

# Kapitel G

## Digitalisierung

### I. Einführung und Resümee

Florian Lehmer

■ Unsere Gegenwart ist geprägt von einem enormen Zuwachs der Leistungsfähigkeit von Informations- und Kommunikationstechnologien. So hat sich die Rechengeschwindigkeit von Computern seit 1971 durchschnittlich alle 12 bis 24 Monate verdoppelt (Moore'sches Gesetz). Gleichzeitig sind die Preise für Computertechnologien kontinuierlich gesunken (Brynjolfson/McAfee 2014). Hinzu kommen die Fortschritte in der Robotik und Sensortechnik. Bereits heute werden Roboter für zahlreiche Tätigkeiten in der Industrie eingesetzt (z. B. schweißen, montieren, verpacken, transportieren). Da Roboter immer günstiger, mobiler, vernetzter und sicherer werden, sind immer neue Anwendungsfelder zu erwarten, insbesondere auch für kleinere Unternehmen und in der Zusammenarbeit von Mensch und Maschine (kollaborative Roboter). Dank intelligenter Sensoren können zudem immer mehr Informationen aus der Produktion genutzt werden, um bestehende Prozesse zu optimieren oder neue Dienste anzubieten (z. B. Qualitätskontrolle, Reparaturdienste).

Durch moderne Automatisierungs- und Digitalisierungstechnologien wird die Kommunikation und Kooperation zwischen Beschäftigten, Anlagen, Logistik, Produkten und Kunden immer enger miteinander verzahnt. Immer öfter kommunizieren nicht nur die Beschäftigten durch Smartphones, Tablets, PCs oder Terminals miteinander, sondern auch Maschinen und Anlagen („Internet der Dinge“). So meldet beispielsweise eine Maschine an das Materiallager, dass sie demnächst einen Auftrag erledigt hat, sodass dort die für den nächsten Auftrag erforderlichen Materialien bereitgestellt werden; zusätzlich meldet die Maschine an das Werkzeuglager, dass ein Werkzeug nicht mehr exakt arbeitet und ausgetauscht werden muss. Diese Vernetzung führt zu riesigen Datenmengen (Big Data), deren Auswertung eine Vielzahl von neuen Geschäftsmodellen und Anwendungsfeldern ermöglicht.

Diese Entwicklungen haben unsere Arbeitswelt schon jetzt verändert und werden dies in Zukunft noch stärker tun. Die möglichen Folgen der zunehmend automatisierten und digitalisierten Arbeitswelt werden gegenwärtig intensiv diskutiert. Vor diesem Hintergrund präsentiert dieses Kapitel aktuelle Befunde und Einschätzungen des IAB, die einen tieferen Einblick in die Thematik erlauben.

Bislang ist nur wenig darüber bekannt, in welchem Maße moderne digitale Technologien bereits heute in den Betrieben in Deutschland eingesetzt werden und welche Hürden die Betriebe bei der Einführung dieser Technologien erwarten. In Unterkapitel G.II gehen Britta Matthes und Florian Lehmer dieser Frage nach. Ihren Analysen zufolge nutzt etwa die Hälfte aller Betriebe in Deutschland bereits solche Technologien. Jedoch haben vor allem kleinere Produzenten hier Nachholbedarf. Diese Betriebe erwarten sich von der Digitalisierung kaum Produktivitätsvorteile und Kostensenkungen und sehen darin nur wenig Potenzial für neue Produkte und Dienstleistungen.

Inwieweit Betriebe moderne digitale Technologien bereits nutzen, hängt zweifellos auch von den technischen Gegebenheiten ab. In Unterkapitel G.III untersuchen Bastian Stockinger, Oliver Falck und Andreas Mazat, wie sich die Verfügbarkeit von Breitbandinternet in ländlichen Gebieten Westdeutschlands auf die Gründungstätigkeit auswirkt. Die Autoren finden einen positiven Zusammenhang: Vor allem in neugegründeten Betrieben des wissensintensiven Dienstleistungssektors begünstigt Breitbandinternet das Beschäftigungswachstum.

Was die Verbreitung moderner digitaler Technologien für die Beschäftigung in Deutschland bedeuten könnte, beleuchten Katharina Dengler und Britta Matthes in Unterkapitel G.IV. Sie berechnen sogenannte Substituierbarkeitspotenziale für Berufe, also den Anteil der Tätigkeiten, der innerhalb eines Berufes bereits heute potenziell durch den Einsatz von Computern oder computergesteuerten Maschinen ersetzt werden *könnte*. Demnach sind Helfer- und Fachkraftberufe eher durch digitale Technik ersetzbar als Spezialisten- und Expertenberufe. Allerdings unterscheiden sich die Substituierbarkeitspotenziale stark zwischen einzelnen beruflichen Teilarbeitsmärkten.

In Unterkapitel G.V und G.VI werfen Enzo Weber, Gerd Zika, Marc Ingo Wolter und Tobias Maier einen Blick in die Zukunft. Sie präsentieren Ergebnisse zu Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen, die das IAB gemeinsam mit dem Institut für Berufsbildung (BIBB) und der Gesellschaft für

Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) berechnet hat. Demnach beschleunigt die Digitalisierung den Strukturwandel hin zu mehr Dienstleistungen. Die Arbeitskräftebewegungen zwischen Branchen und Berufen sind weit aus größer als die Veränderung der Zahl der Erwerbstätigen insgesamt (Unterkapitel G.V). Mit der sich wandelnden Berufsfeldstruktur ändern sich auch die beruflichen Anforderungen. So steigt der Bedarf an Beschäftigten, die eine Spezialisten- bzw. Expertentätigkeit ausüben können, da kognitive Berufe mit geringen Routineanteilen stärker nachgefragt werden. Fachkrafttätigkeiten hingegen, die im Allgemeinen von Beschäftigten mit einer abgeschlossenen Berufsausbildung ausgeübt werden, werden aufgrund der relativ höheren Routinehaftigkeit ihrer Arbeit weniger nachgefragt (Unterkapitel G.VI).

Die durch die Digitalisierung ausgelösten Veränderungen am Arbeitsplatz greifen die Unterkapitel G.VII und G.VIII auf. In Unterkapitel G.VII analysiert Bernhard Christoph Umfang und Art der Computernutzung für verschiedene Beschäftigtengruppen. So zeigt sich, dass viele Beschäftigte in Produktionsberufen gar keinen Computer nutzen. Andererseits findet sich in dieser Gruppe aber auch ein relativ hoher Anteil an Personen, die selbst programmieren. Diese Polarisierung der Computernutzung erscheint vor dem Hintergrund der strukturellen Umbrüche in der industriellen Produktion durchaus schlüssig.

Daniel Arnold, Lutz Bellmann, Susanne Steffes und Stefanie Wolter thematisieren die Anforderungen und Belastungen, die mit zunehmender Digitalisierung einhergehen. Ihre Befragungsergebnisse zeigen, dass neue Technologien nicht nur die Kompetenzanforderungen an die Beschäftigten tendenziell erhöhen, sondern auch die Arbeitsbelastung in spezifischer Weise beeinflussen. So sinken die körperlichen Belastungen, während die psychischen eher ansteigen.

## II. Stand der Digitalisierung

### Florian Lehmer und Britta Matthes

■ Gegenwärtig wird in einer breiten Öffentlichkeit intensiv diskutiert, welche Folgen die zunehmend automatisierte und digitalisierte Arbeitswelt haben könnte. Allerdings ist das Wissen darüber gering, wie und in welchem Maße Betriebe in Deutschland moderne digitale Technologien wie selbststeuernde Anlagen (Smart Factories, Cyber-Physische Systeme etc.), Online-Plattformen und -Shops, Big-Data-Anwendungen oder Cloud-Computing-Systeme bereits heute einsetzen und wie sie deren Chancen und Risiken einschätzen. Deshalb haben das IAB und das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung eine Betriebsbefragung (ZEW) zur „Arbeitswelt 4.0“ durchgeführt, die erstmals repräsentative Ergebnisse zu diesem Thema liefert (siehe **Internetanhang** Die IAB-ZEW-Betriebsbefragung „Arbeitswelt 4.0“).

Wie die Ergebnisse dieser Befragung zeigen, ist die Nutzung moderner digitaler Technologien bereits heute (2016) für 18 Prozent der Firmen in Deutschland zentraler Bestandteil ihres Geschäftsmodells (vgl. **Abbildung G1**). Weitere 34 Prozent nutzen solche Technologien, auch wenn sie nicht zentraler Bestandteil ihres Geschäftsmodells ist; zwei Prozent planen deren Anschaffung; 15 Prozent setzen sich mit

der Frage der Nutzung auseinander. 31 Prozent haben sich noch nicht mit dem Einsatz dieser Technologien beschäftigt. Während also die eine Hälfte bereits moderne digitale Technologien nutzt, hat die andere Hälfte die modernen neuen Technologien noch nicht für sich entdeckt.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, warum manche Firmen moderne digitale Technologien einsetzen und manche nicht. Unsere Analysen zeigen, dass Größe und Zugehörigkeit zu einem Wirtschaftsbereich hier eine wichtige Rolle spielen: Fast 70 Prozent der Betriebe im Dienstleistungsbereich mit 50 und mehr Beschäftigten nutzen moderne digitale Technologien oder planen deren Anschaffung (Arntz et al. 2016). Bei Dienstleistern mit weniger als 50 Beschäftigten ist das bei etwa der Hälfte der Betriebe der Fall. Produktionsbetriebe mit 50 und mehr Beschäftigten setzen ebenfalls zu rund 50 Prozent digitale Technologien ein oder planen deren Einführung. Bei den Produktionsbetrieben mit weniger als 50 Beschäftigten sind es rund 40 Prozent. Und fast die Hälfte der Produktionsbetriebe mit weniger als 50 Beschäftigten hat sich noch nicht mit der Nutzung moderner digitaler Technologien beschäftigt. Hier wird ein großer Nachholbedarf vor allem bei den kleineren Produzenten deutlich. Es scheint, dass gerade diese Betriebe besonders hohe Hürden auf dem Weg ins digitale Zeitalter sehen.

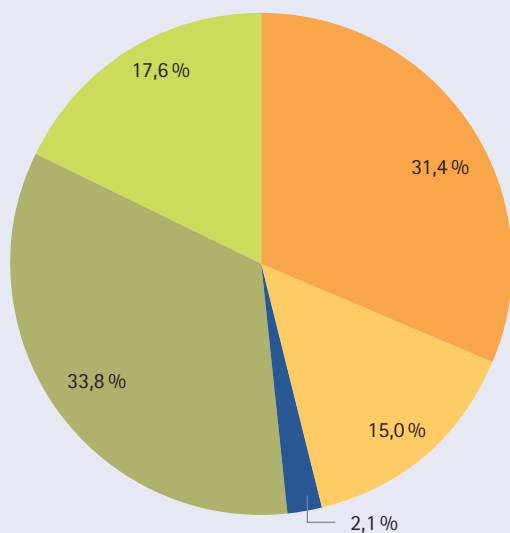
#### Hürden bei der Einführung moderner digitaler Technologien sind für Produzenten und Dienstleister unterschiedlich hoch

Um die möglicherweise bestehenden Hürden bei der Einführung moderner digitaler Technologien zu identifizieren, wurden die Betriebe gefragt, welche Chancen und Risiken die Nutzung dieser Technologien mit sich bringen würde. Dabei fällt vor allem ins Auge, dass sich größere Produzenten mit 50 oder mehr Beschäftigten davon eher eine Senkung der Arbeitskosten versprechen als kleinere Produzenten und Dienstleister (vgl. **Abbildung G2**).

