: Technical change, job tasks, and rising educational demands: looking outside the wage structure, in: Journal of Labor Economics, 24. Jg. (2006), H. 2, S. 235-270.

16 M. Arntz, T. Gregory, U. Zierahn: The risk of automation for jobs..., a. a. O.; dies.: Revisiting the risk of automation, a. a. O.

Abbildung 2

Länderspezifische Automatisierungspotenziale



Quelle: Nach M. Arntz, T. Gregory, U. Zierahn: The risk of automation for jobs in OECD countries: a comparative analysis, OECD Social, Employment and Migration Working Papers, Nr. 189, 2016.

ne¹⁷ geschätzte Automatisierungspotenzial mit den in den Daten des Programme for the International Assessment of Adult Competencies (PIACC) erfassten individuellen Tätigkeiten der Beschäftigten und kommen zu dem Ergebnis, dass nur 9 % aller US-Beschäftigten automatisierbare Jobs¹⁸ ausführen. In anderen Ländern schwankt das Automatisierungspotenzial zwischen 6 % in Südkorea und 12 % in Deutschland (vgl. Abbildung 2). Darüber hinaus zeigen sie, dass dieses moderatere Ergebnis nicht durch die Daten oder die Methodik getrieben werden. Denn sobald sie das Automatisierungspotenzial anhand ihres geschätzten Modells für die berufstypischen Aufgabenstrukturen¹⁹ abschätzen, fallen immerhin 38 % aller US-Beschäftigten in die Gruppe der „Hochrisikopersonen“. Daten und Methodik können somit nur einen kleinen Teil der Unterschiede zwischen dem berufs-basierten und jobbasierten Ansatz erklären. Stattdessen erklärt sich ein Großteil des Unterschieds dadurch, dass Arbeitnehmer in scheinbar automatisierbaren Berufen auch Aufgaben ausführen, die schwer automatisierbar, jedoch nicht unter allen Beschäftigten des Berufsfeldes verbreitet sind. Mit anderen Worten, Arbeitnehmer eines Berufes spezialisieren sich in unterschiedliche, wenig automatisierbare Aufgabenfelder.

Berufsbezogene Ansätze überschätzen somit die Automatisierungspotenziale neuer Technologien, was auch durch andere Studien bestätigt wird (vgl. Abbildung 3). So ähnelt die Methodik von Nedelkoska und Quintini²⁰ und

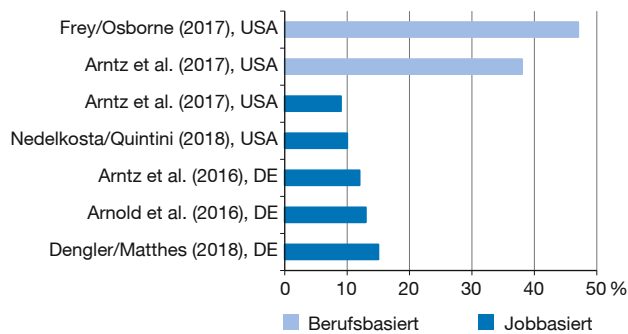
17 C. B. Frey, M. A. Osborne, a. a. O.

18 D. h. eine Tätigkeit mit einem geschätzten Automatisierungspotenzial von mindestens 70 %.

19 Gemessen anhand der Mediane der beruflichen Aufgaben.

20 L. Nedelkoska, G. Quintini, a. a. O.

Abbildung 3
Berufs- versus jobbasierte Schätzungen des Automatisierungspotenzials



Quelle: angelehnt an Abbildung 3 aus M. Arntz, T. Gregory, U. Zierahn: Digitization and the Future of Work: Macroeconomic Consequences, in: K. Zimmermann (Hrsg.): Handbook of Labor, Human Resources and Population Economics, Cham 2020.

