



// DOKUMENTATION 20-02

DIGITALISIERUNG UND WANDEL DER BESCHÄFTIGUNG (DIWABE)

EINE DATENGRUNDLAGE FÜR DIE
INTERDISZIPLINÄRE SOZIALPOLITIKFORSCHUNG

// DATENREPORT UND FORSCHUNGSPOTENZIAL

// Prof. Dr. Melanie Arntz · Dr. Katharina Dengler · Dr. Ralf Dorau · Dr. Terry Gregory
Dr. Matthias Hartwig · Prof. Dr. Robert Helmrich · Dr. Florian Lehmer
Dr. Britta Matthes · Dr. Anita Tisch · Dr. Sascha Wischniewski · Dr. Ulrich Zierahn

Mannheim, 20. September 2020

Institut für Arbeitsmarkt-
und Berufsforschung
Die Forschungseinrichtung der
Bundesagentur für Arbeit



baua:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin

Bundesinstitut
für Berufsbildung **BiBB**

► Forschen
► Beraten
► Zukunft gestalten

ZEW

Leibniz
Leibniz
Gemeinschaft

Gefördert durch:



DANKSAGUNG //

Wir bedanken uns für die finanzielle Förderung des Projektes durch das Fördernetzwerk Interdisziplinäre Sozialpolitikforschung (FIS) des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales.

Das Projektteam dankt zudem Sophie-Charlotte Meyer (BAuA), Kathrin Ehmann (BiBB), Marco Seegers (BiBB) und Viktoria Nußbeck (IAB) für die Unterstützung bei der Verfassung des Berichts. Zudem möchten wir uns bei dem Expertenkreis der beiden Projektworkshops für die konstruktive Unterstützung bei der Erstellung des Fragebogens bedanken.

AUTOREN //

Prof. Dr. Melanie Arntz (ZEW)
Dr. Katharina Dengler (IAB)
Dr. Ralf Dorau (BiBB)
Dr. Terry Gregory (IZA/ZEW)
Dr. Matthias Hartwig (BAuA)
Prof. Dr. Robert Helmrich (BiBB)
Dr. Florian Lehmer (IAB)
Dr. Britta Matthes (IAB)
Dr. Anita Tisch (BAuA)
Dr. Sascha Wischniewski (BAuA)
Dr. Ulrich Zierahn (Universität Utrecht/ZEW)



KONTAKT UND WEITERE INFORMATIONEN //

Prof. Dr. Melanie Arntz
Forschungsbereich
Arbeitsmärkte und Personalmanagement
ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung GmbH
L 7, 1 - 68161 Mannheim
Internet: www.zew.de
Telefon +49 621 1235-159
Fax +49 621 1235-225
Email: melanie.arntz@zew.de
www.zew.de

Inhalt

Inhalt 1

Abbildungen	3
Tabellen	4
1 Einleitung	1
2 Die DIWaBe-Befragung	5
2.1 Ausgangslage und Ziel	5
2.2 Basis der Stichprobenziehung	11
2.3 Fragebogen	18
2.3.1 Entwicklung vor dem Pretest.....	18
2.3.2 Weiterentwicklung im Kontext des Pretests	19
2.3.3 Finale Befragungsinhalte	22
2.4 Erhebung und realisierte Interviews	29
2.5 Gewichtung.....	33
3 Digitalisierung in deutschen Betrieben	39
4 Auswirkungen der Digitalisierung – erste Korrelationen	42
4.1 Datenbasis der Analysen	42
4.2 Soziodemographische und sozioökonomische Faktoren	44
4.2.1 Stayer und Entrants	44
4.2.2 Leaver	48

4.3	Arbeitsmittel.....	50
4.4	Tätigkeiten und Anforderungen	54
4.5	Arbeitsorganisation	61
4.6	Zufriedenheit und Gesundheit	65
4.7	Aus- und Weiterbildung.....	67
5	Retrospektive Analysemöglichkeiten	72
6	Fazit und Ausblick	76
7	Literatur	82
8	Anhang A.....	84

Abbildungen

Abbildung 1: Struktur des IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0-Datensatzes.....	9
Abbildung 2: DiWaBe-Datensatz	10
Abbildung 3: Das Konzept der DiWaBe-Stichprobenziehung.....	14
Abbildung 4: Kognitive Anforderungen in Betrieben mit und ohne 4.0- Technologien, nur Stayer und Entrants	57
Abbildung 5: Anforderungen an IT-Kenntnisse in Betrieben mit und ohne 4.0- Technologien, nur Stayer und Entrants	57
Abbildung 6: Manuelles Anforderungsniveau in Betrieben mit und ohne 4.0- Technologien	58
Abbildung 7: Sitzen in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien, nur Stayer und Entrants	59
Abbildung 8: Interaktive Anforderungen in Betrieben mit und ohne 4.0- Technologien, nur Stayer und Entrants	59
Abbildung 9: Automatisierbarkeit in Betrieben mit und ohne 4.0- Technologien	61

Tabellen

Tabelle 1: Verteilung der Beobachtungen der IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0- befragung über die Schichtungsmerkmale.....	6
Tabelle 2: Klassifikation der Arbeitsmittel nach Technologiestufen.....	7
Tabelle 3: Beschäftigte der befragten Betriebe nach Schichtungszellen.....	15
Tabelle 4: Gruppenzugehörigkeit realisierter Interviews aus dem Hauptsample nach Adressquelle.	30
Tabelle 5: Bruttostichprobe vor und nach neutralen Ausfällen sowie realisierte Interviews nach Schichtungsmerkmalen.....	31
Tabelle 6: Selektivität der Stichprobe	34
Tabelle 7: Effekte der Gewichtung bei metrischen Merkmalen	37
Tabelle 8: Effekte der Gewichtung bei kategorialen Merkmalen	38
Tabelle 9: Personen nach Gruppenzugehörigkeit und Treatment-Status....	40
Tabelle 10: Gruppentyp der Befragten vor und nach der Befragung	43
Tabelle 11: Sozioökonomische Charakteristika von Personen in Betrieben mit und ohne Nutzung von 4.0 Technologien.....	45
Tabelle 12: Persönlichkeitsmerkmale, Technikaffinität und Selbstwirksamkeit von Personen in Betrieben mit und ohne Nutzung von 4.0 Technologien, Stayer und Entrants	47
Tabelle 13: Sozioökonomische Charakteristika von Personen in Betrieben mit und ohne Nutzung von 4.0 Technologien, Leaver	49
Tabelle 14: Struktur und Qualität der eingesetzten Arbeitsmittel in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien, nur Stayer und Entrants	51
Tabelle 15: Automatisierungsgrad des gesamten Arbeitsplatzes 2019, nur Stayer und Entrants	54
Tabelle 16: Anforderungen in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien, nur Stayer und Entrants	55
Tabelle 17: Interaktive Anforderungen, nur Stayer und Entrants.....	60

Tabelle 18: Arbeitszeit und Indikatoren der Arbeitsorganisation 2019 in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien, Stayer und Entrants.....	63
Tabelle 19: Jobunsicherheit 2019 in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien, nur Stayer und Entrants	64
Tabelle 20: Indikatoren des Gesundheitszustandes 2019 in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien, nur Stayer und Entrants.....	66
Tabelle 21: Berufliche Abschlüsse in Kontroll- und Treatmentbetrieben....	68
Tabelle 22: Anforderungsniveau in Kontroll- und Treatmentbetrieben	69
Tabelle 23: Kompetenzverwertung in der aktuellen Tätigkeit und Wissenslücken	70
Tabelle 24: Anteil mit Kursbesuch (inkl. Kostenträger) bzw. informeller Weiterbildung im letzten Jahr	71
Tabelle 25: Retrospektiv für 2011 erhobene Merkmale nach Gruppen	74

1 Einleitung

Die Digitalisierung der Arbeitsprozesse schreitet immer weiter voran. Im Produktionsbereich finden sich zunehmend über das Internet der Dinge vernetzte Wertschöpfungsketten in Form von Smart Factories und cyber-physischen Systemen. Im Dienstleistungsbereich werden wiederum verstärkt Analysetools mit Big Data, Cloud Computing Systeme, Shop-Systeme oder Online-Märkte eingesetzt.

Im Fokus der öffentlichen Diskussion steht insbesondere die Gefahr einer steigenden Arbeitslosigkeit. Geschürt werden diese Ängste vor allem durch Studien, die jeden zweiten Arbeitsplatz durch Maschinen und Algorithmen als potenziell bedroht sehen (Frey und Osborne 2017; Bowles 2014). Neuere Forschungsergebnisse schätzen das Automatisierungspotenzial mit etwa 10 Prozent hingegen deutlich geringer ein, wenn diese berücksichtigen, dass Beschäftigte in Berufen ein großes Spektrum an zum Teil nicht-automatisierbaren Tätigkeiten leisten (Arntz et al. 2016; Bonin et al. 2015; Dengler/Matthes 2018a). Zudem zeigen Studien, dass mit dem technologischen Wandel einhergehende Arbeitsplatzverluste durch neu geschaffene Arbeitsplätze z.B. aufgrund einer erhöhten Wettbewerbsfähigkeit und höheren Produktnachfrage kompensiert werden können (Gregory et al. 2016; Wolter et al. 2016).

Die neuen Technologien führen somit vermutlich weniger zu einer geringeren Gesamtbeschäftigung als zu einem grundlegenden Strukturwandel in der Arbeitswelt, der vielfältige Herausforderungen für verschiedene Bereiche der Sozialpolitik mit sich bringt. So gehen Projektionen für die Zukunft der Arbeit im Zuge von Wirtschaft 4.0 davon aus, dass in Deutschland bis 2030 ca. 2,5 Millionen Arbeitsplätze, die 2018 noch vorhanden sind, wegfallen werden, andererseits werden ca. 2,7 Millionen Arbeitsplätze entstanden sein, die 2018 noch nicht existieren (Wolter et al. 2016). Für die Sozialpolitik stellt sich dabei die Frage, inwieweit Beschäftigte in der Lage sind, sich an den Strukturwandel ausreichend anzupassen und ihre Beschäftigungsfähigkeit zu erhalten. So könnte der Wandel für Beschäftigte bedeuten, häufiger den Job zu wechseln, beispielsweise hin zu Berufen, Sektoren und Regionen, die vom technologischen Wandel profitieren. Dies wird jedoch erfordern, dass sich Beschäftigte

kontinuierlich durch gezielte Weiterbildung an die veränderten Anforderungen neuer Jobs im digitalen Zeitalter anpassen müssen. So gehen Betriebe, die in Industrie 4.0 Technologien investiert haben, von höheren Anforderungen an das Erlernen neuer Fähigkeiten und Kompetenzen aus (Janssen et al. 2018). Vermutlich sind jedoch nicht alle Beschäftigten gleichermaßen in der Lage, sich flexibel an die neuen Rahmenbedingungen anzupassen. So attestieren Studien den Beschäftigten höchst unterschiedliche Automatisierungsrisiken. Während sich für hochqualifizierte Beschäftigte neue Chancen und Möglichkeiten für die Gestaltung des Arbeitsalltags ergeben, geraten insbesondere Gering- und Mittelqualifizierte durch die voranschreitende Digitalisierung stärker unter Druck (Arntz et al. 2016; Bonin et al. 2015; Dengler/Matthes 2015, 2018b, Tiemann 2016, Troltsch 2016). Auch ältere Beschäftigte sowie Personen mit bestimmten Haushalts- und Familienkontexten (z.B. alleinerziehende Mütter) sind möglicherweise weniger in der Lage, auf die aktuellen Veränderungen zu reagieren.

Die Folgen für die Beschäftigungs- und Einkommenssicherheit fallen damit auf individueller Ebene höchst unterschiedlich aus und bedürfen der näheren Untersuchung. Diese Folgen könnten sich wiederum auch auf die Gesundheit und Zufriedenheit der Beschäftigten auswirken. Gleichzeitig verändern digitale Technologien aber auch die Arbeitsweise und Arbeitsorganisation und nehmen auf diesem Wege direkt Einfluss auf Gesundheit und Wohlbefinden. So kann die Digitalisierung zwar tendenziell physische Belastungen senken und Arbeit qualitativ aufwerten; sie kann aber auch durch steigende Anforderungen, Verlust an Zeitsouveränität, Arbeitsverdichtung, Überforderung und Furcht vor Jobverlust die psychischen Belastungen erhöhen. So nehmen Arbeitsausfälle infolge psychischer Erkrankungen kontinuierlich zu (Badura et al. 2015). Andererseits können in anderen Bereichen gleichzeitig die Anforderungen sinken, wenn Maschinen zunehmend die Kontrolle übernehmen, wie erste deskriptive Befunde nahelegen (Arnold et al. 2016). Das könnte die Handlungs- und Entscheidungsspielräume der Arbeitskräfte reduzieren und über eine „Entmündigung“ ebenso zu psychischen Belastungen führen (Kirchner 2015, Meyer et al. 2019).

Somit zeichnen sich eine Reihe sozialpolitisch relevanter Herausforderungen ab, zu denen es bislang kaum belastbare Forschungsergebnisse gibt. Dies liegt vor allem daran, dass eine reliable, valide und repräsentative Datengrundlage zu den

Folgen betrieblicher Digitalisierungsprozesse für die Beschäftigten aus sozialpolitischer Perspektive bislang fehlt. Zwar gibt es bereits einige Datensätze (IAB-ZEW Linked Personnel Panel (LPP), BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung, IAB-ZEW Arbeitswelt 4.0 Betriebsbefragung), die punktuell Analysen zu den sozialpolitischen Auswirkungen der Digitalisierung ermöglichen, diese haben jedoch jeweils auch klare Beschränkungen: Im LPP fehlen Informationen zum betrieblichen Einsatz neuer digitaler Technologien (abgesehen von der Nutzung mobiler Endgeräte)¹, so dass eine direkte und kausale Wirkungsabschätzung dieser Technologien mit dem Datensatz kaum möglich ist. Die BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung bildet den betrieblichen Kontext kaum ab, außerdem handelt es sich um einen wiederholten Querschnittsdatsatz, so dass die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Erwerbsverläufe der Arbeitskräfte nur sehr begrenzt analysiert werden können. Die IAB-ZEW Arbeitswelt 4.0 Betriebsbefragung enthält detaillierte Informationen zum betrieblichen Kontext und den Einsatz neuer digitaler Technologien, beinhaltet aber keine Informationen über die Tätigkeitsprofile der einzelnen Beschäftigten, über deren Arbeitsbedingungen, die Beschäftigung in einem möglicherweise prekären Arbeitsverhältnis oder andere sozialpolitische Aspekte wie z.B. Gesundheit, Arbeitszufriedenheit, erlebte Autonomie im Verhältnis Mensch und Maschine und die damit eng verknüpfte langfristige Beschäftigungsfähigkeit.

Damit eignen sich diese Datensätze nur begrenzt als Datengrundlage für eine umfassende sozialpolitische Bewertung der Folgen des digitalen Wandels. Vor diesem Hintergrund generiert das vorliegende Projekt einen Arbeitgeber-Arbeitnehmer-Datensatz für die interdisziplinäre Sozialpolitikforschung, mit dem die Auswirkungen betrieblicher Investitionen in digitale Technologien auf die einzelnen Arbeitskräfte dieser Betriebe im Hinblick auf eine Reihe sozialpolitischer Dimensionen untersucht werden können. Das Projekt baut auf die bestehende IAB-ZEW Arbeitswelt 4.0 Betriebsbefragung auf, welche die Digitalisierung in den Betrieben bereits detailliert abbildet. Der Datensatz wurde bereits mit den Sozialversicherungsdaten der Beschäftigten verknüpft, um die Erwerbsverläufe der Individuen nachverfolgen zu können. Diese Verknüpfung

¹ Weitere Fragen zu den Auswirkungen der Digitalisierung am Arbeitsplatz finden sich nur in Welle 2 (Mackeben et al. (2018))

mit administrativen Daten allein erlaubt es jedoch nicht, die genannten sozialpolitischen Dimensionen z.B. im Hinblick auf gesundheitliche Folgen abzubilden. Daher wurde in diesem Projekt die bestehende Datenbasis um eine Befragung unter den Beschäftigten der bereits befragten Betriebe ausgebaut und dadurch eine einmalige Analysetiefe zu den sozialpolitischen Auswirkungen der digitalen Transformation erreicht.

Der Datenreport gliedert sich wie folgt: Abschnitt 2 gibt zuerst einen Einblick in die Konzeption der IAB-ZEW Arbeitswelt 4.0 Betriebsbefragung und die Struktur des darauf aufbauenden IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0-Datensatzes, bevor detailliert die Konzeption und Durchführung der DiWaBe-Befragung vorgestellt wird. Abschnitt 3 beschreibt, wie die in der IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0-Befragung erhobenen Informationen zum Einsatz neuer Technologien als Treatment für die anschließenden ersten deskriptiven Analysen verwendet werden. Abschnitt 4 beinhaltet die Ergebnisse dieser Analysen, gegliedert in die Schwerpunkte Beschäftigtenstruktur/ Arbeitsbedingungen, Tätigkeiten/ Anforderungen, Arbeitsorganisation, Gesundheit und Weiterbildung. Abschnitt 5 beleuchtet retrospektive Analysemöglichkeiten. Zuletzt beschreibt Abschnitt 6 die geplante Bereitstellung des Datensatzes für die Forschungsgemeinschaft und gibt einen Ausblick auf weiteres Forschungspotenzial, auch in Hinblick auf eine mögliche Weiterentwicklung der DiWaBe-Befragung zu einem Paneldatensatz.

2 Die DiWaBe-Befragung

2.1 Ausgangslage und Ziel

Das Ziel der DiWaBe-Beschäftigtenbefragung bestand darin, einen Datensatz zu erstellen, der es ermöglicht, sozialpolitisch relevante Auswirkungen der Arbeitswelt 4.0. abzubilden und auch die heterogenen Wirkungen auf Beschäftigte sichtbar zu machen. Tatsächlich existiert mit dem Linked-Personnel-Panel (LPP) bereits ein Datensatz auf individueller Ebene, der Veränderungen in der Arbeitswelt und Arbeitsqualität erfasst und in geringem Umfang auch Indikatoren der Arbeitswelt 4.0 enthält. Der Hauptzweck dieses Datensatzes besteht jedoch nicht in der Analyse der Auswirkungen des aktuellen technologischen Wandels. Daher fand 2016 die IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0-Befragung statt, deren Hauptanliegen die Erfassung betrieblicher Investitionen in neue Technologien war.² Diese repräsentative Betriebsbefragung unter 2032 deutschen Produktions- und Dienstleistungsbetrieben bildet die Basis für den IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0-Datensatz, der wiederum die Ausgangslage für die DiWaBe-Befragung darstellt und im Folgenden kurz beschrieben werden soll. Eine ausführlichere Beschreibung findet sich in Arntz et al. (2016).

Kernstück des IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0-Datensatzes ist die gleichnamige Befragung. Im Vordergrund der telefonischen Erhebung stand der Einsatz neuer Technologien in deutschen Betrieben, da es dazu keine branchenübergreifenden, für die deutsche Betriebslandschaft repräsentativen Daten zu diesem Zeitpunkt gab. Insbesondere wurde die Bedeutung digitaler Technologien im Betrieb erfasst sowie der Digitalisierungs- und Automatisierungsgrad der im Betrieb verwendeten Arbeitsmittel. Ergänzt wurde dies durch Fragen zur Personalentwicklung, betrieblichen Aus- und Weiterbildung sowie weiterer Hintergrundinformationen der Betriebe. Die Informationen wurden teilweise gegenwärtig (für 2016), retrospektiv (für 2011) und prospektiv (für 2021) abgefragt.

² Finanziell gefördert wurde die Befragung im Rahmen eines Projektes der Innovations- und Technikanalyse des BMBF unter dem Projektnamen „Digitalisierung und Zukunft der Arbeit“.

Die Zielperson im Betrieb war primär die technische Leitung; ebenfalls in Frage kamen (stellvertretende) Geschäfts- und Betriebsleitung, Assistenz der Geschäftsführung, Inhaber, Abteilungsleiter Controlling, Abteilungsleiter Produktion oder Prokuristen.

Die für die Befragung verwendete Stichprobe wurde zum Stichtag 30. Juni 2014 aus der Betriebsdatei des IAB gezogen (Betriebsdatei auf Basis der Beschäftigtenhistorik V10.00, Nürnberg 2015). Darin sind alle Betriebe enthalten, die im Rahmen des Meldeverfahrens zur Sozialversicherung ihre sozialversicherungspflichtig Beschäftigten an die Sozialversicherungsträger melden und eine Betriebsnummer erhalten. In dieser Grundgesamtheit von 2.938.437 Betriebe sind auch Betriebe enthalten, die ausschließlich geringfügig Beschäftigte haben.

**Tabelle 1: Verteilung der Beobachtungen der IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0-
befragung über die Schichtungsmerkmale**

		Sekundärer Sektor		Tertiärer Sektor		
		nicht wis- sensintensiv	Wissens- intensiv	nicht wis- sensintensiv	Wissens- intensiv	IKT
0-9 Mitarbeiter	West	55	51	51	52	55
0-9 Mitarbeiter	Ost	52	55	50	52	53
10-49 Mitarbeiter	West	53	54	51	52	53
10-49 Mitarbeiter	Ost	54	55	52	53	55
50-199 Mitarbeiter	West	50	51	52	50	51
50-199 Mitarbeiter	Ost	50	52	50	53	46
>=200 Mitarbeiter	West	50	52	56	50	51
>=200 Mitarbeiter	Ost	51	50	54	51	4

Auf der Basis dieses Bestandes an Betrieben wurde für die Befragung eine Zufallsstichprobe aus den Betrieben gezogen, die mindestens einen sozialversicherungspflichtig Beschäftigten aufwiesen. Die Zufallsstichprobe wurde zudem nach Region (Ost /West), Betriebsgröße (0-9, 10-49, 50-200 sowie 200 und mehr Mitarbeiter) und nach fünf Sektoren geschichtet wurde. Insgesamt wurden 2032 Betriebe befragt (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 2: Klassifikation der Arbeitsmittel nach Technologiestufen

	Produktionsmittel Produktion	Büro-/Kommunikationsmittel Verwaltung/Dienstleistungen
<p>Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad ansteigend</p>	1.0/2.0-Technologien	
	1. Manuell gesteuert	1. Nicht IT-gestützt
	z.B. Bohrmaschinen, Kraftfahrzeuge oder Röntgengeräte. Bei diesen Arbeitsmitteln ist der Mensch im hohen Maße selbst tätig.	z.B. Telefone, Fax- oder Kopiergeräte. Bei diesen Arbeitsmitteln ist der Mensch im hohen Maße selbst tätig.
	3.0-Technologien	
	2. Indirekt gesteuert	2. IT-gestützt
	z.B. CNC-Maschinen, Industrieroboter oder verfahrenstechnische Anlagen. Bei diesen Arbeitsmitteln übernimmt die Technik einen Großteil der Arbeit; der Mensch	z.B. Computer, Terminals, elektronische Kassen oder CAD-Systeme. Bei diesen Arbeitsmitteln übernimmt die Technik einen Großteil der Arbeit; der Mensch ist nur
4.0-Technologien		
3. Selbststeuernd	3. IT-integriert	
Dazu zählen Produktionsanlagen bis hin zu „Smart Factories“, „Cyber-Physische Systeme“ und „Internet der Dinge“. Bei diesen Arbeitsmitteln übernimmt die Technik Arbeitsprozesse weitestgehend selbstständig und automatisch.	z.B. Analysetools mit Big Data, Cloud Computing Systeme, Internetplattformen wie Amazon, Shop-Systeme oder Online-Märkte. Bei diesen Arbeitsmitteln übernimmt die Technik Arbeitsprozesse weitestgehend selbstständig und	

Die IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0-Befragung erlaubt einen umfassenden Einblick in den Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad der Arbeitsmittel in deutschen Betrieben sowie deren Veränderungen in den letzten 5 Jahren. Insbesondere

wurde für die Befragung ein Erhebungskonzept des Digitalisierungs- und Automatisierungsgrades der betrieblichen Arbeitsmittel entwickelt, das auch eine Erhebung über verschiedene Branchen- und Betriebskontexte hinweg ermöglicht, vgl. Tabelle 2.

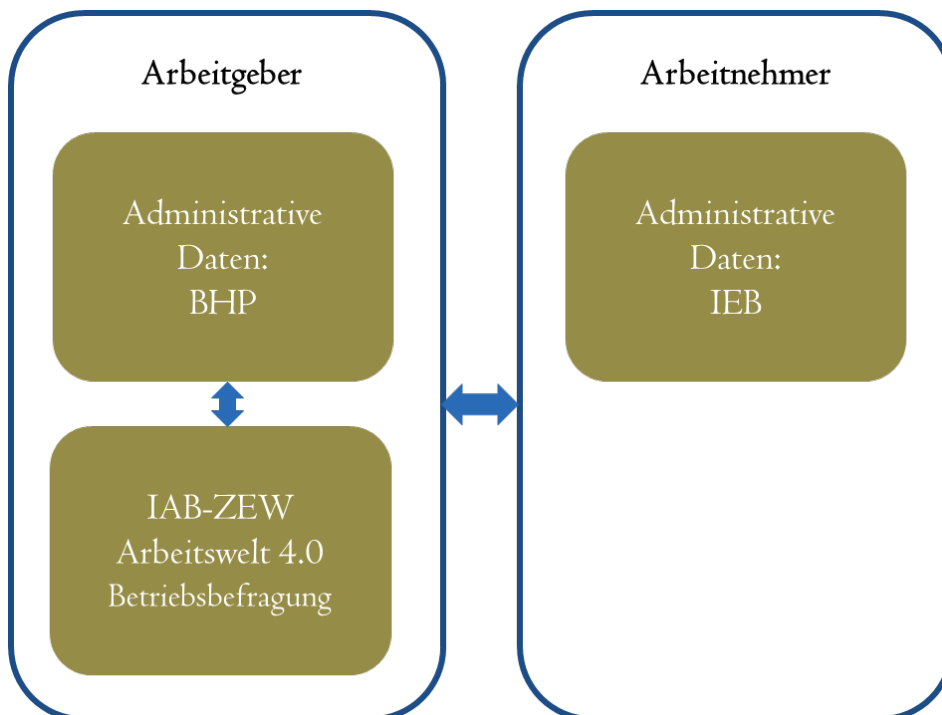
Dieses Erhebungskonzept beruht auf einer Einteilung der in einem Betrieb eingesetzten Arbeitsmittel in drei Technologiestufen. Diese Einteilung wurde den Befragungsteilnehmern anhand von Beispielen sowie anhand des mit der Technologie einhergehenden Ausmaßes der Autonomie der Technologien erläutert. Auf diese Weise konnten sowohl Produktionsmittel als auch elektronische Büro- und Kommunikationsmittel je nach technologischer Ausstattung der 1./2., 3. oder 4. industriellen Revolution zugerechnet werden. Die Befragten wurden anhand dieser Kategorisierung gebeten, die jeweiligen Anteile ihrer gesamten Büro- und Kommunikationsmittel sowie – falls vorhanden – Produktionsmittel einzuschätzen. Zudem wurde eine retrospektive Einschätzung zu der entsprechenden Aufteilung für 2011 erbeten sowie eine erwartete Aufteilung der Arbeitsmittel in die drei Kategorien für das Jahr 2021 abgefragt.