Dass die Arbeitsproduktivität durch den Einsatz moderner digitaler Technologien steigt, erwarten vor allem größere Produzenten, während kleinere Dienstleister diesem Aspekt am wenigsten zustimmen. Auch an eine Einsparung von Energie-, Transport- und Lagerhaltungskosten bei Einsatz solcher Technologien glauben am ehesten große Produzenten, alle anderen erwarten dies eher nicht. Kleinere Produzenten gehen im Gegensatz zu den anderen Firmen seltener davon aus, dass sie durch die modernen digitalen Technologien neue Produkte und Dienstleistungen anbieten oder individuelle Kundenwünsche besser erfüllen können.

Die Unterschiede in der Nutzung moderner digitaler Technologien zwischen Produzenten und Dienstleistern unterschiedlicher Betriebsgröße hängen also auch damit zusammen, wie die mit den modernen digitalen Technologien

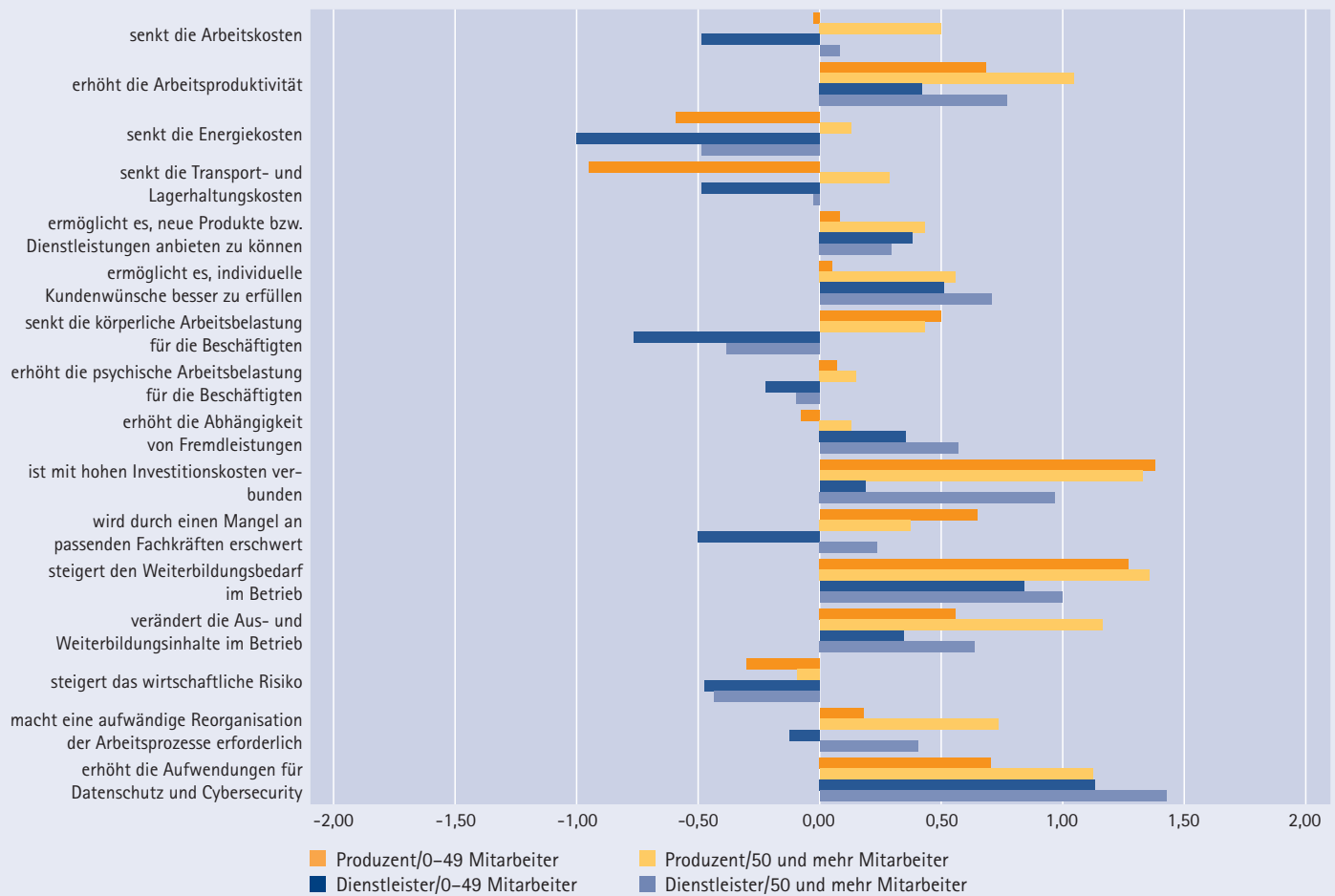
**Abbildung G1: Anteil der Betriebe, die moderne digitale Technologien nutzen, Angaben in %**



- Wir haben uns noch nicht mit der Nutzung solcher Technologien beschäftigt.
- Wir setzen uns bereits mit der Nutzung solcher Technologien auseinander.
- Wir planen derzeit die Anschaffung solcher Technologien.
- Wir nutzen bereits solche Technologien.
- Die Nutzung dieser Technologien ist zentraler Bestandteil unseres Geschäftsmodells.

Quelle: IAB-ZEW-Betriebsbefragung „Arbeitswelt 4.0“, eigene Berechnungen.

Abbildung G2: Chancen und Risiken moderner digitaler Technologien aus Sicht der Betriebe, nach Sektorzugehörigkeit und Größe des Betriebs



Auf einer Skala von -2 (trifft überhaupt nicht zu) bis +2 (trifft voll und ganz zu) wurden die Betriebe nach ihrer jeweiligen Einschätzung gefragt. Die Grafik zeigt die gewichteten Mittelwerte der Befragung. Negative Werte bedeuten, dass man der Aussage im Mittel nicht zustimmt, positive, dass man der Aussage im Mittel zustimmt.

Quelle: IAB-ZEW-Betriebsbefragung „Arbeitswelt 4.0“, eigene Berechnungen.

verbundenen Chancen und Risiken eingeschätzt werden. Vor allem hohe Investitionskosten scheinen dafür verantwortlich zu sein, dass Produzenten die modernen digitalen Technologien weniger häufig nutzen als Dienstleister. Dass gerade kleinere Produzenten bei digitalen Technologien so zurückhaltend agieren, ist vor allem auf große Unsicherheiten in Bezug auf deren Vorteile zurückzuführen: Sie sind sich nicht sicher, ob die Einführung moderner digitaler Technologien zu einer Senkung der Arbeitskosten führt, sie schätzen die Steigerung der Arbeitsproduktivität pessimistischer ein als größere Produzenten, und gehen im Gegensatz zu allen anderen Firmen seltener davon aus, dass sie durch die modernen digitalen Technologien neue Produkte und Dienstleistungen anbieten oder individuelle Kundenwünsche besser erfüllen können. Auch versprechen sie sich davon zumeist keine Senkung der Energie-, Transport- und Lagerkosten. Stattdessen befürchten sie stärker als andere Firmen hohe Investitionskosten und einen Mangel an passenden Fachkräften.

Anscheinend sehen diese Betriebe also wenig Sinn darin, sich mit den modernen digitalen Technologien auseinanderzusetzen. Damit diese Betriebe nicht den Anschluss ans digitale Zeitalter verpassen, ist es erforderlich, die Potenziale der modernen digitalen Technologien aufzuzeigen. Hilfreich wäre, Modelle einer vernetzten Produktion zu erproben, bei der viele kleine, mittlere und große Firmen möglichst effektiv zusammenarbeiten. Auch könnte die Auseinandersetzung mit dem Thema für viele Betriebe attraktiver sein, wenn Förderprogramme explizit auf die Einführung moderner digitaler Technologien ausgerichtet wären. Dabei sollte nicht nur die Entwicklung neuer oder technisch verbesserter Produkte oder Dienstleistungen bzw. entsprechender Produktionsverfahren oder Geschäftsprozesse gefördert werden. Wichtig wären beispielsweise auch Projekte, die sich mit der Entwicklung von Software zur Gewährleistung des Datenschutzes oder der IT-Sicherheit auseinandersetzen oder die herausarbeiten, wie man die Belegschaft am besten auf die technologischen Veränderungen vorbereitet.

### III. Breitbandinternet und Betriebsgründungen

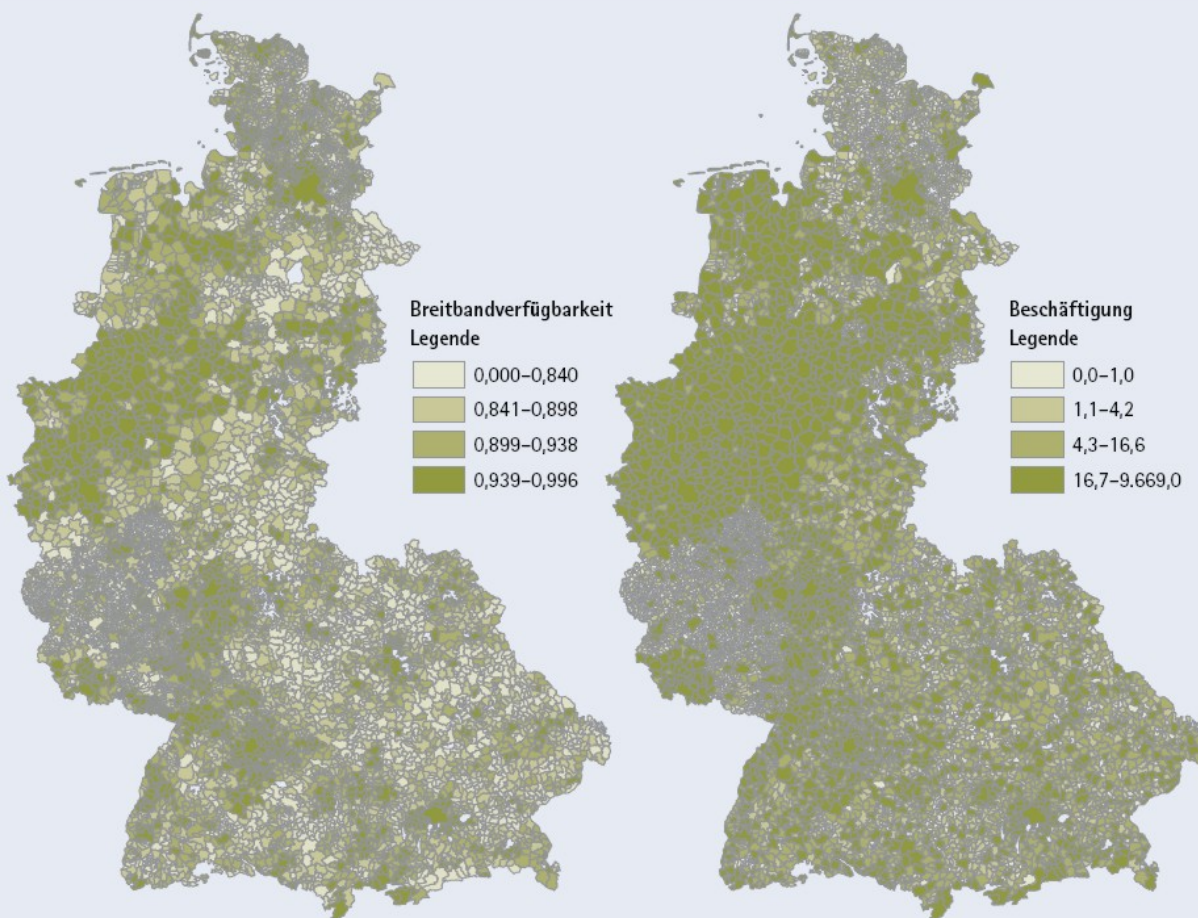
Oliver Falck, Andreas Mazat (beide ifo-Institut) und Bastian Stockinger

Die regionale Verfügbarkeit von Breitbandinternet variiert in Deutschland erheblich. Der Wunsch nach Abbau dieser Disparitäten befeuert seit Jahren die nationale Debatte um die optimale Ausbaustrategie und verbindet sich zudem mit regionalpolitischen Interessen. Im Zentrum der lokalen Wirtschaftspolitik steht dabei häufig die Erwartung, dass ein Ausbau des Breitbandinternets zur Ansiedlung junger, innovativer Firmen führt – mit positiven Folgen für die Beschäftigung. Auf Basis betriebshistorischer Daten hat das IAB gemeinsam mit dem Münchner ifo Institut für den Zeitraum von 2005 bis 2009 untersucht, ob sich eine verbesserte Ver-

fügbarkeit von Breitbandinternet in ländlichen Gebieten Westdeutschlands tatsächlich positiv auf die Gründungstätigkeit ausgewirkt und somit zu mehr Beschäftigung in jungen, innovativen Betrieben geführt hat.

