

Arnold, Daniel; Arntz, Melanie; Gregory, Terry; Steffes, Susanne; Zierahn, Ulrich

Research Report

Herausforderungen der Digitalisierung für die Zukunft der Arbeitswelt

ZEW policy brief, No. 8/2016

Provided in Cooperation with:

ZEW - Leibniz Centre for European Economic Research

Suggested Citation: Arnold, Daniel; Arntz, Melanie; Gregory, Terry; Steffes, Susanne; Zierahn, Ulrich (2016) : Herausforderungen der Digitalisierung für die Zukunft der Arbeitswelt, ZEW policy brief, No. 8/2016, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/148278>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

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

ZEW policy brief

Dr. Daniel Arnold, Jun.-Prof. Dr. Melanie Arntz, Dr. Terry Gregory,
Jun.-Prof. Dr. Susanne Steffes, Dr. Ulrich Zierahn

Herausforderungen der Digitalisierung für die Zukunft der Arbeitswelt

Der technologische Wandel erlaubt es zunehmend, Wertschöpfungsprozesse automatisiert und digital gestützt zu erbringen. Diese Digitalisierung und Automatisierung ist im Produktionsbereich beispielsweise gekennzeichnet durch sich zunehmend selbststeuernde Anlagen und Roboter bis hin zu vollautomatisierten und mit anderen vor- und nachgelagerten Geschäftsbereichen vernetzten „Smart Factories“ (Industrie 4.0). Im Dienstleistungsbereich sorgen analog intelligente Software und Algorithmen mit Hilfe großer Datenmengen und Internetschnittstellen für die Digitalisierung und Automatisierung von Geschäftsprozessen. Zum Einsatz kommen etwa Analysetools mit Big Data, Cloud-Computing-Systeme oder Online-Plattformen. Vor dem Hintergrund dieser technologischen Entwicklungen – oftmals Technologien der 4. Industriellen Revolution genannt – werden in der öffentlichen Debatte vermehrt Befürchtungen laut, dass in Zukunft viele Arbeitsplätze überflüssig werden könnten. Dieses Szenario einer „technologischen Arbeitslosigkeit“ wird von Studien aus den USA gestützt, nach denen jeder zweite Arbeitsplatz gefährdet ist (Frey und Osborne, 2013). Für Politik und Gesellschaft drängen sich damit eine Reihe von Fragen auf: Führt die Automatisierung und Digitalisierung tatsächlich zum Abbau von Arbeitsplätzen? Welche Arbeitsplätze sind gefährdet? Wie verändern sich die Arbeitsprozesse und -inhalte im Zuge des Wandels? Wie verändern sich Qualifikations- und Kompetenzanforderungen? Besteht Anpassungsbedarf zur Sicherung der Beschäftigungsfähigkeit von Arbeitnehmern/-innen? Dieser Policy Brief fasst zentrale Erkenntnisse und Einschätzungen aus Sicht der Wissenschaft und den am ZEW entstandenen Arbeiten zusammen.

Debatte zur
„Technologischen
Arbeitslosigkeit“

Die digitale Transformation ...

- ▶ verändert die Arbeit, ohne sie zu ersetzen.
- ▶ schafft mehr Arbeitsplätze als verdrängt werden.
- ▶ hebt vielfach Qualifikations- und Kompetenzanforderungen.
- ▶ geht mit einem Anpassungsdruck auf Seiten der Beschäftigten einher, der für Geringqualifizierte besonders hoch ausfällt.
- ▶ rückt die Bedeutung der Weiterbildung zur Sicherung der Beschäftigungsfähigkeit ins Zentrum politischer Bemühungen.