Nach der Befragung entstand im Anschluss der IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0-Datensatz, der diese Befragungsdaten um administrative Daten aus dem Betriebshistorikpanel sowie den administrativen Daten der im Betrieb Beschäftigten aus der Beschäftigten-Historik ergänzt, vgl. Abbildung 1.

Dabei beinhalten die BHP- und BeH-Daten administrative Informationen auf Betriebsebene wie etwa Angaben über die Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten sowie deren Aufteilung nach Geschlecht, Alter, Berufsgruppen, Qualifikationsgruppen und Lohngruppen. Hinzu kommen weitere Betriebsinformationen wie Gründungsdatum und Industriezugehörigkeit. Zum anderen beinhalten die verknüpften Daten Informationen zu den Arbeitnehmern in den IAB-ZEW Arbeitswelt 4.0 Betrieben. Hierzu wurden die Erwerbbiographien aller Beschäftigten, die mindestens in einem der Jahre zwischen 2011 und 2016 in den befragten Betrieben beschäftigt waren, über die eindeutige Betriebsnummer hinzugespielt. Die Informationen umfassen unter anderem Geschlecht, Alter, Beruf, Qualifikation, Beschäftigungsstatus oder Tagesentgelt. Insgesamt beobachten wir 303,183 Beschäftigte, die zu irgendeinem Zeitpunkt zwischen

2011-2016 in den IAB-ZEW Arbeitswelt 4.0 Betrieben tätig waren. Für diese Beschäftigten haben wir somit zum einen die Informationen zum Zeitpunkt der Beschäftigung in einem der befragten Betriebe sowie deren vollständige Erwerbshistorie aus den BeH-Daten.

Abbildung 1: Struktur des IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0-Datensatzes

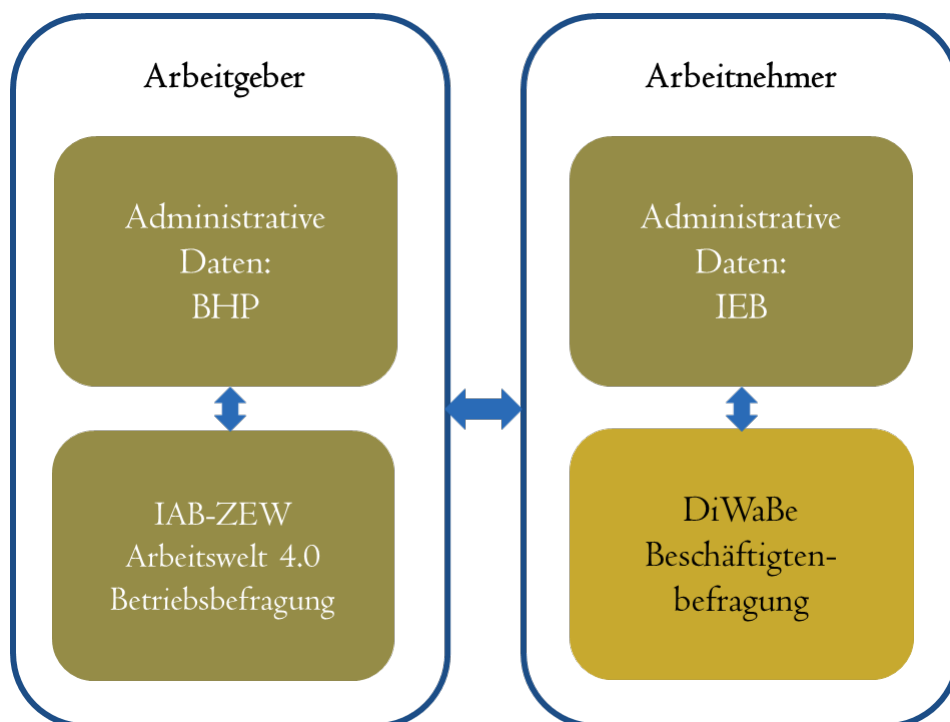


Der IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0-Datensatz erweitert die Analysemöglichkeiten gegenüber den reinen Befragungsdaten somit bereits erheblich. Insbesondere können Beschäftigungs-, und Einkommenswirkungen der betrieblichen Investitionen in neue Technologien differenziert nach verschiedenen Beschäftigtengruppen analysiert werden. Weitere Wirkungen dieser Technologien, z.B. hinsichtlich der Qualität der Beschäftigung (Arbeitszeit, prekäre Beschäftigung), der Organisation am Arbeitsplatz, der damit einhergehenden körperlichen und psychischen Belastungen und der Anforderungen sowie Weiterbildungsaktivitäten lassen sich mit den administrativen Informationen hingegen nicht abbilden. Auch lässt sich nicht

die Frage beantworten, wer von den Beschäftigten in welcher Form mit den im Betrieb neu etablierten Technologien tatsächlich arbeitet und wie sich das auf die Tätigkeiten und Arbeitsorganisation der Beschäftigten auswirkt.

An dieser Stelle setzt die DiWaBe-Befragung an, um die Forschungsmöglichkeiten um diese Aspekte zu erweitern und damit auf der Ebene der Erwerbstätigen die Auswirkungen des technologischen Wandels sehr viel differenzierter analysieren zu können. Ausgehend von den Personen, die 2011 bzw. 2016 in den IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0-Betrieben beschäftigt waren, wurde daher im Rahmen des Projektes eine ergänzende Beschäftigtenbefragung durchgeführt. Das Ziel dieser Befragung bestand vor allem darin, die administrativen Informationen um fehlende, sozialpolitisch relevante Befragungsinhalte zu ergänzen.

Abbildung 2: DiWaBe-Datensatz



Im Ergebnis entsteht mit der zusätzlichen Beschäftigtenbefragung somit ein verbundener Arbeitnehmer-Arbeitgeber-Datensatz, der sowohl auf der Betriebs- als auch Beschäftigtenebene neben den administrativen Längsschnittinformationen vertiefende Befragungsinhalte umfasst. Diese wurden im Fall der Betriebsbefragung im Jahr 2016 und im Fall der Beschäftigtenbefragung 2019 erhoben und beinhalten zusätzlich für einige Merkmale jeweils auch die retrospektiven Einschätzungen für das Jahr 2011. Auf diese Weise ist auch in den Befragungsinformationen in eingeschränktem Maße eine Längsschnittinformation vorhanden, die es teilweise erlaubt, Veränderungen in den erhobenen Indikatoren zu analysieren.

Abbildung 2 gibt einen Überblick über die Struktur des DiWaBe-Datensatzes, der mittels der DiWaBe-Befragung erstellt werden kann.

Im folgenden Abschnitt wird zunächst die der DiWaBe-Beschäftigtenbefragung zugrundeliegende Grundgesamtheit erläutert, da dies die Analysemöglichkeiten maßgeblich bestimmt. Im Anschluss werden in Abschnitt 2.3 die Befragungsinhalte und ihre Konzeption im Detail vorgestellt, bevor Abschnitt 2.4 und 0 die Stichprobenziehung und Umsetzung der Erhebung erläutern.

2.2 Basis der Stichprobenziehung

Wie bereits in Abschnitt 2.1 erläutert, wurde die Betriebsbefragung 2016 durchgeführt, um den zu diesem Zeitpunkt aktuellen technologischen Stand der Betriebe zu erfassen. Zusätzlich wurde, um auch eine zeitliche Veränderung und damit auch Investitionen in neue Technologien abbilden zu können, der technologische Stand des Jahres 2011 retrospektiv erhoben. Auf der Basis der Betriebsbefragung kann für die befragten Betriebe somit festgestellt werden, ob und in welche Technologien in diesem Fünf-Jahres-Zeitraum investiert wurde, d.h. wie sich die technologische Ausstattung des Betriebes verändert hat. Somit können die Auswirkungen dieser Veränderungen bspw. auf die Veränderung der Beschäftigtenstruktur im selben Zeitraum untersucht werden. Zu diesem Zweck können die administrativen Informationen über Umfang und Zusammensetzung der Belegschaft im Jahr 2011 mit denen des Jahres 2016 verglichen werden. Der Vorteil dieses Analyseansatzes ist, dass damit

unbeobachtete Betriebseinflüsse, die ansonsten den Zusammenhang zwischen dem betrieblichen Technologiestand und der Beschäftigtenstruktur beeinflussen würde, herausgerechnet werden können, es somit eher möglich wird, die interessierenden, kausalen Auswirkungen der Technologieinvestitionen zu erfassen.

Um in ähnlicher Weise die kausalen Auswirkungen des technologischen Wandels auf die Beschäftigten zu erfassen, sollten die Beschäftigten der teilnehmenden Betriebe zu den oben bereits genannten Themenbereichen befragt werden. Die Beschäftigten dieser Betriebe repräsentieren dabei alle Beschäftigten in Betrieben, die potenziell in der Betriebsbefragung hätten befragt werden können, d.h. Beschäftigte in Betrieben mit mindestens einem sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in 2016. Diese Gesamtheit aller Beschäftigten entspricht der Grundgesamtheit, während es sich bei den Beschäftigten der befragten Betriebe bereits um eine Stichprobe handelt, aus der dann wiederum eine Stichprobe an Beschäftigten gezogen wird. Dieses doppelte Stichprobendesign ist für die spätere Gewichtung der Beobachtungen relevant, vgl. Kapitel 0.

Die konkrete Ziehung der Beschäftigtenstichprobe orientiert sich stark an dem Konzept der Betriebsbefragung, siehe Abbildung 3. Insbesondere rekrutiert sich diese aus denjenigen Personen, die zum Stichtag 30.06.2011 (N_2011) und/oder zum Stichtag 30.06.2016 (N_2016) in einem der befragten Betriebe (ohne besondere Merkmale) sozialversicherungspflichtig beschäftigt waren. Gruppen wie Auszubildende, geringfügig Beschäftigte oder Werksstudenten werden somit nicht berücksichtigt. Des Weiteren beschränken wir uns auf Personen zwischen 16 und 65 Jahren und schließen auch Personen aus, die im Jahr 2011 bereits über 60 Jahre alt waren. Für 2011 sind das 176.662 Personen, für 2016 207.598 Personen. Ein Teil der Personen ist sowohl 2011 als auch 2016 im selben Betrieb beschäftigt, so dass insgesamt 266.000 Personen zu dem Personenkreis zählen, aus dem die Stichprobe gezogen werden kann.

Personen, die in beiden Jahren im selben IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0-Betrieb beschäftigt waren, bezeichnen wir im Folgenden als Gruppe der *Stayer*. Für diese Gruppe ist es möglich, die Auswirkungen der betrieblichen Technologieinvestitionen in diesem Zeitraum zu untersuchen. Für sie ist es daher interessant, in der Befragung bestimmte Aspekte auch retrospektiv zu

erfragen, um parallel zu den betrieblichen Veränderungen, die individuellen Veränderungen beobachten zu können. Daneben gibt es aber auch Personen, die zwar 2011 in einem der befragten Betriebe beschäftigt waren, aber diesen irgendwann zwischen 2011 und 2016 verlassen haben. Für diese Gruppe der *Leaver* interessieren daher insbesondere deren Verbleib, aber ebenso auch die Veränderungen in der Gesundheit o.ä. nach Verlassen der Betriebe. Um nun wiederum auch für 2016 einen repräsentativen Schnitt der Beschäftigten in den Betrieben zu haben, müssen weiterhin die Gruppe der *Entrants* berücksichtigt werden, also der Personen, die nach 2011 in einen der befragten Betriebe eingetreten sind und 2016 in diesem nach wie vor beschäftigt sind.

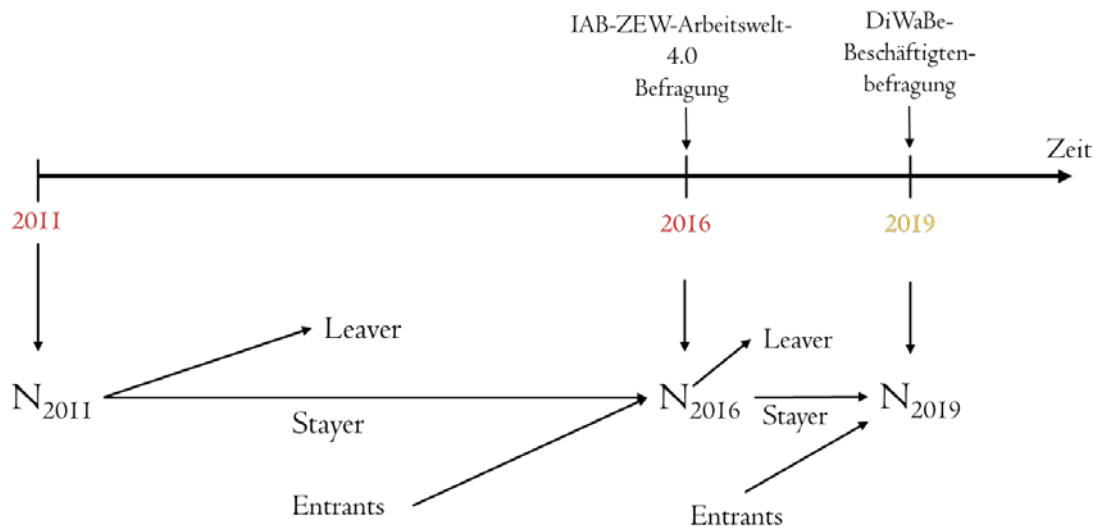
Für die Befragung sind somit die folgenden drei Personengruppen relevant:

- **Stayer** – 2011 und 2016 in einem der befragten Betriebe beschäftigt, insgesamt 106.166 Personen,
- **Leaver** – 2011, aber nicht mehr 2016 in einem der befragten Betriebe beschäftigt, insgesamt 70.496 Personen,
- **Entrants** – 2016, aber noch nicht 2011 in einem der befragten Betriebe beschäftigt, insgesamt 89.907 Personen.

Diese Gruppen lassen sich in den administrativen BeH-Daten eindeutig identifizieren und bilden somit die Grundlage für die spätere Stichprobenziehung. Allerdings ist dabei im Ergebnis nicht gesichert, dass Personen, die auf der Basis dieser Gruppierung in die Gruppe der *Stayer* fallen, zum Zeitpunkt der Befragung tatsächlich immer noch in dem Betrieb beschäftigt sind und somit weiterhin in die Gruppe der *Stayer* fallen. Der Grund ist der zeitliche Verzug zwischen der Betriebsbefragung und der Beschäftigtenbefragung, die drei Jahre später stattfand. Gleichzeitig ist es nicht möglich, die Eingruppierung anhand der Informationen am aktuellen Rand vorzunehmen, weil die administrativen Daten so zeitnah nicht zur Verfügung stehen. In der Konsequenz bedeutet dies, dass zwischen dem Zeitpunkt der Betriebsbefragung im Jahr 2016 und der Beschäftigtenbefragung im Jahr 2019 Personen aus der Gruppe der *Stayer* in die Gruppe der *Leaver* gewechselt haben können, was in der Konzeption der Befragung berücksichtigt werden muss. Darüber hinaus können wir die *Entrants* zwischen 2016 und 2019 nicht identifizieren und daher auch nicht befragen. Unsere Beschäftigten sind somit

repräsentativ für alle Beschäftigten die im Jahr 2011 und 2016 in einem Betrieb beschäftigt waren, die potenziell in der Betriebsbefragung hätten befragt werden können.

Abbildung 3: Das Konzept der DiWaBe-Stichprobenziehung



Zwar ist das der Beschäftigtenbefragung zugrundeliegende Konzept somit relativ komplex; es erlaubt jedoch umfangreiche Analysen. So können zum einen Auswirkungen auf die *Stayer* in Abhängigkeit von betrieblichen Investitionen in neue Technologien analysiert werden. Gleichzeitig können die Erwerbsverläufe und andere Indikatoren von *Leavern* und *Stayern* in Betrieben mit und ohne Technologieinvestitionen verglichen werden. Ein Vergleich von *Leavern* und *Entrants* erlaubt wiederum zu betrachten, welchen Einfluss betriebliche Technologieinvestitionen auf das Entlassungs- und Einstellungsverhalten der Betriebe haben. Und ein Vergleich der Beschäftigten in den befragten Betrieben 2011 und 2016 erlaubt es, strukturelle Veränderungen in den Betrieben in Abhängigkeit von betrieblichen Technologieinvestitionen sichtbar zu machen.

Tabelle 3: Beschäftigte der befragten Betriebe nach Schichtungszellen

Gruppentyp	Betriebsgröße	Bildung	Alter	Anzahl Beobachtungen
Stayer (N_2011)	<50	niedrig	<35	138
			35-49	139
			>=50	73
		mittel	<35	1.273
			35-49	2.744
			>=50	1.586
		hoch	<35	412
			35-49	934
			>=50	500
	50-199	niedrig	<35	269
			35-49	566
			>=50	382
		mittel	<35	5.569
			35-49	13.330
			>=50	7.253
		hoch	<35	1.378
			35-49	3.684
			>=50	2.106
	>=200	niedrig	<35	516
			35-49	1.543
			>=50	932
		mittel	<35	10.140
			35-49	25.523
			>=50	12.282
hoch		<35	2.551	
		35-49	6.878	
		>=50	3.465	

Fortsetzung Tabelle 3, Teil 1

Personen- typ	Betriebsgröße	Bildung	Alter	Anzahl Beobachtungen
Leaver (N_2011)	<50	niedrig	<35	201
			35-49	92
			>=50	56
		mittel	<35	1.916
			35-49	1.667
			>=50	1.225
		hoch	<35	860
			35-49	610
			>=50	262
	50-199	niedrig	<35	487
			35-49	282
			>=50	259
		mittel	<35	6.185
			35-49	5.595
			>=50	4.485
		hoch	<35	2.837
			35-49	2.328
			>=50	1.093
	>=200	niedrig	<35	724
			35-49	596
			>=50	764
		mittel	<35	9.790
			35-49	8.929
			>=50	7.929
hoch		<35	5.142	
		35-49	4.210	
		>=50	1.972	

Fortsetzung Tabelle 3, Teil 2

Personen typ	Betriebsgröße	Bildung	Alter	Anzahl Beobachtungen
Entrants (N_2016)	<50	niedrig	<35	743
			35-49	264
			>=50	97
		mittel	<35	2.229
			35-49	1.969
			>=50	1.367
		hoch	<35	935
			35-49	836
			>=50	452
	50-199	niedrig	<35	1.995
			35-49	631
			>=50	282
		mittel	<35	7.307
			35-49	6.302
			>=50	4.182
		hoch	<35	3.214
			35-49	2.618
			>=50	1.263
	>=200	niedrig	<35	3.059
			35-49	984
			>=50	442
		mittel	<35	15.547
			35-49	11.108
			>=50	7.175
hoch		<35	7.402	
		35-49	5.329	
		>=50	2.175	

Tabelle 3 zeigt die Aufteilung der Beschäftigten in den befragten Betrieben in die drei Personengruppen, die als ein Schichtungsmerkmal für die Stichprobe der Befragung dienen. Darüber hinaus wurde in jeder dieser Gruppe zusätzlich nach Alter (<35 Jahre, 35-50, >50) sowie nach Bildung (ohne Berufsausbildung, mit Berufsausbildung, mit Hochschulabschluss) geschichtet, um sicherzustellen, dass auch innerhalb dieser Subgruppen Analysen durchgeführt werden können. Dabei wurde den Schichtungsmerkmalen den Vorzug gegeben, bei denen aufgrund der Literatur die stärksten Heterogenitäten erwartet werden können. Dies sind insbesondere das Bildungsniveau, das Alter und die Größe des Betriebs. Zusätzlich wäre eine Schichtung nach Geschlecht wünschenswert gewesen. Da die Grundgesamtheit in einzelnen Schichtungszellen jedoch bereits sehr klein ausfiel, wurde davon Abstand genommen. Dennoch sind spätere Analysen auch nach Geschlechtergruppen möglich.

2.3 Fragebogen

2.3.1 Entwicklung vor dem Pretest

Das Ziel der Beschäftigtenbefragung bestand darin, die administrativen Daten um sozialpolitisch relevante Aspekte der Arbeitswelt 4.0 zu ergänzen. Zwar erfassen die administrativen Daten einige wichtige Informationen wie z.B. den Beruf, das Einkommen und das Bildungsniveau; Wirkungen auf andere Zielgrößen, die vom technologischen Wandel betroffen sein könnten und eine sozialpolitische Dimension aufweisen, können hingegen nicht abgebildet werden. Dies betrifft insbesondere die Qualität der Beschäftigung bspw. im Hinblick auf die Arbeitszeit oder die Befristung, die Tätigkeitsstruktur des Beschäftigten und die damit einhergehenden körperlichen und psychischen Anforderungen. Zudem werden weder die Arbeitsorganisation wie z.B. Position und Funktion des Beschäftigten und dessen Zusammenarbeit und Kooperation mit anderen Beschäftigten im Betrieb noch dessen Weiterbildungsaktivitäten erfasst. Darüber hinaus sollte die Nutzung neuer Technologien nicht nur auf der Betriebsebene, sondern auch am individuellen Arbeitsplatz erfasst werden. Dies erlaubt es, heterogenen Wirkungen unterschiedlicher Technologien besser zu analysieren und zu identifizieren, welche Teile der Belegschaft im Fall betrieblicher Technologieinvestitionen in welchem Maße davon betroffen sind.

In den ersten Monaten des Projektes wurden die Befragungsinhalte festgelegt und der Fragebogen entwickelt. Um diesen Prozess zu unterstützen fanden u.a. zwei Expertenworkshops statt. Der 1. Expertenworkshop am 20. Juli 2017 in Nürnberg verfolgte das Ziel, mit dem Wissen und der Erfahrung von Experten die Teilbereiche zu identifizieren, in denen bei der Einführung digitaler Technologien neue sozialpolitische Herausforderungen zu bewältigen sind. Insgesamt nahmen sechs eingeladene Experten aus Betrieben, Gewerkschaften, Verbänden und wissenschaftlichen Institutionen an dem Expertenworkshop teil. Mit den Experten wurden in verschiedenen Workshops zentrale Erkenntnisse zum Wandel der Tätigkeiten bzw. Arbeitsorganisation, zu gesundheitlichen Aspekten sowie zur Rolle der Aus- und Weiterbildung im Zuge der Digitalisierung gewonnen. Die Ergebnisse des Expertenworkshops flossen in die Entwicklung des Fragebogens ein.

Der zweite Expertenworkshop, der im November 2017 im BIBB stattfand, richtete sich hingegen an Experten aus dem Bereich des Fragebogendesigns. Dort wurden die Tauglichkeit der Erhebungsinstrumente und mögliche Verbesserungen erörtert. Dabei wurden die Stichprobenziehung und jeder Fragenblock eingehend analysiert. Als Ergebnis konnte der Fragebogenentwurf nochmals optimiert werden.

2.3.2 Weiterentwicklung im Kontext des Pretests

Nach Vergabe der Befragung an das Umfragezentrum Bonn (uzbonn), wurde der bereits fortgeschrittene Fragebogenentwurf nochmals inhaltlich und im Hinblick auf die Filterführung geprüft und angepasst. Dabei kristallisierten sich einige Herausforderungen heraus, die auch im Rahmen des Pretests adressiert werden sollten.

Zum einen stellte sich die Filterführung im Fragebogen als äußerst komplex dar. Da wie bereits in Abschnitt 2.2 erläutert die oben genannten Themen nicht nur für den aktuellen Zeitpunkt, sondern zusätzlich zum Teil auch retrospektiv für das Jahr 2011 erhoben werden sollten, mussten sowohl der aktuelle Erwerbsstatus als auch der Erwerbsstatus für das Jahr 2011 erhoben werden, da nicht alle Befragungsinhalte – je nach Erwerbsverlauf – auf alle Personen

sinnvoll anwendbar sind.³ Dabei kam es zudem nicht nur darauf an zwischen Stayer, Leaver und Entrants zu unterscheiden, sondern auch unterschiedliche Erwerbszustände z.B. eines Leavers nach dem Verlassen des Betriebes zu berücksichtigen, da ein Ausscheiden aus dem Erwerbsleben, eine Arbeitslosigkeit oder ein Wechsel in einen anderen Betrieb eine unterschiedliche Filterführung notwendig machte. Diese komplexe Filterführung zu testen war daher ein Ziel des Pretests.

