



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Diplomarbeit

Workforce 2024:
Auswirkungen der Automatisierung auf die
menschliche Arbeit - Fertigkeiten und Fähigkeiten
der zukünftigen Arbeitskräfte

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs eingereicht an der TU Wien, Fakultät für Maschinenwesen und
Betriebswissenschaften von

Simon Laurent Lucas SAYER

Matr.Nr.: 01309249

unter der Leitung von

Univ.-Prof. Mag. Dr. Sabine Theresia Köszegi

Institut für Managementwissenschaften
Forschungsbereich Arbeitswissenschaften und Organisation
Technische Universität Wien
Theresianumgasse 27, 1040 Wien, Österreich

Wien, im Juni 2019

Simon Laurent Lucas Sayer



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Ich nehme zur Kenntnis, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre an Eides statt, dass die vorliegende Arbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen von mir selbstständig erstellt wurde. Alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, sind in dieser Arbeit genannt und aufgelistet. Die aus den Quellen wörtlich entnommenen Stellen, sind als solche kenntlich gemacht.

Das Thema dieser Arbeit wurde von mir bisher weder im In- noch Ausland einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt. Diese Arbeit stimmt mit der von den Begutachterinnen/Begutachtern beurteilten Arbeit überein.

Wien, im Juni 2019

Simon Laurent Lucas Sayer

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Abkürzungsverzeichnis | 5 |
| 1 Einleitung | 6 |
| 1.1 Erläuterungen | 10 |
| 1.1.1 Kognitives System/ künstliche Intelligenz | 10 |
| 1.1.2 Automatisierung | 10 |
| 1.1.3 Tätigkeitenkategorien | 12 |
| 2 Auswirkungen der Automatisierung | 14 |
| 2.1 Realisierbarkeit | 14 |
| 2.2 Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt | 23 |
| 2.3 Historischer Kontext | 27 |
| 2.4 Prognosen | 30 |
| 2.4.1 Automatisierungspotential | 31 |
| 2.4.2 Bilanz | 37 |
| 3 Kompetenzen im Licht der Automatisierung | 45 |
| 3.1 Motivation | 45 |
| 3.1.1 Dimension | 46 |
| 3.1.2 Auswirkungen | 47 |
| 3.2 Automatisierung, der Arbeitsmarkt und die Kompetenzen | 49 |
| 3.3 Konzeptioneller Rahmen | 51 |
| 3.4 21st Century Skills | 53 |
| 3.5 Stand des Wissens | 55 |
| 4 Quantitative Befragung | 60 |
| 4.1 Hintergrund & Ziele | 60 |
| 4.2 Methode | 61 |
| 4.2.1 Auswahl der Kompetenzen | 61 |
| 4.2.2 Auswahl der Wirtschaftszweige | 62 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.2.3 | Auswahl der Unternehmen & UmfrageteilnehmerInnen | 63 |
| 4.2.4 | Aufbau der Umfrage | 64 |
| 4.3 | Ergebnisse | 65 |
| 4.3.1 | Demografische Daten | 65 |
| 4.3.2 | Entwicklung der Kompetenzen | 67 |
| 4.3.3 | Maßnahmen der Unternehmen | 74 |
| 5 | Resümee | 78 |
| | Literaturverzeichnis | 82 |
| | Abbildungsverzeichnis | 99 |
| | Tabellenverzeichnis | 100 |
| | Anhang | 102 |
| | Anhang A Metaanalyse | 103 |
| A.1 | Datengrundlage | 103 |
| A.2 | Definition | 105 |
| A.3 | Werte | 107 |
| | Anhang B Kompetenzen der Umfrage | 108 |
| | Anhang C Struktur der Umfrage | 126 |
| C.1 | E-Mail Vorlage | 126 |
| C.2 | Aufbau | 127 |
| | Anhang D Klassifikation der Daten | 129 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-------|--|
| ATM | Automated Teller Machine |
| BIP | Bruttoinlandsprodukt |
| BLS | Bureau of Labor Statistics |
| DSGVO | Datenschutzgrundverordnung |
| ETF | Europäische Stiftung für Berufsbildung |
| EU | Europäische Union |
| GPT | General Purpose Technology |
| HR | Human Resources |
| IFR | International Federation for Robotics |
| IKT | Informations- und Kommunikationstechnologie |
| KI | Künstliche Intelligenz |
| NGO | Nichtregierungsorganisation |
| OECD | Organisation für wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit |
| P21 | Partnership for 21st Century Learning |
| PIAAC | Programme for the International Assessment of Adult Competencies |
| SOC | Standard Occupational Classification |
| WKO | Wirtschaftskammer Österreich |

1 Einleitung

In der jüngsten Geschichte haben immer wieder Entwicklungen stattgefunden, die die ökonomischen, gesellschaftlichen und sozialen Verhältnisse grundlegend verändert haben. Begonnen hat dies in der Mitte des 18. Jahrhunderts mit dem Beginn der ersten industriellen Revolution. Seitdem wurden rasant neue Produkte und Prozesse entwickelt, wie das Fließband, welches die Massenfertigung ermöglichte (Bauernhansl, 2014). Ungefähr 250 Jahre nach dem Beginn der ersten industriellen Revolution befinden wir uns wieder an einem Wendepunkt, dessen Verlauf voraussichtlich in die Geschichtsbücher eingehen wird. Der Prozess befindet sich gerade im Anfangsstadium, daher ist es noch möglich ihn zu gestalten und in die richtigen Bahnen zu leiten. Die Veränderung wird von verschiedenen Grundpfeilern getragen, die wichtigsten sind jedoch: Flächendeckendes high-speed Internet, künstliche Intelligenz, Big Data und Cloud Technologien (World Economic Forum, 2018a). Lang- und mittelfristig wird vermutlich vor allem die Weiterentwicklung der künstlichen Intelligenz zu einer neuen ökonomischen und gesellschaftlichen Ära führen. In verschiedenen Entwicklungsstufen werden kognitive Maschinen und Systeme in zunehmendem Ausmaß in die einzelnen Bereiche unserer Gesellschaft vordringen (McKinsey, 2017a, PwC, 2018a).

Ein kognitives System kann in der Praxis die unterschiedlichsten Ausprägungen aufweisen (Ernst et al., 2018, Wisskirchen et al., 2017, S. 10f). Der verbindende Grundgedanke ist jedoch, dass die meisten Systeme entwickelt werden um das menschliche Handeln zu unterstützen, zu erleichtern oder zu ersetzen (PwC, 2017). Virtuelle Assistenten im Heimgebrauch nehmen eine Funktion ein, die zuvor nicht besetzt war. Integriert man solche Assistenten allerdings in ein professionelles Umfeld, können diese Tätigkeiten übernehmen, die klassisch von SekretärInnen durchgeführt werden. Dies führt dazu, dass bestimmte menschliche Tätigkeiten automatisiert werden. Die Zahl der von der Automatisierung betroffenen Arbeitsplätze ist mit 3 Prozent gegen 2020 noch sehr gering im Vergleich zu erwarteten Werten von 20 und 30 Prozent ungefähr zehn und fünfzehn Jahre danach (PwC, 2018a).

Eine Analyse von Unternehmen aus zwölf verschiedenen Industriesektoren, durchgeführt im Rahmen des World Economic Forum (2018a), kam zu dem Ergebnis, dass im Zeitraum von 2018 bis 2022 die Gesamtzeit der von Menschen ausgeübten Tätigkeiten von 71 auf 42 Prozent abfallen wird. Das heißt, dass bereits 2022 mehr als die Hälfte der gesamten produktiven Arbeitszeit von Maschinen durchgeführt wird. Dies muss aber nicht zwangsweise heißen, dass die gesamten menschlichen Arbeitsstunden um die prozentuale Differenz sinken werden. Der Datensatz dieser Forscher zeigt darüber hinaus, dass bis 2022, 42 Prozent der jetzigen Kompetenzen der ArbeitnehmerInnen am Arbeitsmarkt nicht mehr benötigt werden. Das bedeutet, dass 54 Prozent aller Arbeitskräfte Umschulungen oder Fort- und Weiterbildungen benötigen werden (World Economic Forum, 2018a). Gemessen an den Arbeitsplätzen werden laut Schätzungen von PwC (2018a) im Jahre 2030 durchschnittlich 30 Prozent automatisiert sein.

Industrieller Fortschritt hat schon immer zur Obsoleszenz von klassischen Arbeitsplätzen geführt, wurde jedoch stets von der Entstehung von neuen und dem Wachstum von bestehenden Berufen begleitet (PwC, 2018a). Diese Entwicklung wird auch im Zuge der Automatisierung erwartet (Acemoglu und Restrepo, 2018a). Die tatsächliche Auswirkung auf kurze und mittelfristige Sicht wird sich zwischen den gesellschaftlichen Schichten unterscheiden. Demnach sind niedrig qualifizierte ArbeitnehmerInnen weitaus stärker gefährdet ihren Arbeitsplatz zu verlieren, wie eine Studie von PwC (2018a) zeigt. Laut dieser Analyse könnten über 40 Prozent der Jobs von niedrig gebildeten ArbeitnehmerInnen automatisiert werden, im Vergleich zu 10 Prozent derjenigen mit Hochschulabschluss. Dies liegt daran, dass sich jene mit höherem Bildungsniveau leichter anpassen können und öfter Tätigkeiten ausführen, die sich nur schwer oder gar nicht automatisieren lassen (PwC, 2018a). Wenn die Automatisierung daher schlecht oder gar nicht vorbereitet wird, kann das dazu führen, dass das Einkommen der Menschen mit hohem Bildungsniveau stark ansteigt, getrieben von der erhöhten Produktivität, während es bei den anderen abnimmt (Autor, 2015). Dies kann zu einer rapiden Verstärkung der sozialen Ungleichheit führen und damit eine Gefahr für den Zusammenhalt der Gesellschaft darstellen (Korinek und Stiglitz, 2019).

Neben den möglichen gesellschaftlichen Auswirkungen der Automatisierung sollten sich Führungskräfte auch des direkten Einflusses auf ihr Unternehmen bewusst sein. Laut einer Umfrage von PwC (2018b), bei der 10.029 Menschen aus verschiedenen Industrie-

nationen befragt wurden, fürchten 37 Prozent, dass sie ihren Job durch die Automatisierung verlieren werden. Diese Unsicherheit senkt das Selbstvertrauen der ArbeitnehmerInnen und ihre Offenheit gegenüber Veränderung (PwC, 2018b). Aus der Sicht von Unternehmen, die für den Bericht des World Economic Forum (2018a) befragt wurden, ist die Umschulung ihrer eigenen Arbeitskräfte nur eine Möglichkeit von vielen, um den zukünftigen Bedarf an qualifizierten Arbeitskräfte sicherzustellen. Von besonders vielen Unternehmen wurde das Anwerben von MitarbeiterInnen mit ausreichenden Qualifikationen (84 Prozent) und der Wunsch nach der Automatisierung dieser Tätigkeiten (81 Prozent) als angedachte Strategien angeführt, demgegenüber der prozentuale Anteil von 72 Prozent derer, die zumindest teilweise Umschulungen durchführen wollen, deutlich geringer ausfällt. Darauf folgt dicht die Erwartung, dass ArbeitnehmerInnen die nötigen Kompetenzen von selbst erlernen, die Strategie, betroffene Tätigkeiten auszulagern und LeiharbeiterInnen oder freiberufliche MitarbeiterInnen anzustellen. In jenen Unternehmen, in denen Weiterbildungen durchgeführt werden, konzentrieren sich diese Maßnahmen hauptsächlich auf höherwertige Jobs (World Economic Forum, 2018a). Daraus lässt sich erkennen, dass Investitionen in die Angestellten mit dem Hintergedanken der direkten Leistungssteigerung getätigt werden und dass es nicht als eine gesamtheitliche Tätigkeit gesehen wird, um den gefährdeten ArbeitnehmerInnen den Schritt in das neue Zeitalter zu ermöglichen. Die Automatisierung hat jedoch bereits jetzt gefühlte Auswirkungen auf die Arbeitskräfte, daher ist es auch aus Unternehmenssicht ratsam die Zukunft zu planen, zu gestalten und die Strategien umfangreich zu kommunizieren, um Zukunftsängste zu minimieren. Durch die Bereitstellung der Fakten und einem Konzept mit notwendigen Maßnahmen könnten Unternehmen dazu motiviert werden, sich diesem wichtigen Thema verstärkt anzunehmen.

Auch auf nationaler Ebene ist es wichtig, dass sich dieser Entwicklung angenommen wird und eine effektive Strategie konsequent verfolgt wird. Ein unkoordinierter Automatisierungsprozess beherbergt das Potential die ökonomische Ungleichheit zu steigern, damit die effektive Nachfrage nach Produkten zu senken und das Wirtschaftswachstum zu dämpfen. Als Folgen sind eine hohe Arbeitslosenquote und ein Rückgang der Lohnquote zu erwarten (Bain & Company, 2018, S. 41f). Verschiedene Länder sind dabei unterschiedlich stark betroffen, wie die Studie von PwC (2018a) zeigt. Beim prozentualen Vergleich der gefährdeten Arbeitsplätze mit anderen Ländern liegt Österreich bis 2022 noch im Mittelfeld. Gegen 2035 rutscht es dann in das obere Mittelfeld, knapp hinter Deutschland. Grund dafür ist, dass Länder mit einem anteilmäßig großen produzierenden

dem Industriesektor in den letzten Zügen der Automatisierung besonders betroffen sind. Vergleichsweise geringe Auswirkungen werden in Ländern wie Finnland und Schweden erwartet, in denen die Serviceindustrie einen großen Teil einnimmt. Vorbeugende Maßnahmen könnten Investitionen in die Bildung, sowie eine frühe Adaption der Technologien sein. Die Wirkung von letzterem kann man am Beispiel von Südkorea sehen, das mit 22 Prozent im Vergleich mit 28 anderen Ländern am Ende der Liste ist (PwC, 2018a). Nicht zuletzt deswegen ist es für Österreich wichtig, rechtzeitig Maßnahmen zu ergreifen.

Im folgenden Absatz wird der Gedankengang des Autors dargelegt, aus dem sich die Relevanz einer umfassenden Dokumentation der Kompetenzveränderungen ableiten lässt. Um einen problemlosen Übergang in das Zeitalter der Automatisierung zu ermöglichen, müssen unter anderem die Aus- und Weiterbildungen sowie die Umschulungen effektiv und zeitgerecht gestaltet werden. Damit dies realisierbar ist, bedarf es eines soliden, auf Fakten basierten Fundaments. Hierfür scheint es wichtig, dass die Art und Quantität der Kompetenzen, die zu einem gewissen Entwicklungszeitpunkt benötigt werden, bekannt sind. Darüber hinaus muss klar sein, in welchen Kompetenzen kognitive Systeme Menschen überlegen sind. Basierend auf diesen Daten können Individuen zukunfts-trächtige Richtungen einschlagen und nationale Umschulungs- und Weiterbildungsprogramme adäquat gestaltet werden. In einem umfassenderen Rahmen ist diese Vorgehensweise in Dänemark mittels des nationalen Systems zur Vorhersage der Fertigkeiten bereits umgesetzt und wie im Bericht des World Economic Forum (2017) angemerkt ist, werden dabei zwei Ziele verfolgt. Zum einen, dass die junge Bevölkerung und Arbeitssuchende ihre Entscheidung auf empirischen Fakten treffen und zum anderen soll damit sichergestellt werden, dass das Bildungs- und Weiterbildungswesen effektiv gestaltet ist. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Menschen quer durch alle Gesellschaftsbereiche rechtzeitig auf diese Herausforderung vorbereitet werden müssen, damit das Potential der Automatisierung allen zugute kommen kann.