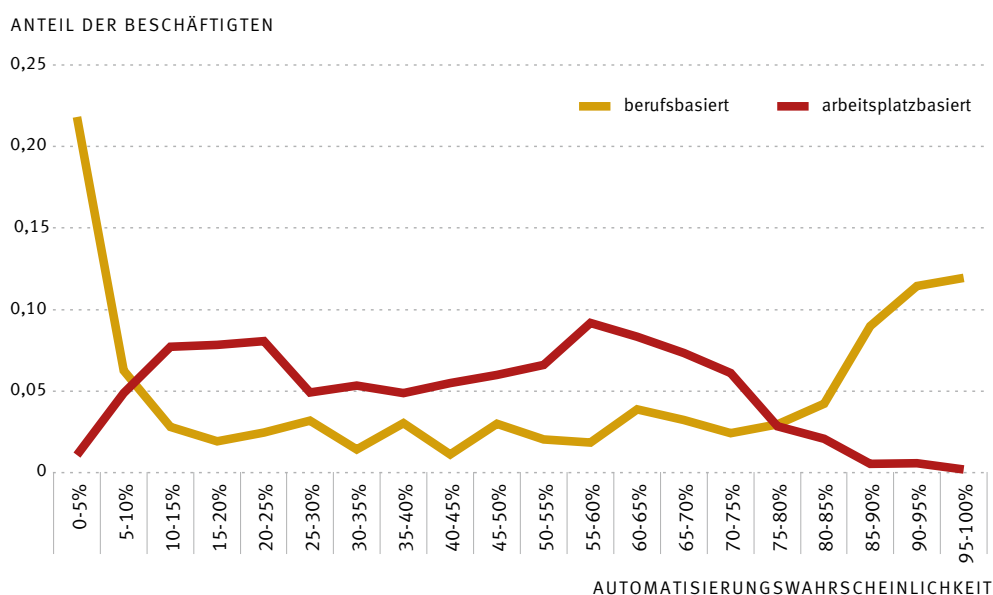
Zentrale
Ergebnisse

Automatisierungspotenzial auf dem deutschen Arbeitsmarkt

Die digitale Transformation verändert die Arbeit, ohne sie zu ersetzen

Führt die Digitalisierung und Automatisierung der Arbeitswelt tatsächlich zu Arbeitsplatzverlusten? Eine in diesem Kontext viel diskutierte Studie aus den USA untersucht die Automatisierbarkeit von Arbeitsplätzen anhand von Experteneinschätzungen. Demnach arbeiten derzeit 47% der US-Beschäftigten in Berufen, die in den nächsten 10 bis 20 Jahren technisch automatisierbar sind (Frey und Osborne, 2013). Überträgt man das so abgeleitete berufsspezifische Automatisierungspotenzial auf Deutschland und Europa, zeigen sich ganz ähnliche Befunde (Bonin, Gregory und Zierahn, 2015; Bowles, 2014). Tatsächlich sind jedoch innerhalb eines Berufes nicht alle Tätigkeiten gleichermaßen automatisierbar. Vielmehr können Maschinen bestimmte Tätigkeiten innerhalb eines Berufes übernehmen, andere hingegen nicht. Ob ein Beruf somit tatsächlich automatisierbar ist, hängt davon ab, wie bedeutend der Tätigkeitsbereich ist, der durch Maschinen ersetzt werden kann. Das Automatisierungspotenzial kann daher auch innerhalb von Berufen von Arbeitsplatz zu Arbeitsplatz unterschiedlich ausfallen. Eine Analyse des Automatisierungspotenzials basierend auf den tatsächlichen Tätigkeitsstrukturen individueller Arbeitsplätze kommt daher zu deutlich veränderten Ergebnissen (Bonin, Gregory und Zierahn, 2015). Gegenüber dem von Frey und Osborne verwendeten berufsbasierten Ansatz, der für Deutschland den Anteil der Arbeitsplätze mit einem hohen Automatisierungspotenzial (>70%) bei 42% sieht, ergibt sich gemäß dem arbeitsplatzbasierten Ansatz ein Anteil von lediglich 12% (Abbildung 1). Dieses deutlich reduzierte Automatisierungspotenzial erklärt sich damit, dass in vielen Berufen auch Tätigkeiten anfallen, die als schwer automatisierbar gelten, wie z.B. sozial-interaktive Tätigkeiten. Die Befunde entsprechen zudem auch in etwa den subjektiven Einschätzungen deutscher Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer zum technologischen Wandel. Demnach erwarten 13% der Beschäftigten, dass ihre Arbeit innerhalb der nächsten zehn Jahre durch Maschinen erbracht werden wird (Arnold, Butschek, Müller und Steffes, 2016).