Abbildung G3 stellt diesen Zusammenhang zwischen Verfügbarkeit von Breitbandinternet und Beschäftigung in neugegründeten Betrieben deskriptiv dar. Während die linke Karte der Abbildung den durchschnittlichen Anteil der Haushalte innerhalb von Gemeinden, die zwischen 2005 und 2009 Zugang zu schnellem Internet von mindestens 384 kb/s hatten

Abbildung G3: Breitbandverfügbarkeit und Beschäftigung in westdeutschen Gemeinden



Die linke Karte (Breitbandverfügbarkeit) stellt den durchschnittlichen Anteil der Haushalte von Gemeinden dar, die zwischen 2005 und 2009 Zugang zu Breitbandinternet mit einer Geschwindigkeit von mindestens 384 kb/s hatten. Die rechte Karte (Beschäftigung) zeigt die durchschnittliche jährliche Anzahl der Vollzeitbeschäftigten in neugegründeten Betrieben zwischen 2005 und 2009.

Datenquelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2009) und Betriebshistorikpanel des IAB (BHP7510 V1).



## „Breitbandinternet begünstigt Beschäftigung in neugegründeten Betrieben des wissensintensiven Dienstleistungssektors.“

ten, abbildet, illustriert die rechte Karte die durchschnittliche jährliche Anzahl an Vollzeitbeschäftigten in neugegründeten Betrieben dieser Gemeinden für denselben Zeitraum. Dunkler eingefärbte Flächen weisen dabei auf eine höhere Breitbandverfügbarkeit beziehungsweise eine größere Anzahl an Vollzeitbeschäftigten in neugegründeten Betrieben hin. Vergleicht man die beiden Karten, zeigt sich in der Tat, dass in Gemeinden mit höherer Breitbandverfügbarkeit typischerweise auch die Anzahl an Vollzeitbeschäftigten in neugegründeten Betrieben größer ausfällt.

Allerdings lässt sich an diesem einfachen Zusammenhang nicht der pure Effekt der Breitbandinternetverfügbarkeit auf die Beschäftigung in jungen Betrieben ableiten. Vielmehr spiegelt er auch generelle strukturelle Unterschiede zwischen den Gemeinden wider. Um den puren Breitbandinterneteffekt auf die Beschäftigung in neugegründeten Betrieben zu identifizieren, wurde die Tatsache genutzt, dass in den Jahren 2005 bis 2009 schnelle Internetzugänge vorwiegend durch DSL-Verbindungen realisiert wurden, welche die vorhandene öffentliche Telefonnetzinfrasturktur nutzten. Dabei war die Distanz zwischen Endnutzer und Hauptverteiler ausschlaggebend dafür, ob ein DSL-Anschluss möglich war oder nicht. So konnten Haushalte, die mehr als 4.200 Meter von ihrem Hauptverteiler entfernt waren, keinen DSL-Anschluss und damit kein schnelles Internet auf Basis des herkömmlichen öffentlichen Telefonnetzes erhalten. Dies führte im Betrachtungszeitraum (2005–2009) zu einer substantiellen Heterogenität in der regionalen Verfügbarkeit von schnellem Internet in Westdeutschland – unabhängig von sonstigen strukturellen Unterschieden im ländlichen Raum –, sodass sich der Beschäftigungseffekt von Breitbandinternet in neugegründeten Betrieben isoliert von anderen Einflussfaktoren ermitteln lässt. Auf dieser Basis zeigt sich: Breitbandinternet wirkt sich nicht generell auf Beschäftigung in neugegründeten Betrieben aus, sondern nur auf einzelne Branchen.

### Breitbandinternet begünstigt Beschäftigung in neugegründeten Betrieben des wissensintensiven Dienstleistungssektors

Während die Verfügbarkeit von Breitbandinternet keine Effekte auf die Beschäftigung in neugegründeten Betrieben etwa des Verarbeitenden Gewerbes oder des Groß- und Einzelhandels hat, entsteht dadurch mehr Beschäftigung in neugegründeten Betrieben des wissensintensiven Dienstleistungssektors. Dieser Effekt fällt umso größer aus, je näher eine Gemeinde an einem regionalen Oberzentrum liegt. Auch Gemeinden mit höherer Bevölkerungsdichte oder einem höheren Anteil an Hochqualifizierten profitieren diesbezüglich stärker von Breitbandinternetverfügbarkeit als Gemeinden mit einer niedrigen Bevölkerungsdichte beziehungsweise einem geringen Anteil an Hochqualifizierten. Letztlich deuten diese Ergebnisse darauf hin, dass eine leistungsfähige Breitbandinfrastruktur gerade dann besonders wertvoll ist, wenn auch andere lokale Faktoren eine Betriebsneugründung begünstigen.

## IV. Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt: Welche Berufe sich potenziell durch Computer ersetzen lassen

Katharina Dengler und Britta Matthes

Die fortschreitende Digitalisierung wird unsere Arbeitswelt weiter verändern. Dies hat für einzelne Berufe unterschiedliche Folgen. Vielfach werden Befürchtungen laut, dass dieser Prozess viele Menschen arbeitslos machen wird. Einer amerikanischen Studie aus dem Jahr 2013 zufolge könnte fast die Hälfte der Beschäftigten in den USA in den nächsten zehn bis 20 Jahren durch computergesteuerte Maschinen ersetzt werden (Frey/Osborne 2013). Auf Basis von berufskundlichen Daten für Deutschland hat das IAB sogenannte Substituierbarkeitspotenziale für Berufe berechnet, also den Anteil der Tätigkeiten, die innerhalb eines Berufes bereits heute potenziell durch Computer oder computergesteuerte Maschinen ersetzt werden könnten (Dengler/Matthes 2015a, b).

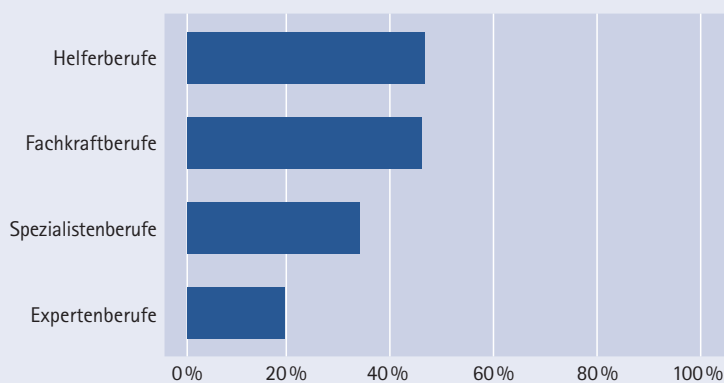
**Im Schnitt könnten Computer jeweils rund 45 Prozent der Helfer- als auch der Fachkrafttätigkeiten erledigen** Ausgehend von dem vielfach belegten Befund, dass sich Bildung auszahlt (z. B. Stüber/Schmillen 2014), würde man erwarten, dass das Substituierbarkeitspotenzial mit zunehmendem Anforderungsniveau sinkt. Wie **Abbildung G4** zeigt, trifft dies jedoch nur teilweise zu. Helferberufe, für die typischerweise keine berufliche Ausbildung erforderlich ist, haben ein Substituierbarkeitspotenzial von durchschnittlich etwa 45 Prozent – und damit ein etwa gleich hohes wie das von Fachkraftberufen, für die in der Regel eine mindestens zweijährige Berufsausbildung absolviert werden muss. Erst Berufe, für die eine weiterführende oder

akademische Ausbildung erforderlich ist, sind weniger gut durch Computer ersetzbar. Das Substituierbarkeitspotenzial in den Spezialistenberufen – für die in Deutschland typischerweise eine Meister- oder Techniker Ausbildung oder auch ein weiterführender Fachschul- oder Bachelorabschluss erforderlich ist – beträgt ein gutes Drittel. Noch niedriger, bei rund 19 Prozent, liegt das Substituierbarkeitspotenzial in den Expertenberufen, die in der Regel ein mindestens vierjähriges abgeschlossenes (Fach-)Hochschulstudium voraussetzen.

**„Je nach Anforderungsniveau und Berufssegment fällt die potenzielle Ersetzbarkeit von Tätigkeiten durch Computer sehr unterschiedlich aus.“**

Es mag zunächst überraschend erscheinen, dass Fachkraftberufe ein ähnlich hohes Substituierbarkeitspotenzial wie Helferberufe aufweisen. In manchen Berufssegmenten sind Tätigkeiten, die von Fachkräften oder Spezialisten erledigt werden, tatsächlich leichter zu automatisieren als Helfertätigkeiten. Helfer übernehmen häufig manuelle Tätigkeiten, die nur schwer in programmierbare Algorithmen übersetzt werden können. **Abbildung G5** stellt für ausgewählte Berufssegmente (Land-, Forst-, Gartenbauberufe, fertigungstechnische Berufe, Bau- und Ausbauberufe, Berufe in Unternehmensführung und -organisation) die Substituierbarkeitspotenziale nach Anforderungsniveau dar. Dabei zeigen sich je nach Berufssegment unterschiedliche Muster. Im Berufssegment „Land-, Forst-, Gartenbauberufe“ zeigt sich das zu erwartende Bild: Mit höherem Anforderungsniveau sinkt das Substituierbarkeitspotenzial. Helfer im Berufssegment „fertigungstechnische Berufe“ weisen hingegen ein kleineres Substituierbarkeitspotenzial auf als Fachkräfte. Interessant ist das Ergebnis für das Berufssegment „Bau- und