Eine weitere Frage war, wie die retrospektiven Informationen mit einem möglichst geringen Erinnerungsfehler erhoben werden können. Zu diesem Zweck wurden unterschiedliche Anker angedacht, d.h. Gedächtnisstützen, die der Aktivierung der Erinnerung an das Jahr 2011 dienen sollten. Insbesondere wurde als Anker sowohl ein interner Anker in Form eines persönlichen Ereignisses (wie z.B. ein Todesfall oder eine Hochzeit) als auch ein externer Anker in Form der Nuklearkatastrophe von Fukushima Anfang 2011 in Erwägung gezogen. Beide Anker wurden in Form eines kognitiven Pretests erprobt.

Ein weiterer kognitiver Pretest wurde zudem für die Abfrage, ob die ausgeübte berufliche Tätigkeit mehr oder weniger automatisierbar ist, beschlossen, da die bisher in Befragungen eingesetzten Fragebatterien als weiterentwicklungsbedürftig erwiesen hatten. Im kognitiven Pretest wurden die Routinedimensionen Wiederholbarkeit, Zerlegbarkeit und Standardisierung mit verschiedenen Frageformulierungen auf Verständlichkeit, Messbarkeit und Ähnlichkeit getestet. Dazu wurden die Befragten gebeten, die entsprechenden Fragen zu beantworten. Zusätzlich sollten die Befragten selber versuchen, die Unterschiede zwischen den Frageformulierungen zu erklären.

Ende März 2019 erfolgte dann der Pretest auf der Basis von 100 Interviews, um eine ausreichend große Anzahl an Fallkonstellationen zu testen. Auf der Basis des Pretests und der Rückmeldungen der Interviewer kristallisierten sich dann die folgenden Nachsteuerungsbedarfe heraus, die zu finalen Anpassungen des Fragebogens führten:

³ Zwar ist für jeden in der vorab Befragung bekannt, ob er oder sie als *stayer*, *leaver* oder *entrant* für die Stichprobe gezogen wurde. Wie bereits ausgeführt, kann sich der Erwerbsstatus jedoch zwischen dem Jahr der Stichprobenziehung und dem Befragungszeitpunkt verändert haben.

- Die Filterführung war zwar weitgehend korrekt; die Wechsel zwischen der aktuellen und der retrospektiven Ebene wurden jedoch als mühsam empfunden. Auch empfanden einige Personengruppen teilweise Redundanzen im Befragungsablauf, was auf die Notwendigkeit einer weiteren Differenzierung der Befragungsinhalte je nach Personengruppe hindeutet. Die Reihenfolge der Fragen wurde daraufhin so geändert, dass zunächst die aktuelle Situation vollständig erhoben wurde und im Anschluss die retrospektive, um den kognitiven Aufwand für die Befragten zu reduzieren. Zudem konnten für einige Personengruppen Redundanzen reduziert werden, indem die Filterführung nochmals verfeinert wurde.
- Bei dem retrospektiven Anker zeigte sich, dass die spontane Erinnerungsfähigkeit durch die Nuklearkatastrophe in Fukushima marginal besser aktiviert wurde als durch ein persönliches Ereignis aus dem relevanten Jahr. Letztlich wurde entschieden, beide Anker zu kombinieren, um das Erinnerungsvermögen der befragten Personen bestmöglich zu unterstützen.
- Im Hinblick auf den kognitiven Pretest zur Erfassung der Automatisierbarkeit der beruflichen Tätigkeit ergab sich eine klare Empfehlung. Es zeigte sich, dass bestimmte Fragen nicht gestellt werden müssen, weil die entsprechende Dimension bereits durch eine andere Frage ausreichend erfasst wurde. Des Weiteren wurden manche Fragen von den Interviewteilnehmern nicht richtig verstanden. Als Ergebnis wird die Automatisierbarkeit mit Hilfe von drei Fragen gemessen: Häufigkeit identischer Arbeitsabläufe, Arbeit in vorgegebenen Zeitintervall und Häufigkeit von Situationen, auf die man individuell reagieren muss.
- Der Fragebogen stellte sich wie erwartet als deutlich zu lang heraus. Mit einer durchschnittlichen Gesamtlänge von 48 Minuten lag die Interviewdauer durchschnittlich 13 Minuten über den anvisierten 35 Minuten. Durch die Anpassungen im Hinblick auf Reihenfolge und Redundanzen sowie den Wegfall der kognitiven Pretests konnten bereits einige Minuten eingespart werden. Darüber hinaus wurden

in jedem Themenblock ein paar Erhebungselemente identifiziert, die gestrichen wurden.

Nach den Anpassungen im Zuge des Pretests entstand im Mai 2019 der finale Fragebogen. Der vollständige Fragebogen kann in Anhang B eingesehen werden.

2.3.3 Finale Befragungsinhalte

Die Befragung erfasste vor allem fünf Themenbereiche:

- A. Arbeitsmitteleinsatz am Arbeitsplatz,
- B. Beruf, Tätigkeiten und Anforderungen am Arbeitsplatz,
- C. Arbeitsbedingungen/-organisation,
- D. Aus- und Weiterbildung und
- E. Gesundheit

Für die Themenblöcke A-C der Befragung lag der Schwerpunkt der Erhebung auf dem aktuellen Zeitpunkt, wobei für einige Kernmerkmale zusätzlich retrospektive Informationen erhoben wurden. Für die Themenbereiche D und E wurde auf eine retrospektive Erhebung weitgehend verzichtet.

Über diese Themenblöcke hinaus werden Informationen zum Haushaltskontext erfasst, um dessen Einflüsse in späteren Analysen berücksichtigen zu können. Da mit dem IAB-ZEW Linked Personell Panel (LPP) bereits ein Datensatz existiert, der sich explizit der familienpolitischen Dimension des digitalen Wandels und Fragen der Vereinbarkeit von Familie und Beruf widmet, setzt die DiWaBe- Erhebung in diesem Themenbereich bewusst keinen Schwerpunkt. Indikatoren zur Zahl und Alter der Kinder, dem Familienstand und dem Haushaltseinkommen ermöglichen es jedoch, die Auswirkungen des digitalen Wandels auch vor dem Hintergrund des Haushaltskontextes zu differenzieren, da z.B. die Flexibilität der Beschäftigten dadurch maßgeblich beeinflusst wird. Zusätzlich werden auch der Migrationshintergrund und der Bildungshintergrund der Eltern erhoben, um auch bezogen auf diese Merkmale die Auswirkungen des digitalen Wandels zu differenzieren. Schließlich werden Technikaffinität und Selbstwirksamkeit als mögliche Moderatoren für den Umgang der Beschäftigten mit dem digitalen Wandel erfragt.

Der Fragebogen erlaubt es somit, wichtige sozialpolitische Dimensionen des digitalen Wandels auch in seinen heterogenen Wirkungen umfassend zu analysieren. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für passgenaue Empfehlungen zur sozialpolitischen Gestaltung und Abfederung des digitalen Wandels. Im Folgenden werden die Befragungsinhalte der oben genannten Themenblöcke kurz skizziert und deren wesentliche Erhebungskonzepte erläutert.

Themenblock A: Arbeitsmitteleinsatz am Arbeitsplatz

Dieser Block enthält Fragen zum Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad der von den Beschäftigten verwendeten Arbeitsmittel. Auf diese Weise kann ein Eindruck davon gewonnen werden, wie stark der jeweilige Arbeitsplatz durch Maschinen und Algorithmen durchdrungen ist. Um ein umfassendes Bild über die verwendete Technologie und die Technologisierung zu erhalten, folgt die Erfassung der Arbeitsmittel einer dreiteiligen Methodik.

Dabei wird erstens der aggregierte Digitalisierungsgrad des Arbeitsplatzes erhoben. Dies ermöglicht es, globale Zusammenhänge der Technologisierung zu untersuchen. Gleichzeitig ermöglicht diese Abfrage die Anknüpfung an die Methodik der IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0-Befragung. Entsprechend wurde hier bei der Frageformulierung ähnlich vorgegangen, um die Anschlussfähigkeit an dieses Erhebungskonzept sicher zu stellen. Dort wurde bei den betrieblichen Investitionen in Produktionsmittel zwischen „manuell gesteuert“, „indirekt gesteuert“ und „selbststeuernd“ unterschieden. Bei den Investitionen in elektronischen Büro- und Kommunikationsmittel wurde zwischen „nicht IT-gestützt“, „IT-gestützt“ und „IT-integriert“ differenziert. Die Arbeitnehmer wurden nun befragt, wie relevant der Einsatz „nicht computergestützter“, „computergestützter“ bzw. „intelligent vernetzter“ Arbeitsmittel in ihrem direkten Arbeitsumfeld ist, so dass eine Zuordnung möglich ist.

Zweitens wurden die verwendeten Arbeitsmittel erhoben, um ein differenziertes Bild über relevante Technologien der Digitalisierung und ihre Wechselwirkungen mit den Arbeitsbedingungen zu ermöglichen. Da es nicht handhabbar ist, alle denkbaren Arbeitsmittel im Rahmen eines Telefoninterviews abzufragen und offene Fragen in früheren Befragungen nur unbefriedigende Ergebnisse liefern, wurde stattdessen eine Abfrage von Technologieklassen gewählt.

Die Arbeitsmittel werden zunächst in folgende Kategorien eingeteilt: „Informations- und Kommunikationsmittel“, „Werkzeuge, Geräte, Maschinen und Anlagen“, „Fahrzeuge und Transportmittel“ und „Sonstiges“. Die Oberkategorien werden, sofern Befragte angeben, dass sie mit diesen arbeiten, dann weiter differenziert. So wird bspw. für Personen, die mit Informations- und Kommunikationstechnologien arbeiten, die Unterkategorien Desktop-PC, Laptop, Smartphone, Tablet und Kassensystem abgefragt. Diese mehrstufige Erfassung ermöglicht eine zeiteffiziente Abfrage und gleichzeitig ein differenziertes Bild der verwendeten Arbeitsmittel.

Schließlich wird drittens gezielt nach der Verwendung aktueller und potentieller Schlüsselanwendungen wie bspw. Big Data oder künstlicher Intelligenz gefragt. Die Auswahl der Technologien erfolgte anhand inhaltlicher Kriterien durch das Konsortium. Es kann daher festgestellt werden, wie betriebliche Investitionen in digitale Technologien die Arbeitsplätze des Betriebs verändern und welche Arbeitsplätze eng mit diesen neuen Technologien verzahnt sind.

Themenblock B: Tätigkeiten am Arbeitsplatz

Auch Tätigkeiten am Arbeitsplatz wurden erfasst, um spätere Analysen zum Tätigkeitswandel im Zuge eines zunehmenden Einsatzes von Maschinen und Algorithmen durchführen zu können. Die bisherig vorliegenden Daten erlauben lediglich die Auswertung von Tätigkeiten auf der Ebene von Berufen. Durch die Abfrage auf Beschäftigtenebene kann bei den Auswertungen berücksichtigt werden, dass Beschäftigte derselben Berufsgruppe unterschiedliche Tätigkeiten ausüben. Dabei geht es aber weniger um die Erfassung konkreter Tätigkeitinhalte; sondern darum, die im Task-Based-Approach (Autor et al. 2003) entwickelten Tätigkeitsdimensionen zu ermitteln. Dabei soll aber nicht nur nachvollzogen werden, ob in einem Beruf Aufgaben einer bestimmten Tätigkeitsdimension zu erledigen sind oder wie hoch die jeweiligen Anforderungen im Verhältnis zu den anderen Tätigkeitsdimensionen sind, sondern auch wie hoch die Anforderungen in jeder einzelnen Tätigkeitsdimension sind (siehe hierzu auch Matthes et al. 2014). Erfasst werden folgende Tätigkeitsdimensionen: kognitive Anforderungen (bestehend aus Schreibanforderungen und mathematischen Anforderungen), Anforderungen an IT-Kenntnisse, manuelle Anforderungen und interaktive

Anforderungen sowie die Automatisierbarkeit (bestehend aus den Dimensionen Wiederholbarkeit und Auftreten unvorhersehbarer Situationen).

Durch die Erfassung der am einzelnen Arbeitsplatz verwendeten Arbeitsmittel und ausgeführten Tätigkeiten und deren Veränderungen über die Zeit ist es möglich, die Anpassungsprozesse an den betrieblichen Wandel auf der Ebene des Beschäftigten nachzuvollziehen. Wie haben sich die Arbeitsinhalte derjenigen verändert, die an ihrem Arbeitsplatz verstärkt digitale Technologien verwenden? Damit kann auch analysiert werden, ob und in welchem Maße sich diese Anpassungsprozesse für Qualifikationsgruppen oder Beschäftigte in unterschiedlichen Funktionen und Positionen unterschiedlich darstellen.

Themenblock C: Arbeitsbedingungen/-organisation

In diesem Block wurden die Beschäftigten zum Funktionsbereich (z.B. Dienstleistung oder Produktion) bzw. zur Position (Führungs- oder Angestelltenfunktion) im Betrieb befragt sowie Informationen zum Betriebs-/Personalrat oder zur Mitarbeitervertretung erfasst. Die Informationen zur Position werden auch retrospektiv erfasst, so dass z.B. berufliche Auf- und Abstiege im Vergleich mit 2011 analysiert werden können.

Darüber hinaus wurde auch erhoben, ob es sich um eine befristete Beschäftigung handelt/e. Auf Basis dieser Informationen (einschließlich der Einkommensangaben der Integrierten Erwerbsbiografien) kann nachvollzogen werden, ob der digitale Wandel für einige Beschäftigtengruppen zu atypischer Beschäftigung bzw. einer Prekarisierung der Arbeit führt.

Des Weiteren wurden Informationen zur Arbeitszeit sowohl aktuell als auch retrospektiv erhoben. Hiermit lassen sich z.B. nicht nur Fragen zur Veränderung des Umfangs der Arbeit beantworten, sondern auch der Stundenlohn ermitteln, um zum Beispiel relative Lohnzuwächse und -verluste analysieren zu können.

Daran schließt sich die Frage nach der Arbeitsintensität an. Steigen Termin- und Leistungsdruck, zu verarbeitende Informationsmengen, die Häufigkeit von Multitasking oder Unterbrechungen? Inwiefern sich die psychischen Belastungen durch die Digitalisierung verändert haben, konnte bisher aufgrund fehlender Daten kaum untersucht werden. So legen deskriptive Studien nahe, dass sich die Arbeit verdichtet hat, d.h. mehr Tätigkeiten verteilen sich auf immer weniger Beschäftigte in einem Betrieb.

Weiterhin wird der Grad der Autonomie bzw. Fremdbestimmung untersucht. Wie stark treffen Beschäftigte bei ihrer Arbeit noch Entscheidungen selbstständig? Inwiefern werden diese durch Maschinen und Algorithmen vorgegeben? Welche Unterschiede gibt es, wenn man den Einsatz unterschiedlicher Arbeitsmittel betrachtet? Welche neuen Freiheiten ergeben sich hinsichtlich der Selbstbestimmung von Arbeitszeit und Arbeitsort? Studien zeigen, dass der Grad der Autonomie einen starken Einfluss auf die Zufriedenheit und Gesundheit von Arbeitnehmern hat (Kirchner 2015, Meyer et al. 2019). Mit der DiWaBe-Befragung können wir die Ergebnisse dieser Studien überprüfen und klären, welche Rolle für diesen Zusammenhang die Digitalisierung spielt.

Ebenso werden Fragen zur Arbeitszufriedenheit und zur Jobunsicherheit wie die Sorge um den Arbeitsplatz (basierend auf Erhebungskonzepten aus dem Panel für Arbeitsmarkt und soziale Sicherung) erhoben. Hiermit kann u.a. analysiert werden, ob und inwiefern die Digitalisierung zu Jobunsicherheit führt.

Themenblock D: Aus- und Weiterbildung

Eine genaue Erhebung der Qualifikation ist aus zweierlei Gründen wichtig: Zum einen erlaubt sie eine Analyse der Auswirkungen der Digitalisierung auf verschiedene Qualifikationsniveaus. Führt die Digitalisierung zu einer Verwissenschaftlichung der Beschäftigung und damit zu einem sinkenden Bedarf an gering- bzw. unqualifizierten Personen? Sollte dies der Fall sein, kann zum anderen nach einzelnen Ausbildungsberufen (bzw. Gruppen) oder Studienfächern differenziert werden. Denn es ist davon auszugehen, dass auch innerhalb der Qualifikationsniveaus bestimmte Berufe stärker von Veränderungen betroffen sind als andere.

In diesem Block wurden Informationen zum erreichten Ausbildungsabschluss sowie zur Teilnahme an Weiterbildungsmaßnahmen erhoben. Der höchste Ausbildungsabschluss wird sowohl nach der Art des Ausbildungsabschlusses als auch nach dem genauen Ausbildungsberuf (bzw. Studienfach) differenziert. Wichtig war dabei eine Differenzierung, die den vier Anforderungsniveaus von Tätigkeiten auf der fünften Stelle der Klassifikation der Berufe 2010 entsprechen: unqualifizierte Helfertätigkeiten, Fachkräfte (mit Berufsausbildung), Spezialisten (z.B. Meister/Techniker), Experten (Hochschulausbildung). Dies ermöglicht einen Vergleich zwischen

Anforderungsniveau und Qualifikation der Beschäftigten. Zusätzlich wurde eine Differenzierung der Fachkräfte nach betrieblicher und fachschulischer Ausbildung vorgenommen, sowie auf der Ebene der Hochschulausbildung nach einem Dualen Studium. Dadurch ist es möglich, nach betrieblicher Praxis in der Ausbildung bzw. im Studium zu unterscheiden. Für das Studium wird außerdem der genaue Abschlusstitel erhoben. Andere Abschlüsse werden offen abgefragt. Ist kein Ausbildungsabschluss vorhanden oder genannt, wird zusätzlich der Schulabschluss erhoben. Beschäftigte, die ihren höchsten Abschluss nach 2010 absolviert haben, werden zusätzlich noch nach der Kompetenzverwertung in ihrer aktuellen Tätigkeit befragt. So kann die Qualifikation der Beschäftigten in mehr oder weniger digitalisierten Betrieben und mit mehr oder weniger digitalisierten Tätigkeiten verglichen werden. Welche Ausbildungen/Studiengänge verlieren an Wert, welche gewinnen? Sind diese Ausbildungen in der Lage, auf den digitalen Wandel in den Betrieben adäquat vorzubereiten?

Über Wissenslücken bei der aktuellen Tätigkeit wird zur Teilnahme an berufsbezogenen Weiterbildungsaktivitäten übergeleitet. Berufsbezogene Weiterbildung wird unterschieden in kursförmige (formale und non-formale) und informelle (z.B.: Selbststudium, Messebesuche, Beobachtungen anderer) Arten der Weiterbildung. Dabei umfasst kursförmige Weiterbildung strukturierte Aktivitäten im Rahmen einer Lehr-Lern-Beziehung innerhalb und außerhalb des formalen Bildungssystems. Die Frage zur kursförmigen Weiterbildung orientiert sich an der IAB-ZEW Arbeitswelt-4.0-Betriebsbefragung, in der formale und nicht-formale Weiterbildung ebenfalls implizit und gebündelt als „Kurse der beruflichen Weiterbildung“ abgefragt werden. Gerade die Umsetzung auf der individuellen Ebene ermöglicht es jedoch, den Anpassungsprozess an den digitalen Wandel für die einzelnen Beschäftigten zu analysieren und damit auch Heterogenitäten zwischen verschiedenen Beschäftigtengruppen sichtbar zu machen, welche die langfristigen Beschäftigungschancen dieser Personen beeinflussen. Dagegen ist die Frage zur informellen Weiterbildung an die Eurostat Klassifikation von Lernaktivitäten (CLA) angelehnt, die auch im Adult Education Survey (AES) zu Grunde gelegt wird.

Wichtig bei der kursförmigen Weiterbildung war zusätzlich die Frage, ob Betrieb, Beschäftigte oder andere die Kosten der Weiterbildung tragen. Auch

Zweck und inhaltliche Ausrichtung der Weiterbildung wurden erhoben. Somit lassen sich Aufstiegsfortbildungen von Anpassungsfortbildungen unterscheiden. Zudem kann so auch die Rolle der Weiterbildung bei der Ausschöpfung von Potentialen im digitalen Wandel untersucht werden. Weitere Fragen, die mit dem Modul zur Weiterbildung beantwortet werden können, lauten beispielsweise: Nehmen Beschäftigte in Betrieben, die stark in digitale Technologien investiert haben, häufiger an Weiterbildungsmaßnahmen teil als Beschäftigte in den Vergleichsbetrieben? Weisen diese Beschäftigten vergleichsweise stabilere Erwerbsbiographien auf? Wie wirkt sich die Digitalisierung auf Beschäftigte aus, die gezielte Weiterbildung erhalten haben im Vergleich zu denjenigen, die keine solchen Bildungsanstrengungen unternommen haben? Hängt die Beschäftigungsstabilität damit zusammen, ob und wie sich Arbeitsinhalte an einen vermehrten Einsatz digitaler Technologien anpassen (können)? Schützt eine Flexibilität auf der Ebene der Arbeitsinhalte vor einem Beschäftigungsverlust? Entspricht das betriebliche Weiterbildungsangebot dem Bedarf der Beschäftigten?

Themenblock E: Gesundheit

Zentrale Aufgabe der Arbeitswissenschaften ist die Analyse von Arbeitsbedingungen und -gestaltung im Hinblick auf Sicherheit und Gesundheit von Beschäftigten. Gesetzliche Grundlage ist das Arbeitsschutzgesetz, das eine menschengerechte, Gesundheitsgefahren verhindernde Gestaltung von Arbeit vorschreibt (vgl. §2 ArbSchG). Die Gesundheit von Beschäftigten ist aber auch aus volkswirtschaftlicher Sicht von zentraler Bedeutung, weil sie direkte Auswirkungen auf die Wirtschaftsleistung der beschäftigenden Betriebe und die Kosten der Sozialversicherungssysteme haben, darüber hinaus aber auch die langfristige Beschäftigungsfähigkeit der Erwerbspersonen bestimmt. Entsprechend sind die gesundheitlichen Folgen der Digitalisierung eine zentrale Fragestellung für die Forschung und wurden auch in dieser Studie umfangreich berücksichtigt, gleichwohl sich gesundheitliche Auswirkungen von Arbeitsbedingungen typischerweise erheblich zeitverzögert und grobskaliert beobachten lassen.

Um einen Quervergleich zu anderen Befragungen zu ermöglichen wurde bei der Erhebung der gesundheitlichen Parameter an etablierte Instrumente

angeknüpft, wie der BAuA-Arbeitszeitbefragung oder der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung.

Neben dem allgemeinen, subjektiven Gesundheitszustand wird als quantitativer Indikator zum Beispiel auch die Zahl an krankheitsbedingten Fehltagen erhoben.

Für eine differenziertere Auswertung möglicher gesundheitlicher Auswirkungen wurde in Anlehnung an die BAuA-Befragungen ein Katalog an Beschwerdearten wie Kopfschmerzen oder Rücken-, Muskel- oder Gelenkschmerzen abgefragt. Dies ermöglicht es beispielsweise, empirisch der oft diskutierten Frage nachzugehen, ob zunehmende Digitalisierung zu geringeren körperlichen Belastungsfolgen (durch Automatisierung körperlich anstrengender Tätigkeiten) auf Kosten von psychischen Belastungsfolgen (durch Verdichtung und Entgrenzung geistiger Arbeit) führt. Um diese Frage nach dem Zusammenhang zwischen Digitalisierung und steigender psychischer Belastung untersuchen zu können, wurde schließlich eine Screening-Skala zu Burnoutsymptomatik an den etablierten Copenhagen Psychosocial Questionnaire (*COPSOQ*) angelehnt.

2.4 Erhebung und realisierte Interviews

Das Hauptfeld der Befragung erfolgte nach intensiver Überarbeitung des Befragungsinstruments ab Juli 2019.⁴ An die DiWaBe-Hauptbefragung schloss sich im November 2019 zudem eine ergänzende Befragung von Personen an, die sich gemäß Strukturdaten des IAB im Zeitraum von 2011 bis heute in einer Berufsausbildung befanden (DiWaBe-Auszubildendenbefragung). Sofern erreichte Personen des Auszubildendensamples jedoch nicht die Kriterien für das Auszubildendensample erfüllten, „wanderten“ sie – bei Teilnahmebereitschaft – in den Fragebogen der Hauptbefragung. Der Hintergrund ist, dass die Daten des IAB nicht stets vollkommen valide sind.⁵ Im

⁴ Die Erhebung wurde vornehmlich durch uzbonn realisiert. Ein kleiner Anteil der Interviews (n=272) wurde durch das SUZ in Kooperation mit uzbonn durchgeführt.

⁵ Beispielsweise versäumen Arbeitgeber es mitunter, abgeschlossene oder vorzeitig beendete Ausbildungen abzumelden, wodurch die Dokumentation der Erwerbsbiographie teilweise fehlerhaft ist.

Rahmen dieser Folgebefragung entstanden somit weitere Fälle, die dem Hauptfelddatensatz zugespielt wurden.

Insgesamt konnten 8.345 sogenannte „Hauptfeldinterviews“ durchgeführt werden – hiermit sind Interviews gemeint, die mit dem Hauptbefragungsinstrument realisiert wurden. Die Interviews dauerten im Durchschnitt knapp 37,5 Minuten. 7.900 der realisierten Interviews stammen aus dem ursprünglichen Hauptsample. Weitere 445 Hauptfeldinterviews entfielen auf Personen, deren Adressen aus dem Auszubildendensample stammen.

Tabelle 4: Gruppenzugehörigkeit realisierter Interviews aus dem Hauptsample nach Adressquelle.