Die dem Autor bekannte Literatur beschäftigt sich hauptsächlich mit den Veränderungen auf der Ebene der Jobs und der Tätigkeiten. Dabei wird analysiert, wie hoch der Automatisierungsgrad für die bestimmten Berufsgruppen ausfallen wird und welche Tätigkeiten dies umfasst. Ein Job ist ein logischer Zusammenschluss von einzelnen Tätigkeiten und nur in wenigen Fällen betrifft die Automatisierung den kompletten Tätigkeitsbereich (Arntz et al., 2016b). Um auf nationaler oder institutioneller Ebene die richtigen Umschulungen planen zu können, ist es aus der Sicht des Autors notwen-

dig, die Änderungen des Bedarfs der einzelnen Kompetenzen zu kennen. Jene Studien, in denen die Veränderung des Kompetenzbedarfs empirisch untersucht werden, basieren zumeist auf individuell gewählten Definitionen der Kompetenzen, wodurch die Vergleichbarkeit und Nachvollziehbarkeit nur bedingt gegeben ist. Ausgehend von der folgenden Forschungsfrage soll das vorhandene Wissen unter einem klar definierten Rahmenwerk erweitert werden:

Welche Kompetenzen werden im Zuge der Automatisierung, bei einem zeitlichen Horizont bis 2024, von österreichischen mittelständischen Unternehmen benötigt und welche verlieren an Bedeutung?

1.1 Erläuterungen

1.1.1 Kognitives System/ künstliche Intelligenz

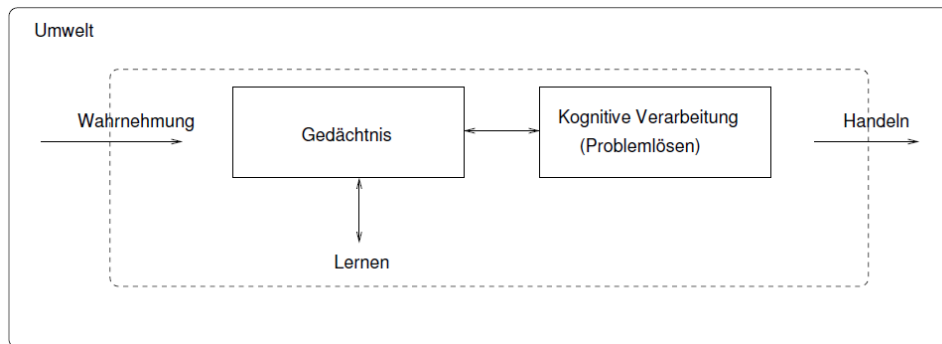
Der Begriff Kognition wird häufig dem Denken gleichgesetzt, beschreibt aber die Fähigkeit, Informationen aufzunehmen, zu verarbeiten und das generierte Wissen anzuwenden (Stangl, 2018). Besitzt ein System sowohl diese Eigenschaften als auch die Möglichkeit mit seiner Umwelt zu interagieren, dann handelt es sich um ein kognitives System wie es in dieser Arbeit verstanden wird. Laut Schmid (2015) müssen drei Kriterien erfüllt sein: Das System muss über Sensorik und Aktorik in die Umwelt eingebettet sein, es muss zur Informationsverarbeitung fähig sein und es muss über kognitive Funktionen verfügen. Dies ist in Abbildung 1 veranschaulicht dargestellt. In dieser Arbeit geht es um jene Systeme, die schwacher künstlicher Intelligenz (KI), also jener KI die menschliche Kognition zwar simulieren können aber über kein eigenes Bewusstsein verfügen, zu Grunde liegen. Daher muss es auch nicht über alle menschlichen kognitiven Fähigkeiten wie Emotionen oder Kreativität verfügen.¹

1.1.2 Automatisierung

Der Begriff Automatisierung beschreibt den Vorgang einen Prozess so zu gestalten, dass er ohne Mithilfe eines Anwenders automatisch abläuft. In einen automatischen Prozess muss vom Beginn bis zum Ende nicht mehr eingegriffen werden. Laut der DIN IEC 60050-351 wird das Adjektiv automatisch wie folgt definiert: „einen Prozess oder eine

¹https://www.uibk.ac.at/psychologie/mitarbeiter/leidlmair/kuenstliche_intelligenz_seminar.pdf, letzter Aufruf 08.11.2018

Abbildung 1. Schematische Darstellung eines kognitiven Systems (Übernommen von Schmid, 2015).



Einrichtung bezeichnend, der oder die unter festgelegten Bedingungen ohne menschliches Eingreifen abläuft oder arbeitet“. Beispiele dafür reichen von sehr simplen Vorgängen, wie das automatische Öffnen einer Schranke nach Betätigung eines Auslösers, bis zu äußerst komplexen Anwendungen, wie autonome Fahrsysteme (Linke, 2017). Speziell im verarbeitenden Gewerbe wurden bereits eine Vielzahl an Arbeitsschritten automatisiert. Laut Linke (2017), wird diese fortlaufende Entwicklung durch folgende Aspekte getragen:

- Erhöhung der Produktivität
- Verkürzung der Fertigungszeiten
- Erleichterung der menschlichen Arbeit
- Senkung der Kosten
- Erhöhung der Qualität

Betrachtet man die Automatisierung in ihrer Gesamtheit auf einer gesellschaftlichen Ebene, bringt sie einen höheren Lebensstandard für eine breite Bevölkerungsgruppe (Bruckner et al., 2017, S. 8-11). In dieser Arbeit wird unter Automatisierung jegliche Substitution von menschlichen Tätigkeiten durch technische Systeme verstanden. Diese Systeme können dabei unterschiedliche Ausprägungen haben, von Schweißrobotern bis hin zu verschiedenen KIs, in physischer oder virtueller Erscheinungsform. In der Literatur werden mitunter auch andere Begriffe, wie zum Beispiel Digitalisierung, verwendet, eine einheitliche Verwendung von Begrifflichkeiten lässt sich nicht festmachen.

1.1.3 Tätigkeitenkategorien

Die im Zuge der Arbeit durchgeführten Tätigkeiten können nach Autor et al. (2003) in vier Kategorien eingeteilt werden. Diese ergeben sich durch die Kombination der Tätigkeitscharakteristiken Routine und Nicht-Routine mit Manuell und Kognitiv, im Rahmen einer 2x2 Matrix.² Routinetätigkeiten sind dabei jene, die nach einem eindeutigen Schema ablaufen und sich durch einen Algorithmus beschreiben lassen, sie lassen sich also durch ein kognitives System ersetzen, wohingegen Nicht-Routinetätigkeiten das Gegenstück darstellen und sich auf komplexe Problemlösungs- und Kommunikationsvorgänge beziehen, und daher einen Menschen für die Durchführung benötigen. Kognitive Tätigkeiten sind im Gegensatz zu manuellen Tätigkeiten wissensbasiert und werden von Angestellten durchgeführt. Berufe, die durch kognitive Routinetätigkeiten geprägt sind, sind beispielsweise BuchhalterIn und SachbearbeiterIn, durch manuelle Routinetätigkeiten FließbandarbeiterIn und KommissioniererIn, durch kognitive Nicht-Routinetätigkeiten geprägte Berufe sind BeraterIn und ManagerIn und durch manuelle Nicht-Routinetätigkeiten HausmeisterIn und PflegerIn (Autor et al., 2003).

Tabelle 1. Klassifizierung von Tätigkeiten an Hand ihres Wesens und der Automatisierbarkeit (In Anlehnung an Autor et al., 2003 und Dengler et al., 2014, basierend auf Spitz-Oener, 2006).

| | Routine | | Nicht-Routine |
|----------|--|--|---|
| Kognitiv | Substituierbar Kalkulieren, Buchhaltung machen, Texte/ Daten korrigieren | Analytisch Interaktiv | Unterstützbar Forschen, analysieren, planen Unterstützbar Verhandeln, managen, lehren |
| | Manuell | Substituierbar Maschine bedienen oder kon- trollieren, Maschine ausstat- ten | Bedingt unterstützbar Reparieren oder Renovieren von Häusern/ Maschinen/ Fahrzeugen, Gäste bedienen oder beherbergen |

In Tabelle 1 ist die Differenzierung zwischen analytischen und interaktiven Tätigkeiten enthalten, um einen vollständigen Überblick zu gewährleisten. Diese Einteilung ist vor

²In der ursprünglichen Definition waren kognitive Tätigkeiten noch als analytische und interaktive Tätigkeiten beschrieben, in späteren Werken desselben Autors sowie anderen WissenschaftlerInnen wurde dann auf die vier Dimensionen komprimiert (Autor, 2015, Autor und Dorn, 2013, Stewart et al., 2015, Frey und Osborne, 2013).

allein im deutschen Sprachraum verbreitet. Für jedes Feld innerhalb der Matrix ist der mögliche Einfluss von Technologien, sowie einige konkrete Beispiele an Tätigkeiten, gegeben. Die Zuteilung entlang der vertikalen Dimension ist bedingt durch das Wesen einer Tätigkeit und damit zeitlich nicht veränderlich. Die horizontale Unterteilung in Routine und Nicht-Routine ist hingegen von der Substituierbarkeit abhängig, daher vom Stand der Technik. Das Steuern eines Kraftfahrzeuges war lange Zeit eine Tätigkeit, die höchstens durch Assistenzsysteme unterstützt werden konnte. Im Jahr 2019 lässt sie sich in einem spezifischen kontrollierten Umfeld bereits vollständig substituieren, es findet also gerade eine Verschiebung von manuell nicht-Routine in Routine statt (Dengler et al., 2014).

2 Auswirkungen der Automatisierung

2.1 Realisierbarkeit

In diesem Kapitel werden jene Faktoren, von denen die Realisierung, sowie die Geschwindigkeit und die Reichweite der Adaption von Automatisierungstechnologien abhängt, dargelegt. Es stellt dabei nicht den Anspruch, alle Vorgänge anzuführen, die Auswirkungen auf die Adaption von Innovationen haben können, sondern im Kontext der Automatisierung jene Kräfte zu behandeln, die maßgebend dafür verantwortlich sein werden, wie sich bestimmte technische Systeme in unsere Gesellschaft integrieren. Dadurch soll nicht zuletzt die Ungewissheit der Zukunft aufgezeigt werden und die Limitationen der in Kapitel 2.4.1 präsentierten Studien verdeutlicht werden. Eine genaue Zusammenstellung, welche Faktoren Einfluss auf die Adaption von Innovationen haben, ist in Rogers (2003) nachzulesen, wobei in Kapitel 6 der Einfluss der Charakteristika der Innovation behandelt wird und in Kapitel 7 der Einfluss des Adopters. Speziell auf Unternehmen bezogen bietet die Arbeit von Aguila-Obra und Padilla-Melénde (2006) zusätzliche Überlegungen.

Technische Umsetzbarkeit

Allem voran stellt sich die Frage, ob eine bestimmte Anwendung, gemessen am aktuellen Stand der Wissenschaft, realisierbar wäre (Schlogl und Sumner, 2018). Genauer gesagt, ob die Spannweite der technischen Umsetzung innerhalb der durch die vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse gezogenen Grenzen liegt.³ Dies ist das einzige Kriterium, welches den in Kapitel 2.4.1 dargelegten Studien zu Grunde liegt. In dem Ursprungswerk von Frey und Osborne (2013) werden die Grenzen von KI auf Basis einer Literaturrecherche und Expertengesprächen subjektiv eingestuft. Bevor ein technisches System jedoch in der Praxis eingesetzt werden kann, muss es zuerst für einen konkreten Anwendungsfall entwickelt, adaptiert und integriert werden. Selbst wenn sich eine Tätigkeit basierend auf dem Stand der Wissenschaft automatisieren ließe, können

³Die Gestaltung der Arbeit hat natürlich auch einen Einfluss auf die technische Umsetzbarkeit.

gerade in komplexen Feldern, die das Zusammenspiel von verschiedenen Fähigkeiten voraussetzen, große Herausforderungen entstehen (McKinsey, 2017b). Es besteht also ein Unterschied zwischen technischer Machbarkeit und der konkreten Umsetzung. Ersteres wird durch allgemeine Forschung ermöglicht. Damit aber ein kommerziell brauchbares technisches Produkt mit der benötigten Leistung entstehen kann, bedarf es maßgeschneiderter Konzepte, deren Findung und Umsetzung nur durch zeitintensive und aufwändige Forschung und Entwicklung möglich ist (Teigland et al., 2018, S. 45f). Selbst scheinbar ähnliche Anwendungsfälle, wie die Implementierung eines *predictive maintenance* Systems in unterschiedliche Anwendungsumgebungen, benötigen eine differenzierte Vorgehensweise (McKinsey, 2017b).

Für die Automatisierbarkeit eines Prozesses stellt die technische Umsetzbarkeit zwar eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung dar. Dies zeigt sich an Prozessen und Tätigkeiten, die zwar mancherorts bereits automatisch in einem kommerziellen Umfeld ablaufen, großteils aber immer noch von Menschen ausgeführt werden (Schlogl und Sumner, 2018). Obwohl an vielen Flughäfen die Möglichkeit zur vollautomatischen Gepäckaufgabe besteht, wird der Großteil dieser Tätigkeiten noch immer von Menschen ausgeführt. Auch im Bildungsbereich, mit dem Angebot an Fernstudien und regulären universitären Ausbildungen, lässt sich die Koexistenz von automatischen technischen Systemen und menschlichen Arbeitskräften aufzeigen. Weitere präzise Beispiele sind fahrerlose U-Bahnen oder Selbstbedienungskassen (Schlogl und Sumner, 2018). Diese Liste lässt sich nach dem gleichen Schema beliebig weiterführen. Es muss also neben der technischen Umsetzbarkeit noch andere Faktoren geben die bestimmen, ob sich eine Automatisierungstechnologie am Markt und in der Gesellschaft durchsetzen kann diese werden im Folgenden ausgeführt.

Ist eine adäquate technische Lösung realisiert, geht es im Prinzip um die Adoption dieser neuen Technik. Die im Folgenden angesprochenen Faktoren können die Geschwindigkeit und Reichweite der Adoption beeinflussen.⁴ Laut Rogers versteht man unter der Geschwindigkeit der Adoption die Dauer, in der eine Innovation von Mitgliedern eines sozialen Systems adoptiert wird (Rogers, 2003, S. 221-223). Im Kontext von Automatisierungstechnologien wird das soziale System hauptsächlich durch Unternehmen, die im gleichen Produktsegment tätig sind, gebildet, kann sich aber, etwa wenn man an die

⁴Die Geschwindigkeit hängt noch von anderen Variablen ab, die in Rogers (2003) zu finden sind (Rogers, 2003, S. 222).

Substitution von Reinigungskräften durch Putzroboter in Privathaushalten denkt, auch um Individuen handeln.