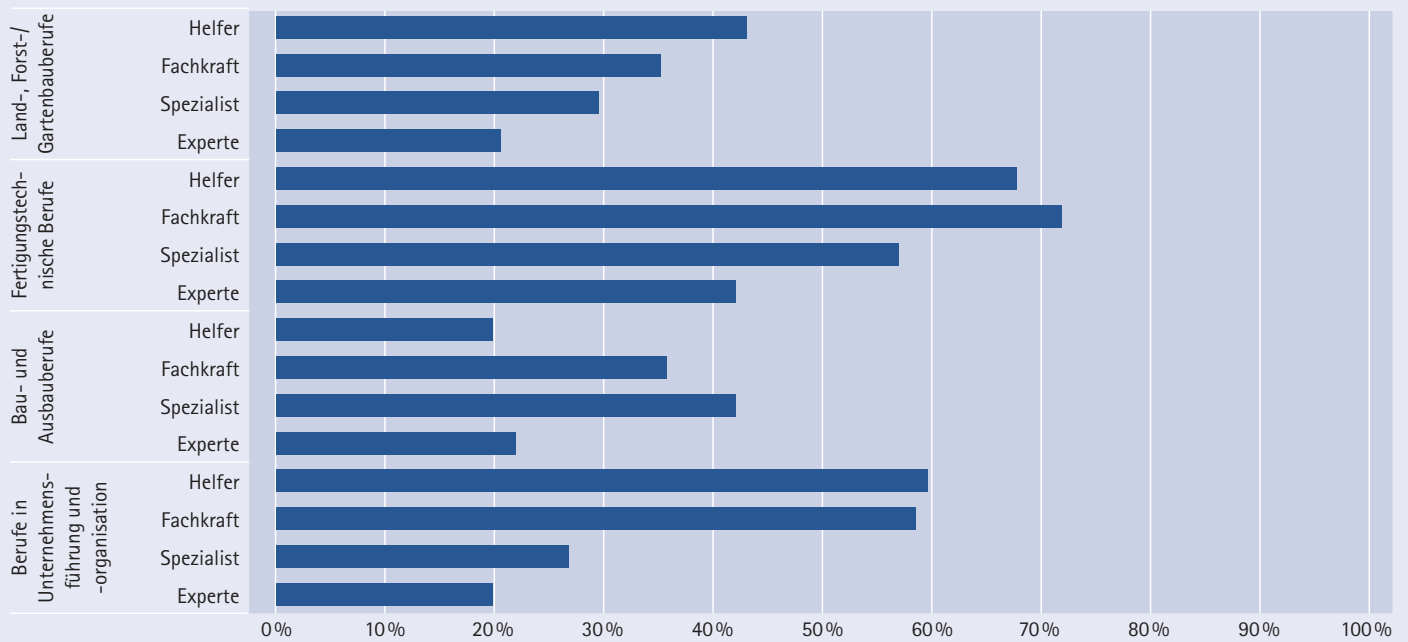
**Abbildung G4: Ersetzbarkeit von Berufen durch Computer nach Anforderungsniveaus**



Anteil der Tätigkeiten, die schon heute potenziell von Computern erledigt werden könnten (in %).

Quelle: Eigene Berechnungen, Berufenet (2013).

Abbildung G5: Substituierbarkeitspotenziale für ausgewählte Berufssegmente nach Anforderungsniveaus



Anteil der Tätigkeiten, die schon heute potenziell von Computern erledigt werden könnten (in %).

Quelle: Eigene Berechnungen, Berufenet (2013).

Ausbauberufe“. Hier haben Helfer das niedrigste Substituierbarkeitspotenzial, während die Spezialisten einer noch höheren Ersetzbarkeit ausgesetzt sind als Fachkräfte. Dies dürfte vor allem an den technologischen Möglichkeiten liegen, die sich bereits heute mit dem Einsatz von Computern bei der Planung und Berechnung von Bauwerken für die Spezialisten

ergeben. Helfer- und Fachkraftberufe im Berufssegment „Unternehmensführung und -organisation“ weisen beide ein Substituierbarkeitspotenzial von circa 60 Prozent auf. Administrative und organisatorische Büro- und Sekretariatsaufgaben lassen sich demnach in vergleichsweise hohem Umfang ersetzen.



## V. Wirtschaft 4.0 und die Folgen für die künftige Berufsfeldstruktur

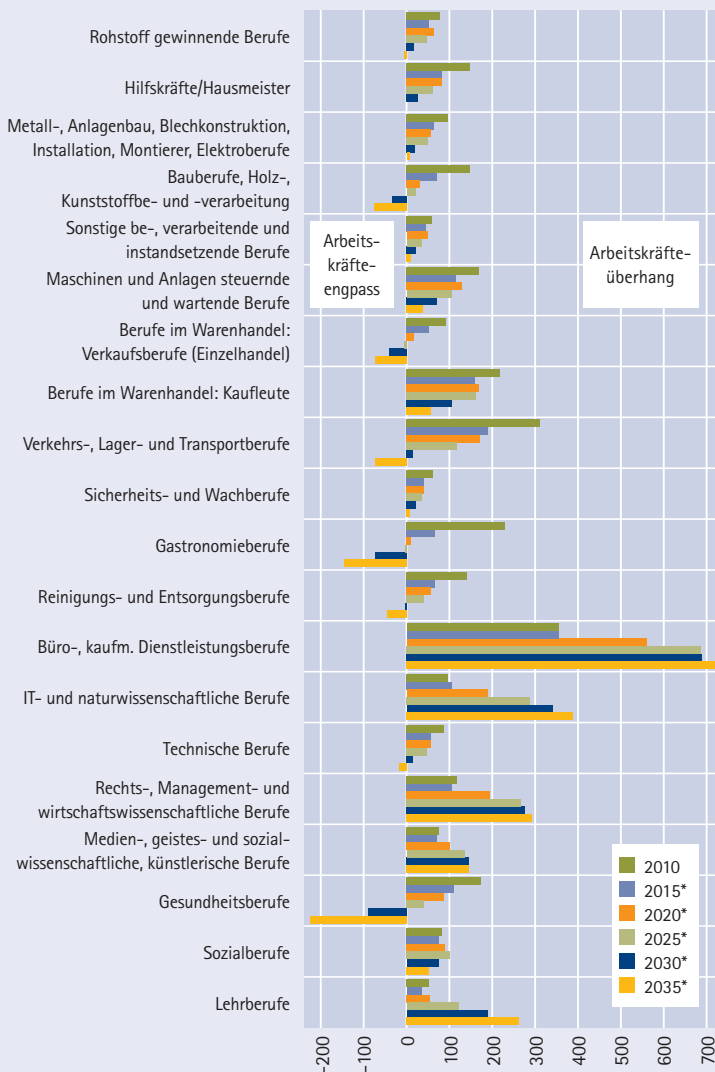
Enzo Weber, Gerd Zika, Marc Ingo Wolter (GWS) und Tobias Maier (BIBB)

■ Es steht zu erwarten, dass die Digitalisierung sich erheblich auf die künftige Berufsfeldstruktur auswirken wird. Dies legen zwei Szenarien nahe, welche das IAB in Zusammenarbeit mit dem Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) und der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) entwickelt hat. Sie gehen von einem schrittweisen

Übergang in einen digitalen Produktionsprozess aus (siehe Wolter u. a. 2016; Weber 2016):

- Szenario 1 unterstellt einen evolutorischen Prozess – im Folgenden als QuBe-Basisprojektion bezeichnet: In diesem Fall könnten die Folgen der Digitalisierung aus den Vergangenheitsdaten abgeleitet werden, weil sich der technische Fortschritt am bisherigen Entwicklungspfad orientieren würde.
- Szenario 2 spiegelt eine digitale Revolution wider – im Folgenden als Wirtschaft-4.0-Szenario bezeichnet: Hier wird von einem Trendbruch ausgegangen, sodass im Vergleich zu Szenario 1 zusätzliche Annahmen getroffen werden müssen.

**Abbildung G6: Differenz von Arbeitsangebot und -nachfrage auf Berufshauptfeldebene in der QuBe-Basisprojektion (schleichende Digitalisierung), 2005 bis 2035, in Tsd. Personen**



\* Projektionsergebnisse

Quelle: Mikrozensus und Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen des Statistischen Bundesamts, Berechnungen und Darstellungen QuBe-Projekt, vierte Welle.

**„Drohende Ungleichgewichte könnten durch die Digitalisierung gemildert werden.“**

Da aus heutiger Sicht noch unklar ist, wie der Übergang vorstattengehen wird, wurden beide Varianten durchgerechnet und miteinander verglichen.

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse der QuBe-Basisprojektion ([www.QuBe-Projekt.de](http://www.QuBe-Projekt.de)) (Maier u. a. 2016) für die künftigen Berufsfeldstrukturen dargestellt und anschließend mit dem Wirtschaft-4.0-Szenario verglichen. Die Ergebnisse bezüglich der künftigen Anforderungsstruktur werden im nachfolgenden Beitrag behandelt.

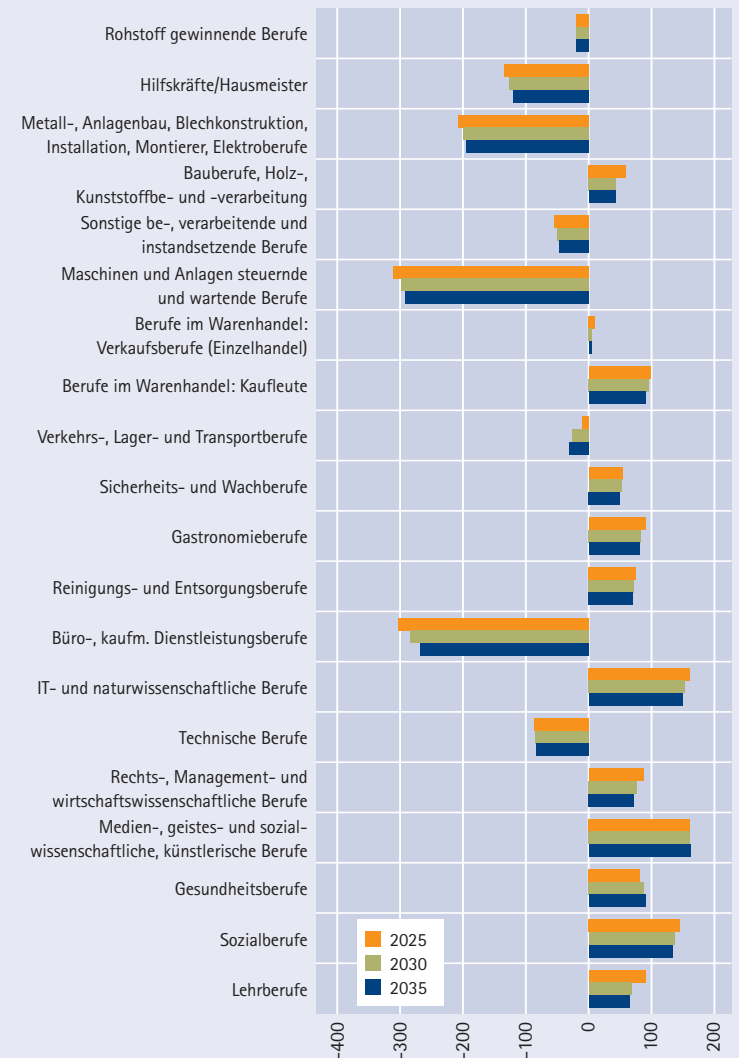
Abbildung G6 zeigt, dass sich die Passungsprobleme zwischen Angebot und Nachfrage auf fachlicher Ebene in der QuBe-Basisprojektion verschärfen werden. Während sich Engpässe im Gesundheitsbereich bereits in früheren Projektionen gezeigt haben, ist mittlerweile auch von einer Diskrepanz zwischen Arbeitskräfteangebot- und -bedarf im Bereich „Bauberufe, Holz-, Kunststoffbe- und -verarbeitung“ auszugehen. Zum Ende des Projektionszeitraums wird die Baby-Boomer-Generation in den Ruhestand gegangen sein und eine Lücke reißen, die von den zu erwartenden Neu-

zugängen auf dem Arbeitsmarkt nicht geschlossen werden kann – und dies, obwohl in diesem Berufshauptfeld auch der Bedarf an Erwerbstätigen zwischen 2015 und 2035, nach einem zwischenzeitlichen Anstieg bis 2018, von rund 1,4 auf 1,25 Millionen Personen zurückgeht. Ursächlich für die zu erwartenden Engpässe ist auch die höhere berufliche Flexibilität in Verbindung mit der vergleichsweise weniger dynamischen Lohnentwicklung im Bereich „Bauberufe, Holz-, Kunststoffbe- und -verarbeitung“, sodass ein Teil der benötigten Arbeitskräfte in Berufe mit besseren Einkommenschancen abwandern dürfte. In den „Rohstoff gewinnenden Berufen“, „Verkaufsberufen (Einzelhandel)“, „Verkehrs-, Lager- und Transportberufen“, „Technischen Berufen“, „Gastronomieberufen“ und den „Reinigungs- und Entsorgungsberufen“ zeichnen sich bei einer Bilanzierung nach Personen ebenfalls Engpässe ab. In den beiden letztgenannten Berufsfeldern dürften jedoch im Gegensatz zu den anderen genannten diese Engpässe, beispielsweise durch die Berücksichtigung der Arbeitszeitwünsche der Beschäftigten, relativ einfach behebbar sein.