	Hauptfeldinterviews insgesamt (inkl. Interviews aus Auszubildendensample)		Hauptfeldinterviews aus Hauptsample	
	N	%	N	%
Stayer	2.808	33,6	2.808	35,5
Leaver	2.321	27,8	2.317	29,3
Entrants	2.785	33,4	2.775	35,1
unbekannt*	431	5,2		
Gesamt	8.345	100,0	7.900	100,0

**Adressen des Auszubildendensamples enthielten nur in geringem Umfang Informationen zur Gruppenzuordnung (Stayer, Leaver, Entrants).*

Tabelle 4 zeigt die Verteilung der Gesamtstichprobe sowie der Stichprobe aus dem Hauptfeldsample nach Gruppenzugehörigkeit (Stayer, Entrants, Leaver, vgl. Kapitel 2.2). Demnach machen Stayer und Entrants etwa 35 Prozent, Leaver etwa 30 Prozent der aus dem Hauptfeldsample befragten Personen aus. Für die Personen aus dem Azubisample ist die Gruppenzugehörigkeit in der Befragung weitgehend unbekannt und kann erst im Nachhinein unter Hinzuziehung der administrativen Daten festgestellt werden. Aus diesem Grund beziehen sich der weitere Bericht sowie die deskriptiven Analysen ausschließlich auf die Stichprobe, die aus dem Hauptfeldsample stammt.

Tabelle 5: Bruttostichprobe vor und nach neutralen Ausfällen sowie realisierte Interviews nach Schichtungsmerkmalen

Gruppe	Bildung	Alter	(A) Brutto		(B) Brutto nach neutralen Ausfällen		(C) Netto (realisierte Stichprobe)		(C)/(B) Ausschö pfung
			n	%	n	%	n	%	%
stayer	low	<35	611	0.9%	353	0.73%	49	0.6%	13.88%
		35 - 50	1,043	1.5%	658	1.37%	60	0.8%	9.12%
		50+	670	1.0%	459	0.95%	37	0.5%	8.06%
	med	<35	5,379	8.0%	3,412	7.09%	352	4.5%	10.32%
		35 - 50	4,686	6.9%	3,399	7.07%	526	6.7%	15.48%
		50+	4,013	5.9%	3,102	6.45%	490	6.2%	15.80%
	high	<35	2,288	3.4%	1,547	3.22%	343	4.3%	22.17%
		35 - 50	2,601	3.9%	1,858	3.86%	486	6.2%	26.16%
		50+	1,954	2.9%	1,616	3.36%	465	5.9%	28.77%
leaver	low	<35	1,055	1.6%	653	1.36%	76	1.0%	11.64%
		35 - 50	674	1.0%	412	0.86%	41	0.5%	9.95%
		50+	687	1.0%	453	0.94%	39	0.5%	8.61%
	med	<35	5,065	7.5%	3,482	7.24%	351	4.4%	10.08%
		35 -<50	3,363	5.0%	2,502	5.20%	377	4.8%	15.07%
		50+	2,848	4.2%	2,224	4.62%	360	4.6%	16.19%
	high	<35	2,286	3.4%	1,602	3.33%	374	4.7%	23.35%
		35 - 50	1,991	3.0%	1,477	3.07%	375	4.7%	25.39%
		50+	1,555	2.3%	1,286	2.67%	324	4.1%	25.19%
entrants	low	<35	3,084	4.6%	1,968	4.09%	193	2.4%	9.81%
		35 -<50	1,226	1.8%	727	1.51%	106	1.3%	14.58%
		50+	544	0.8%	352	0.73%	37	0.5%	10.51%
	med	<35	4,921	7.3%	3,381	7.03%	349	4.4%	10.32%
		35 - 50	4,453	6.6%	3,187	6.63%	434	5.5%	13.62%
		50+	3,304	4.9%	2,536	5.27%	442	5.6%	17.43%
	high	<35	2,653	3.9%	1,949	4.05%	372	4.7%	19.09%
		35 - 50	2,401	3.6%	1,796	3.73%	426	5.4%	23.72%
		50+	2,109	3.1%	1,706	3.5%	416	5.3%	24.4%
Gesamt			67,464	100.0%	48,097	100.0%	7,900	100%	16.43%

Tabelle 5 stellt die Aufteilung der in den weiteren Analysen verwendeten 7.900 Hauptfeldinterviews auf die 27 Zellen, die sich aus Gruppenzugehörigkeit (Stayer, Leaver, Entrants), Bildungsstatus (Low, Medium High) und Alter (<35 Jahre, 35 - <50, 50+) ergeben, dar. Zusätzlich werden die jeweiligen Bruttofallzahlen vor und nach neutralen Ausfällen⁶ angegeben. Von den insgesamt 67.464 Personen der Bruttostichprobe sind knapp 19 Tsd. (28 Prozent) neutrale Ausfälle. Das Gros dieser neutralen Ausfälle entfällt zudem auf nicht funktionierende Anschlüsse (61 Prozent), mangelnde Erreichbarkeit (18 Prozent) sowie unbekannt verzogene Zielpersonen (13 Prozent). Die Verteilung der Personen über die Schichtungszellen ist vor und nach neutralen Ausfällen nur geringfügig verändert. Demgegenüber weicht die Verteilung der realisierten Interviews relativ deutlich von der Verteilung der Bruttostichprobe nach neutralen Ausfällen ab. Die Ausschöpfungsquote fällt entsprechend unterschiedlich in den einzelnen Schichtungszellen aus. Auffällig ist insbesondere, dass die Ausschöpfungsquoten der Bildungsgruppe *high* (erwartungsgemäß) deutlich höher sind, als die der beiden anderen Bildungsgruppen (*low* und *med*). Die Ausschöpfung der höchsten Bildungsgruppe liegt für alle Personen- und Altersgruppen über der durchschnittlichen Ausschöpfungsquote von 17 Prozent. Aufgrund dieser unterschiedlichen Ausschöpfungsquote bzw. Non-Responserate müssen die Beobachtungen nicht nur mittels Designgewichten gewichtet werden. Darüber hinaus sind Anpassungsgewichte notwendig. Kapitel 0 beschreibt die Berechnung dieser Gewichte.

⁶ Darunter fallen folgende Sachverhalte: Nummer wurde nicht kontaktiert, keine funktionsfähige Telefonnummer oder Faxanschluss, kein Privathaushalt, Zielperson unter entsprechender Nummer nicht erreichbar, Zielperson dauerhaft erkrankt oder verstorben, Zielperson versteht nicht ausreichend Deutsch, Zielperson hört oder versteht nicht, Zielperson nach mehr als 15 Kontaktversuchen nicht erreicht

2.5 Gewichtung

Die Personen der DiWaBe-Beschäftigtenbefragung werden aus dem Pool derjenigen Betriebe gezogen, welche zuvor an der „IAB-ZEW Arbeitswelt 4.0“-Betriebsbefragung teilgenommen hatten. Für die Gewichte muss somit dieses Ziehungsdesign sowie die (Rand)-Verteilung der Grundgesamtheit nach den Schichtungsmerkmalen (vgl. Spalte 1, Tabelle 6) berücksichtigt werden.

Ausgangspunkt sind die Betriebe der „IAB-ZEW Arbeitswelt 4.0“-Betriebsbefragung. Diese wurden aus 40 Zellen geschichtet nach Region (Ost/West), Betriebsgrößenklasse (0-9, 10-49, 50-200, 200+ Beschäftigte) und Sektor (5 Sektorenaggregate) gezogen. Anhang 1 stellt die Zellen⁷ gemeinsam mit der Anzahl der befragten Betriebe sowie der jeweiligen Grundgesamtheit dar.

Aus diesen Betrieben wurden alle Beschäftigten gepoolt gezogen, die in den Jahren 2011, 2016 oder in beiden Jahren zum Stichtag 30.06. einen Beschäftigungs-Spell in diesen Betrieben aufweisen.⁸ Dies sind insgesamt 266.000 Personen, nachdem ausschließlich sozialversicherungspflichtig Beschäftigte ohne besondere Merkmale im Alter von 16 bis 65 Jahre berücksichtigt wurden. Die so gezogenen Beschäftigten lassen sich in die bereits in Kapitel 2.2 erläuterten drei Personengruppen *Stayer*, *Leaver* und *Entrants* einteilen. Diese verteilen sich wie in Tabelle 3 gezeigt auf die 81 Schichtungszellen, die sich aus den Schichtungsmerkmalen Betriebsgrößenklasse (3, klein/mittel/groß), Bildung (3, gering/mittel/hoch) und Alter (3, jung/mittel/alt) ergeben.

Aufgrund dieses Ziehungsdesigns ist die Stichprobe ohne Gewichtung nicht repräsentativ für die Population aller abhängig Beschäftigten in Deutschland. Tabelle 6 stellt ausgewählte Charakteristika der Netto-Stichprobe, der Brutto-Stichprobe, sowie der Population insgesamt dar. Aus der Tabelle wird deutlich,

⁷ Da in einer Zelle nur wenige Betriebe als potenzielle Befragte zur Verfügung standen (IKT-Sektor, 200 oder mehr Beschäftigte, Ost (Zelle 20)) wurde diese Zelle mit Zelle 15 (der nächstkleineren Betriebsgrößenklasse) zusammengelegt.

⁸ Personen, die nur in einzelnen Jahren 2012 bis 2015 in einem Betrieb aus der Betriebsbefragung beschäftigt waren, zählen nicht zu einer dieser drei Gruppen.

dass Hochqualifizierte nicht nur aufgrund des Ziehungsdesigns, sondern auch aufgrund der Teilnahmebereitschaft überrepräsentiert sind. Personen aus kleinen Betrieben sind über- und Personen aus Großbetrieben unterrepräsentiert. Beschäftigte aus dem IKT-Sektor sind – entsprechend der Zielsetzung der Befragung – häufiger vertreten. Aufgrund dieser Unterschiede können Aussagen über die Grundgesamtheit (Population) nur getroffen werden, wenn das Ziehungsdesign durch eine geeignete Gewichtung berücksichtigt wird. Dagegen fallen die Unterschiede im Geschlecht zwischen Population, Brutto- und Nettostichprobe klein aus, auch wenn dieses Merkmal im Schichtungsplan nicht berücksichtigt wurde.

Tabelle 6: Selektivität der Stichprobe

Anteile in Prozent	Pop- ulation	Brutto- Stichprobe	Netto- Stichprobe
Stayer	37,18	39,83	35,54
Leaver	39,62	26,45	29,33
Entrants	23,20	33,73	35,13
geringe Bildung	11,98	6,20	8,08
mittlere Bildung	70,28	69,25	46,59
hohe Bildung	17,74	24,55	45,33
Alter <35	35,46	34,82	31,13
Alter 35-50	39,98	41,15	35,84
Alter 50+	24,56	24,03	33,04
Betriebsgröße <50	46,05	8,85	24,34
Betriebsgröße 50-199	23,82	32,22	37,06
Betriebsgröße >=200	30,13	58,94	38,59
Ost	18,87	43,59	47,86
West	81,13	56,41	52,14
Sekundärer Sektor nicht wissensintensiv	19,25	17,84	15,28
Sekundärer Sektor wissensintensiv	9,33	23,13	20,87
Tertiärer Sektor nicht wissensintensiv	50,54	20,71	21,87
Tertiärer Sektor wissensintensiv	17,74	24,91	23,82
IKT-Sektor	3,14	13,42	18,15
Frauen	46,43	42,28	41,15
Männer	53,57	57,72	58,85
Zahl der Beobachtungen	32,8 Mio.	266.569	7.900

Designgewichte. Im Folgenden werden Gewichte entwickelt, die sich an der Grundgesamtheit aller Beschäftigten ausrichten. Zur Bestimmung der Designgewichte muss somit die geschichtete Stichprobenziehung auf Betriebs- und Beschäftigtenebene berücksichtigt werden. Dafür wurde auf Beschäftigtenebene zusätzlich das Merkmal Geschlecht berücksichtigt, da für dieses Merkmal ebenfalls starke Heterogenitäten zu erwarten sind. Für die Gewichtung ergeben sich somit 160 Zellen.⁹ Ausgangspunkt der Berechnung der Personengewichte sind die Inklusionswahrscheinlichkeiten der Betriebe der jeweiligen Firma.

Durch die geschichtete Stichprobe mit einer einfachen Zufallsauswahl innerhalb der Schichten stellen sich die Inklusionswahrscheinlichkeiten des i -ten Betriebs aus der l -ten Schicht wie folgt dar:

$$\pi_i = \frac{m_l}{M_l}$$

Wobei m_l die Anzahl der befragten Betriebe in der Schichtungszelle l darstellt und M_l die Anzahl der Betriebe in der Schichtungszelle der Grundgesamtheit bezeichnet. Die Stichprobe der Beschäftigten wurde aus allen Beschäftigten aller befragten Betriebe gezogen. D.h. aus der Liste aller Beschäftigten dieser Betriebe wurde eine geschichtete einfache Zufallsstichprobe, nach der oben beschriebenen Schichtung, gezogen. Die Schichtumfänge für die Ziehung der Beschäftigtenstichprobe sind, aufgrund des Zusammenspiels der Beschäftigten aller gezogenen Betriebe, zufällig, d.h. die für einen Beschäftigten aus der h -ten Schicht (der Beschäftigten) aus dem i -ten Betrieb stellt sich die Inklusionswahrscheinlichkeiten π_{ih} wie folgt dar:

$$\pi_{ih} = \pi_i E\left(\frac{N_h}{N}\right) \frac{n}{E(N_h)}, \quad [1]$$

wobei $E(\cdot)$ für den Erwartungswert steht, N_h für den Umfang der h -ten Schicht der Beschäftigten und N die Summe aller Beschäftigten der gezogenen Betriebe, sowie n für den Bruttostichprobenumfang der Beschäftigtenbefragung. Somit sind N_h und N Zufallsvariablen, die abhängig sind von der Betriebsstichprobe.

⁹ Für die anschließende Gewichtung wurden 2 Zellen mit den angrenzenden Zellen der nächstkleineren Alterskategorie zusammengelegt, weil die realisierten Fallzahlen für die Einzelzellen in diesem Fall für eine sinnvolle Gewichtung zu klein ausfielen.

D.h. die unbedingten Inklusionswahrscheinlichkeiten (d.h. die von der realisierten Betriebsstichprobe unabhängige Inklusionswkt.) der Beschäftigten hängen von den Erwartungswerten von N_h und N_h/N ab. Der Term $E(N_h/N) n / E(N_h)$ kann jedoch nicht exakt bestimmt werden und wird aus diesem Grund aus der Stichprobe geschätzt mit

$$\left(\frac{\tilde{N}_h}{\tilde{N}}\right) \frac{n}{\tilde{N}_h}, \quad [2]$$

wobei \tilde{N}_h und \tilde{N} der Schichtumfang der h-ten Schicht und bzw. die Anzahl der Beschäftigten insgesamt der realisierten Betriebsstichprobe darstellen.

Schließlich ist das (geschätzte) Designgewicht eines Beschäftigten aus der h-ten Schicht aus dem i-ten Betrieb $1/\tilde{\pi}_{ih}$, mit $\tilde{\pi}_{ih}$ als Schätzer für π_{ih} in [1] unter Verwendung der geschätzten Erwartungswerte in [2].

Anpassungsgewichte. Um die Verteilung der Schichtvariablen für die Beschäftigtenstichprobe an deren Verteilung in der Grundgesamtheit aller Beschäftigten in Deutschland anzupassen, sowie für den aufgetretenen Non-Response zu kompensieren, wurden eine sog. Post-Stratifikation für die Designgewichte der Beschäftigten durchgeführt. Dazu wurde die Anzahl der Beschäftigten in der h-ten Schicht der Grundgesamtheit durch die Anzahl der Beschäftigten in der h-ten Schicht der *Nettostichprobe* geteilt und mit Designgewicht multipliziert, d.h. das sog. Post-Stratifizierungsgewicht eines Beschäftigten aus der h-ten Schicht und dem i-ten Betrieb ist gegeben durch

$$\tilde{\pi}_{ih}^{anp} = \frac{N_h}{\check{n}_h} \frac{1}{\tilde{\pi}_{ih}}$$

wobei \check{n}_h die Summe der Designgewichte der Beschäftigten in der h-ten Schicht der *Nettostichprobe* ist. Alle Gewichte wurden mit Hilfe der Statistik Software R berechnet unter Verwendung des *survey* Pakets.

Auswirkungen der Gewichte. Zur Bestimmung der Auswirkungen der Gewichtung, wird ein Vergleich ausgewählter metrischer und kategorialer Variablen zwischen der ungewichteten Stichprobe und der mit den Post-Stratifizierungsgewichten gewichteten Stichprobe durchgeführt. Tabelle 7 stellt die Unterschiede in den Mittelwerten (M) für die gewichtete und die ungewichtete Stichprobe dar. SD gibt die Standardabweichung wieder und N die Anzahl der Beobachtungen. Die letzte Spalte gibt den Effekt der Gewichtung

wieder. Dieser berechnet sich als die Differenz zwischen den Mittelwerten der ungewichteten und gewichteten Stichproben, dividiert durch die Standardabweichung. Es wird deutlich, dass sich die Auswirkungen je nach Variable unterscheiden. Während der Effekt der Gewichtung auf die durchschnittliche Anzahl der Haushaltsmitglieder klein ist, ist der Effekt auf die durchschnittliche Technikaffinität wiederum groß. Letztere gehört zum thematischen Fokus der Befragung. Ohne Gewichtung wird die Technikaffinität unterschätzt. Das liegt möglicherweise daran, dass ältere Beschäftigte oder Beschäftigte aus kleinen Firmen überrepräsentiert sind.

Tabelle 7: Effekte der Gewichtung bei metrischen Merkmalen

	N	nicht gewichtet		gewichtet		Effekt
		M	SD	M		
Anzahl Kinder U18	7619	0.57	0.89	0.51		0.07
Anzahl Kinder U6	7613	0.19	0.50	0.18		0.02
Haushaltsmitglieder	7648	1.70	1.23	1.66		0.04
Subjektive Gesundheit	7698	7.40	1.96	7.37		0.02
Technikaffinität	7683	2.58	1.42	2.92		-0.24

Tabelle 8 stellt zwei Maße zur Analyse der Effekte der Gewichtung für ausgewählte kategoriale Variablen dar. MAD gibt die mittlere absolute Abweichung der Anteile der Kategorien der jeweiligen Variable zwischen der gewichteten und der ungewichteten Stichprobe wieder. rho steht für den Rangkorrelationskoeffizienten der Kategorien der jeweiligen Variable, wobei sich die Ränge der Kategorien aus der nach der Größe sortierten Anteile dieser ergeben. Auch hier haben einzelne Variablen nur geringe Abweichungen, wie etwa der Familienstand, während sich der Nichterwerbstätigkeitsstatus im Jahr 2011 deutlicher zwischen der gewichteten und ungewichteten Stichprobe unterscheidet.

Verwendung der Gewichte. Je nach Merkmal können die Unterschiede zwischen der gewichteten und der ungewichteten Stichprobe klein oder groß ausfallen. Da im vorliegenden Bericht Aussagen getroffen werden sollen, die für die Population der Beschäftigten insgesamt repräsentativ sind, werden gewichtete Ergebnisse ausgewiesen. Die Gewichte werden durchgehend für alle Analysen verwendet, um Einheitlichkeit und Vergleichbarkeit sicherzustellen.

Die Gewichte sind aufgrund des zweistufigen Ziehungsdesigns teilweise sehr groß. Um die Sensitivität der Analysen gegenüber Ausreißern zu reduzieren können die Gewichte getrimmt werden. Für den vorliegenden Fall wurden die Gewichte am 99%-Perzentil getrimmt (und anschließend auf einen Mittelwert von eins normiert). Das Trimmen der Gewichte stellt einen Kompromiss zwischen der Sensitivität der Analysen gegenüber Ausreißern und der Verzerrung durch eine Anpassung der Gewichte dar. Für die weiteren statistischen Analysen in diesem Bericht verwenden wir diese getrimmten Gewichte und berücksichtigen dabei das Survey-Design.¹⁰

Tabelle 8: Effekte der Gewichtung bei kategorialen Merkmalen

	MAD	rho
Aktuelle Nichterwerbstätigkeit	1.6%	0.98
Nichterwerbstätigkeit 2011	3.2%	0.93
Grund Ende Beschäftigungsverhältnis	2.0%	0.93
Familienstand	1.3%	0.94
Vergleich Beruf aktuell vs. 2011	1.7%	1.00

¹⁰ Im weiteren Forschungsprozess werden alternative Vorgehensweisen bei der Gewichtung getestet.

3 Digitalisierung in deutschen Betrieben

Die DiWaBe-Beschäftigtenbefragung zielt darauf ab, die Auswirkungen der digitalen Transformation auf Beschäftigte sichtbar zu machen. Dafür nutzen wir die in der IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0-Befragung erhobenen Informationen zum Einsatz neuer Technologien. Konkret wurden die Betriebe im Jahr 2016 gefragt, inwiefern moderne digitale Technologien bereits genutzt werden bzw. diese bereits ein Thema in ihrem Betrieb sind. Als Beispiele für moderne digitale Technologien wurden für produzierende Betriebe sich weitgehend selbststeuernde Anlagen bis hin zu „Smart Factories“, „Cyber-physische Systeme“ und das „Internet der Dinge“ genannt, im Dienstleistungsbereich beispielsweise auf „Big Data“- Analysetools, Online-Plattformen und Shop-Systeme verwiesen.

Wie in Arntz et al. 2016 ausführlich dargestellt, gaben rund 18 Prozent der Betriebe an, dass die Nutzung moderner digitaler Technologien zentraler Bestandteil ihres Geschäfts ihres Geschäftsmodells wäre. Weitere 34 Prozent der Betriebe nutzten bereits diese Technologien. Zusammengenommen setzte also etwas mehr als die Hälfte der Betriebe im Jahr 2016 moderne digitale 4.0-Technologien ein. Für unsere folgenden deskriptiven Analysen legen wir diese Betriebe als Treatmentbetriebe fest. Als Kontrollgruppe fungieren alle Betriebe ohne Einsatz von 4.0-Technologien im Jahr 2016. Diese hatten sich entweder noch gar nicht mit der Nutzung solcher Technologien beschäftigt (31 Prozent), sich bereits damit auseinandergesetzt (15 Prozent) oder gerade die Anschaffung solcher Technologien geplant (2 Prozent).

Für die weiteren Analysen werden Personen in einem Betrieb, der bei der Befragung 2016 angab, bereits 4.0 Technologien zu nutzen, somit der Treatmentgruppe zugerechnet, während Personen in einem Betrieb, der diese Technologien bislang nicht einsetzt, als Kontrollgruppe fungieren. Tabelle 9 betrachtet die Aufteilung der DiWaBe-Befragten nach dem Betriebskontext, aber auch nach der Gruppenzugehörigkeit, d.h. ob es sich bei den Befragten um Stayer, Leaver oder Entrants handelt. Die Gesamtfallzahl fällt mit 7.698 Beobachtungen dabei niedriger aus als in Tabelle 10, weil zum einen die Entrants-Leaver nicht berücksichtigt werden, zum anderen für 36 Befragte die Betriebe keine Angaben zu der Nutzung von 4.0-Technologien gemacht haben.

Von allen Befragten, die in Tabelle 9 eindeutig zugeordnet werden können und daher auch die Basis der weiteren Analysen bilden, sind gut 3000 Befragte in Betrieben beschäftigt sind (oder waren vormals in diesen beschäftigt), die 2016 keine 4.0-Technologien nutzten. Diese 3000 Befragten repräsentieren zudem 12.9 Mio. Beschäftigte. Die knapp 4700 Befragten, die wiederum aus einem betrieblichen Kontext stammen, der 2016 bereits 4.0 Technologien einsetzte, stehen stellvertretend für 19,3 Mio. Beschäftigte.

Tabelle 9: Personen nach Gruppenzugehörigkeit und Treatment-Status

	Betriebe nutzen 4.0 Techn. (Anzahl Beobachtungen)		Betriebe nutzen 4.0 Techn. (hochgerechnet in Mio.)	
	nein*	ja**	nein*	ja**
Stayer	873	1,356	4.10	5.68
Leaver	1,121	1,723	6.62	8.44
Entrants	1,026	1,599	2.94	4.37
Gesamt	3,020	4,678	12.86	19.32

Anm.: * Kontrollbetriebe, d.h. Personen aus diesen Betrieben zählen zur Kontrollgruppe; ** Treatmentbetriebe, d.h. Personen aus diesen Betrieben zählen zur Treatmentgruppe

Im Folgenden werden daher Merkmale zwischen Treatment- und Kontrollgruppe nach Themenblock unterteilt miteinander verglichen. Darüber hinaus wird jeweils zwischen den Beschäftigten unterschieden, welche die Beschäftigten in den Betrieben von 2016 abbilden (Stayer und Entrants) und den Beschäftigten, die 2011 in diesen Betrieben beschäftigt waren, diese aber bis heute verlassen haben. Diese Unterteilung ist insofern sinnvoll, weil die Merkmale der ersten Gruppe auch aktuell durch den betrieblichen Kontext der befragten Betriebe bestimmt ist, während die aktuellen Merkmale der Leaver zum einen durch den Kontakt mit diesen Betrieben beeinflusst sein können, gleichzeitig aber auch der neue Erwerbszustand oder betriebliche Kontext Einfluss nimmt. Der Einfluss des Treatments sollte daher für die Gruppe der Leaver vermutlich schwächer ausfallen als für die Gruppe der Stayer und Entrants. Zudem ist bei Leavern auch interessant, in welchen Erwerbszuständen sie aktuell zu beobachten sind.