Wirtschaftlichkeit

Den Kern der Entscheidung ob eine Technologie adoptiert wird, bildet die Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen. Aus der Perspektive eines Unternehmens ergibt sich der Nutzen aus der Differenz der Profite, die sich durch die Implementierung der Automatisierungstechnologie ergibt (Hall, 2004).

Die Annahme, dass sich die Kosten rein aus den anfänglichen Investitionsausgaben für das Produkt ergeben, ist verlockend, jedoch fallen noch diverse andere Kostenpunkte an, deren Ausmaß, je nach Anwendungsgebiet, das der ursprünglichen Kosten weit übersteigen kann (Hall, 2004, Teigland et al., 2018). Quantitativ unterscheidet sich die Zusammensetzung der Kosten je nach Anwendungsfall, speziell zwischen physischen und digitalen Produkten, aber die einzelnen Posten sind universell (Teigland et al., 2018). So können für die Aus- und Weiterbildung von Arbeitskräften, für zusätzliche Investitionsgüter, für die Implementierung und für die Anpassung des Prozesses bei der Implementierung erhebliche komplementäre Kosten anfallen (Hall, 2004, Teigland et al., 2018). Reduziert man die komplementären Kosten rein auf die zusätzlichen Ausgaben, so besitzen sie das Potential, die Geschwindigkeit der Adoption zu reduzieren. Einen viel subtileren Einfluss hat die zeitliche Komponente mancher komplementärer Vorgänge, die dazu führt, dass die Produktivität nur langsam auf den erwarteten Wert ansteigt (Hall, 2004).

Ein empirisches Beispiel für die komplementären Kosten lässt sich aus der Studie von Caselli und Coleman (2001) entnehmen, in der Autoren untersucht haben, welche Faktoren positiv mit der Adoption von Computern zwischen 1970 und 1990 korrelieren. Dabei hat sich unter anderem gezeigt, dass sowohl ein Zusammenhang mit dem Bildungsniveau der Arbeitskräfte, als auch mit der Höhe der gesamten Investitionsausgaben besteht, was darauf schließen lässt, dass sowohl die Ausbildung von Arbeitskräften als auch die Integration des technischen Systems maßgebende Aspekte bei der Adoption sind. Speziell in der Fertigung kann eine sinnvolle Implementierung oftmals nur durch eine Umgestaltung von großen Teilen des Prozesses erreicht werden. Dadurch wird die Adoption sehr kostenintensiv, was wiederum zu langen Adoptionszeiten führt. Ein Effekt, der sich an der Ausbreitung von elektrisch betriebenen Produktionswerken festmachen lässt, was

sich in den USA über 40 Jahre hingezogen hat (Hall, 2004). Ein weiterer Aspekt, speziell in technischen Feldern, die von rapiden Veränderungen geprägt sind, ist die Unsicherheit, wie lange das aktuelle Produkt noch dem Stand der Technik entspricht. Um dem entgegenzuwirken gibt es alternative Vertriebsmodelle wie das *Software as a Service* (SaaS) Modell, oder die Anmietung statt dem Erwerb von Robotern (Dellot und Wallace-Stephens, 2017).

Neben den Kosten prägt auch der zu erwartende Nutzen die Entscheidung zur Automatisierung maßgeblich. Automatisierung wird in erster Linie mit einer Steigerung der Arbeitsproduktivität verbunden, also einer Reduktion der Lohnkosten (Teigland et al., 2018). Der tatsächliche Nutzen ist hier demnach davon abhängig welche Arbeitskräfte, charakterisiert durch ihr Qualifikationsniveau und damit einhergehend ihr Einkommen, substituiert werden (Dellot und Wallace-Stephens, 2017). Die Implementierung einer Automatisierungstechnologie kann aber auch weitere Vorteile mit sich bringen. Dazu gehören eine Steigerung der Gesamtproduktivität, eine höhere Produktionsrate, Sicherheit und Qualität (McKinsey, 2017b). Eine Simulation des Einfluss dieser Faktoren und der Lohnkostenreduktion auf die Automatisierung eines Kontrollraums von McKinsey (2017b) hat ergeben, dass die zusätzlichen Faktoren für mehr als drei viertel der gesamten Leistungssteigerung verantwortlich sind. Der Nutzen kann sich also zwischen den verschiedenen Anwendungsfällen stark unterscheiden.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Damit ein Produkt auf den Markt gebracht werden kann, braucht es einen konkreten Rechtsrahmen, der die Technologie in der Gesellschaft verankert. Dieser kann großen Einfluss darauf haben, ob und wie ein technisches System mit seiner Umwelt interagiert (Teigland et al., 2018). Die rechtliche und politische Dimension sind, aus der Sicht des Autors, in ihrem Wesen miteinander verbunden, werden hier aber separat betrachtet. Während sich die rechtliche Dimension auf die notwendige Gesetzgebung bezieht, beschäftigt sich die Politik mit dem durch die Bevölkerung getriebenen vorgelagerten Prozess, der dann selbst maßgeblich durch Gesetze seine Wirkung zeigt.

Die Rolle des Rechtsrahmens bei der Adoption von Automatisierungstechnologien wird im Folgenden am Beispiel des autonomen Fahrens erläutert. Aus technischer Sicht steht dem Vormarsch von autonomen Fahrsystemen nichts mehr im Weg, trotzdem könnte es noch länger dauern, bis sie in privater Nutzung auf den europäischen Straßen angekom-

men sind. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass ein adäquater Rechtsrahmen und die notwendige Infrastruktur fehlt (Schreurs und Steuer, 2016). Die Lösung dieser Probleme wird maßgeblich entscheiden welche Länder, beziehungsweise Regionen, die Vorreiter in der Entwicklung und dem Einsatz von selbstfahrenden Autos sind. Dieses Zusammenspiel von Gesetzgebung und Innovation zeigt sich am Wettbewerb einzelner US Bundesstaaten, die versuchen, durch unterstützende rechtliche Grundlagen Vorreiter im Bereich des autonomen Fahrens zu werden (Schreurs und Steuer, 2016). Auch empirische Untersuchungen deuten auf die zentrale Rolle des Rechtsrahmens hin. In einer Umfrage der Anwaltskanzlei Perkins Coie LLP (2019) haben führende Persönlichkeiten aus der Automobilindustrie und der Gesetzgebung auf die Frage, welches die größten Herausforderungen sind, die dem Markteintritt von autonomen Fahrsystemen entgegenstehen, an erster Stelle Bedenken betreffend der Haftung, an dritter Stelle der Bedarf einer einheitlichen Rechtssprechung und an vierter Stelle die Notwendigkeit einer Überarbeitung der Richtlinien der National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) angegeben.

Ethische Rahmenbedingungen

Die Fragen der Ethik haben sowohl auf die rechtliche, politische und soziokulturelle Dimension eine Auswirkung. In Bezug auf das Recht lässt sich die Ethik als Ursprung sehen, der den Prozess der Gesetzgebung leitet (CNIL, 2017). Die französische Datenschutzbehörde CNIL (2017) hat einen zehnmonatigen Austausch zwischen verschiedenen Schlüsselfiguren, unter anderem Unternehmen, Ministerien und Gewerkschaften, über die kritischen ethischen Fragen in Bezug auf Algorithmen und KI, sowie potentielle Lösungen organisiert und die Resultate in einem Report aufbereitet. Im Folgenden werden jene sechs Themenbereiche präsentiert, die als Kernpunkte identifiziert wurden.

Autonome Maschinen Algorithmen und KIs werden hauptsächlich eingesetzt, um menschliche Tätigkeiten zu übernehmen. In der Theorie gibt es verschiedenen Gründe, die für Algorithmen und KIs sprechen. Tätigkeiten mit enormem Ressourcenaufwand, wie die Überwachung des Schiffsverkehrs an Hand von Satellitenbildern, können dadurch produktiver gestaltet werden. Ein weiterer Punkt ist die einheitliche und unabhängige Ausführung von Regeln, zum Beispiel für die Zuteilung von Universitätsplätzen. In manchen Anwendungsgebieten könnten Algorithmen und KIs sogar ein fachlich überlegenes Niveau erreichen, wie bei der Interpretation von medizinischen Bilddaten. Aus ethischer Sicht stellen sich aber viele ungeklärte Fragen. Abhängig von der Art der delegierten

Tätigkeit, beziehungsweise deren Auswirkung auf die betroffenen Individuen, der Art des substituierenden Systems, also dem Grad an Eigenständigkeit und der Nachvollziehbarkeit der Entscheidung und den Rahmenbedingungen, besteht die Gefahr von negativen Auswirkungen auf die Gesellschaft. Eine Kernfrage ist, inwieweit wir uns dadurch selbst aus der Verantwortung nehmen und die Entscheidungsgewalt vollständig abgeben. Denkt man an KI als diagnostisches Tool in der Medizin, so wird es für eine Ärztin oder einen Arzt, sobald die KI eine höhere Genauigkeit aufweist, schwierig, sich über deren Diagnose hinwegzusetzen. Die KI steigt damit zum Entscheidungsträger auf. Ein weiterer kritischer Aspekt ist die massenhafte Delegation von scheinbar unkritischen Entscheidungen, wie die Routenführung durch ein Navigationsprogramm, die aber in ihrer Gesamtheit unser tägliches Leben formen. Auch der Aspekt der Zeiteinsparung kann problematisch sein, so leben Gerichtsprozesse mitunter von dem zeitlichen Aspekt, in dem Austausch stattfinden kann, Standpunkte überdacht und Meinungen geändert werden können. Es stellt sich also die Frage, inwieweit man den freien Willen an mutmaßlich neutrale Maschinen abgeben möchte.

Vorurteile, Diskriminierung und Ausgrenzung In der Wahrnehmung vieler Menschen erscheinen KIs als rein objektiv agierende Systeme. Dies wäre zwar ein erstrebenswerter Zustand, die Realität sieht aber meist anders aus, da ihnen immer eine gewisse Voreingenommenheit anhaftet, welche gesellschaftliche Werte und Entscheidungen widerspiegeln. Vorurteile und diskriminierendes Verhalten können einer KI bei der Konfiguration der Algorithmen, bewusst oder unbewusst durch die EntwicklerInnen selbst, oder in der Lernphase, bedingt durch die zugeführten Trainingsdaten, mitgegeben werden. Über die Trainingsdaten können also bereits existierende Vorurteile weitergegeben und verstärkt werden. Das größte Problem, vor allem bei einer unbewussten Weitergabe, ist, dass sich diese nur schwer identifizieren lassen, da sich sowohl die Menschen die die Daten auswählen, als auch jene, die davon betroffen sind, meist nicht darüber im Klaren sind. Es muss also geklärt werden, wie sich solche Vorurteile rechtzeitig und treffsicher identifizieren lassen.

Algorithmisches Profiling von Menschen Durch die zunehmende Personalisierung von Informationen und Dienstleistungen besteht die Gefahr, dass individuelle Tendenzen zunehmend verstärkt werden und das Unbekannte vermehrt abgelehnt wird. Dies kann zu negativen Auswirkungen auf der individuellen Ebene haben, indem sich jedes Individuum nur noch als Abbild seines Digitalen-Ichs sieht, und zum anderen auf ei-

ner gesellschaftlichen Ebene, wo die Qualität und Diversität der Informationen und der öffentlichen Debatte und letztlich die Demokratie selbst gefährdet ist. Im Folgenden werden zwei konkrete Beispiele behandelt. Wird personalisierte Wahlwerbung automatisiert verteilt, so kommen Individuen nur mit einem Fragment der politischen Botschaft in Berührung und es wirft die Frage auf, ob diese gezielte Informationsverteilung als Manipulation angesehen werden soll. Man stelle sich vor, SchülerInnen werden für ihren zukünftigen Lebensweg von einer KI, basierend auf einem zuvor erstellten Profil, beraten. Nun stellt sich die Frage, ob es sich hier tatsächlich um eine Beratung oder um eine Vorbestimmung im Sinne einer sich selbst erfüllenden Prophezeiung handelt. Es zeigt sich also, dass neben den positiven Effekten eine große Gefahr für die pluralistische Gesellschaft und das eigenständige Individuum besteht.

Big Data Um das Individuum und seine Freiheit zu schützen, ist in Art. 5 der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) der europäischen Union explizit vermerkt, dass die gesammelten Daten auf das notwendige Maß beschränkt sein müssen und nur so lange personenbezogen gespeichert werden dürfen wie erforderlich. Dies steht aber im Gegensatz zu der Tatsache, dass der Nutzen mancher Anwendungen mit der Menge der Daten steigt. Die prädiktive Medizin wird umso akkurater je größer der Datenbestand einer einzelnen Person ist und mit wie viel anderen Profilen er verglichen werden kann. Es muss also ein Gleichgewicht zwischen zwei konträren Aspekten, der persönlichen Freiheit und dem Nutzen gefunden werden.

Qualität, Quantität und Relevanz der Daten Autonome Systeme sind abhängig von den Daten, mit denen sie gespeist werden. Das Vertrauen in die Kompetenz und Objektivität einer KI kann dazu führen, dass die Sicherstellung der Qualität, der Quantität und der Relevanz der Daten vernachlässigt wird. Der potentielle Nutzen kann jedoch nur erzielt werden, wenn die Sammlung und Verarbeitung von Daten entsprechend überprüft und hinterfragt wird.

Menschliche Identität Mit zunehmenden Automatisierungsgraden und der Verknüpfung von Menschen und Maschinen steht die menschliche Einzigartigkeit in Frage. Das Ziel, ethische Maschinen zu erschaffen, lässt die Grenzen zwischen Maschinen und Menschen verschwimmen. Lässt sich ein Algorithmus überhaupt mit Ethik in Einklang bringen? Selbst wenn ja, ist die Vorgabe eines ethischen Rahmens eine immense Herausforderung und es muss sichergestellt werden, dass dies in einem adäquaten demokratischen

Prozess geschieht. Außerdem stellt sich die Frage, wie mit menschenähnlichen Robotern umgegangen werden soll.

Politische Stimmung

Dieser Abschnitt beleuchtet den Gesichtspunkt jener Menschen, die von der Automatisierung negativ betroffen sind und wie deren politische Partizipation den Vormarsch von autonomen Systemen verzögern und letztendlich sogar stoppen kann. Um dies zu verhindern sind politische EntscheidungsträgerInnen gefordert, die präventiv adäquate Richtlinien umsetzen und Stabilität kommunizieren.