Pouliakas²¹ stärker dem berufsbezogenen Ansatz von Frey und Osborne;²² dennoch kommen sie unter Verwendung von Daten auf Arbeitsebene zu dem Ergebnis, dass 10 % bzw. 14 % der US-Beschäftigten der Gruppe der „Hochrisikobeschäftigten“ zuzuordnen sind. Auch gänzlich andere Ansätze zur Abschätzung des Automatisierungspotenzials kommen zu ähnlich moderaten Ergebnissen. So geben in einer Umfrage 13 % der deutschen Beschäftigten an, dass sie es für wahrscheinlich halten, in den nächsten zehn Jahren durch neue Technologien ersetzt zu werden.²³ Und auch eine Einteilung von 4000 Berufen anhand von 8000 in der deutschen Datenbank Berufenet erfassten Aufgabenbereichen ergab, dass etwa 15 % der deutschen Beschäftigten in Berufen mit einem hohen Automatisierungspotenzial arbeiten.²⁴ Die verwendete disaggregierte Ebene von Berufen bildet die relevante Heterogenität der Tätigkeiten daher offensichtlich bereits ausreichend ab. Doch auch wenn das Automatisierungspotenzial eher bei 10 % als bei 50 % liegt, so handelt es sich zunächst nur um ein technisches Potenzial, über dessen Umsetzung die betriebliche Praxis entscheidet.

Technologiediffusion

Tatsächlich scheint die Diffusion neuer Technologien derzeit nur moderat voranzuschreiten. So zeigt die IAB-ZEW-

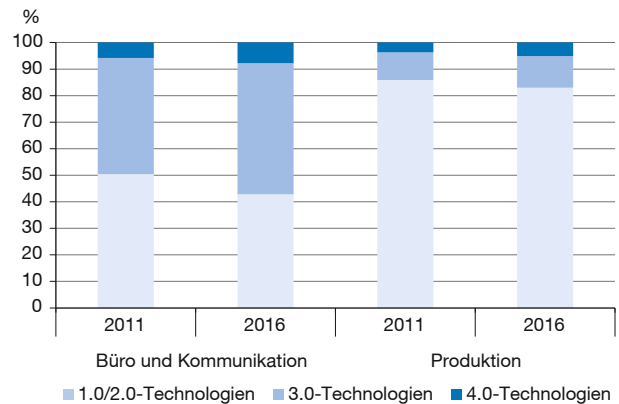
21 K. Pouliakas, a. a. O.

22 C. B. Frey, M. A. Osborne, a. a. O.

23 D. Arnold, S. Butschek, S. Steffes, D. Müller: Monitor „Digitalisierung am Arbeitsplatz“, Aktuelle Ergebnisse einer Betriebs- und Beschäftigtenbefragung, Publikation Nr. A875, 2016, Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Hrsg.), https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/a875-monitor-digitalisierung-am-arbeitsplatz.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (4.2.2020).

24 K. Dengler, B. Matthes, a. a. O.

Abbildung 4
Anteil von 4.0-Technologien am Kapitalstock in deutschen Betrieben



Anmerkung: 1.0/2.0-Technologien bezeichnen manuell gesteuerte, rein mechanische oder elektrische Technologien, während 3.0-Technologien zwar computergestützt, nicht jedoch über verschiedene Wertschöpfungsstufen hinweg autonom arbeiten.

Quelle: IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0 Erhebung?

Arbeitswelt-4.0-Umfrage unter deutschen Betrieben, dass 4.0-Technologien, die eine direkte und automatisierte Kommunikation zwischen verschiedenen Teilen der Wertschöpfungskette ermöglichen, im Vergleich zu älteren Technologien zwar an Bedeutung gewinnen, jedoch auf einem niedrigen Niveau (vgl. Abbildung 4). So beruhen laut Einschätzungen der Betriebe im Jahr 2016 lediglich etwa 10 % der Büro- und Kommunikationsmittel und etwa 5 % der Produktionsmittel auf 4.0-Technologien. Viele Betriebe investieren nach wie vor in den Ausbau älterer, computergestützter Technologien, die eher der dritten industriellen Revolution zuzurechnen sind. Um es daher mit den Worten von Brynjolfsson et al. zu sagen: „[E]s braucht Zeit, um den Bestand der neuen Technologie auf eine Größe zu bringen, die ausreicht, um eine aggregierte Wirkung zu erzielen“²⁵.