Abbildung 1: Automatisierungspotenzial auf dem deutschen Arbeitsmarkt



Quelle: Bonin, Gregory und Zierahn (2015)

Die obigen Befunde bestätigen sich für eine Reihe weiterer OECD-Länder. Insbesondere zeigt sich auf Basis eines arbeitsplatzorientierten Ansatzes, dass die Automatisierungspotenziale für 21 OECD-Länder deutlich geringer ausfallen als bisherige Studien vermuten lassen (Arntz, Gregory und Zierahn, 2016a). Allerdings variieren die Ergebnisse zwischen den Ländern: Während in Deutschland und Österreich 12% der Jobs automatisierbar sind, beträgt der Anteil in Korea lediglich 6%. Dabei weisen Länder mit höheren Investitionen in IKT-Technologien, einer kommunikationsintensiveren Arbeitsplatzorganisation sowie einem höheren Bildungsgrad der Belegschaften einen geringeren Anteil an ersetzbaren Arbeitsplätzen auf. Auch wenn der Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung noch nicht ausreichend wissenschaftlich untersucht wurde, deutet sich an, dass der Anteil an Arbeitskräften mit einem tertiären Bildungsabschluss eine große Rolle für die Länderunterschiede beim Anteil automatisierbarer Arbeitsplätze spielt.

Laut den Untersuchungen ist rund jeder zehnte Arbeitsplatz automatisierbar. Ein Anstieg der Arbeitslosigkeit in dieser Höhe ist jedoch nicht zu erwarten, da die Automatisierungspotenziale lediglich die technischen Potenziale widerspiegeln (siehe auch Bonin et al., 2015; Arntz et al., 2016a). Die Potenziale werden jedoch oft überschätzt und finden nicht zwangsläufig und oft nur langsam Einzug in die betriebliche Realität. So zeigen erste Auswertungen auf Basis der repräsentativen IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0-Betriebsbefragung im Frühjahr 2016, dass zwar rund die Hälfte der deutschen Betriebe Technologien der 4. Industriellen Revolution nutzt, allerdings können durchschnittlich nur 5% bzw. 8% der Betriebsmittel den Produktionsanlagen 4.0 bzw. elektronischen Büro- und Kommunikationsmitteln 4.0 zugeordnet werden (Arntz, Gregory, Lehmer, Matthes und Zierahn, 2016c).

Diese noch zögerliche Umsetzung technologischer Möglichkeiten kann dabei verschiedene Ursachen haben. Zu den wesentlichen Hürden bei der Umsetzung von Industrie-4.0-Technologien zählen beispielsweise steigende Aufwendungen für Datenschutz und Cybersecurity, die gezielte Aus- und Weiterbildung von Mitarbeitern/-innen im Umgang mit neuen Technologien, hohe Investitionskosten sowie eine erhöhte Abhängigkeit von Fremdleistungen (Arntz, Gregory, Jansen und Zierahn, 2016b). Darüber hinaus könnten künftig weitere regulatorische, rechtliche oder gesellschaftliche Hürden bestehen, wie etwa die Etablierung technischer Standards zur Umsetzung einer vernetzten Produktion, Haftungsfragen beim autonomen Fahren oder gesellschaftliche Präferenzen für eine Erbringung bestimmter Leistungen durch Menschen (z.B. Pflegeleistungen). Diese Hürden werden die Einführung solcher Technologien nicht verhindern, könnten jedoch deren Verbreitung verlangsamen.

Des Weiteren führt auch die Umsetzung technologischer Möglichkeiten nicht zwangsläufig zu Arbeitsplatzverlusten, wenn Beschäftigte zunehmend die Tätigkeiten ausführen, die durch neue Technologien produktiver werden und nicht durch diese ersetzt werden können. Dies erklärt möglicherweise auch, warum von den 13% der Beschäftigten, die ihre Arbeit als potenziell automatisierbar einschätzen, nur ein Drittel Sorgen um die Sicherheit des eigenen Arbeitsplatzes äußert (Arnold et al., 2016). Da der Einsatz neuer Technologien aus der Sicht der Betriebe zudem mit einer steigenden Arbeitsproduktivität sowie zusätzlichen Absatzmöglichkeiten für neue Produkte und Dienstleistungen in Verbindung gebracht wird (Arntz et al., 2016c), sind die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Gesamtbeschäftigung somit keinesfalls zwangsläufig negativ.