Im et al. (2019) haben den Zusammenhang zwischen Automatisierungswahrscheinlichkeit, Einkommen und der Wahrscheinlichkeit sich rechtspopulistischen Parteien zuzuwenden untersucht. Dabei haben sie eine positive Korrelation zwischen der Automatisierungswahrscheinlichkeit und der Wahl von rechtspopulistischen Parteien für Menschen, die halbwegs gut mit ihrem Einkommen auskommen, also jene, die Verlustängste haben, entdeckt.⁵ Ähnlich dazu hat auch Kurer (2018) herausgefunden, dass die Angst den sozialen Status zu verlieren Menschen in die Arme von populistischen Politikern treibt. Ein weiterer Aspekt ist die Polarisierung des Einkommens, ein Begleiteffekt der Automatisierung, der von Kurer und Gallego (2019) aufgezeigt wurde und einen großen politischen Unmut unter jenen Bevölkerungsschichten hervorrufen kann, deren Einkommen stagniert, während sie den kontinuierlichen Aufstieg anderer Teile der Gesellschaft beobachten können.⁶ Levy (2018) erläutert wie das Thema Automatisierung von rechtspopulistischen Parteien aufgegriffen werden könnte um damit den vorgefertigten Mythos vom Aufstand des Volkes gegenüber der Elite zu verstärken. Wie schnell sich solch eine subjektiv befeuerte politische Unzufriedenheit auf weite Teile des Parteienspektrums ausbreiten und die politische Landschaft aufwirbeln kann, zeigte sich nicht zuletzt in den vergangenen Jahren in Österreich, wo die Flüchtlingskrise eine Koalition zwischen einer Mitte-rechts und einer rechtspopulistischen Partei hervorgebracht hat (Endres et al., 2017).

⁵Hier sei angemerkt, dass in der Studie nur eine mögliche Korrelation untersucht wurde, nicht ob die tatsächlichen Gründe für die Wahl einer rechtspopulistischen Partei die Gefahr der Automatisierung war. Es zeigt aber die Möglichkeit, dieses Wählerreservoir aufzugreifen, in dem die entsprechenden Ängste bedient werden.

⁶Ein ökonomisches Modell, das den zu Grunde liegenden Effekt beschreibt, ist in Acemoglu und Autor (2011) gegeben.

Soziokulturelle Ausrichtung

Eine weitere wichtige Gruppe, deren Verhalten eine Auswirkung auf die Adoption von autonomen System hat, sind jene Menschen, die in direktem Kontakt mit ihnen stehen, also die Konsumenten. Demnach werden sich Roboter im Einzelhandel nur dann durchsetzen, wenn die Akzeptanz der Kunden entsprechend hoch ist. Dieser Abschnitt setzt sich daher mit der Einstellung von Konsumenten gegenüber KI, und dem Einfluss von soziokulturellen Unterschieden auseinander.

Die spezifische Anwendung der KI, sowie die Art, wie sie von Entwicklern in die Umgebung eingebunden wird, bestimmt bis zu einem gewissen Grad die Akzeptanz der Menschen (Hameed und Tan, 2016). Als Beispiel ist bei einer Konsumentenumfrage von Nitto et al. (2017) herausgekommen, dass die deutsche Bevölkerung den Einsatz von Robotern in der Produktion begrüßt, dem Einsatz in privaten Haushalten aber kritisch gegenüber steht. In einer anderen Umfrage wurde untersucht, wie sehr die Probanden bereit wären, verschiedene Tätigkeiten an KIs zu übertragen. Dabei wurden große Unterschiede festgestellt, zum Beispiel zwischen dem Zubereiten einer Mahlzeit, dem 45 Prozent der Befragten positiv gegenüber stehen, und dem Operieren an einem Menschen, dem nur 22 Prozent der Befragten positiv gegenüber stehen (Morning Consult, 2017). Zahlreiche weitere Umfragen setzen sich mit der Einstellung von Menschen gegenüber KIs auseinander (Morning Consult, 2017, An, 2017, Weber Shandwick, 2016, Ipsos MORI, 2017, Accenture, 2017). Letztendlich ist es eine Frage des Vertrauens. Dieses kann geformt und gesteuert werden, ist aber direkt mit der Kultur einer Gesellschaft verbunden. Chien et al. (2016) haben beispielsweise Unterschiede in dem Vertrauen in KIs in den Ländern Türkei, Taiwan und USA festgestellt und dies auf die kulturellen Unterschiede zurückgeführt.

Um die potentiellen Auswirkungen sichtbar zu machen, werden im Folgenden, basierend auf der umfassenden Arbeit von Lucht (2015), Parallelen zu einer anderen Technik gezogen, die schon seit längerem angewendet wird und immer noch ein umstrittenes Thema darstellt - die grüne Gentechnik. Die Entwicklungen seit dem Beginn der flächendeckenden Kultivierung von gentechnisch veränderten Pflanzen in den USA 1996 haben zwei Länder, die USA und Europa, mit ganz anderen rechtlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen hervorgebracht. In den USA wurde diese neue Technik von den Konsumenten weitaus positiver aufgenommen, die Ausbreitung in den europäischen Raum wurde aber kritisch beobachtet und von Nichtregierungsorganisationen (NGO)

protestiert. Mehr als 20 Jahre später sind die Gesetze in Europa weitaus strenger und schreiben unter anderem verpflichtende Kennzeichnungen vor. In manchen Mitgliedsstaaten wie Deutschland, Österreich oder Frankreich, ist sogar der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen verboten. Auch die Konsumenten stehen diesen weitaus kritischer gegenüber und sind weniger bereit diese zu erwerben als ihre US-amerikanischen Pendanten. Allerdings haben Studien gezeigt, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen den Aussagen und dem tatsächlichen Verhalten von Konsumenten gibt, was darauf hindeutet, dass der Erwerb dieser Produkte mit einem sozialen Stigma hinterlegt ist. Es zeigt sich also, dass die Soziokultur einer Gesellschaft einen großen Einfluss auf den Adoptionsprozess einer Technologie haben kann (Lucht, 2015).

2.2 Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt

In diesem Kapitel werden die potentiellen Auswirkungen eines technologischen Wandels auf den Arbeitsmarkt besprochen und die einzelnen Mechanismen genau analysiert. Dadurch wird eine theoretische Grundlage geschaffen, auf Basis derer sich die im Laufe dieser Arbeit behandelten Entwicklungen und Trends interpretieren lassen. Eine neue Technologie mit dem Potential, die Arbeitsproduktivität von Prozessen zu steigern, also jene, die dabei menschliche Tätigkeiten substituiert, kann über verschiedene Mechanismen Einfluss auf den Arbeitsmarkt nehmen, welche im Folgenden näher erläutert werden. Die potentiellen Auswirkungen sind ambivalent, grob kann zwischen arbeitssparenden und kompensierenden Effekten unterschieden werden.

Produktgebundener Effekt

In jenem Unternehmen, in dem eine neue Technologie entwickelt wird, werden Arbeitskräfte in der Forschung und Entwicklung benötigt und falls eine Nachfrage nach dem Produkt besteht, wovon ausgegangen werden muss, auch in der Herstellung. Durch völlig neue Produkte lassen sich neue Geschäftsfelder erschließen und durch die Weiterentwicklung eines bestehenden Produktes ein existierendes Geschäftsfeld vertiefen (Vivarelli, 2007). Viele Studien zeigen, dass Produktinnovationen zu einer höheren Beschäftigungszahl auf Unternehmensebene führen (Blechinger et al., 1998). Will man dies auf ein nationales oder globales Niveau übertragen, müssen allerdings zwei Aspekte beachtet werden. Falls das neue Produkt Funktionen von bestehenden Produkten übernimmt, wie das Smartphone jene von Fotoapparaten oder MP3-Playern, kommt es zu einem Substitutionseffekt (Vivarelli, 2015). Es können auch andere Unternehmenscharakteris-

tiken vorliegen die für die Entstehung von Arbeitsplätzen mitverantwortlich sind, die aber in die Studien als Auswirkungen von Innovationen einfließen (Arntz et al., 2016a).

Substitutionseffekt

Wird eine Technologie eingesetzt um Tätigkeiten auszuführen, die zuvor von Menschen erledigt wurden, dann handelt es sich um eine Substitution von menschlicher Arbeit durch ein technisches System. Daraus folgt eine Steigerung der Arbeitsproduktivität und, bei konstanter Nachfrage, ein direkter Rückgang an Arbeitsplätzen (Stewart et al., 2015, Vivarelli, 2015). Dies ist jener Effekt, der den in Kapitel 2.4.1 behandelten Studien zu Grunde liegt. Ein empirisches Beispiel ist die Technologisierung des Landwirtschaftssektors im 20. Jahrhundert. Die Mechanisierung und weiterführend die Automatisierung, aber auch Fortschritte in anderen Bereichen, haben die Arbeitsproduktivität in diesem Wirtschaftszweig stark erhöht (Acemoglu und Restrepo, 2018a, Stewart et al., 2015). Dies führte zu einem Rückgang der prozentualen Beschäftigungszahlen in den USA zwischen 1900 und 2010 von 40 auf 2 Prozent (Autor, 2014b). In England und Wales waren im Jahr 1871 6.6 Prozent der Arbeitskräfte in der Landwirtschaft tätig, dieser Wert ist um 95 auf 0.2 Prozent im Jahr 2011 gefallen (Stewart et al., 2015). Ein weiteres Beispiel ist die Änderung der Beschäftigungsverhältnisse von Menschen, die Wäsche waschen. Haben im Jahr 1901 noch circa 1.5 Prozent der Arbeitskräfte solche Tätigkeiten ausgeführt, ist dieser Wert, maßgeblich durch das Emporkommen von automatischen Waschmaschinen, auf 0.3 Prozent im Jahr 2011 gefallen (Stewart et al., 2015).

Produktivitätseffekte

Diese beiden folgenden Mechanismen werden von Acemoglu und Restrepo (2018a) als Produktivitätseffekte bezeichnet und beschreiben den Zusammenhang zwischen einer Steigerung der Arbeitsproduktivität und der Nachfrage, mit einer Preisreduktion als treibende Kraft.

Der erste Produktivitätseffekt wirkt sich sowohl auf jene Unternehmen, in denen die Technologie als Prozessinnovation zum Einsatz kommt, als auch auf damit verbundene Unternehmen aus. Sind die Kapitalkosten geringer als die Lohnkosten, werden die Stückkosten, und damit auch der Verkaufspreis, sinken. Durch niedrigere Verkaufspreise steigt der Absatz und um diese zusätzliche Nachfrage bedienen zu können, bedarf es weiterer Arbeitskräfte für jene Arbeitsvorgänge, die nicht automatisiert wurden (Acemoglu und Restrepo, 2018a). Damit dieser Effekt in Kraft treten kann, müssen die zwei

folgenden Voraussetzungen erfüllt sein (Vivarelli, 2015): Eine Reduktion der Stückkosten führt nur dann zu einem niedrigeren Verkaufspreis, wenn eine vollständige Konkurrenz am Markt gegeben ist. Unter der Annahme, dass dies zutrifft, wird also ein Produkt zu einem günstigeren Preis angeboten, und wenn eine Preiselastizität der Nachfrage besteht, also eine positive Kopplung zwischen Preis und Nachfrage, steigt auch die Menge der abgesetzten Produkte (Blien und Sanner, 2014).⁷

Ein in der Literatur sehr häufig herangezogenes Beispiel ist die Analyse von Bessen (2015). Um die Auswirkungen der Kompensationseffekte empirisch zu veranschaulichen, wurde die Entwicklung der Anzahl an Bankkaufleuten der Entwicklung der Anzahl an Geldautomaten (ATMs), zwischen 1970 und 2010 in den USA, gegenübergestellt. Die Hauptaufgaben dieser Bankkaufleute, in den Anfangsjahren des technologischen Wandels, waren unter anderem die Ein- und Auszahlung von Geld, Tätigkeiten die auch von den neuen Maschinen ausgeführt werden konnten. Mensch und Maschine treten daher hier als Gegenspieler auf und ohne Kompensationseffekte sollte ein Zuwachs des einen Faktors zu einem Rückgang des anderen Faktors führen. Die Anzahl der Bankkaufleute ist jedoch, trotz eines starken Anstiegs an ATMs, weitgehend stabil geblieben. Bessen (2015) führt dies auf den folgenden Effekt zurück.⁸ Da die Kosten für den Betrieb einer Bankfiliale gesunken sind, haben Banken die Anzahl ihrer Filialen um 43% im städtischen Raum erhöht, um ihren Marktanteil zu steigern. Mehr Filialen mit jeweils weniger Angestellten hat also dazu geführt, dass die Beschäftigungszahlen stabil geblieben sind (Bessen, 2015).

Der zweite Produktivitätseffekt kann in allen Unternehmen aus den verschiedenen Wirtschaftssektoren wirksam werden und wird durch ein höheres verfügbares Realeinkommen getragen (Acemoglu und Restrepo, 2018a). Wie in Kapitel 2.3 erläutert, führt der technologische Wandel in der Regel zu einer Steigerung des BIP pro Kopf. Dieses zusätzlich verfügbare Einkommen kann eine Nachfrage nach allen Produkten induzieren, auch in Branchen, die nicht direkt von der Technologie betroffen sind (Arntz et al., 2016a, Acemoglu und Restrepo, 2018a). Je nachdem wie dieses Kapital verteilt wird, kann es entweder zu einem höheren Konsum durch private Haushalte, oder zu zusätzlichen Investitionen kommen (Vivarelli, 2007). Ein empirisches Beispiel aus dem 20. Jahrhundert ist die Mechanisierung der Landwirtschaft, bei der der Rückgang der Nahrungsmittelkosten dazu geführt hat, dass Haushalte effektiv mehr Geld zu Verfügung hatten, wodurch die

⁷Eine genaue Analyse der Rolle der Preiselastizität ist in Bessen (2019) angeführt.

⁸In der Realität spielen sehr wahrscheinlich noch andere Mechanismen eine Rolle.

Nachfrage nach anderen Produkten stieg (Acemoglu und Restrepo, 2018a).

Nutzungseffekt

Der vierte Mechanismus beschreibt den Einfluss von Technologien auf die Kreation von neuen Tätigkeiten oder ganzen Berufen. Er kann sowohl bei Innovationen, die die Arbeitsproduktivität erhöhen, als auch bei reinen Produktinnovationen auftreten. Die Kreation von neuen Berufen ist die am stärksten wirkende Kraft unter den Kompensationseffekten und zeigt auch Tendenzen, die Lohnquote stabil zu halten (Acemoglu und Restrepo, 2018a).

Einen guten Einblick in den potentiellen quantitativen Effekt dieses Mechanismus bietet die Studie von Acemoglu und Restrepo (2016), in der der Zusammenhang zwischen neuen Stellenbezeichnungen in einer Berufsgruppe und der Entwicklung der Beschäftigungszahlen in ebendiesen Berufsgruppen mittels eines ökonomischen Modells analysiert wird. Als Datensätze dienten Arbeitsmarktdaten aus dem US Census für die Jahre 1980 bis 2000, sowie aus der American Community Survey für das Jahr 2007. Demnach stiegen die Beschäftigungszahlen in diesem Zeitraum zwischen 7.25 und 8.5 Prozent, was in etwa die Hälfte des gesamten Wachstums ausmacht, durch neue Arbeitstätigkeiten und Stellenbezeichnungen (Acemoglu und Restrepo, 2016). Am Beispiel der KI lässt sich anschaulich mutmaßen, wie neue Berufe entstehen könnten. Bildungssysteme könnten individueller auf die Bedürfnisse der einzelnen Lernenden zugeschnitten werden, wodurch mehr Lehrende benötigt werden würden um diese maßgefertigten Programme zu entwickeln, zu implementieren und zu betreuen (Acemoglu und Restrepo, 2018a). Für das Gesundheitssystem können ähnliche Überlegungen angestellt werden, so können Gesundheits- und KrankenpflegerInnen einzelne klassische Tätigkeiten von ÄrztInnen übernehmen, in denen Technologien den Ausgleich des Fachwissens ermöglichen (Autor, 2015).