Ein Grund für die moderate Diffusionsgeschwindigkeit könnte sein, dass nicht jedes technische Potenzial auch betriebswirtschaftlich rentabel ist. Denn, wie im Modellrahmen von Acemoglu und Restrepo diskutiert,²⁶ kommt es nicht darauf an, wie viel theoretisch automatisiert werden kann, sondern ob die Maschine eine bestimmte Aufgabe zu niedrigeren Kosten ausführen kann als der Mensch. Die eher moderate Lohnentwicklung in Deutschland in den letzten zwei Dekaden hat Automatisierungsanreize daher vermutlich gesenkt. Darüber hinaus sind

25 E. Brynjolfsson et al., a. a. O., S. 10.

26 D. Acemoglu, P. Restrepo: Automation and new tasks: the implications of the task content of production for labor demand, in: Journal of Economic Perspectives, 33. Jg. (2019), H. 2, S. 3-30.

zur Implementierung neuer Technologien oft zusätzliche Investitionen wie z. B. organisatorische Umstrukturierungen oder der Erwerb neuer Kompetenzen durch Weiterbildung und Neueinstellungen notwendig.²⁷ Der Mangel an entsprechend geschulten Fachkräften kann die Einführung neuer Technologien daher verlangsamen.²⁸

Zudem kann es ethische oder rechtliche Bedenken geben. So birgt das autonome Fahren neue rechtliche und ethische Herausforderungen, z. B. hinsichtlich der Haftung bei einem Unfall und der Frage, wie sich ein Algorithmus im Fall eines unvermeidbaren Unfalls zwischen dem Zusammenstoß mit einem Kind oder einem Erwachsenen entscheiden soll.²⁹ Ethische Bedenken könnten auch in anderen Bereichen die Einführung neuer Technologien beschränken. So kann es starke Präferenzen für die dauerhafte Übernahme bestimmter Aufgaben, wie z. B. der Kranken- und Altenpflege, durch Menschen, anstatt durch maschinelle Arbeitskräfte geben.³⁰

Flexibilität der Beschäftigten

Nur weil ein bestimmter Teil der Aufgaben eines Jobs automatisiert werden kann, muss der Job zudem nicht als Ganzes automatisiert werden.³¹ Ob ein Unternehmen mit der Einführung neuer Technologien Arbeitsplätze abbaut, hängt daher auch davon ab, ob die Beschäftigten in der Lage sind, zu diesen Technologien komplementäre Aufgabengebiete zu übernehmen und sich neuen Anforderungen anzupassen. Beispielsweise übernahmen Geldautomaten Aufgaben von Bankangestellten. Dennoch nahm die Zahl der Bankangestellten zu. Zwar ersetzten die Geldautomaten einige vormals typische Aufgaben; die Möglichkeit, sich nun intensiv mit der Betreuung von Geschäftskunden zu befassen, erhöhte jedoch sogar den Bedarf an Bankangestellten.³²

27 T. F. Bresnahan, E. Brynjolfsson, L. M. Hitt: Information technology, workplace organization, and the demand for skilled labor: firm-level evidence, in: *Quarterly Journal of Economics*, 117. Jg. (2002), H. 1, S. 339-376; E. Brynjolfsson et al., a. a. O.

28 D. Acemoglu: Why do new technologies complement skills? Directed technical change and wage inequality, in: *Quarterly Journal of Economics*, 113. Jg. (1998), H. 4, S. 1055-1089.

29 A. D. Thierer, R. Hagemann: Removing roadblocks to intelligent vehicles and driverless cars, in: *Wake Forest Journal of Law & Policy*, 5. Jg. (2015), H. 2, S. 339-391; J. F. Bonnefon, A. Shariff, I. Rahwan: The social dilemma of autonomous vehicles, in: *Science*, 352. Jg. (2016), H. 6293, S. 1573-1576.