Ähnliche Befunde für übrige OECD-Länder

Überschätzung des Automatisierungspotenzials

Hürden bei der Digitalisierung

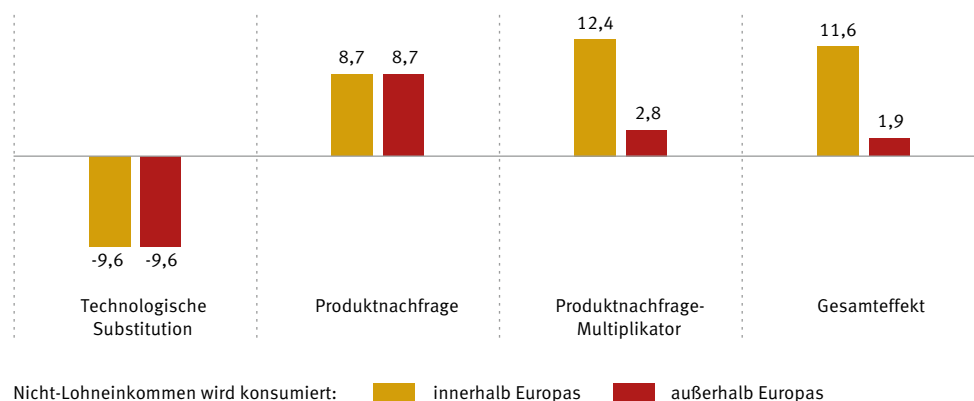
Chancen der Digitalisierung

Technologischer Wandel schafft mehr Arbeitsplätze als verdrängt werden

Beschäftigungseffekte des technologischen Wandels

Um Aussagen zur Veränderung der Gesamtbeschäftigung im Zuge der Digitalisierung machen zu können, müssen sowohl arbeitsplatzeinsparende als auch arbeitsplatzschaffende Wirkungen berücksichtigt werden. Erste empirische Befunde auf Ebene der europäischen Regionen legen den Schluss nahe, dass die Nettobilanz in der Vergangenheit insgesamt positiv war (Gregory, Salomons und Zierahn, 2016). Abbildung 2 zeigt den entsprechenden Gesamteffekt des technologischen Wandels für den Zeitraum 1999–2010 auf die Nachfrage nach Arbeitskräften¹ durch die Unternehmen und zerlegt diesen in verschiedene Wirkungskanäle. Die untere Grenze beruht auf der Annahme, dass nur Lohneinkommen den Konsum in Europa steigern, während die obere Grenze davon ausgeht, dass auch Kapitaleinkommen über den Konsum der europäischen Wirtschaft zugutekommen. Insgesamt zeigt sich, dass die Arbeitsnachfrage durch den technologischen Wandel der jüngeren Vergangenheit gestiegen ist. So stehen einem arbeitseinsparenden Effekt des technologischen Wandels zwei positive Wirkungskanäle gegenüber. Denn sinkende Güterpreise sowie ein durch steigende Einkommen wachsender Konsum führen zu einem Anstieg der Arbeitsnachfrage sowohl im Bereich der handelbaren Güter (positiver Produktnachfrageeffekt) als auch der nicht-handelbaren Dienstleistungen (positiver Produktnachfrage-Multiplikator). Dieser letztgenannte Effekt fällt jedoch deutlich größer aus, wenn auch die Nicht-Lohneinkommen (z.B. Kapitaleinkommen) innerhalb Europas konsumiert werden. Das deutet darauf hin, dass die Auswirkungen der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt auch davon abhängen könnten, wie die Gewinne des Wandels verteilt und verwendet werden.

Abbildung 2: Arbeitsnachfrage in Europa, geschätzte Veränderung (in Millionen Jobs) 1999–2010



Quelle: Gregory, Salomons und Zierahn (2016)

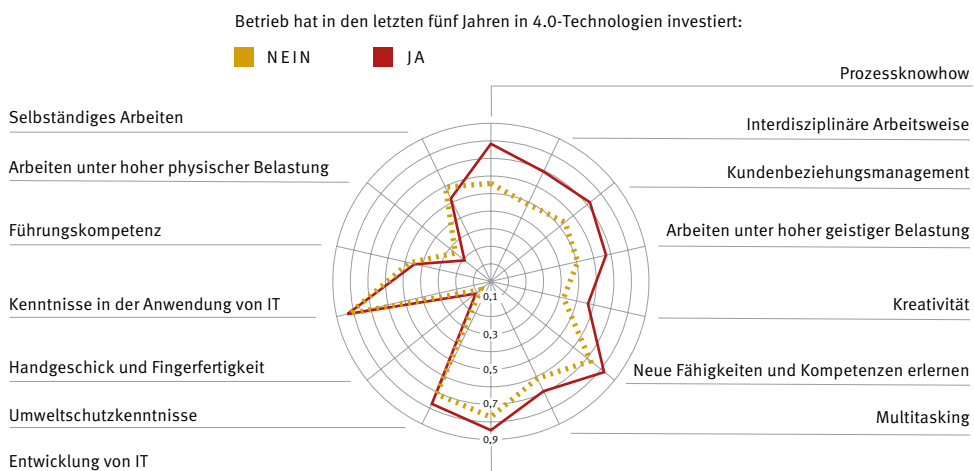
¹ Nicht berücksichtigt sind in dieser Modellierung Anpassungen im Arbeitsangebot z.B. aufgrund der Mobilität von Arbeitskräften zwischen Sektoren, Berufen und Regionen, die sich eher positiv auf die Gesamtbeschäftigung auswirken dürften. Die Beschäftigungswirkungen des technologischen Wandels fallen daher vermutlich positiver aus als in Abbildung 2 gezeigt.