Die oben angeführten Mechanismen dienen der Veranschaulichung wie Technologien, die die Arbeitsproduktivität steigern, Einfluss auf den Arbeitsmarkt nehmen können, beschränken sich aber nicht exklusiv auf diese. Wurde ein Prozess bereits vollkommen automatisiert, kann es dennoch sein, dass die bestehende Technologie zu Gunsten einer höheren Produktivität substituiert wird. Es wird also ein technisches System durch ein anderes verdrängt, wobei nur die positiven Beschäftigungseffekte zum Tragen kommen. Dies wird von Acemoglu und Restrepo (2018a) als *Deepening of Automation* bezeichnet.

Können die Kompensationseffekte die Substitutionseffekte nicht ausgleichen, kommt es also zu einer negativen Beschäftigungsbilanz, kann es sein, dass sich der Arbeitsmarkt durch das Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage selbst reguliert. Sind die Beschäftigungszahlen in diesem Sinne rückläufig, dann steigt das Angebot am Arbeitsmarkt, wodurch die Löhne sinken und die Wirtschaftlichkeit von Arbeit im Vergleich zu Kapital ansteigt (Vivarelli, 2015, Arntz et al., 2016b, Acemoglu und Restrepo, 2018a).

Es treten also zwei gegenläufige Effekte gemeinsam auf, zum einen werden Arbeitsplätze zerstört und zum anderen neue kreiert. In einem umfassenden Bericht haben Matuzeviciute et al. (2017) die Resultate von Studien über den Zusammenhang zwischen technologischen Innovationen und der Veränderung der Anzahl an Erwerbstätigen analysiert und haben festgestellt, dass auf einem makroökonomischen Level drei Studien eine positive Korrelation, drei ein unklare beziehungsweise nicht signifikante Korrelation und eine Studie einen negativen Zusammenhang auf kurze Sicht fanden (Matuzeviciute et al., 2017).

2.3 Historischer Kontext

In den letzten Jahrhunderten fanden immer wieder Ereignisse statt, die den Arbeitsmarkt stark verändert haben. Diese Veränderungen sind meist bedingt durch Fortschritt, dieser kann sowohl technischen als auch gesellschaftlichen Ursprung haben. Im folgenden Abschnitt werden einzelne *General Purpose Technologies* (GPTs) aufgegriffen, in ihrem historischen Kontext analysiert und mit der Automatisierung in Verbindung gesetzt. Dadurch lassen sich die Auswirkungen von radikalen Innovationen auf den Arbeitsmarkt veranschaulichen und die Parallelen und Unterschiede zum jetzigen Wandel herausarbeiten. Bei GPTs handelt es sich um Innovationen, die sich weiträumig verbreiten und zu einer höheren Produktivität führen. Eine Handvoll solcher Technologien haben maßgebend den technischen Fortschritt bestimmt. Es handelt sich um technologische Meilensteine, deren Erreichen als Basis zahlreicher weiterer Entwicklungen dient (Bresnahan und Trajtenberg, 1995). Jede bisherige Industrielle Revolution hat zu gravierenden Veränderungen am Arbeitsmarkt geführt und wurde durch eine oder mehrere GPTs ausgelöst, so wird es auch für die Vierte Industrielle Revolution vorhergesagt, an deren Vorläufen wir uns gerade befinden, daher ist es essentiell, dass wir unsere Lehren aus dem Vergangenen ziehen und präventive Maßnahmen für die Zukunft treffen (van

der Kooij, 2016, Schwab, 2016).⁹

An der dampfkraftbetriebenen Webmaschine, die im Jahre 1784 von Edmond Cartwright erfunden und um 1800 von William Horrocks kommerzialisiert wurde, lassen sich die potentiellen Auswirkungen eines technologischen Wandels anschaulich aufzeigen (Allen, 2018). Der folgende Absatz bezieht sich primär auf die Vorgänge in England, da dieses Land als Vorreiter diese Entwicklungen als erstes durchmachte (Crafts, 1977). Die vormals gut verdienenden Weber sanken in großen Zahlen in die Arbeitslosigkeit und mussten nun gezwungenermaßen als TextilarbeiterInnen in großen Fabriken unterkommen (Allen, 2018). Ungefähr 30 Jahre nach der Erfindung, im Jahr 1811, formte sich eine Gegenbewegung aus TextilarbeiterInnen, die Ludditen, benannt nach ihrem Anführer Ned Ludd. Die negativen Auswirkungen der Ersten Industriellen Revolution, stark getrieben durch die Ausbreitung des Webstuhls, brachten eine Vielzahl an Bürgern in prekäre Situationen, in denen Veränderungen nur noch durch die Zerstörung eben jener Maschinen möglich schien, die ihnen die Arbeit gekostet haben. Die Aufstände wurden gewaltsam niedergeschlagen (Campa, 2017). Kurzfristig führten diese Entwicklungen also zu technologischer Arbeits- und Perspektivlosigkeit vieler Menschen. Auf mittlere Sicht brachten die Veränderungen positive Effekte mit sich, so stiegen unter anderem die Reallöhne von großen Teilen der Gesellschaft, so steig der durchschnittliche Reallohn zwischen 1830 und 1882 um circa 60 Prozent (Feinstein, 1998). Obwohl sich die benötigte menschliche Arbeit für die Herstellung von Stoff auf 2 Prozent reduziert hat, sind dennoch die Anzahl der TextilarbeiterInnen gestiegen. Dies liegt daran, dass die sinkenden Produktpreise zu einer höheren Nachfrage führten. Da Fabrikbesitzer diese Nachfrage bedienen wollten, entstand ein Wettbewerb um diese qualifizierten Arbeitskräfte, was zu einem Anstieg der Reallöhne führte. Durch eine Sättigung des Marktes und weitere Automatisierung ging die Zahl der Arbeitsplätze auf längere Sicht wieder zurück (Bessen, 2016).

Bereits durch Erfindungen wie die Webmaschine wurden kleine Handwerksbetriebe durch Fabriken verdrängt, dies zog sich dann bis 1870 über alle marktorientierten Gewerbe durch. Einzelne Arbeitskräfte waren zunehmend in immer kleineren Abschnitten an der Produktion eines Gutes beteiligt. Bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurden Fertigungslinien eingesetzt, es dauerte aber bis ans Ende des Jahrhunderts, bis Henry

⁹Der Begriff der Vierten Industriellen Revolution wird sehr vielseitig verwendet, und umfasst eine Vielzahl an aktuellen technischen Entwicklungen (Schwab, 2016). Auf Basis der GTP Klassifizierung lässt sich jedoch KI als die Kerntechnologie identifizieren, die als Brücke für weitere Anwendungen dienen wird (Trajtenberg, 2018).

Ford mit dem Fließband die effiziente Massenproduktion ermöglichte (Nickel, 2013). Arbeitsschritte wurden in immer kleinere Tätigkeiten zerlegt, dies führte zu einer höheren Produktivität und dem steigenden Bedarf an niedrig qualifizierten Arbeitskräften. Diese neuen Arbeitsplätze entstanden auf Kosten der HandwerkerInnen die gegen diese neuen Systeme nicht ankamen (Frey und Osborne, 2013).¹⁰

Sowohl das 19. als auch das 20. Jahrhundert waren geprägt von technologischem Wandel, der seit dem Beginn der Industriellen Revolution in bis dahin unvergleichlichem Maße vorhanden war. In beiden Perioden kam es zu umfassenden Änderungen am Arbeitsmarkt, die zugrundeliegenden Vorgänge, sowie die konkreten Auswirkungen waren aber, trotz der in ihrer Essenz gleicher Ursachen, anders (Frey und Osborne, 2013). Im Laufe des 19. Jahrhunderts wurden die Arbeiten in ihre kleinsten Elemente zerlegt, so dass ArbeiterInnen keine konkreten Kompetenzen benötigten und einen austauschbaren Produktionsfaktor darstellten. Im 19. Jahrhundert konnte man beobachten, dass Produktionsmittel, Rohstoffe und gering qualifizierte Arbeitskräfte HandwerkerInnen verdrängt und deren Platz eingenommen haben (Frey und Osborne, 2013). In der Arbeit von Goldin und Katz (1998) werden die Unterschiede sehr anschaulich aufgearbeitet. Während im 19. Jahrhundert HandwerkerInnen, also hoch qualifizierte Arbeitskräfte, durch Produktionsmittel, dahinterstehend die jeweiligen Technologien, und gering qualifizierte Arbeitskräfte ersetzt wurden, gab es zwischen 1909 und 1929 eine positive Korrelation zwischen Technologien und den Fertigkeiten der Arbeitskräfte. Es wird vermutet, dass dies durch die Zunahme der kontinuierlichen Produktion und Losfertigung sowie die Adaption des Elektromotors geschah, da damit verbundene neue Berufe eine zunehmende Komplexität aufwiesen. Durch den technologischen Wandel im Zuge der Industriellen Revolution verloren also zuerst HandwerkerInnen ihre Arbeit, im gleichen Atemzug entstanden Arbeitsplätze in Fabriken, die von niedrig qualifizierten FabrikarbeiterInnen ausgeführt wurden und später, als die Produktionsmaschinen komplexer wurden, stieg der Bedarf an FacharbeiterInnen, wobei es durch die effizientere Gestaltung der Produktion zu einem Rückgang an Facharbeitern kam (Goldin und Katz, 1998). Die Natur ebenjener Innovation, die der Träger des Wandels ist, legt also maßgeblich das Resultat fest.

Bei allen Unterschieden gibt es doch eine Gemeinsamkeit, die sich die Industriellen Re-

¹⁰In der folgenden Arbeit werden jene ArbeiterInnen als HandwerkerInnen bezeichnet, die in der Herstellung eines Produktes die Mehrheit der Arbeitsschritte selbst durchführen.

volutionen, inklusive der Dritten, getragen vom Computer, der Digitalisierung und der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT), teilen - sie alle haben auf lange Sicht den Lebensstandard der betroffenen Bevölkerung erhöht. Dies zeigt die Entwicklung des Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf, die in der Arbeit von Bruckner et al. (2017) visualisiert ist, und der Arbeitsproduktivität im Zeitraum von 1700 bis 2010 für die Vereinigten Staaten und England. Beide zeigen positiven Wachstum als Antwort auf einen technologischen Wandel, was bedeutet, dass der benötigte menschliche Einsatz bei der Leistungserstellung zwar zurückging, aber die Menge der produzierten Güter kontinuierlich gestiegen ist, was bei einer fairen Verteilung zu einem höheren Wohlstand der gesamten Bevölkerung führt. Diese positiven Effekte sind aber erst einige Jahrzehnte nach der Einführung einer neuen Technologie zu beobachten, da diese erst weitläufig in der Mehrheit der Wirtschaftssektoren diffundieren müssen (Bruckner et al., 2017, S. 8-11). Diese Wirtschaftsdaten dienen daher als gutes Mittel um historische technische Veränderungen zu beurteilen, lassen sich aber nur bedingt für aktuelle Ereignisse heranziehen.

2.4 Prognosen

In Hinblick auf die Zukunft der Arbeit stellen sich zwei wichtige Fragen. Welche Berufe werden in die Bedeutungslosigkeit rutschen und wie groß wird die Zahl der verloren gehenden Arbeitsplätze sein? Welche neuen Jobs entstehen und in welchen Quantitäten? Zu Beginn wird die erste Fragestellung aufgearbeitet, wobei auf die einzelnen Berufe nicht näher eingegangen wird, vielmehr wird der Einfluss der Automatisierung auf Gruppierungen von Berufen, verbunden durch bestimmte Charakteristiken, behandelt und Einschätzungen von ExpertInnen präsentiert. Der Schwerpunkt liegt auf den quantitativen Prognosen von verschiedenen ForscherInnen.

Zukunftsprognosen sind mit großen Unsicherheiten behaftet, umso mehr je komplexer die Themen sind auf die sie sich beziehen. Daher gibt es unter den WissenschaftlerInnen, die sich mit den Auswirkungen der Automatisierung auf die Arbeit beschäftigen, diametral gegensätzliche Meinungen und Einschätzungen. Diese sind zum einen durch unterschiedliche Erwartungen an die Entwicklung des Verhältnisses von entstehenden zu verlorenen Jobs, und zum anderen durch unterschiedliche Methoden bei der Evaluierung der Anzahl an gefährdeten Jobs bedingt. Auf Ersteres wird in Kapitel 2.4.2 eingegangen.

2.4.1 Automatisierungspotential

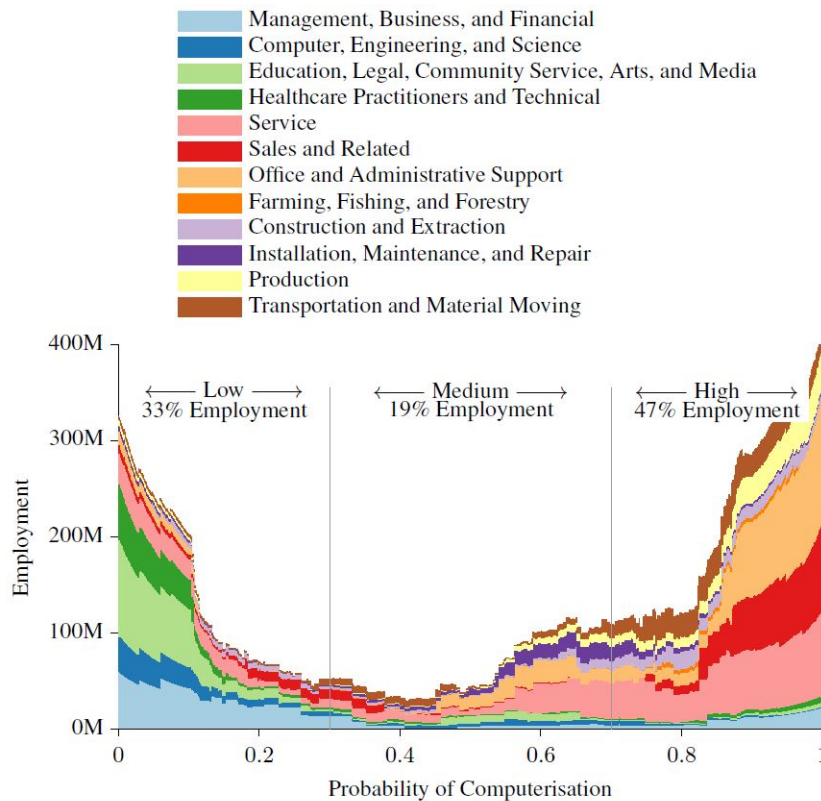
In diesem Kapitel werden Studien analysiert, die sich quantitativ mit den potentiell redundant werdenden Arbeitsplätzen beschäftigen. Zu Beginn wird die erste auf diesem Gebiet durchgeführte Studie näher beleuchtet um den grundsätzlichen Ablauf dieser Art von Forschung darzulegen. Im Weiteren wird eine Verbesserung des Modells vorgestellt und abschließend eine Zusammenstellung der Automatisierungspotentiale präsentiert, mit Fokus auf jener Literatur, in der die Automatisierungswahrscheinlichkeit individuell berechnet wurde. Alle im Folgenden behandelten Studien befassen sich rein mit den Automatisierungspotentialen, daher beziehen sich die Zahlen auf den möglichen Verlust von Arbeitsplätzen ohne etwaige kompensierende Effekte, die im Kapitel 2.2 erläutert wurden, zu beachten. Des Weiteren orientieren sie sich ausschließlich am Stand der Technik, die in Kapitel 2.1 behandelten Faktoren, die sich auf die Adoption von neuen Technologien auswirken können, werden nicht berücksichtigt.