In den „Büro-, kaufmännischen Dienstleistungsberufen“ sowie in den vorwiegend akademisch geprägten Berufshauptfeldern wird dagegen das Arbeitsangebot in der Zukunft hingegen stärker anwachsen als der Bedarf.

Wird es dagegen aufgrund der Digitalisierung zu einem Trendbruch kommen (Wirtschaft-4.0-Szenario), werden vor allem Berufe im Verarbeitenden Gewerbe (insbesondere „Maschinen und Anlagen steuernde und wartende Berufe“) weniger nachgefragt sein (Abbildung G7). Im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion werden diesem Szenario zufolge also weniger Personen für die Güterproduktion benötigt. Im Wirtschaft-4.0-Szenario steigt der Bedarf im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion am stärksten im Bereich der IT-Berufe, der naturwissenschaftlichen Berufe, der Rechts-, Management- und wirtschaftswissenschaftlichen Berufe und der unterrichtenden Berufe. Eine Konsequenz der Digitalisierung könnte damit sein, dass drohende Ungleichgewichte, wie sie sich in der QuBe-Basisprojektion zeigen, gemildert werden könnten. So werden in den produzierenden Berufen (einschließlich der „Technischen Berufe“), wo sich in der QuBe-Basisprojektion aufgrund des demografischen Wandels Engpässe ergeben, weniger Arbeitskräfte gebraucht. In den Dienstleistungsberufen werden dagegen mehr Arbeitskräfte benötigt, als in der QuBe-Basisprojektion ermittelt. Nur im Bereich „Bauberufe, Holz-, Kunststoffbe- und -verarbeitung“ und den „Büro-, kaufmännischen Dienstleistungsberufen“ verschärfen die gesamtwirtschaftlichen Wirkungen der Digitalisierung die sich bereits im ersten Szenario abzeichnenden Ungleichgewichte.

**Abbildung G7: Veränderung der Zahl der Erwerbstätigen im Wirtschaft-4.0-Szenario (digitale Revolution) im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion (schleichende Digitalisierung)**



Lesebeispiel: Im Wirtschaft-4.0-Szenario werden bis 2025 rund 160.000 Personen mehr in IT- und naturwissenschaftlichen Berufen benötigt als im Basisszenario.

Quelle: Eigene Darstellung.

Insgesamt fällt die Arbeitskräftenachfrage im Wirtschaft-4.0-Szenario nur um 30.000 Personen niedriger aus als in der QuBe-Basisprojektion. Allerdings würden sich diese beiden Arbeitswelten (QuBe-Basisprojektion und Wirtschaft-4.0-Szenario) hinsichtlich ihrer Berufsstruktur deutlich unterscheiden. Im Wirtschaft-4.0-Szenario fehlen im Jahr 2025 einerseits 1,22 Millionen Arbeitsplätze, die nach der QuBe-Basisprojektion noch vorhanden wären. Zugleich entstehen laut Wirtschaft-4.0-Szenario 1,19 Millionen Arbeitsplätze, die der QuBe-Basisprojektion zufolge nicht geschaffen werden.

## VI. Wirtschaft 4.0 und die Folgen für die künftige Anforderungsstruktur

Enzo Weber, Gerd Zika, Marc Ingo Wolter (GWS) und Tobias Maier (BIBB)

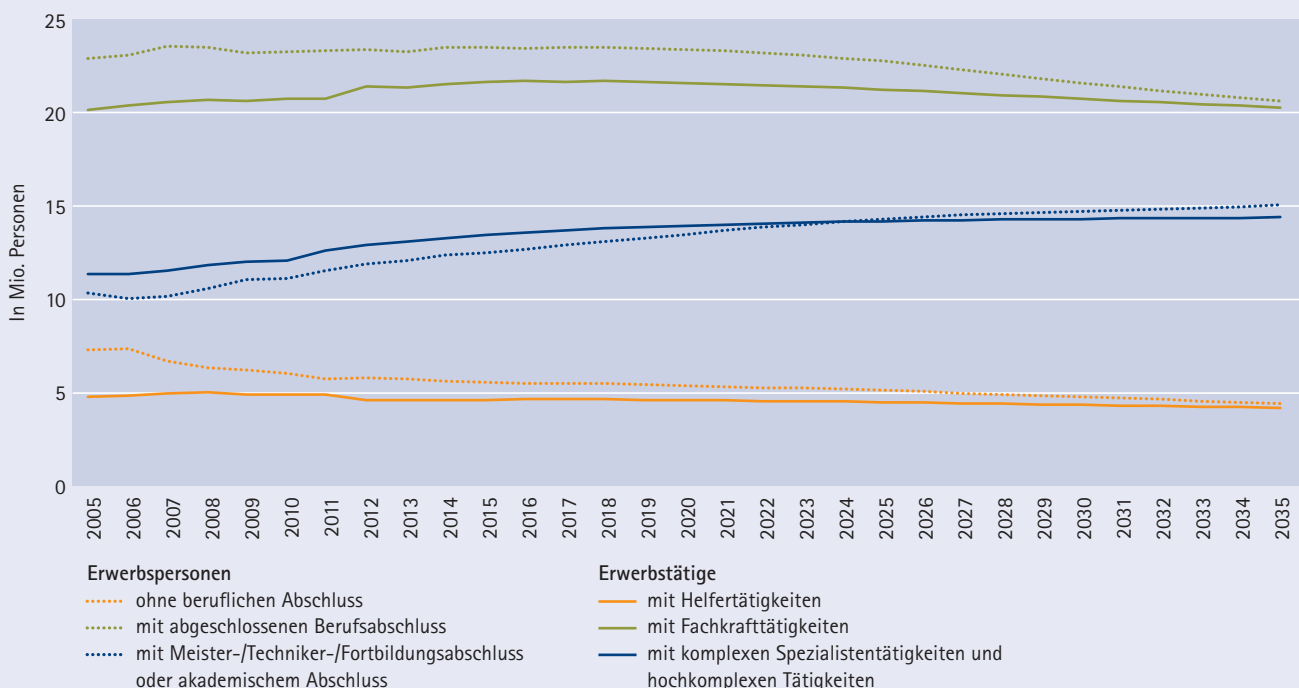
■ Neben den Auswirkungen der Digitalisierung auf die Berufsfeldstruktur sind auch erhebliche Folgen für die künftige Anforderungsstruktur zu erwarten. Wie im vorangegangenen Abschnitt wird zwischen den zwei Szenarien – Wirtschaft-4.0-Szenario (digitale Revolution) einerseits und QuBe-Basisprojektion (schleichende Digitalisierung) andererseits – unterschieden, welche das IAB in Zusammenarbeit mit dem Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) und der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) entwickelt hat.

**„Nachfrage nach hochkomplexen Spezialisten- und Expertentätigkeiten nimmt zu.“**

Wie **Abbildung G8** zeigt, übersteigt bislang der Bedarf an Erwerbstätigen, die mit komplexen Spezialistentätigkeiten und hochkomplexen Tätigkeiten betraut sind (durchgezogene blaue Linie), das Angebot an Personen mit akademischen Abschluss bzw. Meister-/Techniker-/Fortbildungsabschluss (gestrichelte blaue Linie). Dies wird sich aber in Zukunft ändern: Wenn sich der technische Fortschritt am bisherigen Entwicklungspfad orientieren würde, wird rechnerisch etwa ab dem Jahr 2023 das Arbeitskräfteangebot die Nachfrage übersteigen.

Das Angebot an Erwerbspersonen mit abgeschlossener Berufsausbildung (gestrichelte grüne Linie) sinkt in der QuBe-Basisprojektion hingegen stärker als der Bedarf an fachlich ausgerichteten Tätigkeiten (durchgezogene grüne Linie). Der Bedarf an Helfertätigkeiten (durchgezogene orange Linie) geht weniger stark zurück als das Angebot an Personen ohne abgeschlossene Berufsausbildung (gestrichelte orange Linie). Dennoch sind die Erwerbchancen von Geringqualifizierten am geringsten, da Helfertätigkeiten zu über 60 Prozent von

Abbildung G8: Erwerbspersonen nach Qualifikationsniveau und Erwerbstätige nach Anforderungsniveaus in der QuBe-Basisprojektion (schleichende Digitalisierung), in Tsd. Personen



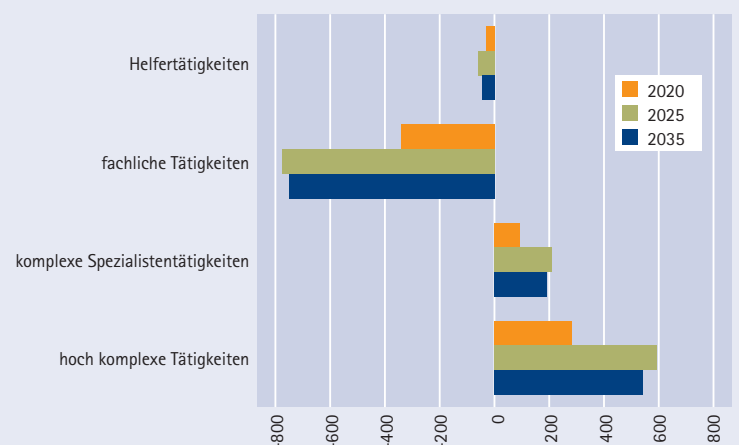
Quelle: Mikrozensus und Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen des Statistischen Bundesamts, Berechnungen und Darstellungen QuBe-Projekt, dritte Welle.

Personen ausgeübt werden, die entweder mindestens eine Berufsausbildung haben oder sich noch in Ausbildung befinden (siehe Maier u. a. 2016).

Wird es dagegen aufgrund der Digitalisierung zu einem Trendbruch kommen (Wirtschaft-4.0-Szenario), ändern sich zwar die beruflichen Anforderungen, nicht jedoch die formale Qualifikationsstruktur des Arbeitskräfteangebots. Im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion nimmt in diesem Szenario der Bedarf an Arbeitskräften zu, die komplexe Spezialisten- bzw. hochkomplexe Tätigkeiten ausüben können, da kognitive Berufe mit geringen Routineanteilen stärker nachgefragt werden (**Abbildung G9**). Zugleich werden fachliche Tätigkeiten, die im Allgemeinen von Personen mit einer abgeschlossenen Berufsausbildung ausgeübt werden, aufgrund des relativ höheren Routineanteils im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion weniger nachgefragt.

Insgesamt würden sich diese beiden Arbeitswelten (QuBe-Basisprojektion und Wirtschaft-4.0-Szenario) hinsichtlich der Anforderungsstruktur deutlich unterscheiden. Im Wirtschaft-4.0-Szenario wird es im Jahr 2025 einerseits 830.000 Arbeitsplätze mit Helfer- bzw. fachlichen Tätigkeiten nicht mehr geben, die nach der QuBe-Basisprojektion noch vorhanden wären. Andererseits gäbe es im Wirtschaft-4.0-Szenario 800.000 mehr Arbeitsplätze mit komplexen Spezialisten- oder hochkomplexen Tätigkeiten als in der QuBe-Basisprojektion. Die Digitalisierung könnte damit zu einer Entschärfung von drohenden Ungleichgewichten, wie sie sich in der QuBe-Basisprojektion zeigen, führen.