30 Vgl. G. A. Pratt, a. a. O., S. 58.

31 Siehe z. B. E. Brynjolfsson, T. Mitchell: What can machine learning do? Workforce implications, in: *Science*, 358. Jg. (2017), H. 6379, S. 1530-1534; D. H. Autor: Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation, in: *Journal of Economic Perspectives*, 29. Jg. (2015), H. 3, S. 3-30.

32 J. Bessen: Toil and technology, in: *Finance and Development*, 52. Jg. (2015), H. 1, S. 16-19.

Die Neuausrichtung des Aufgabenspektrums in einem Beruf scheint insgesamt ein recht effektiver Anpassungsmechanismus zu sein. So ging die Computerisierung zwar in der Tat mit einem deutlichen Rückgang automatisierbarer Routineaufgaben einher. Allerdings ging nur ein sehr kleiner Teil dieses Rückgangs mit dem Wegfall von Arbeitsplätzen mit vorwiegend automatisierbaren Routineaufgaben einher. Der größte Teil erfolgte durch die Anpassung des Aufgabenspektrums innerhalb der Berufe, d. h. Beschäftigte in fast allen Berufen reduzieren Routineaufgaben zugunsten nicht automatisierbarer Tätigkeiten.³³ Dabei kann es sich auch um gänzlich neue Tätigkeiten handeln.³⁴ Berufsbilder unterliegen daher einem ständigen Wandel der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine. Solange die Kompetenzen der Beschäftigten mit den sich verändernden Anforderungen Schritt halten, führen neue Technologien nicht zwingend zu Arbeitsplatzverlusten.

Induzierte Arbeitsplatzschaffung

Trotz der Anpassung der Aufgabenteilung zwischen Mensch und Maschine ersetzt die Einführung von Automatisierungstechnologien in gewissem Maße Arbeitskräfte. Diesem anfänglichen Verdrängungseffekt wirken jedoch zwei Kompensationsmechanismen entgegen, ein Produktivitätseffekt und ein Wiederherstellungseffekt.³⁵ So steigern technologische Innovationen die Produktivität der Unternehmen, indem sie Kosten und Preise senken, was die Produktnachfrage erhöht. Darüber hinaus kann die Automatisierung neuartige oder qualitativ verbesserte Produkte und Dienstleistungen hervorbringen und somit nachfragesteigernd wirken. Die so erzielten zusätzlichen Einkommen steigern aufgrund eines Multiplikatoreffekts darüber hinaus die Nachfrage nach Arbeitskräften auch in Sektoren, die keine neuen Technologien einsetzen. Wie Acemoglu und Restrepo zeigen,³⁶ reichen diese Produktivitätswirkungen jedoch nicht aus, um den Verdrängungseffekt zu kompensieren. Zusätzlich muss ein Wiederherstellungseffekt eintreten, der darin besteht, dass neue Technologien eine Nachfrage nach gänzlich neuen, komplementären Tätigkeiten und Berufsbildern erzeugen. Ob der Nettoeffekt neuer Automatisierungstechnologien auf die Beschäftigung positiv oder negativ ausfällt, ist somit letztlich eine empirische Frage.

33 Z. B. D. H. Autor, F. Levy, R. J. Murnane: The skill content of recent technological change: an empirical exploration, in: *Quarterly Journal of Economics*, 118. Jg. (2003), H. 4, S. 1279-1333; A. Spitz-Oener, a. a. O.

34 D. Acemoglu, P. Restrepo, a. a. O.

35 Vgl. D. Acemoglu, P. Restrepo: Low-skill and high-skill automation, in: *Journal of Human Capital*, 12. Jg. (2018), H. 2, S. 204-232; D. Acemoglu: Why do new technologies complement skills?, a. a. O.