Digitalisierung verändert die Qualifikations- und Kompetenzanforderungen

Auch wenn die Gesamtbeschäftigung voraussichtlich nicht deutlich zurückgehen wird, so widerspricht dies nicht der These eines massiven Strukturwandels. Vermutlich werden IT-Berufe und lehrende Berufe profitieren, während Berufe des Verarbeitenden Gewerbes mit hohem Einsatz von Maschinen und Anlagen am meisten vom Personalabbau betroffen sein könnten (Wolter et al., 2016). Dieser Strukturwandel verändert auch die Qualifikations- und Kompetenzanforderungen. Insgesamt sprechen die Befunde dafür, dass Jobs der Zukunft weniger körperlich anstrengend, dafür geistig anspruchsvoller, vielfältiger aber auch komplexer werden. So steigen die Anforderungen aus Sicht der Betriebe vor allem im Bereich des Prozessknowhows sowie im Hinblick auf eine interdisziplinäre Arbeitsweise und überfachliche Fähigkeiten (Abbildung 3). Letztere umfassen vor allem soziale Kompetenzen (z.B. beim Kundenmanagement) oder Kreativität, d.h. Kompetenzen, in denen Menschen nach wie vor einen komparativen Vorteil gegenüber Maschinen haben. Zu den Nebenwirkungen dieser Entwicklungen gehört jedoch auch eine zunehmend hohe mentale Belastung. So geben rund zwei Drittel der Beschäftigten an, dass technologische Neuerungen zu einer „Verdichtung der Arbeit“ führen und immer mehr Aufgaben gleichzeitig erledigt werden müssen (Arnold et al., 2016).

Arbeitsinhalte werden anspruchsvoller, vielfältiger und komplexer

Abbildung 3: Steigende Automatisierung und veränderte Kompetenzanforderungen



Skala: Anteil der Betriebe, die von einer steigenden Bedeutung ausgehen abzüglich des Anteils der Betriebe, die von einer sinkenden Bedeutung ausgehen.

Quelle: Arntz, Gregory, Jansen und Zierahn (2016b)

Laut einer Umfrage unter Betrieben verschiebt sich der Bedarf an Qualifikationen im Zuge der Digitalisierung vor allem im Dienstleistungsbereich zugunsten von Fach- und Spezialisten-Tätigkeiten (mit Berufsausbildung bzw. beruflicher Fort- und Weiterbildung) sowie hochqualifizierten Tätigkeiten (mit Hochschulabschluss) und zu Lasten von einfachen Tätigkeiten (Arntz et al., 2016c). Auch die Arbeitnehmerseite nimmt diesen Trend hin zur Höherqualifizierung wahr. So sehen vier Fünftel der Beschäftigten die Notwendigkeit, ihre Fähigkeiten kontinuierlich weiterzuentwickeln, um den gestiegenen Anforderungen Rechnung zu tragen (Abbildung 4). Diese Ein-

Trend zur Höherqualifizierung

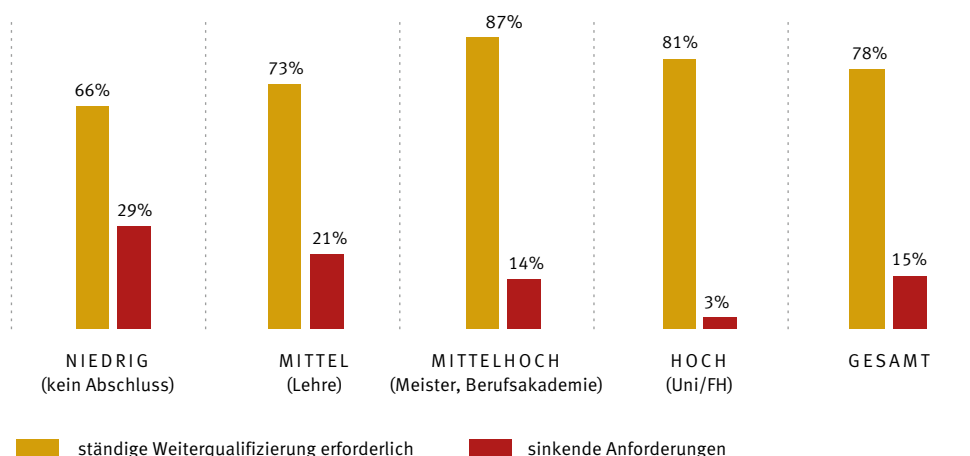
In einigen Bereichen auch Dequalifizierung