Die so betrachteten mittleren Unterschiede zwischen Personen aus Treatment- und Kontrollbetrieben, d.h. aus Betrieben mit und ohne Nutzung von 4.0-Technologien, sind jedoch nicht kausal zu interpretieren, d.h. nicht ursächlich auf den Unterschied hinsichtlich der Nutzung moderner Technologien zurückzuführen. Das hat insbesondere damit zu tun, dass sich Betriebe, die diese Technologien nutzen sich von denen unterscheiden, die das nicht tun. Diese Betriebe können sich im Hinblick auf Branche und Betriebsgröße, aber auch hinsichtlich Produktivität und Managementqualitäten unterscheiden. Zudem kann es sein, dass Betriebe aufgrund ihrer unterschiedlichen Eigenschaften unterschiedliche Beschäftigte einstellen, die sich nicht nur in beobachtbaren, sondern auch unbeobachtbaren Fähigkeiten unterscheiden. Die einfachen mittleren Differenzen zwischen Treatment- und Kontrollgruppe können daher auch auf diese anderen Unterschiede zurückzuführen sein.

Kausale Analysen sind auf Basis der Daten möglich und vorgesehen (siehe Kapitel 6), setzen jedoch komplexere methodische Ansätze und die zusätzliche Verwendung der administrativen Daten voraus. Dennoch können die hier gezeigten Deskriptionen einen ersten wichtigen Einblick geben, welche Aspekte auffällig unterschiedlich zwischen beiden Gruppen ausfallen und somit in einer kausalen Analyse näher betrachtet werden sollten. Zudem können so die Dimensionen der Befragungsdaten aufgezeigt werden, anhand deren sich Auswirkungen der Digitalisierung grundsätzlich analysieren lassen.

4 Auswirkungen der Digitalisierung – erste Korrelationen

4.1 Datenbasis der Analysen

Wie bereits in Kapitel 2.2 erläutert, lassen sich die Beschäftigten in drei Personentypen einteilen, nämlich insbesondere in diejenige, die entweder in 2011 (Stayer und Leaver) oder in 2016 (Stayer und Entrants) in den befragten Betrieben sozialversicherungspflichtig beschäftigt waren. Aufgrund des Befragungszeitpunktes im Jahr 2019, können mittlerweile jedoch auch die Stayer den Betrieb verlassen haben und müssen somit der Gruppe der Leaver zugerechnet werden. Und auch die Entrants, die nicht 2011, aber im Jahr 2016 in diesen Betrieben beschäftigt waren, können nach 2016 ebenfalls den Betrieb verlassen haben.

Tabelle 10 stellt die Eingruppierung der 7.900 Befragten der Hauptfelderhebung in die Gruppe der Stayer, Leaver und Entrants auf der Basis der Informationen vor der Befragung der im Rahmen der Befragung festgestellten Gruppenzugehörigkeit gegenüber.

Es zeigt sich, dass von den 2.808 Personen, die als Stayer in die Befragung aufgenommen wurden etwa 543 Personen nach 2016 diesen Betrieb verlassen haben und somit nach der Befragung der Gruppe der Leaver zugerechnet werden müssen. Es verbleiben somit 2.231 Personen zum aktuellen Befragungszeitpunkt in der Gruppe der Stayer. Für 34 ursprüngliche Stayer widersprachen sich die Angaben aus der Befragung und den administrativen Vorabinformationen. Eine klare Zuordnung kann daher erst auf Basis der noch zu ergänzenden administrativen Verlaufsdaten erfolgen. Aufgrund der Wechsel von Stayern zu Leaver nach 2016 sind zum Befragungszeitpunkt 2.860 Personen den Leavern zuzurechnen. Für diese Gruppe können zum aktuellen Rand alle möglichen Erwerbszustände auftreten. Für einen kleinen Teil der Leaver ist es zudem denkbar, dass sie zwischendurch zwar den Betrieb verlassen haben, aber zum aktuellen Zeitpunkt dort wieder beschäftigt sind. Dies lässt sich jedoch erst mit Hilfe der administrativen Daten genau nachvollziehen, die den Befragungsdaten noch hinzugespielt werden sollen (vgl. Kapitel 6).

Tabelle 10: Gruppentyp der Befragten vor und nach der Befragung

		Gruppentyp nach der Befragung				Gesamt
		Stayer	Leaver	Entrants	unklar	
Gruppentyp vor der Befragung	Stayer	2.231	543	0	34	2.808
	Leaver	0	2.317	0	0	2.317
	Entrants	0	0	2.643	113	2.756
	Gesamt	2.231	2.860	2.643	166	7.900

Auch unter denen als Entrants in die Befragung aufgenommenen Personen befinden sich einige, die nach 2016 den Betrieb bereits wieder verlassen haben. Für 113 der 2.756 Entrants lässt sich dies bereits auf Basis der Befragungsdaten eindeutig nachvollziehen, weil sie derzeit angeben, nicht erwerbstätig zu sein. Bei diesen handelt es sich somit um Personen, die 2016 (nicht jedoch 2011) in einem der befragten Betriebe beschäftigt waren, jedoch bis 2019 diesen verlassen haben. Für die auch 2019 erwerbstätigen Entrants lässt sich erst mittels der administrativen Daten klären, ob die heutige Beschäftigung im selben Betrieb wie 2016 erfolgt. De facto befinden sich unter den Entrants somit weitere Personen, die nicht mehr in einem befragten Betrieb beschäftigt sind.

Für die weiteren Analysen in diesem Bericht verwenden wir alle, die nach der Befragung laut Tabelle 10 als Stayer, Leaver und Entrants eingruppiert wurden. Personen mit unklarer Gruppenzugehörigkeit betrachten wir im Weiteren nicht. Zudem fehlt für 36 weitere Personen die notwendige Information bzgl. der Nutzung neuer digitaler Technologien durch den Betrieb. Für die weiteren Analysen stehen somit 7.698 Beobachtungen zur Verfügung. Von diesen bilden die Stayer und Leaver die Beschäftigten ab, die 2011 in einem der befragten Betriebe beschäftigt waren (N_2011, siehe Abbildung 3), während Stayer und Entrants die Beschäftigten im Jahr 2016 abbilden (N_2016, siehe Abbildung 3). Insgesamt repräsentieren die Beobachtungen 12,9 Mio. Beschäftigte, die Stand 2016 keine 4.0-Technologien nutzen und 19,3 Mio. Beschäftigte in Betrieben, die diese Technologien 2016 bereits einsetzten, vgl. Tabelle 9.

In den folgenden Analysen betrachten wir Unterschiede zwischen Personen aus einem Betrieb mit und ohne Nutzung von 4.0-Technologien im Jahr 2019. Zu

diesem Zeitpunkt sind Stayer und Entrants noch in diesen Betrieben beschäftigt, während Leaver diese irgendwann nach 2011 verlassen haben. Die Deskriptionen unterscheiden daher zwischen der Gruppe der Stayer und Entrants einerseits und der Gruppe der Leaver andererseits.

4.2 Soziodemographische und sozioökonomische Faktoren

4.2.1 Stayer und Entrants

Zunächst werden sozioökonomische und soziodemographische Charakteristika der Beschäftigten in Treatment- und Kontrollbetrieben miteinander verglichen. Dabei betrachten wir zunächst die Gruppe der Stayer und Entrants, die aktuell in den befragten Betrieben beschäftigt sind. Tabelle 12 zeigt die mittleren Charakteristika dieser Beschäftigtengruppe in Betrieben mit und ohne Nutzung von 4.0-Technologien und testet zudem die Signifikanz der Differenzen. Demnach finden sich zwar einige Abweichungen in den mittleren Charakteristika der Personen in Betrieben mit und ohne Nutzung von 4.0 Technologien, die jedoch zumeist nicht signifikant sind. Betriebe, die 4.0-Technologien nutzen, weisen jedoch einen signifikant höheren Anteil an hochqualifizierten Beschäftigten auf.

Darüber hinaus zeigt die Zugehörigkeit zu einem Betrieb mit oder ohne Nutzung von 4.0-Technologien keinen signifikanten Zusammenhang zum Alter der Beschäftigten, deren Haushaltszusammensetzung bzw. Familienstand oder Migrationshintergrund. Auch die vertragliche Arbeitszeit sowie das Haushaltseinkommen weichen zwischen den beiden Gruppen nicht signifikant voneinander ab. Die bezüglich des Berufsabschlusses formalen Anforderungen in den Berufen der Beschäftigten sind weitgehend ähnlich. Zwar geben Beschäftigte in Betrieben mit Nutzung von 4.0-Technologien häufiger an, dass ihr Arbeitsplatz häufiger einen Hochschulabschluss und seltener eine Berufsausbildung erfordert. Die Unterschiede verfehlen jedoch das 10 Prozent-Signifikanzniveau.

Insgesamt sind die Unterschiede in den soziodemographischen und sozioökonomischen Merkmalen der Beschäftigten somit nicht sehr ausgeprägt. Wie bereits zu Beginn des Kapitels angesprochen, könnten sich die Beschäftigten in beiden Betriebstypen jedoch auch im Hinblick auf unbeobachtbare Merkmale unterscheiden, wenn sich Beschäftigte z.B.

aufgrund ihrer Aufgeschlossenheit für neue Technologien oder anderer Persönlichkeitsmerkmale in die Betriebe mit 4.0-Technologien selektieren. Gleichzeitig haben solche Merkmale vermutlich Einfluss auf die Auswirkungen neuer Technologien bspw. auf die Gesundheit.

Tabelle 11: Sozioökonomische Charakteristika von Personen in Betrieben mit und ohne Nutzung von 4.0 Technologien

	Betrieb nutzt 4.0 Technologien		p-Wert für Differenz	# Fälle
	nein	ja		
Anteil Frauen	0.43	0.46	0.418	4854
Alter (in Jahren)	47.24	47.34	0.919	4840
Anteil mit Partner/In, verheiratet	0.62	0.60	0.473	4824
Anteil mit Partner/In, unverheiratet	0.07	0.05		
Anteil Single	0.31	0.34		
Anzahl der Haushaltsmitglieder	1.88	1.76	0.210	4823
Anzahl der Kinder < 18 Jahre im HH	0.55	0.51	0.522	4804
Anzahl der Kinder < 6 Jahre im HH	0.16	0.12	0.184	4799
Anteil mit Migrationshintergrund	0.10	0.11	0.742	4854
Anteil mit akademischem Elternteil	0.18	0.23	0.143	4854
Höchster Berufsabschluss (Anteil)			0.008	4846
ohne Berufsausbildung	0.06	0.08		
mit Berufsausbildung	0.55	0.46		
Meister o.ä.	0.16	0.12		
mit Hochschulabschluss	0.23	0.34		
Formales Anforderungsniveau für Beruf (Anteil)			0.262	4796
ohne Berufsausbildung	0.14	0.15		
mit Berufsausbildung	0.56	0.53		
Meister/Fortbildungsabschluss.	0.10	0.07		
mit Hochschulabschluss	0.20	0.25		
>35 Stunden vertragl. Arbeitszeit	0.75	0.79	0.333	4832
20-34 Stunden vertragl. Arbeitszeit	0.19	0.17	0.577	4832
HaushaltsEK (netto) in Euro	3837.1	3854.2	0.962	4580

Anm.: Gewichtete Mittelwerte (getrimmte Gewichte), p-Wert für t-Test (bzw. Chi²-Test) auf Unterschiede in der mittleren gewichteten Differenz, ungewichtete Fallzahlen

Um mögliche Unterschiede in relevanten Persönlichkeitsmerkmalen berücksichtigen zu können, wurden in der DiWaBe-Befragung daher entsprechende Merkmale auf Basis subjektiver Einschätzungen erfasst. Tabelle 13 zeigt für die Gruppe der Stayer und Entrants die Unterschiede in Persönlichkeitsmerkmalen, Technikaffinität und Selbstwirksamkeit für die Beschäftigten in Betrieben mit und ohne Nutzung von 4.0-Technologien anhand einer Reihe von Indikatoren. Dabei zeigt sich, dass Beschäftigte in Betrieben, die 4.0-Technologien nutzen, oftmals geringfügig höhere Werte im Hinblick auf Selbstwirksamkeit aufweisen, die Unterschiede jedoch nicht statistisch signifikant sind. Im Hinblick auf die Technikaffinität sowie die Persönlichkeitsmerkmale finden sich entgegen der Erwartungen keine Unterschiede zwischen beiden Gruppen.

Die Deskriptionen deuten somit darauf hin, dass sich die Beschäftigten der Treatment- und Kontrollbetriebe, die zur Gruppe der Stayer und Entrants zählen, sowohl in soziodemographischen und sozioökonomischen Merkmalen als auch im Hinblick auf weitere Persönlichkeitsmerkmale kaum unterscheiden. Die Selektionsproblematik zumindest auf der Ebene individueller Charakteristika scheint somit nicht stark ausgeprägt. Dennoch sollten spätere multivariate Analysen, die auf den kausalen Effekt von 4.0-Technologien abzielen, für vorhandene Unterschiede der Beschäftigten kontrollieren.

Tabelle 12: Persönlichkeitsmerkmale, Technikaffinität und Selbstwirksamkeit von Personen in Betrieben mit und ohne Nutzung von 4.0 Technologien, Stayer und Entrants

	Betrieb nutzt 4.0 Technologien		p-Wert für Differenz	# Fälle
	nein	ja		
Technikaffinität				
Ich beschäftige mich gern genauer mit einem techn. System	2.73	2.78	0.65	4845
Ich probiere gern die Funktionen neuer tech. Systems aus.	2.70	2.68	0.88	4842
Mir ist es egal, wie oder warum ein techn. System funktioniert	2.87	2.84	0.80	4841
Es genügt mir, die Grundfunktionen eines techn. Systems zu kennen.	3.00	2.88	0.30	4837
Selbstwirksamkeit				
In schwierigen Situationen kann ich mich auf meine Fähigkeiten verlassen.	1.90	1.96	0.48	4837
Die meisten Probleme kann ich aus eigener Kraft gut meistern.	1.96	2.02	0.40	4840
Auch anstrengende und komplizierte Aufgaben kann ich in der Regel gut lösen.	2.02	2.05	0.63	4843
Persönlichkeitsmerkmale				
Ich bin eher zurückhaltend.	3.01	3.05	0.69	4827
Ich schenke anderen leicht Vertrauen.	2.54	2.48	0.46	4824
Ich bin bequem, neige zur Faulheit.	3.84	3.82	0.87	4829
Ich bin entspannt, lasse mich durch Stress nicht aus der Ruhe bringen.	2.61	2.62	0.88	4833
Ich habe wenig künstlerisches Interesse	3.16	3.25	0.42	4830
Ich gehe aus mir heraus, bin gesellig.	2.45	2.48	0.77	4823
Ich neige dazu, andere zu kritisieren.	3.32	3.40	0.32	4825
Ich erledige Aufgaben gründlich.	1.64	1.71	0.31	4835
Ich werde leicht nervös und unsicher.	3.68	3.67	0.90	4828
Ich habe eine aktive Vorstellungskraft.	2.26	2.29	0.70	4824

Anm.: Gewichtete Mittelwerte einer Skala von „stimme voll und ganz zu (1) bis „stimme gar nicht zu“ (5), p-Wert für t-Test auf Unterschiede in der mittleren gewichteten Differenz (getrimmte Gewichte), ungewichtete Fallzahlen.

4.2.2 Leaver

Auch für die Personen, welche die Betriebe der IAB-ZEW-Arbeitswelt 4.0-Befragung irgendwann nach 2011 verlassen haben, können die wichtigsten soziodemographischen und -ökonomischen Merkmale verglichen werden, um festzustellen, ob sich diese Personen je nach Herkunftsbetrieb signifikant unterscheiden. Zudem ist für die Gruppe der Leaver interessant, welche Erwerbszustände diese zum Erhebungszeitpunkt haben und ob es auch hier Unterschiede je nach Herkunftsbetrieb der Beschäftigten gibt.

Tabelle 14 zeigt die entsprechenden Mittelwerte für diejenigen, die Betriebe mit und ohne Nutzung von 4.0 Technologien verlassen haben. Dabei zeigen sich ein paar Abweichungen, die jedoch zumeist nicht statistisch signifikant sind. Etwa 80 Prozent der Personen ist auch aktuell noch erwerbstätig. Zudem sind diese unabhängig von der Betriebsherkunft zumeist nach wie vor abhängig beschäftigt. 22,2 Prozent der Beschäftigten aus den Betrieben mit 4.0-Technologien sind aktuell nicht mehr erwerbstätig, während dies von den Beschäftigten aus Betrieben ohne 4.0-Technologien 20,0 Prozent angeben. Unter Letzteren ist jedoch der Anteil der Personen in (Früh-)Rente mit 80 Prozent höher als unter Leavern aus Betrieben mit 4.0 Technologien (66 Prozent). Dafür sind nicht Erwerbstätige, die zuvor in Betrieben mit 4.0-Technologien beschäftigt waren, häufiger arbeitslos, erwerbsunfähig, oder in einem sonstigen Status, was u.a. auch Qualifikationsmaßnahmen umfasst. Die Unterschiede zwischen diesen Gruppen sind jedoch nicht statistisch signifikant. Insgesamt zeichnen sich zwischen denjenigen, die vormals in Betrieben mit oder ohne 4.0-Technologien beschäftigt waren, geringfügige Unterschiede hinsichtlich des aktuellen Erwerbszustands ab, die in multivariaten Analysen näher betrachtet werden sollten.

Interessanterweise ist der Anteil der Personen mit einem Hochschulabschluss unter den Leavern der Treatmentbetriebe nicht signifikant höher, obwohl dies unter den Stayern und Entrants der Fall war (vgl. Tabelle 12). Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass sich Treatmentbetriebe überproportional von ihren weniger Qualifizierten trennen. Auch im Hinblick auf die meisten anderen Charakteristika zeigen sich keine signifikanten Unterschiede. Jedoch scheinen Leaver der Treatmentbetriebe im Durchschnitt etwas jünger zu sein, als in den Betrieben ohne Nutzung von 4.0 Technologien.

Tabelle 13: Sozioökonomische Charakteristika von Personen in Betrieben mit und ohne Nutzung von 4.0 Technologien, Leaver

	Betrieb nutzt 4.0 Technologien		p-Wert für Differenz	# Fälle
	nein	ja		
Anteil Frauen	0.40	0.47	0.12	2844
Alter (in Jahren)	50.7	49.0	0.09	2838
Anteil mit Partner/In, verheiratet	0.59	0.63	0.42	2825
Anteil mit Partner/In, unverheiratet	0.05	0.04		
Anteil Single	0.35	0.33		
Anzahl der Haushaltsmitglieder	1.67	1.61	0.49	2825
Anzahl der Kinder < 18 Jahre im HH	0.54	0.56	0.78	2815
Anzahl der Kinder < 6 Jahre im HH	0.22	0.26	0.42	2814
Anteil mit Migrationshintergrund	0.08	0.06	0.41	2844
Anteil mit akademischem Elternteil	0.17	0.18	0.74	2844
Höchster Berufsabschluss (Anteil)			0.21	2841
ohne Berufsausbildung	0.05	0.06		
mit Berufsausbildung	0.56	0.49		
Meister o.ä.	0.15	0.13		
mit Hochschulabschluss	0.25	0.32		
Anteil erwerbstätig, davon	0.80	0.78	0.50	2844
abhängig beschäftigt	0.90	0.92	0.58	2218
freiberuflich/selbstständig	0.04	0.05		
geringfügig beschäftigt	0.04	0.02		
verbeamtet	0.02	0.02		
Formales Anforderungsniveau (Anteil)			0.43	2187
ohne Berufsausbildung	0.11	0.12		
mit Berufsausbildung	0.57	0.51		
Meister/Fortbildungsabschluss	0.10	0.09		
mit Hochschulabschluss	0.22	0.28		
>35 Stunden vertragl. Arbeitszeit	0.74	0.76	0.62	2207
20-34 Stunden vertragl. Arbeitszeit	0.22	0.20	0.58	2207
Anteil nicht erwerbstätig, davon	0.20	0.22	0.50	2844
arbeitslos	0.15	0.19	0.37	618
(Früh-)Rente	0.80	0.66		
erwerbsunfähig	0.02	0.05		
sonstiges	0.04	0.10		
Haushaltseinkommen (netto) in Euro	3545.8	3366.7	0.32	2647

Anm.: Gewichtete Mittelwerte, p-Wert für t-Test (bzw. Chi²-Test) in den gewichteten unterschieden (getrimmte Gewichte), ungewichtete Fallzahlen

4.3 Arbeitsmittel

Die Auswertung der verwendeten Arbeitsmittel erfolgt entlang der im Kapitel 2.3.3 beschriebenen dreiteiligen Erhebungsweise: Erstens wurden differenziert die verwendeten Arbeitsmittel erfasst, um ein Bild über die Verbreitung und Form der neuen verwendeten Technologien zu erhalten. Zweitens wurde der Digitalisierungsgrad des gesamten Arbeitsplatzes anhand unterschiedlicher Entwicklungsstufen (nicht-computergestützt, computergestützt, vernetzt) abgefragt und zwischen den Betrieben ohne Investition in 4.0-Technologien und Betrieben mit solchen Investitionen unterschieden. Drittens wurden gezielt Trend-Technologien abgefragt, die teilweise noch keine flächendeckende Verbreitung besitzen, tendenziell aber für die aktuelle Entwicklung richtungsweisend sein können. Die folgenden Analysen stützen sich nur auf die Gruppe der Stayer und Entrants, da diese die aktuell Beschäftigten in den befragten Betrieben repräsentieren.

Art und Qualität eingesetzter Arbeitsmittel

Tabelle 15 gibt einen Überblick über die von den Beschäftigten eingesetzten Arbeitsmittel, die in drei Kategorien aufgeteilt werden können: Informations- und Kommunikationstechnologien, Werkzeuge, Maschinen, Geräte und Anlagen (WMGA) und Fahrzeuge und Transportmittel.

Bei der beruflichen Verwendung von **Informations- und Kommunikationstechnologien** zeigt sich eine deutlich höhere Verbreitung in Betrieben mit 4.0-Technologien, wenngleich die Nutzung über alle Betriebe hinweg insgesamt weit verbreitet ist. So berichten 87 Prozent der Beschäftigten in Betrieben mit 4.0-Technologien IKT zu verwenden, in der Vergleichsgruppe berichten 79 Prozent der Beschäftigten von der Arbeit mit 4.0-Technologien ($p < 0,01$). Bei einer differenzierten Betrachtung der genutzten Arbeitsmittel fällt auf, dass diese breitere Nutzung in erster Linie auf stationäre Desktop-PC (70 Prozent vs. 78 Prozent, $p < 0,05$), sowie auf die Nutzung mobiler Tablets (15 Prozent vs. 21 Prozent, $p < 0,05$) zurückzuführen ist.

Tabelle 14: Struktur und Qualität der eingesetzten Arbeitsmittel in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien, nur Stayer und Entrants

	Betrieb nutzt 4.0 Technologien		P-Wert für Differenz	Anzahl Fälle
	Nein	Ja		
Arbeitsmittel: IKT				
Allgemeine Nutzung	0.79	0.87	0.01	4.854
Entscheidungen durch IKT	0.19	0.21	0.53	4.507
Störungen durch IKT	0.14	0.10	0.16	4.531
Nutzung: Desktop-PC	0.70	0.78	0.02	4.854
Nutzung: Laptop	0.41	0.43	0.50	4.854
Nutzung: Smartphone	0.38	0.41	0.44	4.854
Nutzung: Tablet	0.15	0.21	0.04	4.854
Nutzung: Kassensysteme	0.10	0.10	0.87	4.854
Arbeitsmittel: WMGA				
Allgemeine Nutzung	0.38	0.28	0.01	4.850
Entscheidungen durch WMGA	0.22	0.23	0.88	2.004
Störungen durch WMGA	0.07	0.05	0.41	2.011
Nutzung: Ortsfeste Maschinen/ Anlagen	0.25	0.19	0.06	4.850
Nutzung: Mobile Geräte und Werkzeuge	0.33	0.26	0.06	4.850
Nutzung: Mobile Roboter	0.02	0.01	0.25	4.850
Nutzung: Mess- und Diagnosegeräte	0.32	0.25	0.03	4.850
Nutzung: Robotische Systeme ^A	0.25	0.33	0.37	616
Arbeitsmittel: Fahrzeuge				
Allgemeine Nutzung	0.30	0.25	0.15	4.850
Entscheidungen durch Fahrzeuge	0.08	0.13	0.12	2.737
Störungen durch Fahrzeuge	0.03	0.03	0.96	2.751
Nutzung: PKW	0.37	0.39	0.66	4.851
Nutzung: LKW bzw. Bus	0.12	0.08	0.17	4.850
Nutzung: Bau-/Landwirtschaftsfahrzeuge	0.07	0.03	0.03	4.850
Nutzung: Stapler	0.20	0.11	0.00	4.850
Arbeitsmittel gesamt				
Entscheidungen durch Arbeitsmittel	0.25	0.27	0.57	4.854
Störungen durch Arbeitsmittel	0.16	0.13	0.21	4.854

Anm.: Gewichtete Mittelwerte, p-Wert für t-Test (bzw. Chi²-Test) in den gewichteten unterschieden (getrimmte Gewichte), ungewichtete Fallzahlen; ^A Dieser Anteil bezieht sich auf die Beschäftigten, die mit computergestützten ortsfesten Maschinen und Anlagen arbeiten.

Keine signifikanten Unterschiede zeigen sich dagegen für die Nutzungshäufigkeit von Kassensystemen, Laptops oder Smartphones. In der Funktionsweise und Störungsanfälligkeit lassen sich ebenfalls kaum Unterschiede zwischen Beschäftigten der beiden Betriebstypen feststellen. Ebenso bei der Frage nach der Übernahme von Entscheidungen durch die Technologien.