36 Ebenda.

Empirische Studien zum Gesamtbeschäftigungseffekt

Studien zu den Beschäftigungseffekten von Automatisierungstechnologien lassen sich grob in Firmen-, Branchen- und Regionalstudien einteilen. Firmenstudien analysieren, wie sich der Einsatz von Automatisierungstechnologien auf die Beschäftigung in den Unternehmen auswirkt. Cortes und Salvatori finden beispielsweise keinen Rückgang von Routinebeschäftigten in Unternehmen, die in neue Technologien investiert haben.³⁷ Trotz geringer Nettoeffekte auf die Beschäftigung zeigen Bessen et al., dass sich die Entlassungsrate in Unternehmen erhöht, die in Automatisierungstechnologien investiert haben.³⁸ Zwar entstehen über Kompensationsmechanismen somit offensichtlich ausreichend Jobs, um ursprüngliche Jobverluste auszugleichen, dennoch verändert dies die Zusammensetzung der Belegschaft.

Studien auf Unternehmensebene können jedoch keinen Aufschluss darüber geben, ob Unternehmen, die in neue Technologien investieren, andere Unternehmen verdrängen. So könnte der Beschäftigungseffekt neuer Technologien auf Unternehmensebene sogar positiv sein, während die Beschäftigung in der Branche sinkt. Studien auf Sektorebene berücksichtigen diese Umverteilung von Beschäftigten zwischen Unternehmen innerhalb der Branchen. So zeigt eine aktuelle Studie von Graetz und Michaels für 17 Länder der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD), dass der zusätzliche Einsatz von Robotern zwischen 1993 und 2007 sowohl die Arbeitsproduktivität als auch die Wertschöpfung auf sektoraler Ebene um etwa 0,36 bzw. 0,37 Prozentpunkte erhöht hat.³⁹ Gleichzeitig finden sie keine signifikanten Auswirkungen auf die Gesamtzahl der geleisteten Arbeitsstunden, jedoch negative Beschäftigungseffekte für gering qualifizierte Arbeitskräfte. Arntz et al. zeigen für Deutschland, dass Investitionen in 4.0-Technologien auf Branchenebene sogar zu leicht positiven Beschäftigungswirkungen beitragen, da Verdrängungseffekte neuer Technologien durch technologiebedingtes Wachstum der Unternehmen mehr als ausgeglichen wird.⁴⁰

Um aggregierte Beschäftigungseffekte sichtbar zu machen, die darüber hinaus auch die Reallokation von Beschäftigung zwischen innovativen und nicht-innovativen Branchen berücksichtigt, stützen sich andere Studien auf Regionen als kleine Volkswirtschaften. Dauth et al. finden zwischen 1994 und 2014 in Deutschland keinen signifikanten Nettoeffekt von Robotern in lokalen Arbeitsmärkten.⁴¹ Sie können jedoch zeigen, dass ein zusätzlicher Roboter pro Beschäftigtem in der regionalen Industrie zu einem Verlust von ca. 2,12 Arbeitsplätzen in der Fertigung führt, der durch eine steigende Dienstleistungsbeschäftigung jedoch vollständig kompensiert wird. Acemoglu und Restrepo dokumentieren dagegen negative Gesamteffekte von Robotern in regionalen Arbeitsmärkten in den USA.⁴²

Die Beschäftigungseffekte von Robotern können jedoch kaum die Beschäftigungseffekte des digitalen Wandels im weiteren Sinne abbilden.⁴³ Gregory et al. zeigen mittels eines strukturellen Ansatzes, dass durch Verdrängungseffekte der Computerisierung die Beschäftigung zwischen 1999 und 2010 in der Europäischen Union um 1,64 Mio. Arbeitsplätze sank, induzierte Produktivitätseffekte jedoch zusätzliche Arbeitsplätze schufen, sodass es netto zu einem Beschäftigungszuwachs von 1,79 Mio. Arbeitsplätzen kam.⁴⁴ Andere Ergebnisse von Autor und Dorn weisen auf keine signifikanten Nettobeschäftigungseffekte der Computerisierung in den USA hin.⁴⁵