schätzung ist in allen Qualifikationsgruppen weit verbreitet, nimmt aber mit dem Grad der Qualifikation zu. Die gestiegenen Anforderungen verdeutlichen die künftige Arbeitsteilung von Mensch und Maschine. Während Maschinen Tätigkeiten übernehmen, die leichter zu programmieren und zu automatisieren sind, übernehmen Menschen überwiegend kreativ-intelligente oder sozial-interaktive Tätigkeiten. Diese setzen tendenziell eine höhere Qualifikation voraus.

Der Trend zur Höherqualifizierung scheint jedoch nicht allgegenwärtig. So berichten Betriebe für den Produktionsbereich eher von einer Polarisierung der Qualifikationsanforderungen. Sowohl am unteren als auch oberen Rand steigt die relative Nachfrage zu Lasten der Nachfrage nach einer mittleren Qualifikation als Facharbeiter, d.h. es zeichnet sich gleichzeitig eine Tendenz zur Höherqualifizierung und Dequalifizierung ab. Tatsächlich geben immerhin 15% der Beschäftigten an, dass sich die Anforderungen an die Fähigkeiten und Kompetenzen in den letzten fünf Jahren durch die Digitalisierung vermindert haben (Arnold et al., 2016). Insbesondere Niedrigqualifizierte – etwa jeder Dritte – sehen sich einer solchen Dequalifizierung gegenüber.

Abbildung 4: Kompetenzanforderung durch Digitalisierung nach Bildungsgrad

ANTEIL DER BESCHÄFTIGTEN MIT ANGABE „TRIFFT VOLL UND GANZ/ÜBERWIEGEND ZU“



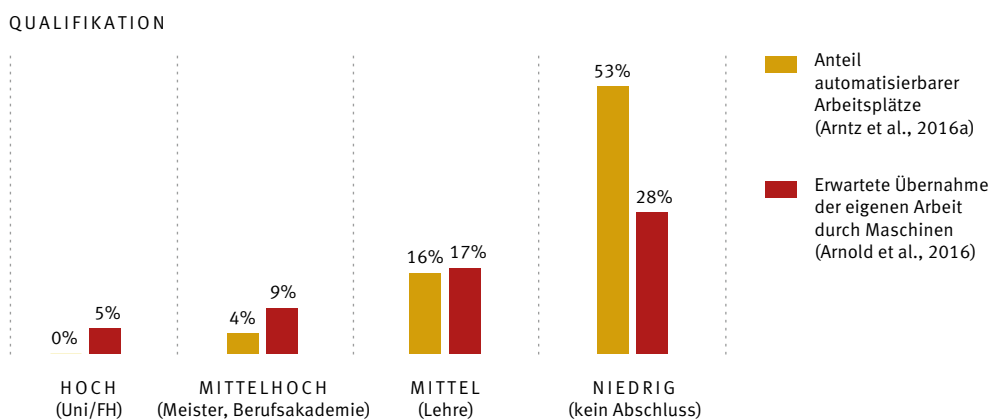
Quelle: Arnold et al. (2016)

Der Anpassungsdruck im digitalen Wandel ist bei Geringqualifizierten besonders hoch

Automatisierungspotenziale bei Geringqualifizierten

Auch wenn die digitale Transformation voraussichtlich keine negativen Gesamtbeschäftigungseffekte auslöst, verschiebt sie dennoch grundlegend die Arbeitsnachfrage zwischen Berufs- und Tätigkeitsfeldern. Der damit einhergehende Anpassungsdruck auf Seiten der Beschäftigten ist insbesondere bei Geringqualifizierten hoch. Denn der Anteil der Beschäftigten mit einem hohen Automatisierungspotenzial fällt unter Geringqualifizierten deutlich höher aus als unter Beschäftigten mit einer mittleren Qualifikation. Die subjektiven Erwartungen der Beschäftigten bezüglich einer möglichen Automatisierung ihres Arbeitsplatzes sind ähnlich zwischen den Bildungsgruppen verteilt (Abbildung 5). Die Forschungsergebnisse legen nahe, dass es zu einer Verschiebung des Anpassungsdrucks von den vor allem in den 1990er Jahren negativ betroffenen Mittelqualifizierten hin zu Geringqualifizierten kommt.