Die Arbeit mit **Werkzeugen, Maschinen, Geräten und Anlagen (WMGA)** ist in Betrieben ohne 4.0 Technologien stärker verbreitet. So geben 38 Prozent der Beschäftigten in Betrieben ohne 4.0-Technologien an, mit Werkzeugen, Maschinen oder Anlagen zu arbeiten, aber nur 28 Prozent der Beschäftigten in Betrieben mit 4.0-Technologien ($p < 0,05$). In den Untergruppen findet sich lediglich bei den Mess- und Diagnosegeräten (32 Prozent vs. 25 Prozent, $p < 0,05$) ein signifikanter Unterschied. Keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Gruppen zeigen sich für die Häufigkeit von Störungen durch WMGA oder die Übernahme von Entscheidungen bzw. Bedienmöglichkeiten durch solche Arbeitsmittel.

Im Hinblick auf **Fahrzeuge und Transportmittel** zeigt sich über die beiden Betriebsgruppen hinweg ein ähnliches Bild. So arbeiten allgemein sowohl etwa ein Viertel der Beschäftigten in Betrieben mit einer hohen Nutzung von 4.0-Technologien als auch Beschäftigte in Betrieben mit einer niedrigen Nutzung mit Fahrzeugen (30 Prozent vs. 25 Prozent).

In den Untergruppen finden sich dagegen Unterschiede entlang unterschiedlicher Arten von Fahrzeugen, die in höher digitalisierten Betrieben fast alle von signifikant weniger Beschäftigten genutzt werden. Dies gilt für Bau- und Landwirtschaftsfahrzeuge (7 Prozent vs. 3 Prozent; $p < 0,05$) und Staplerfahrzeuge (20 Prozent vs. 11 Prozent; $p < 0,01$). Für die Nutzung von PKWs und LKWs findet sich kein signifikanter Unterschied zwischen Beschäftigten der beiden Betriebstypen.

Zusammenfassend liefern die Unterschiede in den Arbeitsmitteln Hinweise darauf, dass Betriebe in den letzten Jahren vor allem im Bereich der datenverarbeitenden Technologien investiert haben bzw. insbesondere Betriebe und Abteilungen in neue Technologien investiert haben, die Daten verarbeiten. Für Werkzeuge, Maschinen aber auch spezialisierte Fahrzeuge und Transportmittel finden sich dagegen eher weniger Beschäftigte in hoch

digitalisierten Betrieben, die diese Arbeitsmittel nutzen. Dies könnte einerseits für eine Verlagerung von Arbeitsaufgaben an Maschinen, innerhalb der Betriebe aufgrund von neuen Technologien sprechen, andererseits für eine größere Investition in Technologien von Betrieben, deren Beschäftigte hauptsächlich mit IKT arbeiten.

Computerunterstützung am Arbeitsplatz, Einsatz von 4.0 Technologien

Bei der Frage nach der Computerunterstützung des Arbeitsplatzes insgesamt (nicht-computergestützt, computergestützt oder intelligent vernetzt; Angaben summieren sich zu 100 Prozent), zeigt sich in Tabelle 16 besonders auf der hohen Digitalisierungsstufe der Vernetzung ein Unterschied zwischen den beiden Betriebstypen. So geben die Beschäftigte in Betrieben mit 4.0 Technologien an, dass ihr Arbeitsplatz durchschnittlich zu 31 Prozent vernetzt ist, in Betrieben ohne solche Technologien sind es 23 Prozent ($p < 0,001$). Dies deutet darauf hin, dass ein großer Teil der betrieblichen Investitionen der letzten Jahre sich bereits auf vernetzte Industrie 4.0 Technologien bezog, während etablierte, computergestützte aber unvernetzte Arbeitsmittel weniger im Investitionsfokus standen.

In einem weiteren Schritt wurden aktuelle Trendtechnologien abgefragt, die im Rahmen der Digitalisierung aktuell häufig diskutiert werden. Für jede Technologie wird dargestellt, wieviel Prozent der Beschäftigten in den beiden Gruppen angibt, die jeweilige Technologie bei der Arbeit schon einmal genutzt zu haben, vgl. Tabelle 16. Dabei zeigen sich insgesamt keine signifikanten oder numerisch auffälligen Unterschiede zwischen Betrieben, die bereits mit 4.0-Technologien arbeiten und solchen Betrieben, die dies (noch) nicht tun. Dies gilt sowohl für lokal anwendbare Technologien wie 3D-Druck oder virtual/augmented reality, als auch neuartige Vernetzungstechnologien wie Internet der Dinge oder Internet der Dienste. Ebenfalls keinen substantiellen Unterschied zeigt sich in der Nutzungshäufigkeit von Blockchain-basierten Daten oder Big-Data.

Tabelle 15: Automatisierungsgrad des gesamten Arbeitsplatzes 2019, nur Stayer und Entrants

	Betrieb nutzt 4.0 Technologien		P-Wert für Differenz	Anzahl Fälle
	Nein	Ja		
Anteil Arbeitsmittel (in Prozent)				
computergestützt (nicht vernetzt)	32,08	34,42	0,31	4.727
intelligent vernetzt	23,15	31,10	0,00	4.705
Arbeit mit intelligent vernetzten Arbeitsmitteln				
Virtuelle oder Augmente Reality	0,27	0,28	0,91	3.848
Big Data	0,30	0,33	0,43	3.762
Künstliche Intelligenz	0,24	0,26	0,64	3.923
Internet der Dinge	0,61	0,54	0,08	3.867
Internet der Dienste	0,77	0,81	0,19	3.935
3D-Druck	0,10	0,11	0,79	3.981
Blockchain-basierte Daten	0,13	0,12	0,54	3.722

Anm.: Gewichtete Mittelwerte, p-Wert für t-Test in den gewichteten unterschieden (getrimmte Gewichte), ungewichtete Fallzahlen

Dieses Ergebnis ist zunächst unerwartet, lässt sich jedoch möglicherweise mit dem heterogenen Verständnis der Begriffe in unterschiedlichen Berufsfeldern und Personengruppen erklären. Entsprechend wird im Bereich der Trendtechnologien erwartet, dass sich in zukünftigen, nach Branchen oder Berufsgruppen aufgeschlüsselten Detailauswertungen klarere Unterschiede zeigen werden.

4.4 Tätigkeiten und Anforderungen

In den folgenden Analysen werden die Unterschiede in den in Kapitel 2.3.3. beschriebenen Tätigkeitsdimensionen zwischen den Betrieben, die 4.0-Technologien einsetzen und den Betrieben, die diese Technologien nicht einsetzen, bei den aktuell Beschäftigten (Stayer und Entrants) beschrieben. Kurz zusammengefasst ergeben sich folgende Ergebnisse (siehe Tabelle 17):

Tabelle 16: Anforderungen in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien, nur Stayer und Entrants

	Betrieb nutzt 4.0 Technologien		P-Wert für Differenz	Anzahl Fälle
	Nein	Ja		
Kognitive Anforderungen	0,439	0,449	0,521	4847
Schreibanforderungen	1,420	1,587	0,014	4848
Rechenanforderungen	2,092	1,999	0,285	4853
Anforderungen an IT-Kenntnisse	0,410	0,465	0,017	4843
Standardprogramme anwenden	0,721	0,789	0,054	4846
spezifische Software anwenden	0,557	0,675	0,003	4822
erweiterte Programmfunktionen nutzen	0,205	0,208	0,916	4831
Programmieren	0,059	0,081	0,229	4851
Manuelle Anforderungen	0,412	0,310	0,000	4852
Körperliche Anforderungen	2,764	3,071	0,000	4852
Sitzen	2,461	2,154	0,000	4850
Interaktive Anforderungen	0,657	0,614	0,088	4853
Automatisierbarkeit	0,494	0,502	0,568	4832
Wiederholbarkeit	1,983	1,974	0,876	4844
Unvorhersehbare Situationen	0,982	1,029	0,415	4842

Anm.: Gewichtete Mittelwerte, p-Wert für t-Test (bzw. Chi²-Test) in den gewichteten unterschieden (getrimmte Gewichte), ungewichtete Fallzahlen

In Betrieben mit 4.0-Technologien:

- sind die kognitive Anforderungen nicht signifikant unterschiedlich (bei geringfügig höheren Schreibanforderungen);
- sind die Anforderungen an IT-Kenntnisse höher (dabei müssen sowohl häufiger Standardprogramme, aber auch spezifische Softwareprogramme verwendet als auch häufiger programmiert werden);
- sind manuelle Anforderungen niedriger (dabei müssen seltener körperlich schwere Arbeiten erledigt werden und man sitzt häufiger);
- sind interaktive Anforderungen geringfügig niedriger;

- ist die Automatisierbarkeit nicht signifikant unterschiedlich (was sowohl für die Wiederholbarkeit als auch die Notwendigkeit, in unvorhersehbaren Situationen reagieren zu müssen, zutrifft).

An dieser Stelle muss allerdings der weiteren Forschung vorbehalten bleiben, worauf die festgestellten Unterschiede zurückgeführt werden können, denn die Tätigkeitskomposition lässt sich sicherlich zum Teil auch durch die spezifische Berufsstruktur der Betriebe, die 4.0-Technologien nutzen, erklären. Dennoch sollen die Ergebnisse des Vergleichs beider Gruppen im Hinblick auf die verschiedenen Tätigkeitsdimensionen im Folgenden kurz diskutiert werden.

Zwischen Betrieben, die 4.0-Technologien nutzen oder nicht, gibt es im Durchschnitt keine signifikanten Unterschiede bezüglich der **kognitiven Anforderungen**: Auf einer Skala von 0 bis 1 liegen die kognitiven Anforderungen in Betrieben ohne 4.0-Technologien bei 0,439, während dieser Wert bei Betrieben mit 4.0-Technologien bei 0,449 liegt. Bemerkenswert ist aber, dass in Betrieben mit 4.0-Technologien die Schreibanforderungen etwas höher sind (1.420) als in den Betrieben ohne 4.0-Technologien (1.587), Beschäftigte also häufiger mehr als eine Seite Text schreiben müssen. Die höheren Schreibanforderungen schlagen sich zwar in der Verteilung der kognitiven Anforderungen nieder (siehe Abbildung 4); letztlich bleiben die Unterschiede jedoch insignifikant.

Es liegt nahe, dass in Betrieben, die 4.0-Technologien einsetzen, die erforderlichen **IT-Kenntnisse** höher sind als in Betrieben, die das nicht tun. Und so zeigt sich auch, dass die Anforderungen an IT-Kenntnisse in den in Betrieben mit 4.0-Technologien signifikant höher sind, als in Betrieben ohne 4.0-Technologien (0,410 vs. 0,465, $p < 0,05$). Genau betrachtet, zeigt sich, dass Beschäftigte in Betrieben mit 4.0-Technologien sowohl häufiger Standardprogramme oder spezifische Software anwenden als auch häufiger programmieren; nur bei der Anwendung erweiterter Programmfunktionen sind die Unterschiede nicht signifikant (siehe Abbildung 5).

Abbildung 4: Kognitive Anforderungen in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien, nur Stayer und Entrants

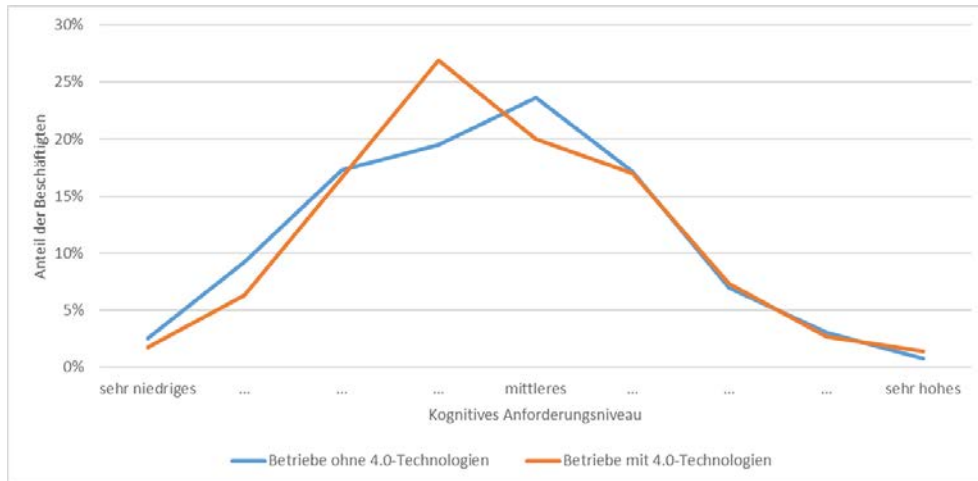
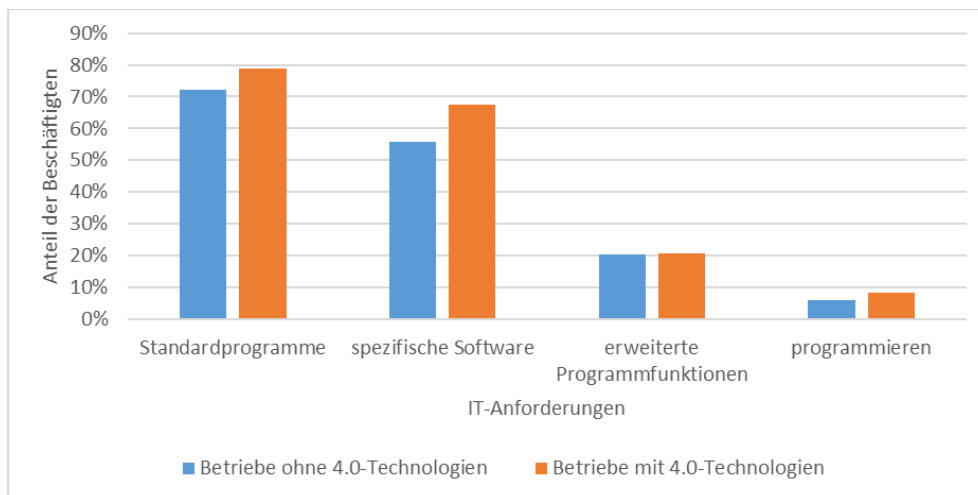


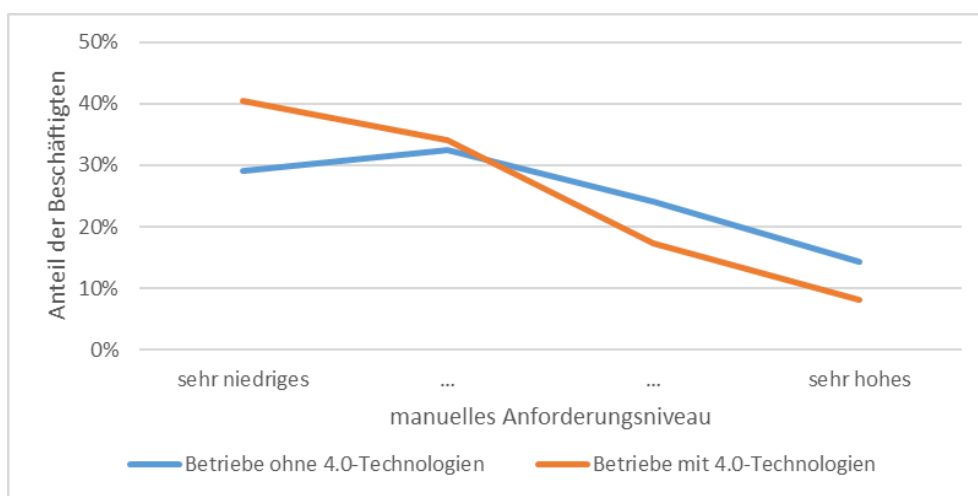
Abbildung 5: Anforderungen an IT-Kenntnisse in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien, nur Stayer und Entrants



Auch bezogen auf die **manuellen Anforderungen** liegt nahe, dass diese in Betrieben mit 4.0-Technologien niedriger sind als in den anderen Betrieben, weil dort die entsprechend ausgestatteten Maschinen die schweren körperlichen Arbeiten automatisiert erledigen können. Tatsächlich sieht man auch, dass die manuellen Anforderungen in Betrieben mit 4.0-Technologien

niedriger sind als in Betrieben ohne 4.0-Technologien (0.412 vs. 0.310, $p < 0,001$). Dabei werden von den Beschäftigten in Betrieben mit 4.0-Technologien häufiger keine schweren körperlichen Tätigkeiten mehr verrichtet (siehe Abbildung 6). Allerdings muss die Frage, ob dieser Tatbestand auf die Ausstattung der Betriebe mit 4.0-Technologien ursächlich zurückgeführt werden kann, in der weiterführenden Forschung nachgegangen werden.

Abbildung 6: Manuelles Anforderungsniveau in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien



Bei der Operationalisierung der manuellen Anforderungen haben wir darauf verzichtet, auch das „Sitzen“ zu berücksichtigen, weil diese Anforderung weniger für eine hohe körperliche Beanspruchung steht. Interessant ist dennoch, dass sich bei der Analyse zeigt, dass Beschäftigte in Betrieben mit 4.0-Technologien häufiger sitzen als Beschäftigte in Betrieben ohne 4.0-Technologien (siehe Abbildung 7).

Abbildung 7: Sitzen in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien, nur Stayer und Entrants

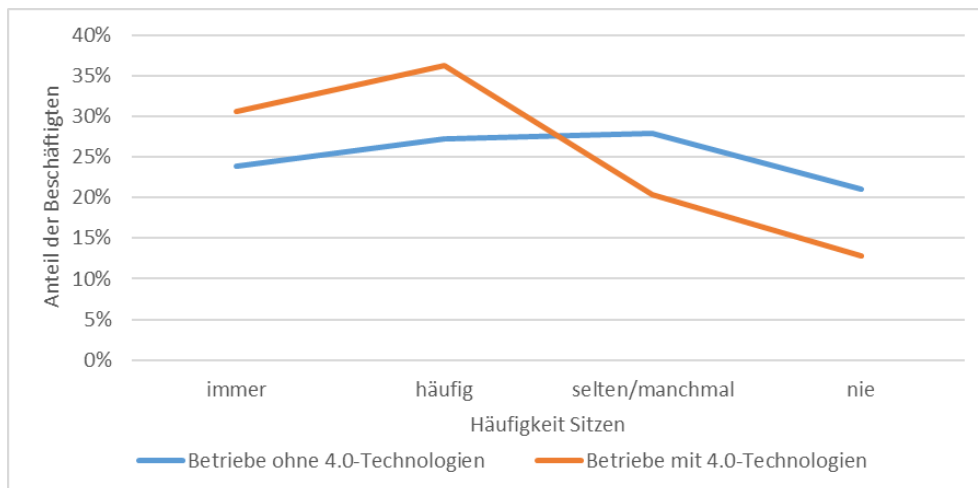


Abbildung 8: Interaktive Anforderungen in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien, nur Stayer und Entrants

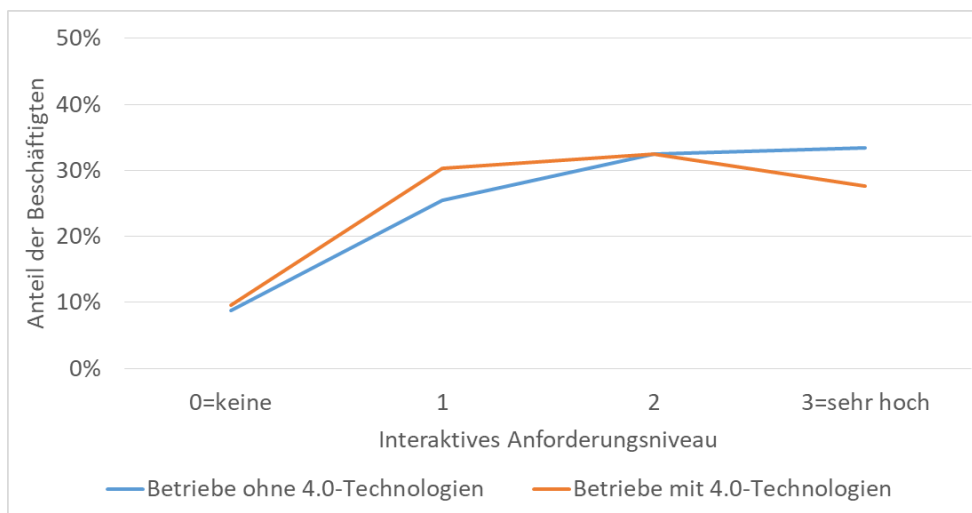


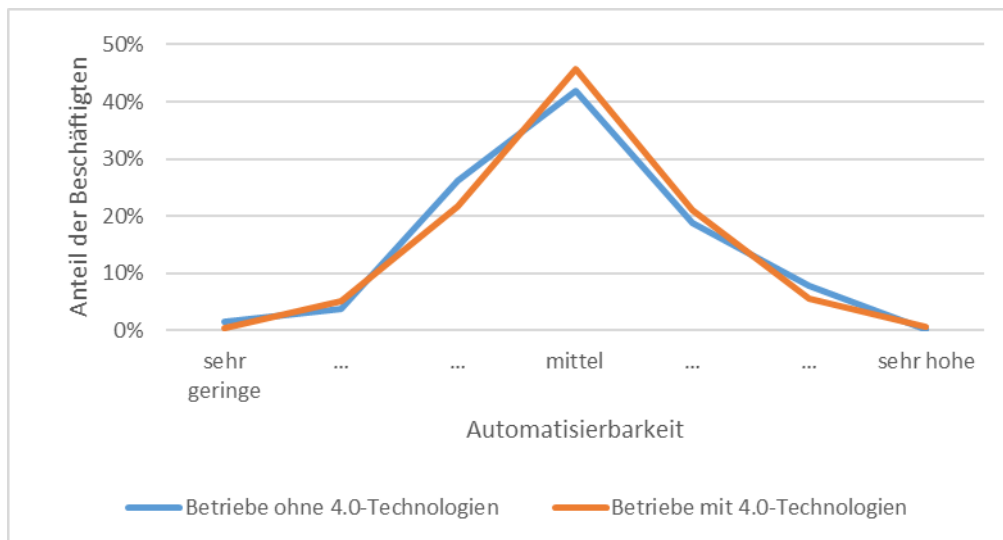
Tabelle 17: Interaktive Anforderungen, nur Stayer und Entrants

Interaktive Anforderungen	0,657	0,614	0,088	4853
Automatisierbarkeit	0,494	0,502	0,568	4832
Wiederholbarkeit	1,983	1,974	0,876	4844
Unvorhersehbare Situationen	0,982	1,029	0,415	4842

Wenn es um die **interaktiven Anforderungen** geht, ist nicht ganz klar, welche Unterschiede zwischen Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien zu erwarten sind. Einerseits könnte es sein, dass Beschäftigte in Betrieben mit 4.0-Technologien häufiger direkt mit Kunden in Kontakt kommen, weil Produkte häufiger individualisiert konfiguriert werden; andererseits könnte es auch sein, dass der Kundenkontakt nicht direkt, sondern vermittelt über die 4.0-Technologien erfolgt. Deskriptiv betrachtet, sind die interaktiven Anforderungen in Betrieben mit 4.0-Technologien niedriger (0,614 vs. 0,657, $p < 0,1$, vgl. Tabelle 17). Ob das Ergebnis aber auch noch Bestand hat, wenn andere Kriterien berücksichtigt werden, muss in weiteren Analysen gezeigt werden. Denn es könnte sein, dass es bei bestimmten beruflichen Tätigkeiten zu einer Steigerung der interaktiven Anforderungen gekommen ist (z.B. bei der agilen Produktentwicklung), während es in anderen beruflichen Tätigkeiten nicht mehr notwendig ist, direkt mit dem Kunden in Kontakt zu kommen (z.B. durch Online-Shop-Plattformen).

Bezüglich der **Automatisierbarkeit** geht man davon aus, dass Tätigkeiten, die sich wiederholen und besser programmiert werden können, eher automatisiert und durch computergesteuerte Maschinen übernommen werden können. Insofern würde man vermuten, dass in digitalisierten Betrieben Aufgaben seltener automatisierbar sind, weil diese ja von den Maschinen automatisch erledigt werden. Da wir in diesem Report jedoch den Unterschied zwischen Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien untersuchen, und es auch in Betrieben ohne 4.0-Technologien computergesteuerte Maschinen gibt, die nicht vernetzt sind, überrascht es auch nicht, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien gibt (0,494 vs. 0,502, $p > 0,1$). Selbst die Verteilung der einzelnen Items: Wiederholbarkeit und Unvorhersehbarkeit sind in den Betrieben fast identisch (vgl. Abbildung 9).

Abbildung 9: Automatisierbarkeit in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien



4.5 Arbeitsorganisation

Tabelle 18 gibt einen Überblick über die Arbeitszeiten sowie einige Indikatoren der Arbeitsorganisation für Stayer und Entrants in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien. Dabei zeigt sich kein Unterschied in der vertraglich vereinbarten **Arbeitszeit** zwischen Industrie 4.0-Betrieben und solchen ohne entsprechende Investitionen. Gleichzeitig wird deutlich, dass Beschäftigte in Betrieben mit 4.0-Technologien eine höhere tatsächliche Wochenarbeitszeit berichten ($p < 0.05$). Dabei finden sich in allen Arbeitszeitgruppen oberhalb der 40 Stunden/Woche höhere Anteile in der Gruppe der höher digitalisierten Betriebe.

Bei **Aspekten der Arbeitsorganisation** zeigen sich kaum nennenswerte Unterschiede zwischen den beiden betrachteten Beschäftigtengruppen. So geben beispielsweise in beiden Betriebstypen etwa Dreiviertel der Befragten an immer oder häufig im Team zu arbeiten (72 Prozent vs. 75 Prozent, $p > 0,10$).