Die Studie von Frey und Osborne (2013) war die erste, in der eine quantitative Prognose der Folgen der Automatisierung erstellt wurde und legte den Grundstein für zahlreiche weiterführende Arbeiten. Deren Grundgedanke ist, dass der Fortschritt im Bereich der KI dazu führen wird, dass erstmals auch nicht-Routine Tätigkeiten substituiert werden können und eine Grenze nur durch sogenannte *engineering bottlenecks* gegeben ist. Basierend auf einem ExpertInnenworkshop und wissenschaftlicher Literatur haben Frey und Osborne (2013) drei solche Hürden identifiziert: Wahrnehmung und Manipulation, kreative Intelligenz und soziale Intelligenz. Diese wurden dann mit neun konkreten Kompetenzen aus der O*NET Datenbank verknüpft. Damit lässt sich nun in der Theorie die Automatisierungswahrscheinlichkeit jedes Berufes, der in der Datenbank geführt wird, als Funktion dieser Kompetenzen bestimmen. Für die Berechnungen wurden zwei Vorgehensweisen miteinander kombiniert. Zum einen wurden 70 der insgesamt 702 Berufe im Zuge eines Workshops von ExpertInnen, basierend auf der Tätigkeits- und Berufsbeschreibung von O*NET, subjektiv als automatisierbar oder nicht automatisierbar eingestuft. Zum anderen wurden die neun Kompetenzen herangezogen, die die Grenze des technisch Machbaren repräsentieren. Diese beiden Inputs wurden dann in einem statistischen Modell zusammengeführt und auf die Berufe angewandt. Als Resultat ergibt sich eine Liste mit den Automatisierungswahrscheinlichkeiten aller 702 Berufe und der entsprechende Standard Occupational Classification (SOC) Code.¹¹ Diese Daten wurden

¹¹Genau diese Daten werden von der Mehrheit aller nachkommenden Studien für die Berechnungen herangezogen, eine Übersicht der Ausnahmen ist in Tabelle 2 gegeben.

dann auf die Beschäftigungsverteilung der USA basierend auf dem 2010 Report des Bureau of Labor Statistics (BLS) über Beschäftigung und Gehalt angewandt, wodurch die Automatisierungswahrscheinlichkeit mit der Anzahl der betroffenen Arbeitsplätze hinterlegt wird, wie in Abbildung 2 dargestellt ist. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass 47

Abbildung 2. Verteilung der US-Amerikanischen Beschäftigungszahlen der verschiedenen Wirtschaftssektoren über die Automatisierungswahrscheinlichkeit. (Entnommen von Frey und Osborne, 2013).



Prozent aller Arbeitsplätze einer hohen Gefahr der Automatisierung ausgesetzt sind, das heißt ihre errechnete Automatisierungswahrscheinlichkeit liegt über einem Wert von 0.7. Weiters haben Frey und Osborne (2013) die Automatisierungswahrscheinlichkeit dem Einkommen und dem Bildungsniveau gegenübergestellt und für beides eine negative Korrelation entdeckt.

Unterschiede zwischen den Studien

Eine Vielzahl an Studien, so auch Frey und Osborne (2013), bedienen sich einer berufsba-
 sierten Vorgehensweise, bei der die Automatisierungspotentiale für die einzelnen Berufe,
 auf Basis der für die Durchführung benötigten Kompetenzen, errechnet werden. Diese

Werte werden auf die nationalen Beschäftigungsstatistiken angewendet, unter der Annahme, dass jede ArbeitnehmerIn in einem Beruf mit einer bestimmten Klassifizierung dieselben Tätigkeiten im gleichen Ausmaß durchführt. Als Resultat ergeben sich dann jene Werte, die beschreiben, welcher prozentuale Anteil an Arbeitsplätzen zu welchem Prozentsatz automatisiert werden kann. In der Literatur wird die Schwelle, ab der eine hohe Automatisierungsgefahr herrscht, konsistent bei einem Automatisierungspotential von größer als 70 Prozent gesetzt. Der große Nachteil dieser Herangehensweise ist die Annahme, dass sich die Tätigkeitsstruktur innerhalb eines Berufsfeldes nicht unterscheidet. Diese Annahme ist fehlerhaft, Autor und Handel (2013) haben Daten aus Umfragen analysiert und gezeigt, dass Tätigkeiten innerhalb einer Berufsklasse stark schwanken können. Dadurch werden die Ergebnisse substantiell beeinflusst. Des Weiteren kommt es zu Übertragungsfehlern, wenn die Daten auf Beschäftigungsstatistiken anderer Länder übertragen werden, da davon ausgegangen werden muss, dass sich die einzelnen Berufe zwischen den Ländern nicht unterscheiden. In der Realität bestehen aber signifikante Unterschiede im Bildungsbereich und am Arbeitsmarkt (Dengler und Matthes, 2015).

Eine Weiterentwicklung dieser Methode stellt der tätigkeitsbasierte Ansatz dar, welcher versucht, die oben erwähnten Probleme des berufs-basierten Ansatzes zu beheben. Anstatt die Berufe mit Automatisierungspotentialen zu hinterlegen, wird dies für die einzelnen Tätigkeiten gemacht, dadurch wird ein tieferer Einblick ermöglicht und die Flexibilität der Daten erhöht.¹² Diese Daten werden dann auf Beschäftigungsstatistiken angewendet die aus Befragungen jener Menschen, die die Jobs durchführen, resultieren.¹³ Somit werden die Schwankungen innerhalb einer Berufsklasse berücksichtigt und die Ergebnisse auf die Gesamtzahl der Beschäftigten extrapoliert. In den in Tabelle 2 dargestellten tätigkeitsbasierten Studien wurde der PIAAC-Datensatz verwendet. Das Programme for the International Assessment of Adult Competencies (PIAAC) wird von der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) in Auftrag gegeben und beschäftigt sich hauptsächlich mit den Kompetenzen der erwachsenen Bevölkerung, aber auch mit den Tätigkeiten, die am Arbeitsplatz durchgeführt werden

¹²Im Allgemeinen beschreibt das schon das tätigkeitsbasierte Vorgehen, jedoch würde es, bei gleichen Automatisierungswahrscheinlichkeiten und ohne Umlage auf andere Länder, zu dem gleichen Ergebnis wie mit dem berufs-basierten Vorgehen führen. Daher wird die Definition weitergeführt, so wie sie in der Mehrheit der Studien verstanden wird. Eine Ausnahme stellt die Arbeit von Dengler und Matthes (2015) dar.

¹³Hier sei angemerkt, dass fixe Daten basierend auf ExpertInnenwissen auch Vorteile haben, siehe Dengler et al. (2014).

(Bonin et al., 2015).¹⁴ Um die Automatisierungswahrscheinlichkeiten der Tätigkeiten zu bestimmen, gibt es zwei grundlegende Ansätze. Zum einen werden die Daten von Frey und Osborne (2013) genommen und mittels eines ökonometrischen Modells, welches versucht eine bestmögliche Verknüpfung zwischen den Automatisierungspotentialen der Berufe und ihren Tätigkeiten herzustellen, für die entsprechenden Tätigkeiten adaptiert. Dabei werden klare Zusammenhänge genutzt um Rückschlüsse auf unklare Zusammenhänge zu ziehen, und um schließlich die Automatisierungspotentiale aller Tätigkeiten zu erhalten. Die genaue Durchführung inklusive einer detaillierten Beschreibung kann in der Arbeit von Bonin et al. (2015) nachgelesen werden. Zum anderen werden den einzelnen Tätigkeiten Automatisierungswahrscheinlichkeiten zugeordnet, dies kann über die benötigten Kompetenzen oder über die Tätigkeit selbst erfolgen. Im folgenden Absatz wird näher auf die Automatisierungspotentiale eingegangen, Probleme besprochen und die Unterschiede zwischen den verschiedenen Studien hervorgehoben.

Automatisierungspotentiale

Die Beurteilung der technischen Machbarkeit und die daraus resultierende Automatisierbarkeit ergibt sich aus subjektiven Einschätzungen von ForscherInnen und ExpertInnen. Die Methodiken dahinter sind, in den dem Autor bekannten Studien, teilweise intransparent und nur bis zu einer gewissen Tiefe nachvollziehbar. Das grundlegende Vorgehen wird meist gut beschrieben, jedoch wird bei der Zuordnung der Automatisierungswahrscheinlichkeit lediglich auf ExpertInnenwissen oder auf von den AutorInnen selbst durchgeführte Zuordnungen verwiesen. Dies ist bedingt durch die Subjektivität, die zwar mittels konkreten Methodiken möglichst klein gehalten wird, bei den vorliegenden Studien aber noch maßgeblich vorhanden ist. Umfangreichere Studien und Analysen wären hier nötig, wobei gewisse Unsicherheiten bei langfristigen Prognosen nicht zu verhindern sind. Die subjektive Vorgehensweise ist die Ursache für diverse Probleme. Zum einen ist eine Tendenz sichtbar, dass ExpertInnen die praktische Umsetzbarkeit von Technologien überschätzen, zum anderen verschwimmen die zeitlichen Abgrenzungen, da aus der Sicht des Autors nicht klar ersichtlich ist, welche Unterschiede bei der Analyse des aktuellen Automatisierungspotentials und jenem zu einem technologisch fortgeschrittenen Zeitpunkt berücksichtigt werden (Autor, 2014a). Die Differenzen lassen sich gut durch einen Vergleich zwischen den Arbeiten von Frey und Osborne (2013) und Dengler und Matthes (2015) veranschaulichen, deren Vorgehen bis auf unterschiedliche Automatisierungswahrscheinlichkeiten sehr ähnlich ist, die Ergebnisse mit 47 und 15 Prozent

¹⁴<http://www.oecd.org/skills/piaac/about/>, letzter Aufruf 21.05.2019

allerdings eine große Diskrepanz aufweisen.

Tabelle 2. Zusammenstellung der Automatisierungspotentiale aus verschiedenen Studien. Angegeben sind hier die Anzahl der gefährdeten Arbeitsplätze, diese Definition gilt ab einer Automatisierungswahrscheinlichkeit von mehr als 70% für unterschiedliche Länder. Bei den Studien im oberen Abschnitt wurde die berufs-basierte Herangehensweise gewählt, während bei den Studien im unteren Abschnitt die tätigkeitsbasierte Herangehensweise gewählt wurde. Studien die fett hervorgehoben sind sind jene die die Automatisierungswahrscheinlichkeiten selbst bestimmt haben.

| Autoren | Resultat | Land |
|-----------------------------------|----------|------------------------|
| Bonin et al. (2015) | 49%, 42% | USA, Deutschland |
| Brzeski und Burk (2015) | 59% | Deutschland |
| Chang und Huynh (2016) | 56% | ASEAN-5 |
| Deloitte (2014) | 35% | Vereinigtes Königreich |
| Deloitte (2015) | 48% | Schweiz |
| Dengler und Matthes (2015) | 15% | Deutschland |
| Durrant-Whyte et al. (2015) | 40% | Australien |
| Frey und Osborne (2013) | 47% | USA |
| Pajarinen und Rouvinen (2014) | 35% | Finnland |
| Arntz et al. (2016b) | 9% | USA |
| Bonin et al. (2015) | 9%, 12% | USA, Deutschland |
| McKinsey (2017b) | 25% | USA |
| Nagl et al. (2017) | 9% | Österreich |

Studien, in denen die Automatisierbarkeit selbst festgelegt wird, sind in Tabelle 2 fett markiert. Bei der Studie von McKinsey (2017b) wurden 18 Kompetenzen identifiziert, die in unterschiedlichen Konstellationen für die Durchführung einer Tätigkeit gebraucht werden. Bezogen auf die jeweilige Tätigkeit wird das Niveau angegeben, auf dem diese Kompetenz beherrscht werden muss. Die Einteilung erfolgt dabei in Bezug auf den Menschen in durchschnittliches, unterdurchschnittliches und überdurchschnittliches Level. Nach dem gleichen Prinzip wurden auch die aktuellen Technologien bewertet, sodass eine Gegenüberstellung der beiden Kategorien, angewandt auf Daten in denen die konkrete Zusammensetzung der Berufe aus den einzelnen Tätigkeiten enthalten sind, ein Automatisierungspotential der jeweiligen Berufe ergibt. Diese Analyse kam zu dem Er-

gebnis, dass weniger als 5 Prozent der Berufe komplett automatisiert werden können und 25 Prozent der Berufe zu 70 Prozent (McKinsey, 2017b).

Die Studie von Dengler und Matthes (2015) basiert auf Daten, die von Dengler et al. (2014) ermittelt wurden. Dabei diente die Unterscheidung zwischen fünf Tasks-Dimensionen, die unterschiedlichen Automatisierungswahrscheinlichkeiten entsprechen, als Grundlage, denen dann die jeweiligen Tätigkeiten von drei unabhängigen Personen zugeordnet wurden. Daraus lassen sich dann die Tasks-Kompositionen erstellen, also der prozentuale Anteil der einzelnen Berufe an den Tasks-Dimensionen. Die Tätigkeiten, sowie die Zusammensetzung der Berufe aus ebendiesen, wurde aus der Datenbank BERUFENET entnommen, die von der deutschen Bundesagentur für Arbeit betrieben wird und auf ExpertInnenwissen basiert. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass 15 Prozent der deutschen sozialversicherungspflichtigen Beschäftigungen ein hohes Automatisierungspotential aufweisen (Dengler und Matthes, 2015).

Es gibt also zwei verschiedene Ebenen, auf denen die Berechnungen durchgeführt werden können. Das ist zum einen die Berufsebene und zum anderen die Tätigkeitsebene, wobei die zweite Methode eine höhere Genauigkeit und Flexibilität verspricht. Große Unterschiede ergeben sich auch durch die Annahmen wie sich die Technologie entwickeln wird und welche Grenzen ihr gesetzt sind, natürlich auch bedingt durch den betrachteten Zeithorizont. Wie man in Tabelle 2 sieht, weisen die Ergebnisse eine entsprechend hohe Varianz auf, dennoch ist der von ihnen aufgespannte Werteraum ein guter Anhaltspunkt.