**Abbildung G9: Veränderung der Anforderungsniveaus im Wirtschaft-4.0-Szenario (digitale Revolution) im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion (schleichende Digitalisierung)**



Lesebeispiel: Im Wirtschaft-4.0-Szenario werden bis 2025 rund 600.000 mehr Arbeitskräfte benötigt, die hochkomplexe Tätigkeiten verrichten, als im Basisszenario.

Quelle: Eigene Darstellung.

## VII. Computernutzung am Arbeitsplatz

### Bernhard Christoph

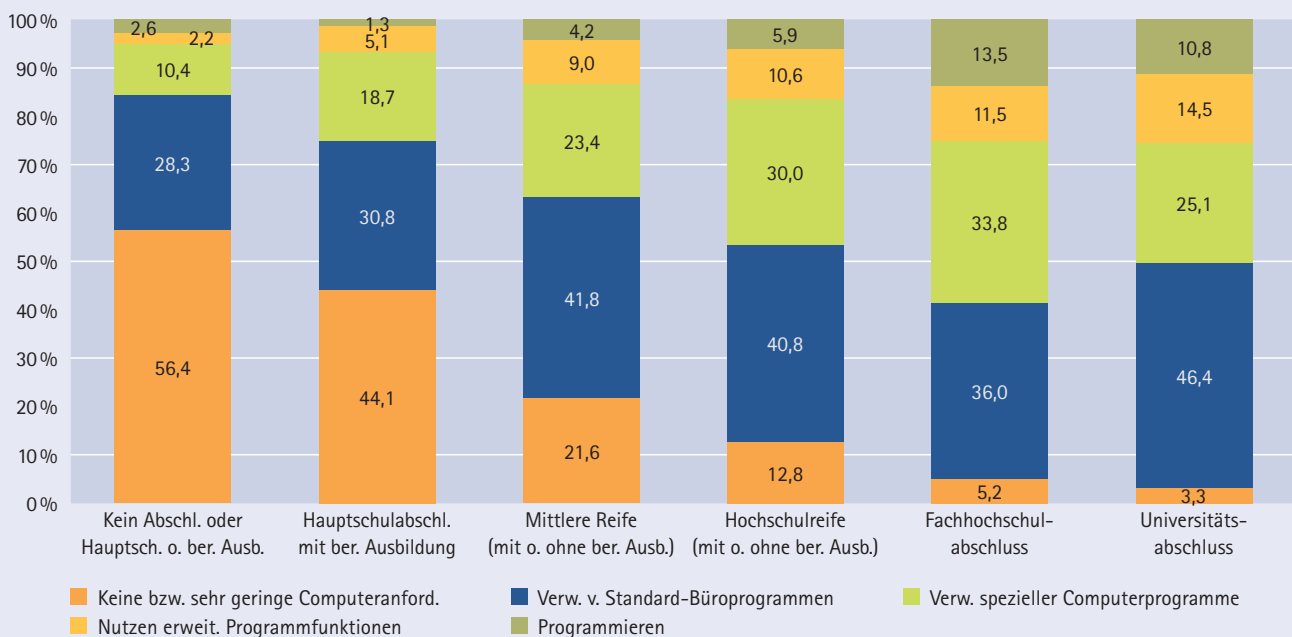
Die Einführung von Computern in nahezu allen Bereichen des privaten und beruflichen Lebens war eine der prägenden Veränderungen der vergangenen Jahrzehnte. Daher ist es wenig verwunderlich, dass der Computernutzung auch vonseiten der Wissenschaft hohe Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Dabei betrachtet die Forschung Menschen, die keine Computer nutzen, in der Regel als deutlich benachteiligt.

Auffällig ist, dass die meisten Studien – sowohl der beruflichen als auch der privaten Computernutzung – vornehmlich untersuchen, ob überhaupt ein Computer bzw. das Internet genutzt wird oder allenfalls die Intensität dieser Nutzung betrachten (vgl. z. B. Korupp/Szydlík 2005; Kirchner 2015). Dies verwundert insofern, als mit zunehmender

Verbreitung von Computern zumindest einfache Nutzungsformen wie Textverarbeitung oder E-Mail inzwischen eher als die Regel denn als Ausnahme gelten können. Für andere Nutzungsarten wie Computerprogrammierung oder spezialisierte Anwendungen muss dies jedoch nicht in gleichem Umfang gelten. Zur Art der Nutzung liegen jedoch insbesondere für den beruflichen Bereich bisher vergleichsweise wenige Ergebnisse vor.<sup>1</sup>

Aus diesem Grund wurden im Rahmen des nationalen Bildungspanels (vgl. Allmendinger et al. 2011) mehrere Fragen gestellt, um verschiedene, auch in ihrer Komplexität unterschiedliche Arten der beruflichen Computernutzung zu erfassen. Dabei wird zunächst einleitend erhoben, ob überhaupt ein Computer genutzt wird, bevor Fragen nach

Abbildung G10: Art und Umfang der beruflichen Computernutzung nach Bildungsabschluss



Nur Voll- und Teilzeitbeschäftigte (Wochenarbeitszeit von mindestens 17,5 Stunden) mit einem Bruttoeinkommen von mindestens 400 € im Alter zwischen 20 und 65 Jahren (N = 6.075).

Datenbasis: Nationales Bildungspanel, eigene Auswertungen, gewichtete Ergebnisse.

1 Im Bereich der privaten Computernutzung finden sich hingegen durchaus Beispiele für eine Differenzierung zwischen unterschiedlichen Nutzungsformen (vgl. z. B. Korupp et al. 2006), wobei hier dann allerdings auch verstärkt typisch private Anwendungen wie Spiele oder Konsum von Musik oder Filmen im Vordergrund stehen.

# „In vielen Fällen lässt die Untersuchung der *Art* der Computernutzung wesentlich deutlichere Unterschiede zwischen den Beschäftigten erkennen als die Betrachtung der *Nutzungsintensität*.“

Tabelle G1: Art und Umfang der beruflichen Computernutzung nach Geschlecht, Alter, Betriebsgröße und Berufssektor

	Keine/sehr geringe Anford.	Standard-Büroprog.	Spezielle Progr.	erweit. Progr.-funkt.	Programmieren
<b>Individuelle Faktoren</b>					
<i>Geschlecht (N = 6.077)</i>					
Männlich	26,5	34,3	23,4	8,4	7,4
Weiblich	22,5	44,8	22,9	8,6	1,3
<i>Alter (N = 6.077)</i>					
20–35 Jahre	21,9	34,1	27,4	8,8	7,7
36–45 Jahre	23,6	39,7	23,7	8,1	4,9
46–55 Jahre	25,0	42,1	21,7	7,9	3,4
ab 56 Jahre	31,6	36,5	18,2	10,3	3,4
<b>Strukturelle Faktoren</b>					
<i>Betriebsgröße (N = 5.616)</i>					
Keine Beschäftigten	12,8	48,8	27,5	9,4	1,5
1 bis unter 10	36,2	36,1	17,6	6,6	3,5
10 bis unter 20	37,8	33,9	18,5	4,7	5,1
20 bis unter 100	32,5	33,6	21,5	7,2	5,2
100 bis unter 200	27,1	37,8	21,7	8,3	5,2
200 bis unter 2.000	21,2	33,8	28,2	8,9	7,9
2.000 und mehr	11,8	35,6	32,8	13,1	6,7
<i>Berufssektoren (N = 5.934)</i>					
Produktionsberufe	37,2	27,3	24,1	6,3	5,1
Personenbez. Dienstleistungsber.	21,8	47,8	20,2	7,9	2,3
Kaufm./unternehmensbez. Dienstl.	7,0	50,4	28,5	12,6	1,5
IT- und naturwiss. Dienstl.	1,1	20,0	19,4	10,2	49,3
Sonst. wirtsch. Dienstl.	51,2	29,0	14,3	5,1	0,4

Nur Voll- und Teilzeitbeschäftigte (Wochenarbeitszeit von mindestens 17,5 Stunden) mit einem Bruttoeinkommen von mindestens 400 € im Alter zwischen 20 und 65 Jahren.

Datenbasis: Nationales Bildungspanel, eigene Auswertungen, gewichtete Ergebnisse.

der Verwendung von Officeprogrammen oder E-Mail einerseits sowie nach spezieller Software wie CAD-, DTP- oder Statistikprogrammen andererseits folgen. In beiden Fällen wird gegebenenfalls nachgefasst, ob in diesen Programmen komplexe Funktionen wie Skripte oder Makros verwendet werden (Personen, die mindestens eine der beiden Fragen bejahen, werden der zweithöchsten Kategorie „Nutzung erweiterter Programmfunktionen“ zugeordnet). Als anspruchsvollste Form der Computernutzung wird in dieser Befragung das Schreiben eigener Computerprogramme erhoben.

Die Ergebnisse in **Abbildung G10** zeigen, warum eine Differenzierung nach der Komplexität der Computernutzung sinnvoll ist. So geht nicht nur der Anteil der Beschäftigten, die keinen Computer nutzen, mit steigendem Bildungsabschluss deutlich zurück (bis hin zu einer nahezu universellen Computernutzung bei Personen mit tertiärem Abschluss). Vielmehr steigt auch zugleich der Anteil derjenigen, die den Computer für anspruchsvollere Aufgaben als das Schreiben von Texten oder E-Mails verwenden. Lediglich beim Vergleich der Beschäftigten mit Fachhochschul- und Universitätsabschluss fällt auf, dass die erstgenannten den Com-



puter seltener nur für Officeaufgaben einsetzen und auch häufiger programmieren als letztere. Dies dürfte eine Folge der unterschiedlichen Fächerzusammensetzung an den beiden Formen tertiärer Bildungsinstitutionen sein.

Neben dem Bildungsabschluss stehen auch zahlreiche weitere individuelle und strukturelle Faktoren in Zusammenhang mit der Art der Computernutzung (Tabelle G1). So zeigen sich beispielsweise deutliche Geschlechterunterschiede. Frauen nutzen zwar seltener keinen Computer, setzen diesen jedoch deutlich häufiger als Männer lediglich für Standard-Officeprogramme ein. Gleichzeitig programmieren sie auch deutlich seltener als die Männer. Auch das Alter hat einen starken Einfluss: So geht mit zunehmendem Alter nicht nur die Computernutzung selbst zurück, sondern auch der Einsatz von Computern für besonders anspruchsvolle Tätigkeiten wie das Programmieren.

Schließlich spielen institutionelle Faktoren eine wichtige Rolle, etwa die Betriebsgröße. So zeigt sich zumindest für Betriebe mit mehr als 20 Beschäftigten ein klarer Zusammenhang zwischen der Größe eines Betriebes einerseits und dem Umfang sowie der Qualität der Computernutzung andererseits. Einen Spezialfall stellen die Betriebe ohne Beschäftigte dar. Von diesen verwenden nur etwa 14 Prozent keinen Computer, sodass deren Inhaber neben Beschäftigten in Großunternehmen (2.000 und mehr Beschäftigte) die stärkste Computernutzung aufweisen. Allerdings zeigt ein Blick auf die Nutzungsarten, dass man hieraus nicht unbedingt auf eine hohe Innovationskraft der Ein-Personen-Betriebe schließen sollte, da die Hälfte dieser Gruppe den Computer lediglich für Büroanwendungen nutzt. Der wichtigste Grund für die hohe Computernutzung dürfte demnach sein, dass sie – mangels Mitarbeitern – neben ihrer eigentlichen Tätigkeit auch die anfallenden Büroarbeiten miterledigen müssen, für die in aller Regel ein PC vonnöten ist.