Abbildung 5: Automatisierungspotenzial und subjektive Gefahr durch technologische Substitution nach Bildungsgruppen



Die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Ungleichheit wandeln sich: Auf der einen Seite sind es hochqualifizierte Beschäftigte in Berufsfeldern mit einem hohen Grad an Nichtroutinetätigkeiten, die von einer zunehmend anspruchsvolleren Arbeitswelt profitieren. Sie erleben Maschinen und Algorithmen als komplementäre und produktivitätssteigernde Begleiter bei der Arbeit. Auf der anderen Seite waren es in der jüngeren Vergangenheit vor allem mittelqualifizierte Beschäftigte in Berufen mit starkem Routinecharakter, die zunehmend befürchten müssen, von Maschinen ersetzt zu werden. So nahm in den letzten zwei Jahrzehnten vor allem die Beschäftigung am hochqualifizierten oberen Rand und in geringerem Maße am unteren Rand der Lohnverteilung zu, während der Beschäftigungszuwachs in der Mitte relativ schwach ausfiel. Zukünftig könnte jedoch die Ungleichheit zunehmen, wenn aufgrund steigender Automatisierungspotenziale von einfachen Nichtroutinetätigkeiten vor allem Geringqualifizierte vermehrt unter Druck geraten.

**Zunehmende
Ungleichheit**

Zur Sicherung der Beschäftigungsfähigkeit muss verstärkt auf Weiterbildung gesetzt werden

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Herausforderungen des digitalen Wandels hin zu einer Arbeitswelt 4.0 aus staatlicher Perspektive vor allem darin liegen, Rahmenbedingungen zu schaffen, die einerseits das innovative und produktive Potenzial dieses Wandels voll entfachen und gleichzeitig die Teilhabe der Beschäftigten an diesem Wandel sichern. Aus den bisherigen Befunden lassen sich diesbezüglich drei Kernbotschaften ableiten.

Zum einen kommt den Qualifikationen der Beschäftigten eine zentrale Rolle zu. Angesichts der in weiten Teilen steigenden Anforderungen ist eine kontinuierliche Weiterbildung wichtig, um diesen gerecht zu werden. Viele Betriebe intensivieren daher ihre Weiterbildungsaktivitäten und passen Aus- und Weiterbildungsinhalte an. Gerade die von einem besonders hohen Automatisierungspotenzial betroffenen Geringqualifizierten sehen jedoch weniger die Notwendigkeit, sich ständig weiterzubilden als höherqualifizierte Beschäftigtengruppen. Um daher einem möglichen Anstieg der Ungleichheit im Zuge des technologischen Wandels entgegenzuwirken, sind über betriebliche Maßnahmen hinaus auch staatliche Programme notwendig, um speziell die Gruppen zu fördern, deren Fähigkeiten ansonsten zunehmend hinter den Anforderungen zurück-

**Weiterbildungsbedarf
in der digitalen
Transformation**

bleiben. Dabei sollte der Staat nicht alleine auf Maßnahmen setzen, die erst dann greifen, wenn Personen bereits ihre Arbeit verloren haben; vielmehr sollten berufsbegleitende Möglichkeiten der Höherqualifizierung zu einer Beschäftigungsstabilisierung beitragen.

Zweitens ist zu erwarten, dass ein Teil der Erwerbspersonen nicht in der Lage ist und auch nicht durch Qualifizierung in die Lage versetzt werden kann, die wachsenden Anforderungen zu erfüllen. Beschäftigungs- und Einkommensrisiken könnten für diese Gruppe zunehmen und stellen daher eine sozialpolitische Herausforderung dar. Wie eine sozialpolitische Antwort auf diese Herausforderungen konkret aussehen könnte, ist angesichts des noch bestehenden Forschungsbedarfs jedoch unklar.