In der ganzen Debatte muss auf einen Aspekt besonders geachtet werden. Selbst wenn die berechneten Automatisierungswahrscheinlichkeiten akkurat sind, ist ein Beruf, der in die Kategorie der hohen Automatisierbarkeit fällt, nicht zwangsweise automatisierbar. Dies ist im Allgemeinen nur gegeben, wenn alle Haupttätigkeiten automatisierbar sind. Dazu kommt noch die Möglichkeit der Arbeitsumgestaltung. Viele Berufe zeichnen sich allerdings trotz einer hohen errechneten Automatisierungswahrscheinlichkeit durch Tätigkeiten aus, die als nicht automatisierbar angesehen werden. Orientiert man sich an den tatsächlich ausgeführten Tätigkeiten gegenüber den allgemeinen Berufsklassifizierungen, ist dieses Phänomen noch stärker vorhanden (Arntz et al., 2016b). Demnach hat eine Einzelhandelskauffrau oder ein Einzelhandelskaufmann laut Frey und Osborne (2013) eine 92-prozentige Automatisierungswahrscheinlichkeit, Arntz et al. (2016b) weisen aber daraufhin, dass nur 4 Prozent der Beschäftigten dieser Berufsgrup-

pe ohne zwischenmenschliche Zusammenarbeit agieren. Im Einklang damit gibt Autor (2015) seine Prognose ab und argumentiert, dass sich die zu Berufen zusammengefassten Tätigkeiten nur schwer voneinander trennen und entwirren lassen, ohne substantielle Qualitätseinbußen in Kauf zu nehmen. Daher werden viele Berufe mit mittlerem Qualifikationsniveau bestehen bleiben, die sich durch eine Kombination von Routine- und Nicht-Routinetätigkeiten auszeichnen (Autor, 2015).

2.4.2 Bilanz

Das Ziel dieses Kapitels ist es nicht, einen Standpunkt in der Debatte Automatisierung - gut oder schlecht? zu vertreten, sondern vielmehr einen neutralen Überblick über beide Positionen darzulegen. Um ein auf Fakten basiertes Gerüst zu errichten, werden verschiedene empirische Analysen beleuchtet. Darauf aufbauend werden dann Prognosen analysiert und aufbereitet. Als Anmerkung zu Beginn dieses Kapitels sei gesagt, dass hier rein der Einfluss der Automatisierung auf die Erwerbstätigenquote, also der Anteil der Erwerbstätigen an der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter, behandelt wird. In der Gesamtheit spielen noch viele weitere Faktoren eine Rolle. So können durch Offshoring Arbeitsplätze verloren gehen und durch eine alternde Gesellschaft Arbeitsplätze im Gesundheitssektor entstehen. In einem Bericht von McKinsey (2017c) wurden solche Trends identifiziert und mittels verschiedenen Szenarien deren quantitativer Einfluss analysiert.

Spekulationen und Trends

Ökonomen spekulieren schon seit Langem über die Auswirkungen von Technologien auf den Arbeitsmarkt. Dementsprechend hat Keynes (1930) seine Gedanken an die Zukunft in 100 Jahren niedergeschrieben und prognostiziert, dass der rapide technische Wandel zu einer breiten technologischen Arbeitslosigkeit führen wird. Er blickte aber dennoch zuversichtlich in die Zukunft und spekulierte, dass sich die negativen Effekte auf eine temporäre Anpassungsperiode beschränken werden und eine kontinuierliche Reduktion der Arbeitszeit stattfinden wird, sodass am Ende jeder Bürger frei von wirtschaftlichen Zwängen sein wird. Etliche Jahrzehnte später prophezeite Heilbroner (1965) die Ausdehnung von Maschinen auf bis dahin unberührte Tätigkeiten in administrative Arbeit und Dienstleistung, als Teil eines Prozesses, der langsam aber stetig jegliche menschliche Arbeit redundant macht. Ein Jahr zuvor hatte das Ad Hoc Committee (1964), dem ein breites Spektrum an Persönlichkeiten angehörten, ein Memorandum an den damaligen US Präsidenten Lyndon B. Johnson gerichtet, in denen sie hauptsächlich

auf die Herausforderungen einer sogenannten *Cybernation* Revolution, ein Begriff der die Automatisierung beschreibt, hinweisen. Auch Wassily Leontief zeichnete in einem Interview mit Curtis (1983) ein düsteres Bild in dem mehr und mehr Menschen durch Maschinen ersetzt werden, und im Gegensatz zu früheren Veränderungen nicht genügend Arbeitsplätze nachkommen werden, sodass es den Menschen schlussendlich wie den Pferden in der landwirtschaftlichen Revolution gehen wird. Analog zur heutigen Zeit gab es auch damals WissenschaftlerInnen die eine konträre Vorstellung hatten. Einen pragmatischeren Ansatz vertrat Solow (1965), der beiden Gruppen die Deutungshoheit absprach, und der aus dem komplexen Wesen der Vorgänge heraus argumentierte, dass akkurate Prognosen einfach nicht möglich seien.

Die tatsächlichen Entwicklungen scheinen den Optimisten recht zu geben, so hat sich die Arbeitslosenquote im Vereinigten Königreich zwischen 1855 und 2016, abgesehen von lokalen Extremwerten, in einem langfristig stabilen Rahmen zwischen 3 und 7 Prozent gehalten (Vermeulen et al., 2018). Nähere Informationen über die historischen Auswirkungen der Automatisierung sind in Kapitel 2.3 angeführt.

Ein weiterer Indikator für die wirtschaftliche Rolle der Arbeit ist die Lohnquote, also der Anteil der Arbeitnehmerentgelte am Volkseinkommen, die bis 1980 relativ konstant blieb (International Labour Organization and OECD, 2015). Eine Tatsache, die Kaldor (1961) als einen stilisierten Fakt definierte und die dem neoklassischen Wachstumsmodell zu Grunde liegt (Jones und Romer, 2010). Daten aus den vergangenen Jahrzehnten lassen aber auf eine Abkehr von diesem ökonomischen Dogma schließen. Eine Vielzahl an empirischen Studien hat einen kontinuierlichen Rückgang der Lohnquote für verschiedene Länder festgestellt (Karabarbounis und Neiman, 2013, European Commission, 2007, OECD, 2012, Bank for International Settlements, 2006, International Labour Organization, 2012). Historisch gesehen ist der technische Wandel nur einer von mehreren Faktoren die auf die Entwicklung der Lohnquote einwirken, wie die Globalisierung, die Finanzmärkte, Arbeitsmarktinstitutionen und die Verhandlungsmacht der ArbeitnehmerInnen (International Labour Organization and OECD, 2015). Für den aktuellen Trend wird der technologische Wandel allerdings von vielen als Hauptfaktor angesehen. In einem Report der OECD (2012) wird angeführt, dass die totale Faktorproduktivität und das *deepening of capital* für 80 Prozent des Rückgangs in den Jahren 1990 bis 2007 verantwortlich sind. Als möglicher Grund wurde der Rückgang der relativen Preise von Investitionsgütern, bedingt durch Fortschritte im Bereich von Informations- und Kommu-

nikationstechnologien, identifiziert (Karabarounis und Neiman, 2013). Allerdings lassen die Daten nicht darauf schließen, ob es sich um eine langfristige Entwicklung handelt (International Labour Organization and OECD, 2015). Zu der Veränderung der Lohnquote hat Ford (2015) mit stagnierenden Löhnen bei steigender Produktivität, rückläufiger Erwerbsquote, beschäftigungsfreiem Wachstum, steigender Ungleichheit, Polarisierung des Arbeitsmarkts und Unterbeschäftigung unter Universitätsabsolventen noch sechs weitere Trends der letzten vier Jahrzehnte identifiziert, die aus seiner Sicht darauf hindeuten, dass menschliche Arbeit zunehmend redundant wird. Er weist aber auf drei andere Aspekte, nämlich Globalisierung, politische Veränderungen und das Aufkommen des Finanzkapitalismus, hin, die für diese Entwicklungen mitverantwortlich sein könnten (Ford, 2015, Kapitel 2).¹⁵

Ökonomische Betrachtung

Im Folgenden wird versucht, über mathematische Modelle und den zu Grunde liegenden ökonomischen Theorien, Informationen zu gewinnen und die elementaren Wechselwirkungen zwischen dem technologischen Wandel und dem Arbeitsmarkt zu verstehen. Die Verknüpfung mit statistischen Daten erlaubt einen tieferen Einblick und ermöglicht quantitative Aussagen über die Vorgänge der vergangenen Jahrzehnte.¹⁶ Zwar bilden ökonomische Modelle nur eine stark vereinfachte Form der Wirklichkeit ab und sind nur unter speziellen Rahmenbedingungen aussagekräftig, sie leisten aber trotzdem einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der Dynamiken zwischen technologischem Wandel und dem Arbeitsmarkt, sowie den möglichen Entwicklungen. Es gibt verschiedene Ansätze, die in Acemoglu und Restrepo (2018b) angeführt sind, wie der technologische Wandel in ein Modell implementiert werden kann. Der Ansatz der *factor augmentation* geht von einer effektiven Erhöhung des Inputs eines Produktionsfaktors aus. Eine andere Art der Modellierung zeichnet sich durch die Annahme aus, dass der technologische Wandel zu produktiverem oder günstigerem Kapital (*capital augmenting*) führt. Ähnlich gibt es dies auch im Hinblick auf die Arbeit, wo die Annahme gilt, dass der technologische Wandel zu produktiveren Arbeitskräften führt (*labour augmenting*). Im Gegensatz dazu beschränkt sich der *Hicks neutral* Ansatz rein auf die Steigerung des

¹⁵Die in seinem Buch dargelegten Schlussfolgerungen sind spekulativer Natur und sollten mit Vorsicht interpretiert werden. Manche der Punkte deuten nicht unbedingt auf einen Rückgang der Arbeit, sondern eher auf eine strukturelle Veränderung hin.

¹⁶Hier sei noch angemerkt, dass die empirischen Daten kein Urteil über die These des Endes der menschlichen Arbeit erlauben, da dieser Zeitraum maßgeblich von IKTs geprägt ist, sich das Hauptargument vieler, die das Redundantwerden der menschlichen Arbeit vorhersagen aber auf KIs stützt, wobei hier keine starre Grenze gezogen werden kann.

Outputs unabhängig vom Input (Acemoglu und Restrepo, 2018b). All diese Ansätze haben aber ein großes Problem. Sie berücksichtigen die Substitution von menschlicher Arbeit durch Maschinen nicht, da sie von einer statischen Verteilung der Tätigkeiten auf Arbeit und Kapital ausgehen und schließen damit gewissermaßen im Vorhinein die Möglichkeit aus, dass der technologische Wandel die relative Nachfrage nach Arbeit senkt und die Beschäftigungszahlen reduziert (Acemoglu und Restrepo, 2018b, Acemoglu und Autor, 2011, Gregory et al., 2019). Acemoglu und Restrepo (2018b) haben zahlreiche Papers über diese Thematik verfasst und die Vorzüge eines *task-based* Modells hervorgehoben, in dem technologischer Wandel über einer Ausweitung der Tätigkeiten, die von Maschinen (bzw. Kapital) durchgeführt werden können, definiert wird.¹⁷

Das Paper von Acemoglu und Restrepo (2018c) versucht in einem ersten Schritt die Auswirkungen des technologischen Wandels auf die Beschäftigungszahlen mit einem groben *task-based* Modell zu beschreiben, wobei zwei grundsätzliche Effekte berücksichtigt wurden: der Verlust und die Kreation von Arbeitsplätzen.¹⁸ Dabei gilt die Annahme, dass Arbeitsplätze durch das Aufkommen von neuen Tätigkeiten, in denen Menschen einen Vorteil gegenüber Maschinen haben, entstehen. Die grundlegende Erkenntnis dieser Arbeit ist, dass Automatisierung nicht zu einem Verschwinden der menschlichen Arbeit führen muss. Dies wird durch einen Selbstregulierungsmechanismus, der bei zunehmender Automatisierung die effektiven Arbeitskosten senkt und damit wieder mehr Arbeit generiert, erklärt, sodass ein *balanced growth path* existiert (Acemoglu und Restrepo, 2018c). Darauf aufbauend haben Acemoglu und Restrepo (2018b) das Modell um weitere arbeitsschaffende Faktoren erweitert und damit alle in Kapitel 2.2 angeführten Effekte berücksichtigt. Die Analyse des Zusammenspiels dieser Aspekte ermöglicht einen tieferen Einblick in die potentiellen Implikationen der Automatisierung. Ein gewisser Anteil an Arbeitsplätzen wird immer redundant werden und es gibt keine Garantie, dass die Bilanz nicht negativ ausfällt. Allerdings kann dies durch ein Zusammenspiel der Kompensationsmechanismen, speziell der Produktivitätseffekte und der Kreation von neuen Tätigkeiten, verhindert werden und sich sogar in die entgegengesetzte Richtung entwickeln. Vorausgesetzt, die Produktivität steigt entsprechend, was besonders technische

¹⁷Es handelt sich hier um kein konkretes Modell, sondern um die grundsätzliche Überlegung, dass sich die Identität und die Rolle eines Produktionsfaktors unterscheiden können (Autor, 2013). Basierend darauf haben diverse WissenschaftlerInnen konkrete Modelle für unterschiedliche Anwendungen entwickelt. Näheres dazu kann in Acemoglu und Autor (2011) nachgelesen werden.

¹⁸Acemoglu und Restrepo (2018a) bauen auf zahlreichen vorhergehenden Arbeiten auf, auf die hier ohne Anspruch auf Vollständigkeit verwiesen wird (Acemoglu und Zilibotti, 2001, Autor et al., 2003, 2006, 2008, Costinot und Vogel, 2010, Acemoglu und Autor, 2011).

Systeme, die zwar Arbeit substituieren, aber die Produktivität nur bedingt steigern, gefährlich macht und es entstehen neue Berufe in denen die Menschen den Maschinen überlegen sind. Wie Acemoglu und Restrepo (2018b) anführen, sind das beides keine vorbestimmten Tatsachen.

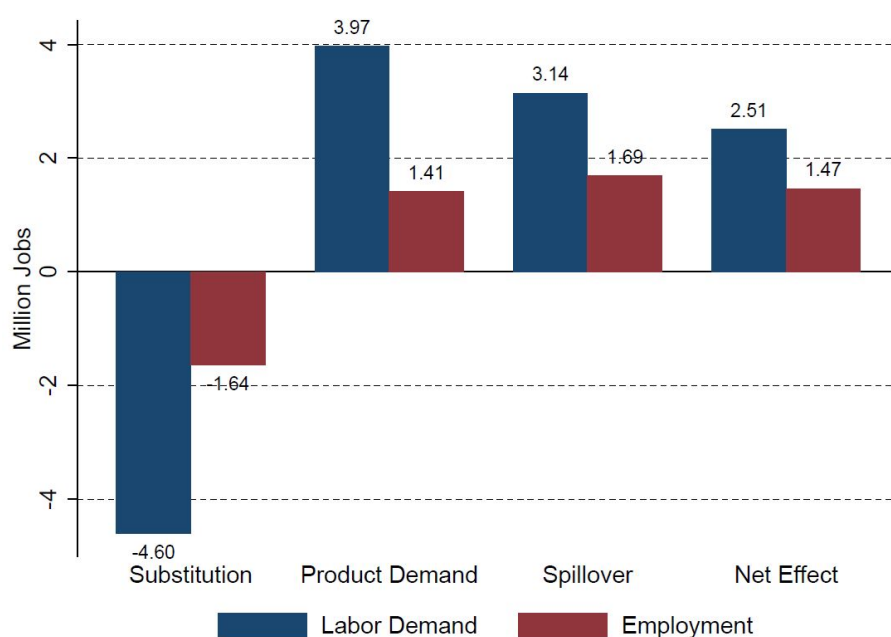
Während sich die theoretischen Modelle hervorragend dazu eignen Mechanismen, Zusammenhänge und potentielle Auswirkungen zu identifizieren, sagen sie nichts über die quantitativen Aspekte aus, dafür bedarf es empirischen Untersuchungen. In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche Papers publiziert, die mittels ökonomischen Modellen die Auswirkungen des technologischen Wandels analysieren. Dabei unterscheiden sich die Arbeiten in der Wahl des Regressors, den zu Grunde liegenden Daten und im Detaillierungsgrad der Resultate.