In Bezug auf die **Arbeitsintensität** zeigen sich ebenfalls kaum nennenswerte Unterschiede zwischen Beschäftigten in Betrieben, in denen 4.0 Technologien bereits genutzt werden und Beschäftigten in Betrieben ohne solche Technologien. Die Hälfte bis drei Viertel der Beschäftigten berichten in beiden

Betriebstypen davon immer oder häufig verschiedene Arbeiten oder Vorgänge im Auge behalten zu müssen (Multitasking: 69 Prozent vs. 72 Prozent), immer oder häufig bei ihrer Arbeit gestört oder unterbrochen zu werden (50 Prozent vs. 53 Prozent) sowie immer oder häufig unter Termin- oder Leistungsdruck arbeiten zu müssen (49 Prozent vs. 47 Prozent). Von einer während der Arbeit anfallenden Informationsflut, die nicht mehr bewältigt werden kann, berichten in beiden Gruppen weitaus weniger Beschäftigte (10 Prozent).

Beachtenswert ist hier besonders, dass Multitasking als potentiell belastender Faktor auch in Betrieben ohne 4.0-Technologien stark ausgeprägt ist und von der Mehrzahl der Personen als immer oder häufig vorliegend angegeben wird. Unerwartet ist hingegen, dass die Arbeit in Betrieben mit 4.0-Technologien nicht mit einer höheren Informationsflut einherzugehen scheint.

In Bezug auf den wahrgenommenen Handlungsspielraum bzw. der Autonomie bei der Arbeit zeigen sich ebenfalls kaum Unterschiede, wenngleich dieser in beiden Gruppen recht stark ausgeprägt ist. Einzig für die individuelle Entscheidungsfreiheit zeigt sich ein signifikanter Unterschied. So geben 59 Prozent der Beschäftigten in Betrieben mit 4.0-Technologien an, immer oder häufig zwischen unterschiedlichen Herangehensweisen zur Erledigung ihrer Aufgaben wählen zu können, während dies auf 67 Prozent der Beschäftigte in Betrieben ohne solche Technologien zutrifft ($p < 0,05$).

Tabelle 19 betrachtet zusätzlich die Durchschnitte für die Variablen zur subjektiven **Jobunsicherheit** der Beschäftigten zwischen Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien. Es werden dabei drei miteinander zusammenhängende Unsicherheitsmaße unterschieden: *kognitive Arbeitsplatzunsicherheit*, d.h. die individuelle Einschätzung der Wahrscheinlichkeit eines Arbeitsplatzverlustes, *Beschäftigungsunsicherheit*, d.h. die subjektive Wahrscheinlichkeit eine gleichwertige Stelle zu finden, und *affektive Arbeitsplatzunsicherheit*, d.h. dem Ausmaß, in dem sich Beschäftigte um einen möglichen Arbeitsplatzverlust sorgen.

Tabelle 18: Arbeitszeit und Indikatoren der Arbeitsorganisation 2019 in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien, Stayer und Entrants

	Betrieb nutzt 4.0 Technologien		P-Wert für Differenz	Anzahl Fälle
	Nein	Ja		
Vereinbarte Arbeitszeit				
0-19 Std	0.06	0.04	0.52	4,843
20-34 Std	0.19	0.17		
35-39 Std	0.33	0.31		
40 Std und mehr	0.42	0.47		
Tatsächliche Arbeitszeit				
0-19 Std	0.05	0.03	0.05	4,749
20-34 Std	0.15	0.16		
35-39 Std	0.42	0.34		
40-48 Std	0.27	0.32		
49-59 Std	0.09	0.11		
60 Std und mehr	0.01	0.04		
Teamstruktur (Immer/Häufig)				
Unterstützung durch Vorgesetzte	0.60	0.65	0.16	4,696
Unterstützung durch KollegInnen	0.82	0.82	0.86	4,732
Arbeit im Team	0.72	0.75	0.47	4,847
Durchschnittl. Teamgröße	9.48	11.57	0.32	4,424
Leitung				
Vorgesetztenfunktion	0.33	0.32	0.86	4,764
Durchschnittl. Leitungsspanne	12.55	46.16	0.33	1,544
Arbeitsintensität (Immer/Häufig)				
Termin-/Leistungsdruck	0.49	0.47	0.71	4,845
Multitasking	0.69	0.72	0.55	4,847
Unterbrechungen	0.50	0.53	0.41	4,846
Informationsflut	0.10	0.10	0.84	4,822
Autonomie (Immer/Häufig)				
Arbeitsorganisation	0.71	0.72	0.72	4,844
Arbeitstempo	0.70	0.71	0.80	4,837
Entscheidungsfreiheit	0.67	0.59	0.05	4,816
Neue Aufgaben	0.41	0.42	0.88	4,831
Arbeitsmenge	0.28	0.27	0.64	4,813

Anm.: Gewichtete Mittelwerte, p-Wert für t-Test (bzw. Chi²-Test) in den gewichteten unterschieden (getrimmte Gewichte), ungewichtete Fallzahlen

In Bezug auf kognitive Arbeitsplatzunsicherheit und affektive Arbeitsplatzunsicherheit zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden betrachteten Beschäftigtengruppen. Die Mehrheit der Beschäftigten in beiden Betriebstypen sieht ihren Arbeitsplatz als nicht gefährdet an (ca. 53%) und macht sich auch keine Sorgen um einen möglichen Arbeitsplatzverlust (ca. 60%). Allerdings zeigen sich signifikante Unterschiede in der Beschäftigungsunsicherheit zwischen den beiden Beschäftigtengruppen, wobei das Bild nicht einheitlich ist. Tendenziell sehen vor allem Beschäftigte in Betrieben ohne 4.0 Technologien große Schwierigkeiten, eine gleichwertige Stelle zu finden (24,3% vs. 18,2%).

Tabelle 19: Jobunsicherheit 2019 in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien, nur Stayer und Entrants

	Betrieb nutzt 4.0 Technologien		p-Wert für Differenz	Anzahl Fälle
	Nein	Ja		
Kognitive Arbeitsplatzunsicherheit				
Stimme vollständig zu	0.014	0.036		
Stimme eher zu	0.034	0.039		
Teils teils	0.161	0.124	0.227	4811
Stimme eher nicht zu	0.263	0.268		
Stimme gar nicht zu	0.528	0.533		
Beschäftigungsunsicherheit				
Sehr leicht	0.153	0.092		
Ziemlich leicht	0.225	0.238		
Weder leicht noch schwer	0.190	0.223	0.021	4314
Ziemlich schwer	0.189	0.265		
Sehr schwer	0.243	0.182		
Affektive Arbeitsplatzunsicherheit				
Große Sorgen	0.032	0.020		
Etwas Sorgen	0.133	0.129		
Nur wenige Sorgen	0.225	0.248	0.669	4375
Gar keine Sorgen	0.610	0.603		

Anm.: Gewichtete Mittelwerte, p-Wert für t-Test (bzw. Chi²-Test) in den gewichteten unterschieden (getrimmte Gewichte), ungewichtete Fallzahlen

4.6 Zufriedenheit und Gesundheit

Einen ersten Blick auf den Gesundheitszustand und die Zufriedenheit der Beschäftigten in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien wirft Tabelle 20. Um das **allgemeine Wohlbefinden** zu erfassen, wurde die Zufriedenheit mit der Arbeit und mit dem Leben insgesamt sowie der selbsteingeschätzte Gesundheitszustand in der Befragung auf einer Skala von 0 (ganz und gar nicht zufrieden bzw. schlechtmöglich) bis 10 (ganz und gar zufrieden bzw. bestmöglich) abgefragt. Sowohl Beschäftigte in Betrieben mit 4.0-Technologien als auch Beschäftigte in Betrieben ohne 4.0-Technologien berichten gegenwärtig insgesamt zufrieden mit der Arbeit (7,6 vs. 7,5) und noch etwas zufriedener mit dem Leben insgesamt (8,1 vs. 8,0) zu sein. Auch ihren allgemeinen Gesundheitszustand schätzen beide Gruppen im Durchschnitt als ähnlich gut ein (7,5 vs. 7,4).

Betrachtet man das Vorkommen einzelner **gesundheitlicher Beschwerden** (in den letzten 12 Monaten) zeigen sich zum Teil jedoch einige Unterschiede zwischen den beiden betrachteten Gruppen. So zeigt sich ein deutlicher Unterschied in Bezug auf Rücken-, Muskel- oder Gelenkschmerzen: Während 31 Prozent der Beschäftigten in Betrieben mit 4.0-Technologien angeben innerhalb der letzten 12 Monaten immer oder häufig von Rücken-, Muskel- oder Gelenkschmerzen betroffen gewesen zu sein, berichten dies 39 Prozent der Beschäftigten in Betrieben ohne solche Technologien. Der Unterschied ist dabei statistisch signifikant von 0 verschieden ($p < 0,05$). Dieser Befund steht im Einklang mit der allgemeinen These eines geringeren Bedarfs an körperlicher Arbeit in hoch digitalisierten Arbeitsumgebungen.

Weiterhin zeigt sich, dass Beschäftigte in Betrieben mit 4.0-Technologien auch seltener von mindestens häufig vorkommenden Schlafstörungen (17 Prozent vs. 26 Prozent, $p < 0,05$) berichten. Bezüglich der anderen gesundheitlichen Beschwerden zeigen sich kaum Unterschiede zwischen den betrachteten Beschäftigtengruppen.

Betrachtet man auf übergeordneter Ebene die individuelle Anzahl häufig vorkommender Beschwerden zeigt sich für Beschäftigte in 4.0-Betrieben insgesamt eine signifikant geringere Anzahl an gesundheitlichen Beschwerden (1,0 vs. 1,4; $p < 0,01$).

Tabelle 20: Indikatoren des Gesundheitszustandes 2019 in Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien, nur Stayer und Entrants

	Betrieb nutzt 4.0 Technologien		P-Wert für Differenz	Anzahl Fälle
	Nein	Ja		
Allgemeines Wohlbefinden [0;10]				
Zufriedenheit mit der Arbeit	7.51	7.57	0.652	4,848
Zufriedenheit mit dem Leben	8.00	8.13	0.300	4,832
Subjektiver Gesundheitszustand	7.44	7.54	0.449	4,839
Gesundheitliche Beschwerden (Anteil „Immer/Häufig“)				
Kopfschmerzen	0.16	0.14	0.501	4,819
Herzschmerzen, Stiche, o.ä.	0.04	0.04	0.984	4,818
Rücken-, Muskel-/ Gelenkschmerzen	0.39	0.31	0.026	4,819
Nächtliche Schlafstörungen	0.26	0.17	0.005	4,812
Magen- oder Verdauungsbeschwerden	0.12	0.10	0.547	4,812
Nervosität oder Reizbarkeit	0.19	0.13	0.031	4,812
Niedergeschlagenheit	0.13	0.10	0.214	4,814
Atemwegserkrankungen	0.06	0.04	0.250	4,818
Durchschn. Anzahl der Beschwerden	1.35	1.02	0.006	4,854
Burnout-Symptome (Anteil „Immer/Häufig“)				
Körperliche Erschöpfung	0.17	0.16	0.794	4,808
Emotionale Erschöpfung	0.17	0.13	0.143	4,806
Ausgelaugt fühlen	0.22	0.17	0.073	4,805
Fehl-/Krankentage				
Fehltage	11.82	10.87	0.578	4,381
Krank gefühlt	28.17	22.27	0.185	4,701

Anm.: Gewichtete Mittelwerte, p-Wert für t-Test in den gewichteten unterschieden (getrimmte Gewichte), ungewichtete Fallzahlen

Für die erhobenen Indikatoren für **Burnout und Erschöpfung** zeigen sich im Schnitt eher geringe Unterschiede zwischen den beiden Gruppen, die durchweg nicht statistisch signifikant sind ($p \geq 0,05$). Dabei ist der Anteil der Beschäftigten, die sich immer oder häufig körperlich erschöpft, emotional erschöpft oder ausgelaugt fühlen in Betrieben mit 4.0-Technologien tendenziell geringfügig niedriger als in Betrieben ohne solche Technologien. Der größte Unterschied

zeigt sich für das Gefühl des „Ausgelaugtseins“. So geben 17 Prozent der Beschäftigten aus 4.0-Betrieben an sich in den letzten 4 Wochen immer oder häufig ausgelaugt gefühlt zu haben, wohingegen dies 22 Prozent der Beschäftigten aus Betrieben ohne solche Technologien berichten ($p < 0,10$).

Beschäftigte in Betrieben mit 4.0-Technologien berichten für die letzten 12 Monate im Schnitt weniger Tage, an denen Sie sich krank gefühlt haben (22 vs. 28 Tage). Bezogen auf **krankheitsbedingte Fehltage** zeigt sich hingegen kaum ein Unterschied zwischen den Beschäftigtengruppen (11 bzw. 12 Tage). Beide Unterschiede sind jedoch nicht signifikant von null verschieden ($p > 0,1$).

Insgesamt betrachtet scheint die Gesundheitssituation von Beschäftigten aus Betrieben mit 4.0-Technologien geringfügig besser zu sein als für Beschäftigte aus Betrieben ohne 4.0-Technologien. Berücksichtigt werden muss jedoch, dass diese Unterschiede zumindest teilweise auch auf Selektionsprozesse bzw. Gruppenunterschiede zwischen den beiden Beschäftigtengruppen (z.B. aufgrund der unterschiedlichen Bildungsverteilung) zurückzuführen sind.

4.7 Aus- und Weiterbildung

Bezüglich des Zusammenhangs zwischen der Digitalisierung und unterschiedlichen Qualifikationsniveaus lässt sich festhalten, dass in digitalisierten Betrieben ein größerer Anteil Beschäftigter mit akademischen Hintergrund vertreten ist.

Bei den Leavern unterscheiden sich die Abschlüsse zwischen Kontroll- und Treatmentgruppe allerdings nur gering und sind nicht signifikant. Auch die Differenzen zwischen Leavern einerseits und Entrants und Stayer andererseits sind unbedeutend.

Innerhalb der Entrants und Stayer zeigen sich aber signifikante Unterschiede in den beruflichen Abschlüssen beim Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe (Tabelle 21). Nahezu alle Abschlüsse sind in den Betrieben mit größeren Investitionen in digitale Technologien seltener vertreten (betriebliche und schulische Ausbildung, Fortbildungsabschlüsse und auch das duale Studium), signifikant ist das aber nur beim dualen Studium (0,9 Prozent in den Treatmentbetrieben, aber 2,7 Prozent in den Kontrollbetrieben). Dafür finden

sich Fachhochschul- und Universitätsabschlüsse in digitalisierten Betrieben deutlich und mit höchster Signifikanz häufiger (32,7 Prozent zu 20,0 Prozent).

Tabelle 21: Berufliche Abschlüsse in Kontroll- und Treatmentbetrieben

		Betrieb nutzt 4.0 Technologien		P-Wert für Differenz	Anzahl Fälle
		Nein	Ja		
Entrants und Stayer					
Beruflicher Abschluss					
	Lehre	0.415	0.370	0.248	4848
	schulische Berufsausbildung	0.130	0.094	0.177	4848
	Fortbildungsabschluss	0.163	0.115	0.086	4848
	Fachhochschul- oder Univ.abschluss	0.200	0.327	0.000	4848
	Duales Studium	0.027	0.009	0.022	4848
	kein Ausbildungsabschluss	0.065	0.084	0.378	4848
Leaver					
Beruflicher Abschluss					
	Lehre	0.452	0.396	0.185	2841
	schulische Berufsausbildung	0.103	0.090	0.577	2841
	Fortbildungsabschluss	0.148	0.131	0.581	2841
	Fachhochschul- oder Univ.abschluss	0.237	0.297	0.094	2841
	Duales Studium	0.011	0.024	0.154	2841
	kein Ausbildungsabschluss	0.048	0.062	0.471	2841

Anm.: Gewichtete Mittelwerte, p-Wert für Chi²-Test in den gewichteten unterschieden (getrimmte Gewichte), ungewichtete Fallzahlen, andere Abschlüsse (n=2) nicht aufgeführt

Interessanterweise sind für Beschäftigte ohne beruflichen Abschluss keine größeren Differenzen zwischen Kontroll- und Treatmentgruppe ersichtlich. Es scheint einerseits in den digitalisierten Betrieben eine Tendenz zur Verwissenschaftlichung zu geben, andererseits aber einen konstanten Bedarf an unqualifizierten Arbeitskräften. Analysen auf der Ebene von Ausbildungsfeldern bzw. Studienfächern werden zu einer weiteren Differenzierung der Ergebnisse führen.

Über den angegebenen Beruf können anhand der fünften Stelle der Klassifikation der Berufe vier Anforderungsniveaus extrahiert werden: unqualifizierte Helfer- und Anlerntätigkeiten, fachlich ausgerichtete Tätigkeiten

(mit Berufsausbildung), komplexe Spezialistentätigkeiten (z.B. Meister/Techniker) und hoch komplexe Tätigkeiten (Hochschulausbildung). Eine gewisse Tendenz in diese Richtung in Richtung Verwissenschaftlichung in digitalisierten Betrieben zeigt sich bei den Entrants und Stayer auch hinsichtlich des Anforderungsniveaus (Tabelle 22). Besonders hochkomplexe Tätigkeiten, die üblicherweise einen akademischen Abschluss erfordern sind in den Treatmentbetrieben stärker vertreten als in den Kontrollbetrieben, fachlich ausgerichtete Tätigkeiten dafür eher seltener. Allerdings sind diese Ergebnisse nicht signifikant und weniger eindeutig als bei den beruflichen Abschlüssen. Interessant ist, dass besonders der Anteil akademischer Abschlüsse in der Treatmentgruppe (ca. 33 Prozent), das entsprechende Anforderungsniveau des ausgeübten Berufs übersteigt (ca. 25 Prozent).

Tabelle 22: Anforderungsniveau in Kontroll- und Treatmentbetrieben

	Betrieb nutzt 4.0 Technologien		P-Wert für Differenz	Anzahl Fälle
	Nein	Ja		
Helfer- und Anlerntätigkeiten	0.072	0.049	0.394	4704
fachlich ausgerichtete Tätigkeiten	0.516	0.488		
komplexe Spezialistentätigkeiten	0.205	0.211		
hoch komplexe Tätigkeiten	0.207	0.251		

Anm.: Gewichtete Mittelwerte, p-Wert für Chi²-Test in den gewichteten unterschieden (getrimmte Gewichte), ungewichtete Fallzahlen

Die Beschäftigten wurden zusätzlich nach der Kompetenzverwertung ihrer Ausbildung bzw. ihrer Studienabschlüsse in ihrer aktuellen Tätigkeit befragt. Inwieweit entspricht die Tätigkeit dem, worauf die entsprechenden Abschlüsse vorbereitet haben? In den Treatmentbetrieben ist die mittlere Kategorie (3 zwischen „1 – entspricht voll und ganz“ und „5- entspricht überhaupt nicht“) geringer vertreten, stärker dagegen die Kategorie 4, die eher eine geringere Entsprechung zwischen Ausbildung und Tätigkeit anzeigt (Tabelle 23). Es scheint also in digitalisierten Betrieben eine Tendenz zur geringeren Kompetenzverwertung zu geben. Dieser Zusammenhang erscheint zwar naheliegend, da Digitalisierung spezifische neue Kompetenzen erfordert, ist aber allenfalls schwach signifikant. Auch hinsichtlich der Wissenslücken treten keine signifikanten Unterschiede auf (Tabelle 23), auch wenn Beschäftigte ohne

Wissenslücken in digitalisierten Betrieben mit 7 Prozent tendenziell seltener sind als in den Kontrollbetrieben (13 Prozent).

Tabelle 23: Kompetenzverwertung in der aktuellen Tätigkeit und Wissenslücken

	Betrieb nutzt 4.0 Technologien		P-Wert für Differenz	Anzahl Fälle
	Nein	Ja		
Kompetenzverwertung - entspricht Tätigkeit der Ausbildung/dem Studium?				
1 - entspricht voll und ganz	0.192	0.106		
2	0.272	0.294		
3	0.299	0.251	0.076	2553
4	0.112	0.213		
5 - entspricht überhaupt nicht	0.125	0.135		
Wissenslücken - Häufigkeit				
Immer	0.024	0.017		
Häufig	0.152	0.235	0.200	2557
Manchmal	0.319	0.350		
Selten	0.375	0.328		
Nie	0.130	0.070		

Anm.: Gewichtete Mittelwerte, p-Wert für Chi²-Test in den gewichteten unterschieden (getrimmte Gewichte), ungewichtete Fallzahlen

Werden Weiterbildungsaktivitäten untersucht, sind bei Kursbesuchen maximal schwach signifikante Differenzen zwischen digitalisierten und nicht digitalisierten Betrieben erkennbar. Der Anteil der Kursbesuche liegt bei 53 Prozent in der Treatment- und 46 Prozent in der Kontrollgruppe (Tabelle 24). Beschäftigte in Betrieben, die stärker in digitale Technologien investiert haben, nehmen tendenziell häufiger an diesen zum Teil formalen, zum Teil nicht-formalen Weiterbildungsaktivitäten teil.

Tabelle 24: Anteil mit Kursbesuch (inkl. Kostenträger) bzw. informeller Weiterbildung im letzten Jahr

	Betrieb nutzt 4.0 Technologien		P-Wert für Differenz	Anzahl Fälle
	Nein	Ja		
Kursbesuch	0.461	0.528	0.091	4851
Informelle Weiterbildung	0.680	0.716	0.464	2620
<i>Kostenträger für Kursbesuch:</i>				
Mein Arbeitgeber	0.727	0.826	0.035	2615
Ich selbst	0.109	0.073	0.313	2615
Teils mein Arbeitgeber, teils ich selbst	0.103	0.075	0.398	2615
Andere (z. B. öffentlicher) Seite	0.050	0.011	0.003	2615
Teils andere Seite, teils ich selbst	0.006	0.007	0.909	2615
Teils Arbeitgeber, teils andere Seite	0.005	0.007	0.733	2615

Anm.: Gewichtete Mittelwerte, p-Wert für t-Test in den gewichteten unterschieden (getrimmte Gewichte), ungewichtete Fallzahlen

Nicht signifikant sind die Ergebnisse bei der informellen Weiterbildung, die z.B. Selbststudium, Messebesuche oder auch Beobachtungen anderer umfasst. Eine solche Weiterbildung haben innerhalb des letzten Jahrs in den Kontrollbetrieben 68 Prozent und in den Treatmentbetrieben 71,6 Prozent der Beschäftigten unternommen. Dennoch scheint es insgesamt eine leichte Tendenz zu einem höheren Weiterbildungsbedarf in stärker digitalisierten Betrieben zu geben. Weitere Analysen, die nach Berufsfeldern oder -gruppen unterscheiden, werden ein differenzierteres Bild der Veränderung des Weiterbildungsbedarfs durch Digitalisierung ergeben.

Ein signifikanter Zusammenhang ist aber beim Kostenträger der Kurse zu finden. In Treatmentbetrieben werden die Kurse häufiger vom Arbeitgeber finanziert (83 Prozent, im Gegensatz zu 73 Prozent in den Kontrollbetrieben). Dies könnte darin begründet sein, dass die Arbeitgeber in digitalisierten Betrieben eher von der Notwendigkeit von Weiterbildung überzeugt sind. Dass aber die Kurse dafür selten von externer (z. B. öffentlicher) Seite finanziert werden (1 Prozent im Vergleich zu 5 Prozent), könnte aber auch auf größere finanzielle Mittel in digitalisierten Betrieben hinweisen als auch auf eine höhere Notwendigkeit betriebspezifischer Weiterbildung.

5 Retrospektive Analysemöglichkeiten

Wie bereits in Kapitel 2.3 kurz erläutert, wurden die Beschäftigten nicht nur zu ihrer aktuellen Erwerbs- und Lebenssituation befragt, sondern auch um retrospektive Angaben zu einzelnen Sachverhalten gebeten. Das Ziel dieses retrospektiven Teils des Fragebogens besteht insbesondere darin, auch trotz der bisher einmaligen Erhebung zumindest für einige Kernaspekte Veränderungen über die Zeit auf der Beschäftigtenebene sichtbar zu machen. Denn in einem reinen Querschnittsvergleich von Beschäftigten aus Betrieben mit und ohne 4.0-Technologien lässt sich aufgrund der bereits diskutierten Gründe kaum etwas über die kausalen Wirkungen des betrieblichen Kontextes sagen. Zu unterschiedlich sind Betriebe und auch Beschäftigte vermutlich in unbeobachtbaren Aspekten und zu sehr ist die Entscheidung eines Betriebes für Investitionen in neue Technologien endogen mit anderen Veränderungen verbunden. Ein Teil dieser Endogenitätsprobleme lässt sich lösen, indem die Veränderung in der Bedeutung von 4.0-Technologien im Betrieb über die Zeit mit Veränderungen relevanter Zielgrößen auf die Beschäftigten (z.B. Tätigkeitsstruktur, Arbeitsorganisation, Gesundheit) in Zusammenhang gebracht werden können.

Im Rahmen der IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0-Erhebung wurde die Veränderung in der Bedeutung moderner digitaler Technologien zwischen 2011 und 2016 abgefragt. Auf dieser Basis lässt sich ein Indikator der betrieblichen Investitionen in neue Technologien in diesem Zeitraum berechnen, um die Wirkungen dieser Veränderungen auf die Beschäftigten zu analysieren. Daher wurde in der Beschäftigtenbefragung analog zur Betriebsbefragung das Jahr 2011 für die Erhebung retrospektiver Informationen gewählt. Um den Erinnerungsfehler möglichst zu minimieren, wurden verschiedene Gedächtnisstützen im Rahmen eines kognitiven Pretests erprobt. Insbesondere wurde als Anker sowohl ein persönliches Ereignis (wie z.B. ein Todesfall oder eine Hochzeit) als auch ein externer Anker in Form der Nuklearkatastrophe von Fukushima Anfang 2011 in Erwägung gezogen. Der kognitive Pretest ergab, dass die spontane Erinnerungsfähigkeit durch die Nuklearkatastrophe in Fukushima marginal besser aktiviert wurde als durch ein persönliches Ereignis aus dem relevanten Jahr. Letztlich wurde entschieden, beide Anker zu kombinieren, um

das Erinnerungsvermögen der befragten Personen bestmöglich zu unterstützen.