Drittens deuten erste Ergebnisse darauf hin, dass die Gesamtbeschäftigungswirkungen des digitalen Wandels unter anderem davon abhängen, wie die Gewinne der Digitalisierung verteilt und verwendet werden. Während steigende Lohneinkommen den lokalen Konsum stärken und damit neue Arbeitsplätze schaffen, kämen steigende Kapitaleinkommen der lokalen Wirtschaft unter Umständen in geringerem Maße zugute. Hier stellt sich die Frage, ob die geringeren Steuersätze auf Kapitaleinkommen im Vergleich zu Lohneinkommen eine Benachteiligung des Faktors Arbeit darstellen und ob durch eine Anpassung der relativen Steuerlasten die Beschäftigungswirkungen des digitalen Wandels positiv gestaltet werden können.

Literaturangaben

- Arnold, D., Butschek, S., Müller D. und Steffes, S. (2016): Digitalisierung am Arbeitsplatz. Aktuelle Ergebnisse einer Betriebs- und Beschäftigtenbefragung, Forschungsbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales und des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Berlin.
- Arntz, M., Gregory, T. und Zierahn, U. (2016a): The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries, OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 189, Paris.
- Arntz, M., Gregory, T., Jansen, S. und Zierahn, U. (2016b), Tätigkeitswandel und Weiterbildungsbedarf in der digitalen Transformation, Studie des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) und des Instituts für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (IAB) im Auftrag der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech).
- Arntz, M., Gregory, T., Lehmer, F., Matthes, B. und Zierahn, U. (2016c): Arbeitswelt 4.0 – Stand der Digitalisierung in Deutschland: Dienstleister haben die Nase vorn. IAB Kurzbericht 22/2016.
- Beaudry, P., Green, D. A. und Sand, B. M. (2016): The Great Reversal in the Demand for Skill and Cognitive Tasks, in: *Journal of Labour Economics* 34(S1), 199–247.
- Bonin, H., Gregory, T. und Zierahn, U. (2015): Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland, Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Mannheim.
- Bowles, J. (2014). The computerization of European Jobs. Bruegel, Brussels.
- Dengler, K. und Matthes, B. (2015): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland, IAB Forschungsbericht 11/2015.
- Frey, C. und Osborne, M. A. (2013): The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization?. University of Oxford.
- Gregory, T., Salomons, A. und Zierahn, U. (2016): The Employment Effects of Routine-Biased Technological Change in Europe, unpublished.

Wolter, M. I., Mönnig, A., Hummel, M., Schneemann, C., Weber, E., Zika, G., Helmrich, R., Maier, T. und Neuber-Pohl, C. (2015): Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft. Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. IAB Forschungsbericht 8/2015.

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW, 2015): IKT-Report. Unternehmensbefragung zur Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien, Oktober 2015, ZEW, Mannheim.

Weitere Informationen

Dr. Daniel Arnold,

ZEW, Forschungsbereich Arbeitsmärkte, Personalmanagement und Soziale Sicherung

Jun.-Prof. Dr. Melanie Arntz,

ZEW, Forschungsbereich Arbeitsmärkte, Personalmanagement und Soziale Sicherung

Dr. Terry Gregory,

ZEW, Forschungsbereich Arbeitsmärkte, Personalmanagement und Soziale Sicherung

Jun.-Prof. Dr. Susanne Steffes,

ZEW, Forschungsbereich Arbeitsmärkte, Personalmanagement und Soziale Sicherung

Dr. Ulrich Zierahn,

ZEW, Forschungsbereich Arbeitsmärkte, Personalmanagement und Soziale Sicherung

[Projektteam](#)

Jun.-Prof. Dr. Melanie Arntz,

ZEW, Forschungsbereich Arbeitsmärkte, Personalmanagement und Soziale Sicherung

Tel.: +49 (0)621 1235-159, Fax: +49 (0)621 1235-225, E-Mail arntz@zew.de

[Kontakt](#)

ZEW

Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung GmbH
Centre for European
Economic Research

ZEW policy brief series

Publisher: Centre for European Economic Research (ZEW), Mannheim
L 7, 1 · 68161 Mannheim · P.O. Box 10 34 43 · 68034 Mannheim · Germany · Internet: www.zew.de · www.zew.eu
President: Prof. Achim Wambach, PhD · Director of Business and Administration: Thomas Kohl

Editorial responsibility: Prof. Achim Wambach, PhD

Quotes from the text: Sections of the text may be quoted in the original language without explicit permission provided that the source is acknowledged.

© Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH (ZEW), Mannheim, 2016 · Member of the Leibniz Association