Darüber hinaus finden sich markante Unterschiede auf Ebene der Berufssektoren (zur Konstruktion der Berufssektoren vgl. Matthes et al. 2015). Dabei zeigt der Blick auf die IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufe – wenig überraschend – den in diesem Berufssektor ausgesprochen hohen Anteil an fortgeschrittener Computeranwendung und insbesondere an Beschäftigten, die programmieren. Gerade dieser letzte Punkt zeigt allerdings auch deutlich, dass man die Besonderheit dieser Gruppe kaum erkennen kann, wenn man lediglich die Anteile der Computernutzer betrachtet, die auch in den anderen Gruppen zum Teil sehr hoch sind. Besonders interessant sind zudem die Produktionsberufe, weil sie einerseits – nach den „sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungsberufen“ (hinter denen sich Sicherheits-, Verkehrs- und Logistik- sowie Reinigungsberufe verbergen) – mit gut 37 Prozent den höchsten Anteil an Beschäftigten aufweisen, die keinen Computer nutzen. Andererseits findet sich in dieser Gruppe aber auch der zweithöchste Anteil (5,1 Prozent) an Beschäftigten, die programmieren, was vor dem Hintergrund der strukturellen Umbrüche in der industriellen Produktion, die häufig unter dem Schlagwort „Industrie 4.0“ diskutiert werden, durchaus schlüssig erscheint.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass sich die Erwerbstätigen in Deutschland nicht nur in Hinblick auf den Umfang der Computernutzung unterscheiden, sondern auch in Bezug darauf, wofür Computer bei der Arbeit eingesetzt werden. In vielen Fällen lässt die Untersuchung der Art der Computernutzung sogar wesentlich deutlichere Unterschiede zwischen den Beschäftigten erkennen als die Betrachtung der Nutzungsintensität. Gerade vor dem Hintergrund einer zunehmend selbstverständlichen Nutzung des Computers in zahlreichen Berufen spricht daher einiges dafür, die Inhalte, für die Computer bei der Arbeit genutzt werden, in Zukunft stärker in den Mittelpunkt des wissenschaftlichen Interesses zu rücken.

## VIII. Digitalisierung am Arbeitsplatz: Wandel der Arbeitsanforderungen und -belastungen

Daniel Arnold (ZEW), Lutz Bellmann, Susanne Steffes (ZEW) und Stefanie Wolter

Technologischer Wandel hat schon immer nachhaltige Veränderungen der Arbeitswelt mit sich gebracht. Während frühere technische Entwicklungen das Ziel hatten, körperliche Routinearbeiten zu ersetzen, geht es in der Arbeitswelt 4.0 nicht zuletzt um Veränderungen in der Interaktion von Mensch und Maschine. Dabei werden zunehmend auch kognitive Tätigkeiten sowie Tätigkeiten jenseits von Routinearbeiten automatisiert. Viele Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer nutzen schon heute digitale Technologien, die sich stetig weiterentwickeln. Diese Entwicklung wird nicht nur das Volumen der von Menschen geleisteten Arbeit, sondern auch deren Inhalt und Ausgestaltung grundsätzlich beeinflussen. Dies wird nicht ohne Auswirkungen auf die Qualifikations- und Kompetenzanforderungen, aber auch auf die Art der Arbeitsbelastungen und den Handlungsspielraum der Beschäftigten bleiben.

Wie eine Befragung von rund 7.100 Beschäftigten aus dem Jahr 2015 zeigt, ist die Digitalisierung der Arbeitswelt längst im Alltag vieler Beschäftigter angekommen (gemeinsames Projekt „Arbeitsqualität und wirtschaftlicher Erfolg“ des IAB, des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) und der Universität Köln; vgl. **Internetanhang** Das Projekt „Arbeitsqualität und wirtschaftlicher Erfolg“). So nutzen 83 Prozent der Beschäftigten digitale Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Zugleich variiert das Nutzungsverhalten stark mit dem Bildungsniveau (Arnold et al. 2016): Während von den Beschäftigten ohne Abschluss nur jeder Zweite Computer, Internet, Laptop, Tablet oder Smartphone beruflich nutzt, finden sich unter Hochschulabsolventen kaum Beschäftigte, die keine dieser Technologien beruflich nutzen (vgl. hierzu Unterkapitel G.VII von Bernhard Christoph).

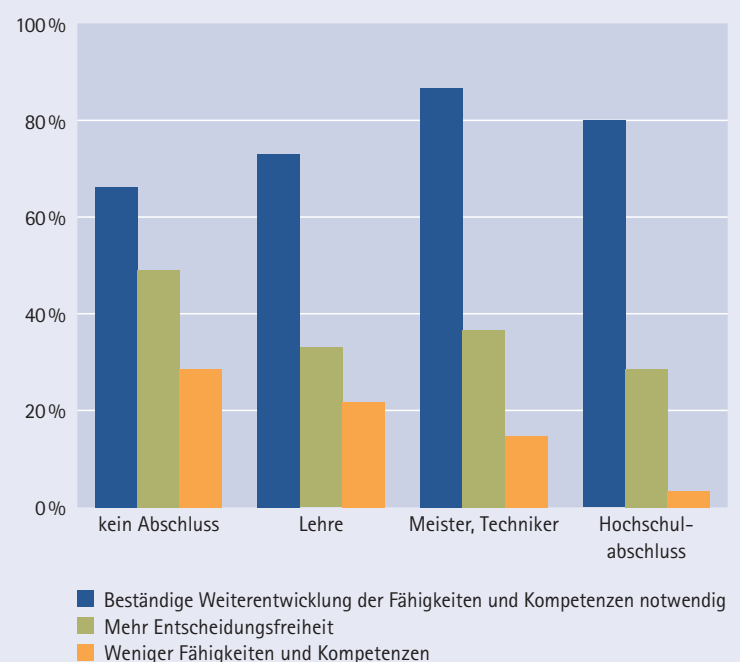
### Die Polarisierung zwischen Tätigkeiten mit hohem und niedrigem Anforderungsniveau wird durch die Digitalisierung verstärkt

Mit dem technologischen Wandel ändern sich die Anforderungen an die Beschäftigten. Auch darüber gibt die Beschäftigtenbefragung Aufschluss. So wurden die Beschäftigten gefragt, wie der technologische Wandel deren Arbeitsanforderungen und -belastungen beeinflusst. **Abbildung G11** zeigt, dass sich die technologischen Neuerungen höchst unterschiedlich auswirken: Für manche Beschäftigten wird die Arbeit eher anspruchsvoller, komplexer und vermutlich auch vielfältiger, doch es gibt auch Beschäftigte, die angeben, dass sie durch die technische Entwicklung immer weniger Kompetenzen bei der Arbeit benötigen. Da die

Digitalisierung die Arbeitsinhalte und -methoden für viele Beschäftigte verändert, fordert sie dem Gros der Beschäftigten nach eigenem Bekunden eine ständige Weiterentwicklung ihrer Fähigkeiten ab (insgesamt 78 Prozent). Diese Einschätzung nimmt zwar mit steigendem Bildungsabschluss zu, doch sehen sich immerhin auch 60 Prozent der Niedrigqualifizierten durch neue Technologien gefordert, ihre Fähigkeiten und Kompetenzen ständig weiterzuentwickeln. Zugleich verschaffen neue Technologien fast einem Drittel der Betroffenen nach eigenem Bekunden mehr Entscheidungsfreiheiten in der Gestaltung ihrer Arbeit.

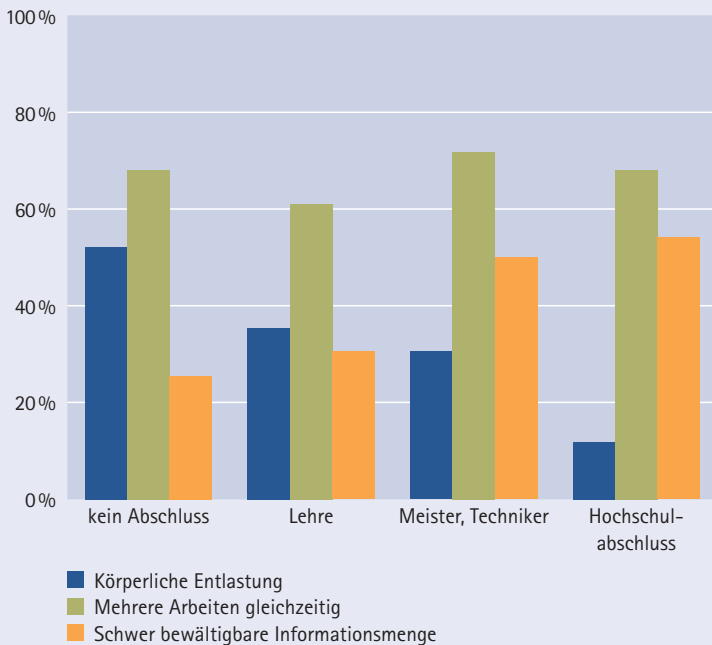
Allerdings berichten auch 15 Prozent der Befragten, dass die Anforderungen an ihre Fähigkeiten durch die Einführung neuer Technologien sinken. Dass diese Erfahrung überproportional häufig von Niedrigqualifizierten (29 Prozent), bei körperlich belastenden Tätigkeiten (25 Prozent) sowie in der Produktion (20 Prozent) genannt wird, deutet darauf hin, dass es sich vermutlich um routinisierte, manuelle und anstrengende Tätigkeiten handelt, deren Automatisierung geringere Fähigkeiten aufseiten des bedienenden

Abbildung G11: Veränderungen der Arbeitsanforderungen durch den technologischen Wandel aus Sicht der Beschäftigten, in %



Quelle: Eigene Berechnung.

**Abbildung G12: Veränderung der Arbeitsbelastung durch den technologischen Wandel aus Sicht der Beschäftigten, in %**



Quelle: Eigene Berechnung.

Personals erfordert. Die steigenden Kompetenzanforderungen insbesondere für Hochqualifizierte und das teils sinkende Anspruchsniveau im Bereich der Niedrigqualifizierten deutet auf eine zunehmende Polarisierung zwischen beiden Gruppen hin.

#### **Körperliche Belastungen sinken, die Ansprüche an kognitive und soziale Fähigkeiten steigen**

Neue Technologien beeinflussen überdies die tägliche Arbeitsbelastung der Beschäftigten. Auch hier zeigen sich wieder zwei gegenläufige Entwicklungen (siehe **Abbildung G12**). Ein knappes Drittel der vom technologischen Wandel Betroffenen berichtet, dass dieser zu einer körperlichen Entlastung geführt hat. Dies wird häufiger von Beschäftigten mit niedrigem Bildungsabschluss (53 Prozent) berichtet. Auf der anderen Seite konstatiert eine breite Mehrheit (65 Prozent), quer über alle Ausbildungsniveaus hinweg, eine technologisch bedingte Verdichtung ihrer Arbeit. Demnach sind nicht nur die zu erledigenden Aufgaben aufgrund moderner Kommunikationsmittel wie E-Mail, Smartphone und Internet gewachsen, sondern auch die Menge an zu verarbeitenden Informationen. Und 40 Prozent der beruflichen IKT-Nutzer geben sogar an, die Menge an Informationen nur noch schwer bewältigen zu können. Diese Einschätzung nimmt mit steigendem Bildungsabschluss zu. Der körperlichen Entlastung durch neue Tech-

nologien, insbesondere in einfachen und körperlich anstrengenden Tätigkeiten, stehen also eine breitflächige Arbeitsverdichtung und in Teilen eine informationelle Überforderung insbesondere bei Hochqualifizierten gegenüber. Belastungen am Arbeitsplatz werden also in Zukunft weniger durch körperliche Beanspruchung als durch Arbeits- und Informationsintensivierung zu erwarten sein.