Insgesamt scheinen die bisherigen Automatisierungstechnologien daher zwar durchaus Arbeitnehmer zu verdrängen, führen aufgrund der Ausgleichsmechanismen jedoch zu keinen oder nur geringfügig negativen Beschäftigungseffekten. Von Automatisierungspotenzialen auf Beschäftigungseffekte zu schließen, ist daher irreführend. Vielmehr sind die tatsächlichen Beschäftigungswirkungen aufgrund des Zusammenspiels vielfältiger Mechanismen eine empirische Frage und können je nach institutionellem Kontext unterschiedlich ausfallen. So könnte – folgt man dem Modellrahmen von Acemoglu und Restrepo⁴⁶ – ein Grund für die positiveren Beschäftigungswirkungen in Deutschland im Vergleich zu den USA sein, dass die Anreize, in die Kompetenzen der Beschäftigten zu investieren, in Deutschland aufgrund der strengeren Arbeits-

37 M. Cortes, A. Salvatori: Delving into the demand side: changes in workplace specialization and job polarization, in: *Labour Economics*, 57. Jg. (2019), H. C, S. 164-176.

38 J. Bessen, M. Goos, A. Salomons, W. van den Berge: Automatic reaction – what happens to workers at firms that automat?, *Law & economics series paper*, Nr. 19-2, Boston University, Boston 2019.

39 G. Graetz, G. Michaels: Robots at work, in: *Review of Economics and Statistics*, 100. Jg. (2018), H. 5, S. 753-768.

40 M. Arntz, T. Gregory, U. Zierahn: Digitalisierung und die Zukunft der Arbeit: Makroökonomische Auswirkungen auf Beschäftigung, Arbeitslosigkeit und Löhne von morgen, Bundesministerium für Forschung und Entwicklung (BMBF), Mannheim 2018.

41 W. Dauth, S. Findeisen, J. Südekum, N. Wößner: German robots – the impact of industrial robots on workers, IAB discussion paper, Nr. 30, 2017.

42 D. Acemoglu, P. Restrepo: Robots and jobs: evidence from US labor markets, NBER Working Paper, Nr. 23285, 2017.

43 Vgl. ebenda.

44 T. Gregory, A. Salomons, U. Zierahn: Racing with or against the machine? Evidence from Europe, CESifo working paper, Nr. 7247, 2018.

45 D. H. Autor, D. Dorn: The growth of low skill service jobs and the polarization of the U.S. labor market, in: *American Economic Review*, 103. Jg. (2013), H. 5, S. 1553-1597.

46 D. Acemoglu, P. Restrepo: Low-skill and high-skill automation, a. a. O.

schutzgesetzgebung und höheren Entlassungskosten größer sind als in den USA. Gleichzeitig sind die Weiterbildungskosten aufgrund des höheren Qualifikationsniveaus in Deutschland möglicherweise niedriger. Weiterhin impliziert die höhere Qualifikation der Beschäftigten, dass in Deutschland eingesetzte Automatisierungstechnologien höhere Produktivitätseffekte auslösen als in den USA, weil nur diese gegenüber den Beschäftigten einen komparativen Vorteil aufweisen.

Fazit zur Digitalisierung und zur Zukunft der Arbeit

Die Debatte um mögliche negative Auswirkungen der fortschreitenden Automatisierung auf die Beschäftigung wurde in den letzten Jahren auch durch Studien geschürt, die diesen Technologien hohe Automatisierungspotenziale nachsagen. Fälschlicherweise werden diese Automatisierungspotenziale sogar oftmals mit den erwartbaren Beschäftigungswirkungen gleichgesetzt. Der Beitrag konfrontiert diese Sicht mit der wissenschaftlichen Debatte und kann dabei zeigen, dass die tatsächlichen Beschäftigungswirkungen vermutlich gering und im günstigsten Fall sogar positiv ausfallen können.