Retrospektive Informationen wurden jedoch nicht für alle Befragten erhoben. Im Fall einer Nicht-Erwerbstätigkeit im Jahr 2011 wurde darauf weitgehend verzichtet. Im Fokus der retrospektiven Fragen stand insbesondere die Gruppe der Stayer, da für diese Gruppe beobachtete Veränderungen über die Zeit durch die Betriebe der IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0-Betriebe geprägt wurden. Doch auch für Leaver wurden retrospektive Informationen erhoben, um für alle in 2011 in den befragten Betrieben Beschäftigten, bestehend aus der Gruppe der Stayer und Leaver, Informationen zu Arbeitsmittel, Tätigkeiten und Arbeitsorganisation in 2011 zu erhalten und dies mit den aktuell Beschäftigten dieser Betriebe, bestehend aus der Gruppe der Stayer und Entrants, vergleichen zu können. Auch für einen Teil der Entrants wurden die retrospektiven Informationen erhoben, wenn diese 2011 bereits erwerbstätig waren. Da diese zu dem Zeitpunkt in einem anderen Betrieb beschäftigt waren, dienen diese Angaben weniger der Wirkungsanalyse unterschiedlicher betrieblicher Technologieinvestitionen, als vielmehr der Möglichkeit zu überprüfen, ob sich Beschäftigte in ihren vorherigen Tätigkeitsfeldern, verwendeten Arbeitsmitteln etc. unterscheiden, je nachdem ob die Person in einen Betrieb mit oder ohne Investitionen in moderne digitale Technologien gewechselt ist. So könnte sich die Struktur der Einstellungen in diesen Betrieben auch nach den Vorerfahrungen der Beschäftigten unterscheiden.

Die Erhebung der retrospektiven Fragen erfolgte „en bloc“. Der zunächst vorgesehenen Wechsel zwischen beiden Zeitebenen innerhalb jedes Themenblocks (vgl. Kapitel 2.3.3) erwies sich im Pretest als zu kognitiv aufwändig. Die retrospektiven Fragen wurden daher gebündelt und auf Kernfragen reduziert. Tabelle 25 zeigt eine Übersicht über die retrospektiv erhobenen Informationen und die Personengruppen, für die diese erhoben wurden. Mit den retrospektiven Informationen im Vergleich zu den Angaben für die aktuelle Erwerbssituation für die identische Fragen erhoben wurden, ist es somit insbesondere möglich, Veränderungen im Einsatz von Arbeitsmittel und deren Automatisierungsgrad abzubilden. Auch Veränderungen in der beruflichen Tätigkeit und der Tätigkeitsstruktur können ebenso sichtbar gemacht werden, wie Veränderungen im Arbeitsumfang und der Leitungsfunktion. Das Arbeitsentgelt wurde weder aktuell noch retrospektiv

erhoben, da es aus den administrativen Daten den Befragungsdaten hinzugespielt werden kann.

Tabelle 25: Retrospektiv für 2011 erhobene Merkmale nach Gruppen

	Stayer/ Leaver	Entrants (falls in 2011...)		
		abh. besch.	selbstständig	nicht erwerbstätig
Ausgeübter Beruf	X	X	X	-
Art der Arbeitsmittel				
Erfassung aller verwendeten Arbeitsmittel (nach Kategorien)	-	-	-	-
Anteil Arbeitsmittel nach nicht- computergestützt, computergestützter, intelligent vernetzt	X	X	X	-
Nutzung von 4.0 Technologien	X	X	X	-
Automatisierungsgrad des Arbeitsplatzes gesamt	X	X	X	-
Tätigkeit und Anforderungen				
Berufliches Anforderungsniveau	X	X	X	-
Tätigkeitsstruktur (20 Tätigkeiten)	X	X	X	-
Arbeitsorganisation/-bedingungen				
Vereinbarte Arbeitszeit	X	X		
Reale Arbeitszeit	X	X	X	-
Befristung	-	-	-	-
Leitungsfunktion/ Teamgröße	X	X	-	-
Termin/Leistungsdruck	X	X	X	
Multitasking, Unterbrechungen, Informationsflut	-	-	-	-

Autonomie über selbst Arbeitstempo/Arbeit einteilen	X	X	-	-
Autonomie über neue Aufgaben/Entscheidungen	-	-	-	-
Arbeitszufriedenheit und Arbeitsplatzsorge	-	-	-	-
Weiterbildungsaktivitäten	-	-	-	-
Gesundheit				
Krankentage	-	-	-	-
Gesundheitliche Beschwerden	-	-	-	-
Burnout-Symptomatik	-	-	-	-
Subj. Gesundheitszustand	X	X	X	X
Allg. Lebenszufriedenheit	-	-	-	-

Somit werden die meisten Themenbereiche, die auch aktuell erhoben wurden, auch retrospektiv abgedeckt. Nicht nach diesem Schema retrospektiv erhoben wurden jedoch die (Weiter-)Bildungsaktivitäten im Jahr 2011, da der Erinnerungsfehler für solche oftmals nur wenige Tage anhaltende Ereignisse besonders ausgeprägt sein dürfte. Der Erinnerungsfehler dürfte auch für den Gesundheitszustand hoch sein. Daher wurde die retrospektive Erhebung hier auf den subjektiven Gesundheitszustand reduziert. Zudem wurde dieser direkt nach der Erhebung des aktuellen Gesundheitszustandes erfragt und nur eine Einschätzung für den ungefähren Gesundheitszustand vor 5 bis 7 Jahren erbeten, um zumindest eine grobe mittelfristige Tendenz der subjektiv empfunden gesundheitlichen Entwicklung zu erhalten.

6 Fazit und Ausblick

Die im Rahmen des Projektes geschaffene Datenbasis eröffnet ein vielfältiges Forschungspotenzial zu den sozialpolitischen Folgen der Digitalisierung auf Beschäftigte in Deutschland. Die ersten deskriptiven Analysen in diesem Bericht können diese Forschungspotenziale dabei nur andeuten. Denn für den vorliegenden Bericht wurde lediglich die Nutzung von 4.0 Technologien im Jahr 2016 auf der Betriebsebene verwendet, um Beschäftigte in unterschiedlichen Betriebskontexten zu vergleichen. Die vollständige Verknüpfung mit der Betriebsbefragung wird es zukünftig ermöglichen, in differenzierterer Weise das betriebliche Umfeld im Hinblick auf die technologische Ausstattung und deren Veränderung zu charakterisieren. Damit können Analysen zu den Auswirkungen von Investitionen in 4.0-Technologien für verschiedenste Indikatoren durchgeführt werden. Darüber hinaus wurden der Automatisierungsgrad und dessen Veränderung in der DiWaBe-Befragung auch für den einzelnen Arbeitsplatz erhoben, so dass auch ein Treatment auf der individuellen Ebene für Wirkungsanalysen zur Verfügung steht. Kausale Analysen sind dabei vor allem für all jene Merkmale denkbar, die auch retrospektiv erhoben wurden und somit auch auf der Beschäftigtenebene eine Veränderung in diesen Merkmalen über die Zeit sichtbar machen, vgl. Tabelle 25. Zudem kann durch die Ergänzung administrativer Längsschnittinformationen für Betriebe und Beschäftigte die Vergleichbarkeit der Betriebe und Beschäftigten statistisch verbessert werden, um kausale Analysen zu ermöglichen. Mittelfristig ist geplant, diesen resultierenden Gesamtdatensatzes, bestehend aus Beschäftigten- und Betriebsbefragung sowie administrativen Längsschnittinformationen, im Rahmen einer schwach anonymisierten Version für wissenschaftliche Zwecke am Forschungsdatenzentrum des IAB bereitzustellen.

Inhaltlich ergeben sich verschiedene Fragestellungen, die im Fokus zukünftiger Forschung stehen sollten. Zum einen gilt es nachzuvollziehen, wie betriebliche Investitionen auch die Nutzung von Arbeitsmitteln am individuellen Arbeitsplatz verändern. Dabei ist keineswegs klar, ob Veränderungen der technologischen Ausstattung alle Arbeitsplätze in ähnlichem Maße betreffen, oder diese sehr unterschiedlich betroffen sind. Bei der innerbetrieblichen Diffusion neuer Technologien spielen zudem möglicherweise die Kompetenzen der

Beschäftigten und deren Technikaffinität ebenso eine Rolle wie formelle und informelle Weiterbildungsaktivitäten.

Zum anderen gilt es die Auswirkungen von 4.0-Technologien auf die Beschäftigten im Hinblick auf die verschiedenen Anpassungsdimensionen in den Blick zu nehmen. So ist davon auszugehen, dass sich die Tätigkeiten und Anforderungen an die Beschäftigten verändern. Die in Abschnitt 4.4 gezeigten Unterschiede in der Tätigkeitskomposition müssen jedoch multivariat überprüft werden, da diese zum Teil sicherlich auch auf die spezifische Berufsstruktur der Betriebe, die 4.0-Technologien nutzen, zurückzuführen sind. So zeigt sich zum Beispiel überraschenderweise, dass die interaktiven Anforderungen in den Betrieben, die 4.0-Technologien einsetzen, niedriger sind als in Betrieben, die diese Technologien nicht einsetzen. Inwiefern dieses Ergebnis unter anderem auf Kompositionseffekte (also die berufsspezifische Zusammensetzung der Beschäftigten) zurückzuführen ist, müssen weiterführende Analysen zeigen.

Zudem kann unter Verwendung der retrospektiven Angaben zu den Tätigkeitsanforderungen untersucht werden, wie sich die Tätigkeitsanforderungen der Beschäftigten in den Betrieben, die in 4.0-Technologien investiert haben, verändert haben. Darüber hinaus kann analysiert werden, inwiefern die Tätigkeitsanforderungen auf den Arbeitsplätzen der Betriebe, die 4.0-Technologien einsetzen, von den typischen beruflichen Tätigkeitsanforderungen in den jeweiligen Berufen abweichen; was letztlich Aussagen über die in den Ausbildungsordnungen bislang nicht vermittelten, aber im beruflichen Alltag (zukünftig) erforderlichen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten Auskunft gibt.

Aus arbeitswissenschaftlicher Sicht sind bei den Forschungspotentialen besonders Fragen zu den Zusammenhängen zwischen eingesetzten Technologien und Arbeitsbedingungsfaktoren (Stressoren und Ressourcen), subjektivem Belastungsempfinden (Beanspruchung) sowie der Gesundheit der Beschäftigten relevant.

Geht bspw. der Einsatz von vernetzten, zunehmend selbststeuernden Anlagen mit einem steigenden Handlungsspielraum der Beschäftigten einher? Oder im Gegenteil mit einem verringerten Handlungsspielraum, da die Entscheidungen von den Steuerungsalgorithmen getroffen werden und Beschäftigten nur noch die Ausführung nicht- bzw. nur unwirtschaftlich automatisierbarer

Resttätigkeiten übernehmen? Deskriptive Studien weisen außerdem z.B. auf eine erhöhte Arbeitsintensivierung im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung hin (Arnold et al. 2015). Der vorliegende Bericht hingegen zeigt, dass der Digitalisierungsgrad des Betriebes per se in keinem Zusammenhang mit Arbeitsintensivierung steht (vgl. Abschnitt 4.5). Wie genau also hängen Technologieeinsatz und Arbeitsorganisation auf individueller Ebene zusammen? Welche Folgen können sich möglicherweise für die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit ergeben?

Diese Fragen lassen sich, wie auch an den nicht durchgängigen signifikanten Korrelationen in Abschnitt 4.4 zu erkennen, nicht erschöpfend auf einer globalen Ebene der Gesamtdigitalisierung eines Betriebes oder eines Arbeitsplatzes beantworten. Sie sollten stattdessen auf der Ebene von Arbeitsmitteln untersucht werden, wobei zahlreiche weitere Facetten als Kontrollvariablen miteinbezogen werden müssen, wie bspw. die jeweilige Branche, die Interaktionsform mit der Technologie oder das Qualifikationsniveau der Beschäftigten. Entsprechend soll geprüft werden, ob sich in den Daten eine Verbindung dieser Zusammenhänge mit den Gesundheitsfacetten der befragten Personen finden lässt.

Im Kontext der gesundheitlichen Auswirkungen deuten die hier dargestellten deskriptiven Auswertungen darauf hin, dass die Digitalisierung mit niedrigeren körperlichen Anforderungen und weniger Beschwerden einhergeht. Auch dieser Zusammenhang kann auf Basis der DiWaBe-Daten differenzierter betrachtet werden. Hierbei sollte insbesondere auch das zunehmende Sitzen bei der Arbeit berücksichtigt werden.

Ein weiterer Schwerpunkt ergibt sich aus der systematischen Erfassung der interaktionsbezogenen Technikaffinität. Die Befragung stellt die erste Untersuchung dar, die dieses Konstrukt in einer Stichprobe von mehreren tausend Beschäftigten gemeinsam mit wesentlichen Stressoren und Ressourcen erhebt. Es kann somit umfassend analysiert werden, ob eine Interaktion zwischen Technikaffinität und eingesetzter Technologie für die Zusammenhänge mit den Arbeitsbedingungsfaktoren und der Gesundheit der Beschäftigten besteht, also ob neue Technologien bei der Arbeit eine unterschiedliche Wirkung auf Personen je nach Ausprägung der Technikaffinität

haben. Dies erlaubt Rückschlüsse auf eine gute, gesundheits- und persönlichkeitsfördernde Arbeitsgestaltung.

Die konkreten Auswirkungen der technologischen Ausstattung des Betriebes bzw. Arbeitsplatzes hängen dabei nicht zuletzt vermutlich mit den Weiterbildungsaktivitäten sowie den Kompetenzen und Qualifikationen der Beschäftigten zusammen.

Zudem könnte es sein, dass es zu einer Veränderung der Qualifikationsstruktur durch die Digitalisierung kommt. Vermutet wird ein verstärkter Bedarf nach Höherqualifizierten in Betrieben mit fortgeschrittener Digitalisierung. Interessant ist auch, ob damit eine Entwertung bestimmter Qualifikationen einhergeht. Dabei wird auch im Mittelpunkt stehen, inwieweit sich die Situation für Frauen und Männer unterschiedlich darstellt. Inwiefern der deskriptiv höhere Anteil an Beschäftigten mit akademischem Abschluss in Betrieben mit 4.0-Technologien somit auch eine kausale Folge einer zunehmenden Digitalisierung ist und wie sich dies unterschiedlich auf Frauen und Männer auswirkt, wird Gegenstand zukünftiger multivariater Analysen sein. Ebenfalls von Interesse ist, ob sich mit der Verwissenschaftlichung in den digitalisierten Betrieben auch die fachlichen Ausrichtungen der Ausbildung bzw. des Studiums ändern.

Für die Analyse von Weiterbildung könnten Mehrebenenanalysen interessant sein. Welche Ebene ist entscheidend z. B. für die Wahrscheinlichkeit, im Betrieb zu verbleiben oder an einer Weiterbildung teilzunehmen? Ist es die individuelle Ebene (z. B. der Qualifikationshintergrund), oder die Ebene des Arbeitsplatzes oder die des Betriebs (z.B. der Digitalisierungsgrad)? Die Verknüpfung von Individual- und Betriebsdaten dürfte es zulassen, zum einen betriebliche Entscheidungen zu untersuchen (ob Weiterbildung als Anpassungsmaßnahme genutzt wird oder ob z.B. neues Personal eingestellt wird). Zum anderen könnte auf Individualebene analysiert werden, wer an den Weiterbildungen teilnimmt (Alter, Geschlecht, Bildung, etc.) und welchen Inhalt die Kurse hatten (IT-fokussiert oder nicht). Aus der Perspektive der sozialen Ungleichheitsforschung und als Grundlage für sozialpolitische Maßnahmen ist dabei vor allem interessant, welche Personengruppen mit welcher Motivation an betrieblichen Weiterbildungen teilnehmen und nach welchen Entscheidungsmustern Betriebe vorgehen.

Außerdem können wir untersuchen, ob die Teilnahme an Weiterbildungsmaßnahmen mit einer höheren Beschäftigungssicherheit oder beruflichen Aufstiegen assoziiert ist und inwieweit sich dies je nach Digitalisierungsgrad des Betriebes unterscheidet. Zudem hängt der Erfolg der Weiterbildung möglicherweise auch von anderen Faktoren wie Technikaffinität, Qualifikationsniveau oder Alter ab. Auf ähnliche Weise kann zusätzlich die informelle Weiterbildung analysiert werden.

Die neu geschaffene Datenbasis kann somit eine Reihe sozialpolitisch relevanter Fragen zu den Auswirkungen der Digitalisierung in den Blick nehmen. Während bei diesen Analysen jedoch häufig die Beschäftigten im Fokus sind, die in den Betrieben geblieben sind (Stayer), können auch die Leaver und Entrants interessante Einblicke liefern. So lässt sich zum Beispiel anhand der Leaver und Entrants analysieren, ob sich das Entlassungs- und/oder Einstellungsverhalten der Betriebe je nach Digitalisierungsgrad unterscheidet. So könnte es sein, dass sich Tätigkeitsanforderungen in den Betrieben, die in neue digitale Technologien investiert haben, verändern und die Struktur der Leaver und Entrants dies widerspiegelt. Dabei ist es zudem sozialpolitisch nicht unerheblich, ob die Anpassung der Tätigkeitsstrukturen primär über Entlassungen oder Einstellungen passiert.

Darüber hinaus kann der Verbleib der Leaver Aufschluss darüber geben, ob ehemalige Beschäftigte eines digitalisierten Betriebes davon in Form besserer Beschäftigungs- und Lohnchancen profitieren und ob und in welchen Berufen z.B. ein Wissenstransfer von digitalisierten in weniger digitalisierte Betriebe stattfindet.

Auch wenn die erstellte Datenbasis somit bereits zahlreiche Forschungsperspektiven ermöglicht, ist sie im Hinblick auf kausale Analysen aufgrund des Querschnittscharakters der Befragungen nach wie vor beschränkt. Zudem ist davon auszugehen, dass die Digitalisierung weiter voranschreitet und die damit einhergehenden Anpassungen evtl. erst mit einem Zeitverzug vollständig sichtbar werden. Aus diesen Gründen sollte sowohl die Betriebs- als auch die Beschäftigtenbefragung idealerweise in einem 5-Jahres-Rhythmus wiederholt werden, um einen Paneldatensatz aufzubauen. Dieser hätte den Vorteil, Veränderungen über die Zeit verlässlicher und für einen größeren Umfang an Indikatoren abzubilden als dies derzeit mittels der retrospektiv

erhobenen Informationen möglich ist. Darüber hinaus verändern sich technologische Möglichkeiten und damit möglicherweise auch das Investitionsverhalten der Betriebe. So hat die Künstliche Intelligenz erst in den letzten Jahren in die betriebliche Praxis Einzug gehalten, so dass deren Auswirkungen in der Betriebsbefragung von 2016 noch kaum sichtbar sein dürften.

Die Betriebsbefragung soll daher wenn möglich 2021 wiederholt werden. Besondere Relevanz erfährt eine Folgebefragung zudem aufgrund der aktuell stattfindenden Corona-Pandemie. Denn durch zusätzliche Fragen in der Wiederholungsbefragung könnten auch die Auswirkungen der Pandemie auf die Betriebe abgebildet werden. Dabei stellt sich sowohl die Frage, ob und in welchem Maße die Pandemie zu veränderten Digitalisierungsstrategien führte und ob der Einsatz digitaler Technologien die negativen Folgen der Pandemie ggfs. abmildern konnten. Die Forschungsmöglichkeiten würden daher nochmal erheblich erweitert, wenn eine Folgebefragung zusätzlich relevante Indikatoren für die Auswirkungen der Pandemie erhebt. Mit einer erneuten Beschäftigtenbefragung wären zudem auch die Indikatoren auf individueller Ebene in einer Paneldimension vorhanden. Die in diesem Bericht beschriebenen Analysemöglichkeiten könnten daher Anpassungen über einen längeren Zeitraum in den Blick nehmen. Zudem ließen sich Endogenitätsprobleme besser lösen und somit besser die kausalen Wirkungen der Digitalisierung ableiten.

7 Literatur

Arnold, D., Butschek, S., Müller, D. und Steffes, S. (2015): *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.

Arnold, D., Butschek, S., Steffes, S. und Müller, D. (2016): *Monitor Digitalisierung am Arbeitsplatz. Aktuelle Ergebnisse einer Betriebs- und Beschäftigtenbefragung*, Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Berlin.

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

Autor, F., Levy, and Murnane, R. J. (2003): The skill content of recent technological change: an empirical exploration. In: *Quarterly Journal of Economics*, 118 (4)1: 1279-1333.

Badura, B., Ducki, A., Schröder, H., Klose, J., & Meyer, M. (Hrsg.). (2015): *Fehlzeiten-Report 2015: Neue Wege für mehr Gesundheit-Qualitätsstandards für ein zielgruppenspezifisches Gesundheitsmanagement*. Springer-Verlag.

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, Brüssel.

Dengler, K., and Matthes, B. (2018a): The impacts of digital transformation on the labour market - substitution potentials of occupations in Germany. In: *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 137, No. December: 304-316.

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

Dengler, K., Matthes, B. (2015): *Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt * Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland*, IAB-Forschungsbericht, 11/2015, Nürnberg.

Frey, C.B. and Osborne, M.A. (2017): The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?. *Technological forecasting and social change*, 114, 254-280.

Gregory, T., Salomons, A. und Zierahn, U. (2016): *Racing With or Against the Machine? Evidence from Europe*, ZEW Discussion Paper No. 16-053, Mannheim.

Janssen, S.; Leber, U.; Arntz, M.; Gregory, T. und Zierahn, U. (2018): *Betriebe und Arbeitswelt 4.0: Mit Investitionen in die Digitalisierung steigt auch die Weiterbildung*. IAB-Kurzbericht, 26/2018, Nürnberg.

Kirchner, S. (2015): Konturen der digitalen Arbeitswelt. *Köln Z Soziol* **67**: 763–791.

Mackeben, J., Ruf, K., Grunau, P. und Wolter, S. (2018): *LPP - Linked Personnel Panel 1617: Arbeitsqualität und wirtschaftlicher Erfolg: Längsschnittstudie in deutschen Betrieben* (Datendokumentation der dritten Welle). (FDZ-Datenreport, 04/2018 (de)), Nürnberg.

Matthes, Britta; Christoph, Bernhard; Janik, Florian; Ruland, Michael (2014): Collecting information on job tasks - an instrument to measure tasks required at the workplace in a multi-topic survey. In: *Journal for Labour Market Research*, Vol. 47, No. 4, S. 273-297.

Meyer, S.-C., Tisch, A. and Hünefeld, L. (2019): Arbeitsintensivierung und Handlungsspielraum in digitalisierten Arbeitswelten-Herausforderung für das Wohlbefinden von Beschäftigten?. *Industrielle Beziehungen: Zeitschrift für Arbeit, Organisation und Management* 26.2: 207-231.

Tiemann, M. (2016): Routine bei der Arbeit. Eine Untersuchung zur Entwicklung von Routineinhalten auf Basis der Erwerbstätigenbefragungen seit 1979, *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis*, 46(2): 18-22.

Troltsch, K. (2016): Polarisierung in Beschäftigung und Ausbildung? Analysen zu den Folgen des technologischen Wandels auf Grundlage des BIBB-Qualifizierungspanels, *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis*, 46(2): 28-32.

Wolter, Marc Ingo et al. (2016): *Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie: Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen*, IAB-Forschungsbericht, No. 13/2016, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg

8 Anhang A

Anhang 1: Anzahl und Schichtung der Betriebe der „IAB-ZEW Arbeitswelt 4.0“-Betriebsbefragung

Zelle	Region	Betriebsgröße (Beschäftigte)	Sektor	Survey- Betriebe	Grundgesamtheit
1	Ost	0-9	Sekundär WI	55	2340
2	Ost	0-9	Sekundär nWI	52	70848
3	Ost	0-9	Tertiär WI	52	84730
4	Ost	0-9	Tertiär nWI	50	178858
5	Ost	0-9	IKT	53	6182
6	Ost	10-49	Sekundär WI	55	1387
7	Ost	10-49	Sekundär nWI	54	17906
8	Ost	10-49	Tertiär WI	53	8581
9	Ost	10-49	Tertiär nWI	52	37637
10	Ost	10-49	IKT	55	1703
11	Ost	50-199	Sekundär WI	52	566
12	Ost	50-199	Sekundär nWI	50	2867
13	Ost	50-199	Tertiär WI	53	1275
14	Ost	50-199	Tertiär nWI	50	7977
15	Ost	50-199	IKT	46	352
16	Ost	200+	Sekundär WI	50	107
17	Ost	200+	Sekundär nWI	51	274
18	Ost	200+	Tertiär WI	51	280
19	Ost	200+	Tertiär nWI	54	1044
20	Ost	200+	IKT	4	50
21	West	0-9	Sekundär WI	51	12570
22	West	0-9	Sekundär nWI	55	271398
23	West	0-9	Tertiär WI	52	304672
24	West	0-9	Tertiär nWI	51	709316
25	West	0-9	IKT	55	28926
26	West	10-49	Sekundär WI	54	8373
27	West	10-49	Sekundär nWI	53	62547
28	West	10-49	Tertiär WI	52	44101
29	West	10-49	Tertiär nWI	51	150344
30	West	10-49	IKT	53	7942
31	West	50-199	Sekundär WI	51	4049
32	West	50-199	Sekundär nWI	50	11394

33	West	50-199	Tertiär WI	50	6985
34	West	50-199	Tertiär nWI	52	32715
35	West	50-199	IKT	51	2076
36	West	200+	Sekundär WI	52	1475
37	West	200+	Sekundär nWI	50	2114
38	West	200+	Tertiär WI	50	1900
39	West	200+	Tertiär nWI	56	4747
40	West	200+	IKT	51	393