Die fortschreitende Digitalisierung ist bereits im Alltag der meisten Beschäftigten angekommen – wenn auch je nach Qualifikationsniveau in unterschiedlichem Ausmaß. Beschäftigte, deren Tätigkeiten durch neue (digitale) Technologien immer anspruchsvoller werden, stehen Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer gegenüber, deren Arbeit immer weniger Fertigkeiten von ihnen fordert. Im Augenblick überwiegt der positive Trend deutlich. Bei immerhin 15 Prozent der Beschäftigten sind die Kompetenzanforderungen aufgrund des technologischen Wandels jedoch rückläufig, sodass in manchen Fällen auch eine Unterforderung die Folge sein könnte. Das Anspruchsniveau nimmt dabei häufiger bei gering qualifizierten Beschäftigten und solchen in körperlich belastenden Tätigkeiten ab. Zugleich profitieren gerade diese Gruppen überproportional davon, dass neue Technologien sie körperlich entlasten. Demgegenüber beklagt eine breite Mehrheit, dass der technologische Wandel zu einer Arbeitsverdichtung und Informationsüberflutung führt. Während also die körperliche Arbeitsbelastung der Beschäftigten sinkt, nimmt die Belastung durch steigende Ansprüche an deren kognitive und soziale Fähigkeiten tendenziell zu.

Künftig wird es darum gehen, die Schere zwischen den Profiteuren und den Verlierern des technologischen Wandels nicht zu groß werden zu lassen. Um dies zu erreichen, müssen beispielsweise Weiterbildungsmaßnahmen oder Maßnahmen zur beruflichen Umorientierung forciert werden.

## Interview mit IAB-Direktor Joachim Möller über die Auswirkungen der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt



Das Schlagwort „Industrie 4.0“ beziehungsweise „Wirtschaft 4.0“ ist in aller Munde. Manche reden gar von einer neuen industriellen Revolution. Technologischer Wandel gab es schon immer. Warum sprechen wir hier von einer „digitalen Revolution“?

Nach der ersten industriellen Revolution, die heute vor allem mit dem Schlagwort „Dampfmaschine“ und der Einführung mechanischer Produktionsanlagen verbunden wird, der zweiten industriellen Revolution, die uns u. a. die Fließband-Arbeit gebracht hat, und der dritten industriellen Revolution, die mit der Erfindung und dem Einsatz von Computern einherging, geht es bei „4.0“ in erster Linie um Vernetzung auf allen Ebenen. Hochentwickelte, intelligente Systeme verbinden Maschinen, Anlagen und Geräte, sodass sie miteinander kommunizieren. Zugleich bringen sie die Produzenten untereinander, aber auch Verbraucher und Produzenten näher zusammen. Die Produkte werden dadurch individueller. Weiterhin: Die Roboter verlassen ihre Käfige. Mensch und Roboter arbeiten nicht mehr getrennt, sondern – sozusagen auf Tuchfühlung – immer enger zusammen.

### Was bedeutet die Entwicklung für Deutschland?

Meiner Einschätzung nach birgt die Digitalisierung für Deutschland mehr Chancen als Risiken. Wenn wir die neuen digitalen Technologien klug nutzen, können wir damit Nachteile ausgleichen, die bisher Menschen bei ihrer Suche nach einem Job im Weg standen. Man denke beispielsweise an Datenbrillen, die für Personen mit qualifikatorischen Defiziten zielgenaue Arbeitsanweisungen für den Produktionsprozess in das Gesichtsfeld einspiegeln. Die immer individueller und flexibler werdenden Produktionsabläufe könnten sogar helfen, in bestimmten Bereichen Produktion wieder nach Deutschland zu holen. Unternehmen, die zu den Vorreitern in Sachen Digitalisierung gehören, bauen eher Stellen auf als ab.

### Wer sind die Verlierer, wer die Gewinner der Entwicklung?

Wenn wir über Digitalisierung reden, dürfen wir natürlich auch die Risiken, die diese mit sich bringt, nicht außer Acht lassen. Wir müssen diejenigen mitnehmen, die bislang eher zu den Verlierern der Entwicklung gehörten. Trotz aller Chancen auch für Menschen mit individuellen Einschränkungen ist der Wandel für Personen leichter zu bewältigen, wenn sie gut qualifiziert sind. Dabei ist die Fähigkeit, sich auf neue Gege-

benheiten einzustellen, sich eine neue Nische zu suchen, ganz entscheidend. In der Arbeitswelt 4.0 werden Kreativität und Flexibilität noch wichtiger werden. Ebenfalls entscheidend ist es, Arbeitnehmer- und Arbeitgeberinteressen miteinander in Einklang zu bringen. Das hat bislang in Deutschland meist gut funktioniert, darauf sollten wir auch in Zukunft bauen. Wir sollten gemeinsam abwägen, wie viel Entgrenzung, wie viel Flexibilität, wie viel Freiheit und wie viel Belastung wir uns in der Arbeitsgesellschaft der Zukunft wünschen und zumuten.

### Der Ökonom Thomas Straubhaar vertritt die These, dass ein arbeitsplatzsparender technologischer Fortschritt automatisch den Bedarf an Fachkräften reduziert – und folgert daraus, dass „sich Digitalisierung und Demografie in wunderbarer Weise ergänzen“. Teilen Sie diese Einschätzung?

Ganz so einfach wird die Rechnung nicht aufgehen. Ich gehe davon aus, dass wir erhebliche Anstrengungen unternehmen müssen, damit sich die Strukturprobleme am Arbeitsmarkt nicht verschärfen. Es ist kaum zu erwarten, dass sich Angebot und Nachfrage am Arbeitsmarkt problemlos aneinander anpassen. Weniger Nachwuchs und eine alternde Erwerbsbevölkerung treffen auf gravierende technologische Umwälzungen. Das bedeutet, dass wir Umbrüche abfedern und Flexibilität organisieren müssen. Hier steht die Gesellschaft vor einer großen Gestaltungsaufgabe, die sie am besten in guter Sozialpartnerschaft löst. Gedanken mache ich mir auch darüber, wie es gelingt, unsere Innovationskraft zu erhalten, die bei jüngeren Menschen ausgeprägter ist. Ein Ansatz könnte sein, den Neuerungsdrang der Jüngeren mit der Erfahrung der Älteren auf kluge Art zu verbinden. Wir brauchen aber auch weiterhin Zuwanderung qualifizierter Menschen nach Deutschland – umso mehr, wenn sie neue Ideen mitbringen.

Im Übrigen ist keineswegs gesagt, dass die Digitalisierung in dem Maß Arbeitskräfte einsparen wird, wie sie aufgrund des demografischen Wandels nicht mehr zur Verfügung stehen. Zukunftsszenarien des IAB zeigen, dass zwar enorme strukturelle Verschiebungen am Arbeitsmarkt durch die Digitalisierung zu erwarten sind, die Beschäftigung aber unterm Strich nicht wesentlich zurückgeht. Einer der Gründe dafür: Wer an der Spitze des Fortschritts steht, kann seine Marktanteile ausweiten. Bleibt unsere Wirtschaft innovativ, so werden in bestimmten Bereichen neue Arbeitsplätze entstehen, insbesondere dort, wo es um neue Produkte und Dienste geht. Dem steht der Wegfall von Arbeitsplätzen in manchen traditionellen Bereichen gegenüber. Das ist vom Prinzip her nichts Neues: Technische Innovationen haben am Arbeitsmarkt stets für strukturellen Wandel gesorgt.

## Literatur zu Kapitel G

- Allmendinger, Jutta; Kleinert, Corinna; Antoni, Manfred; Christoph, Bernhard; Drasch, Katrin; Janik, Florian; Leuze, Kathrin; Matthes, Britta; Pollak, Reinhard; Ruland, Michael (2011): Adult education and lifelong learning. S. 283–299. In: H.-P. Blossfeld; H.-G. Roßbach; J. v. Maurice (Hrsg.): Education as a lifelong process. The German National Educational Panel Study. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Sonderheft 14. Wiesbaden: VS Verlag.
- Arnold, Daniel; Butschek, Sebastian; Steffes, Susanne; Müller, Dana (2016): Digitalisierung am Arbeitsplatz. Aktuelle Ergebnisse einer Betriebs- und Beschäftigtenbefragung. BMAS-Forschungsmonitor.
- Arntz, Melanie; Gregory, Terry; Lehmer, Florian; Matthes, Britta; Zierahn, Ulrich (2016): Arbeitswelt 4.0 – Stand der Digitalisierung in Deutschland: Dienstleister haben die Nase vorn, IAB-Kurzbericht Nr. 22.
- Brynjolfsson, Erik; McAfee, Andrew (2014): The Second Machine Age: Work Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. New York: W. W. Norton & Company.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2009): Breitbandatlas Deutschland, Berlin.
- Dengler, Katharina; Matthes, Britta (2015a): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt: In kaum einem Beruf ist der Mensch vollständig ersetzbar. IAB-Kurzbericht Nr. 24.
- Dengler, Katharina; Matthes, Britta (2015b): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland. IAB-Forschungsbericht Nr. 11, 32 S.
- Frey, Carl Benedikt; Osborne, Michael A. (2013): The future of employment. How susceptible are jobs to computerisation? Oxford.
- Kirchner, Stephan (2015): Konturen der digitalen Arbeitswelt. Eine Untersuchung der Einflussfaktoren beruflicher Computer- und Internetnutzung und der Zusammenhänge zu Arbeitsqualität. Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, 67 (4), 763–791.
- Korupp, Sylvia E.; Kühnemund, Harald; Schupp, Jürgen (2006): Digitale Spaltung in Deutschland. Geringere Bildung – seltener am PC. DIW Wochenbericht 19/2006.
- Korupp, Sylvia E.; Szydlik, Marc (2005): Causes and Trends of the Digital Divide. European Sociological Review, 21 (4), 409–422.
- Maier, Tobias; Zika, Gerd; Wolter, Marc Ingo; Kalinowski, Michael; Helmrich, Robert (2016): Die Bevölkerung wächst – Engpässe bei fachlichen Tätigkeiten bleiben aber dennoch bestehen. BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen bis zum Jahr 2035 unter Berücksichtigung der Zuwanderung Geflüchteter, BIBB-Report, 3.
- Matthes, Britta; Meinken, Holger; Neuhauser, Petra (2015): Berufssektoren und Berufssegmente auf Grundlage der KldB 2010. Methodenbericht der Statistik der BA. Nürnberg.
- Stüber, Heiko; Schmillen, Achim (2014): Lebensverdienste nach Qualifikation: Bildung lohnt sich ein Leben lang. IAB-Kurzbericht Nr. 1.
- Weber, Enzo (2016): Industrie 4.0: Wirkungen auf den Arbeitsmarkt und politische Herausforderungen. Zeitschrift für Wirtschaftspolitik, Jg. 65, H. 1, S. 66–74.
- Wolter, Marc Ingo; Mönnig, Anke; Hummel, Markus; Schneemann, Christian; Weber, Enzo; Zika, Gerd; Helmrich, Robert; Maier, Tobias; Neuber-Pohl, Caroline (2015): Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft. Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. IAB-Forschungsbericht Nr. 8, 67 S.