Denn Studien, die Automatisierungspotenziale auf der Ebene von Berufen bewerten, unterschätzen, dass Personen auch innerhalb eines Berufes unterschiedliche, nicht automatisierbare Tätigkeiten ausüben. Berücksichtigt man hingegen die Tätigkeiten am konkreten Arbeitsplatz, üben nur etwa 10% der Beschäftigten einen Job mit einem hohen Automatisierungspotenzial aus. Dieses Potenzial muss jedoch keineswegs vollständig ausgeschöpft werden, da nicht alle technischen Möglichkeiten auch betriebswirtschaftlich rentabel, ethisch vertretbar und rechtlich möglich sind. Die Diffusion neuer Technologien in die Wirtschaft ist daher ein langsamer Prozess, der den Beschäftigten Zeit zur Anpassung lässt. Tatsächlich wird ein Großteil der Anpassung an die Automatisierung nicht dadurch vorgenommen, dass scheinbar ersetzbare Berufe überflüssig werden, sondern dadurch,

dass die Arbeitnehmer in denselben Berufen andere Aufgaben übernehmen. Diese Flexibilität der Beschäftigten ist daher ein wichtiger Anpassungsmechanismus. In einem „gefährdeten“ Beruf zu sein, bedeutet also nicht unbedingt, dass der Arbeitsplatzverlust droht, solange notwendige Kompetenzen erworben werden können, um die sich verändernden Anforderungen zu erfüllen. Schließlich verdrängt die Automatisierung zwar Arbeitsplätze, schafft aber durch Produktivitätswirkungen sowie die Nachfrage nach neuen, komplementären Tätigkeiten gleichzeitig neue Arbeitsplätze.

Im Ergebnis zeigen empirische Studien, dass neue Automatisierungstechnologien oftmals keinen signifikanten Effekt auf die Gesamtbeschäftigung haben, wobei je nach Länderkontext auch positive oder leicht negative Wirkungen berichtet werden. Dies lenkt den Blick auf die Bedeutung der Rahmenbedingungen, unter denen die Digitalisierung abläuft. Je besser Anpassungsmechanismen z.B. durch ein entsprechend gutes System der beruflichen Weiterbildung greifen, je stärker Produktivitätseffekte ausfallen und je flexibler ein Arbeitsmarkt das Entstehen neuer Aufgabenbereiche und Berufsbilder ermöglicht, umso positiver fallen die Beschäftigungswirkungen aus.

Die eigentliche Herausforderung besteht somit nicht etwa in einem drohenden Ende der Arbeit, sondern vielmehr in einem tiefgreifenden Strukturwandel der mit stark steigenden Anforderungen in vielen Berufen einhergeht und somit vor allem diejenigen hart trifft, die nicht die notwendigen Kompetenzen aufweisen. Die Gesellschaft hat daher zwei wichtige Aufgaben: erstens sicherzustellen, dass die Arbeitskräfte genügend sowie die richtigen Ausbildungs- und Qualifizierungsmöglichkeiten erhalten und wahrnehmen; und zweitens die negativen Auswirkungen auf diejenigen zu begrenzen, die auch durch gezielte Ausbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen nicht in der Lage sind, sich den steigenden Anforderungen anzupassen.

Title: *Digitisation and the Future of Work*

Abstract: *Rapidly increasing computing power means that more and more activities that previously seemed reserved for humans can now be automated using machines and algorithms. This technological change has sparked a public debate about possible job losses and the threat of mass unemployment. From a scientific perspective, this is clearly exaggerated for four reasons: Firstly, the technological potential for automating jobs is often clearly overestimated. Secondly, by no means will every potential automation actually be put into operational practice. Thirdly, a division of labour between man and machine that adapts flexibly again and again often prevents job losses. And fourthly, automation releases compensation mechanisms that counteract the original displacement effect. An end to work is therefore not in sight, despite constantly increasing technical possibilities, even if this far-reaching structural change presents new challenges for workers.*

JEL Classification: J23, J31, O33