Mehrere Studien haben den Zusammenhang zwischen Industrierobotern und Beschäftigungszahlen untersucht, wobei hier angemerkt sei, dass der Anteil der Roboter am Kapitalstock im Jahr 2007 nur 2.5 Prozent betrug (Graetz und Michaels, 2018). Basierend auf Daten der International Federation for Robotics (IFR) und der Statistikdatenbank EUKLEMS für diverse Wirtschaftszweige in insgesamt 17 Länder zwischen 1993 und 2007 haben Graetz und Michaels (2018) Veränderungen in der Roboterdichte, definiert als die Anzahl an Robotern pro Millionen Arbeitsstunden, mit anderen Faktoren abgeglichen, unter anderem der Arbeitsproduktivität und den Beschäftigungszahlen. Für die Arbeitsproduktivität zeigt sich eine positive Korrelation, wohingegen kein statistisch signifikanter Einfluss auf die Beschäftigungszahlen zu erkennen ist, was vermuten lässt, dass die Bilanz in etwa neutral ausfällt. Basierend auf Daten aus Deutschland für den Zeitraum von 1994 bis 2014 haben Dauth et al. (2017) festgestellt, dass die Bilanz zwischen redundanten und neu entstehenden Arbeitsplätzen neutral bis leicht positiv ausfällt. Ein gegensätzliches Fazit wurde sowohl von Acemoglu und Restrepo (2017) für den US-amerikanischen Arbeitsmarkt, als auch von Chiacchio et al. (2018) für ausgewählte europäische Länder getroffen, wo ein signifikanter negativer Zusammenhang zwischen Industrierobotern und Beschäftigungszahlen gefunden wurde.

Gregory et al. (2019) haben den technologischen Wandel als Rückgang der Kapitalkosten in Routinetätigkeiten im Vergleich zu Nicht-Routinetätigkeiten, also der komparativen Produktivitätssteigerung des Kapitals, für 27 europäische Länder zwischen 1999 und 2010 modelliert. Eine weitere Besonderheit dieser Arbeit ist, dass nicht nur die grobe Bilanz, sondern auch die dahinterliegenden Mechanismen analysiert wurden. Es wurde sowohl die Entwicklung der Nachfrage nach Arbeitskräften als auch die der

Beschäftigungszahlen, zurückzuführen auf Substitutions- und Produktionseffekte, wobei diese noch unterteilt wurden auf handelbare und nicht-handelbare Güter, untersucht. Laut diesem Modell sind die Beschäftigungszahlen, bedingt durch die Substitution von menschlicher Arbeit, um 1.64 Millionen gesunken, was aber durch einen Zuwachs von 3.1 Millionen Arbeitsplätzen überkompensiert wurde und zu einer positiven Bilanz von 1.47 Millionen Beschäftigten führt (Gregory et al., 2019). In Abbildung 3 sind die genaue Unterteilung, sowie die Werte für die Nachfrage dargestellt, die Unterschiede ergeben sich aus der Elastizität des Arbeitsangebots.

Abbildung 3. Entwicklung der Beschäftigungszahlen zwischen 1999 und 2010 (Übernommen von Gregory et al., 2019).



Einen etwas anderen Zugang haben Autor und Salomons (2018) gewählt, die den technologischen Wandel als Steigerung der totalen Faktorproduktivität modelliert haben. Eine Analyse von Daten aus 28 OECD Ländern für die Jahre 1970 bis 2007 haben keinen Rückgang der Beschäftigungszahlen bedingt durch eine Steigerung der totalen Faktorproduktivität ergeben, allerdings sehr wohl in Bezug auf einen Rückgang der Lohnquote, ein Trend, der über die Zeit zugenommen hat (Autor und Salomons, 2018).

Diskussion

Die theoretischen Modelle kommen kollektiv zu dem Ergebnis, dass die Entwicklung der Beschäftigungszahlen als Resultat des technischen Wandels maßgeblich von der Krea-

tion neuer Tätigkeiten, in denen Menschen einen Vorteil gegenüber Maschinen haben, abhängt. Genau hier knüpft auch das Argument jener WissenschaftlerInnen an, die das Ende der menschlichen Arbeit prophezeien (Brynjolfsson und McAfee, 2014, Frey und Osborne, 2013, Ford, 2015). Konträr zu vergangenen Entwicklungen, in denen nur eine begrenzte Anzahl an Routinetätigkeiten von Maschinen übernommen wurden und die substituierten Menschen stets durch einen Zuwachs an anspruchsvolleren Tätigkeiten wieder in den Arbeitsmarkt absorbiert wurden, wird nun der KI die Möglichkeit zugeschrieben, in kognitive Disziplinen vorzudringen, die bisher dem Menschen vorbehalten waren, um letztlich einen Zustand zu erreichen, in dem sie dem Menschen in jeglicher Tätigkeit überlegen ist. Die Grenze zwischen Routine und Nicht-Routine verschiebt sich also zu Gunsten von Ersterem, laut Autor (2015) maßgeblich durch Fortschritte im Bereich der KI und durch eine entsprechende Gestaltung des Umfelds in das die Technologie eingebettet ist.

Diese Idee ist nichts Neues, vielmehr werden alte Ängste wieder aufgegriffen und an eine konkrete Technologie geknüpft. Generell lässt sich diese These nicht widerlegen, es sind dem Autor aber keine Hinweise bekannt, dass sie in absehbarer Zukunft in Erfüllung gehen wird. Allerdings, selbst wenn sich die technische Prophezeiung erfüllt, heißt das noch lange nicht, dass es, aus Gründen, die in Kapitel 2.1 besprochen werden, keine menschliche Arbeit mehr geben wird.

Vorausgesetzt, eine Technologie hat alle in Kapitel 2.1 angeführten Hürden überwunden, kommt also großflächig zum Einsatz, dann hängt die tatsächliche Bilanz der Beschäftigungszahlen von einer Vielzahl an Faktoren ab. Zum Abschluss dieses Kapitels werden noch einmal die wichtigsten angeführt, sowie die Herausforderungen hervorgehoben. Allem voran ist die Art der Technologie ausschlaggebend. In einer groben Einteilung spricht man hier von *labour augmenting*, also jene Technologie die den Menschen bei der Durchführung von gewissen Tätigkeiten unterstützt und *labour substituting*, also Technologie die den Menschen in gewissen Tätigkeiten substituiert (World Economic Forum, 2018a).¹⁹ Dass diverse Arbeitsplätze redundant werden ist ein Faktum, für die Bilanz kommt es daher darauf an, ob dies aufgewogen werden kann. Ausschlaggebend dafür ist die Ausprägung der in Kapitel 2.2 behandelten Kompensationsmechanismen.

Solange es noch Bereiche gibt, in denen der Mensch den Maschinen überlegen ist und der Konsum kontinuierlich ansteigt, scheint eine technologisch bedingte Arbeitslosigkeit

¹⁹Es ist ein Trend von *labour augmenting* zu *labour substituting* Technologien sichtbar (Autor und Salomons, 2018).

keit eher unwahrscheinlich.²⁰ Ob die kompensierenden Kräfte stark genug sein werden um das Verhältnis zwischen geleisteten Arbeitsstunden und arbeitsfähiger Bevölkerung konstant zu halten, lässt sich nicht beantworten. Die vergangenen Jahrzehnte zeigen allerdings keinen Anstieg der technologisch bedingten Arbeitslosigkeit, selbst wenn dieses Verhältnis abnimmt, rückzuführen auf einen Rückgang der durchschnittlichen Arbeitszeit (Vermeulen et al., 2018).

Es erscheint also am wahrscheinlichsten, dass eine neue Automatisierungstechnologie temporär zu einer höheren Arbeitslosigkeit führt, die Arbeitskräfte dann aber über die Kompensationsmechanismen wieder in den Arbeitsmarkt integriert werden, wobei die Geschwindigkeit und auch das Ausmaß dieser Reintegration maßgeblich davon abhängen, ob die Arbeitskräfte über die benötigten Kompetenzen verfügen (Vermeulen et al., 2018, Acemoglu und Restrepo, 2018c). Inmitten von Spekulationen sticht eine Aussage hervor, die neben Vermeulen et al. (2018) von diversen weiteren WissenschaftlerInnen geteilt wird und von den in dieser Arbeit behandelten Studien gestützt wird, nämlich das Bestehen von großen strukturellen Veränderungen am Arbeitsmarkt. Ein Bericht von Bain & Company (2018) versucht die Dimension des Wandels im Vergleich mit ähnlichen Ereignissen des 20. Jahrhunderts zu verdeutlichen. Demnach wurden im Zuge der landwirtschaftlichen Revolution von 1900 bis 1940 jährlich 1.2 Millionen Arbeitsplätze redundant. Ein Wert, der für die nächsten zwei Jahrzehnte mit 2.5 Millionen prognostiziert wird. Rückblickend wurden dabei in etwa 0.7 Millionen Arbeitskräfte jährlich in den Arbeitsmarkt reintegriert, was für die zukünftige Entwicklung eine negative Bilanz von 1.8 Millionen Arbeitskräften ergeben würde (Bain & Company, 2018). Selbst wenn sich die langfristige Entwicklung durch ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Substitution und Kompensation auszeichnet, bringt die bevorstehende Automatisierungswelle zumindest kurz- und mittelfristig große Veränderungen und Herausforderungen mit sich.

²⁰Bei steigenden Bevölkerungszahlen muss das gesamte Wirtschaftswachstum also höher sein als jener Anteil, der sich durch die steigende Produktivität ergibt.

3 Kompetenzen im Licht der Automatisierung

Im ersten Teil dieses Kapitels werden jene Eigenschaften der Automatisierung, die eine proaktive Strategie unentbehrlich machen, sowie die aktuelle Situation aufgezeigt. In weiterer Folge wird der allgemeine Zusammenhang zwischen dem technologischen Wandel, den Kompetenzen und dem Arbeitsmarkt besprochen, folgend wird näher auf die Kompetenzen eingegangen, Klassifikationen besprochen und der Stand der Literatur wiedergegeben.

3.1 Motivation

Während über die genauen Auswirkungen der Automatisierung nur gemutmaßt werden kann, scheint eine große strukturelle Umwälzung am Arbeitsmarkt unausweichlich. Arbeitskräfte werden ihre Berufe wechseln müssen oder zumindest einzelne neue Tätigkeiten zu Lasten alter aufnehmen. Die Geschwindigkeit, mit der sich diese Anpassung vollzieht, hängt an erster Stelle von dem Individuum selbst ab, der Bereitschaft, der Motivation, dem sozialen Status und der demografischen Zuordnung, allgemeiner auch von der Kompatibilität zwischen dem alten und neuen Beruf (World Economic Forum, 2017, PwC, 2018a, World Economic Forum, 2018b). Im Endeffekt geht es darum, dass die Menschen zur rechten Zeit über die benötigten Kompetenzen verfügen, sowohl unter jenen, die bereits im Berufsleben stehen, als auch unter Berufseinsteigern. Acemoglu und Restrepo (2018c) beschreiben die Anpassung der Kompetenzen als potentiellen Flaschenhals der Kompensationsmechanismen, deren Verzögerung zu einem permanenten Rückgang der Erwerbstätigenquote führen könnte. Vermeulen et al. (2018) spricht in diesem Zusammenhang sogar von einem Wettlauf zwischen dem technologischen Wandel und der Bereitstellung der notwendigen Kompetenzen.

Tätigkeiten und weiterführend auch Berufe sind direkt mit Kompetenzen verbunden. Un-

ter dieser Voraussetzung wird dem technologischen Wandel in Kapitel 2.4.2 das Potential zugeschrieben einen großen Beitrag zur Vertiefung von *skill gaps*, also der Diskrepanz zwischen den benötigten Kompetenzen und jenen die die ArbeiterInnen bereits besitzen, beizutragen.²¹ Die Dimension und Auswirkungen der *skill gaps* werden in den Kapiteln 3.1.1 und 3.1.2 besprochen, allerdings muss beachtet werden, dass weitere Faktoren maßgeblich für deren Existenz verantwortlich sind. Laut der im Auftrag des UK Department for Education 2017 durchgeführten Employer skills survey, sehen 76 Prozent der Befragten vorübergehende Faktoren, wie MitarbeiterInnen die ihre Rolle frisch übernommen haben oder ihr Training noch nicht abgeschlossen haben, als Hauptursache von *skill gaps*. Für die sogenannten transformierenden Faktoren wurde die selbige Einschätzung von 34 Prozent vertreten. Diese Kategorie umfasst neben dem technologischen Wandel, welcher von 19 Prozent der Befragten als Auslöser für *skill gaps* angeführt wurde, auch die Einführung von neuen Arbeitsmethoden oder die Entwicklung von neuen Produkten und Services. 28 Prozent haben Probleme MitarbeiterInnen mit den gewünschten Kompetenzen zu finden als Ursache genannt, was dem allgemeinen Gedanken dieser Arbeit, die Kompetenzwünsche der Unternehmen offen zu legen, zu Grunde liegt (Department for Education, 2018, S. 72-75).

3.1.1 Dimension

Verschiedene Gruppen und auch Länder befinden sich in unterschiedlichen Ausgangslagen um auf die zukünftigen Veränderungen am Arbeitsmarkt reagieren zu können. Die PIAAC-Studie der OECD hat gezeigt, dass die Zahl der erwachsenen Bevölkerung, die an Aus- und Weiterbildungsprogrammen teilnimmt, länderübergreifend zwischen 27 und 82 Prozent schwankt, und auch zwischen Alters- und Bildungsschichten eine große Varianz aufweist (World Economic Forum, 2017). Ein Bericht der OECD (2016a) weist auch auf die ungleiche Verteilung von IKT Kompetenzen zwischen Alters- und Bildungsschichten hin, wonach nur 10 Prozent der 55 bis 65 jährigen eine komplexe Tätigkeit, welche die Nutzung spezifischer digitaler Technologien benötigt, ausführen, gegenüber von 42 Prozent in der Altersgruppe der 25 bis 34-jährigen. Die Europäische Kommission (2015) hat in einem Bericht Daten betreffend der Erwachsenenbildung aus der Arbeitskräfteerhebung von Eurostat für das Jahr 2015 analysiert und gravierende Unterschiede zwischen Alters- und Bildungsschichten aufgezeigt. Demnach schwankt die Zahl der Er-

²¹Neben Faktoren die sich aus dem nicht Vorhandensein der Kompetenzen in adäquatem Ausmaß ergeben, kann auch ein *mismatch*, sowohl auf nationaler Ebene als auch auf der Unternehmensebene, einen Beitrag zu den *skill gaps* leisten (Burning Glass Technologies, 2018, S. 13-16).

wachsenen, die an Aus- und Weiterbildungen teilnehmen, zwischen 4.4, 8.8 und 18.8 Prozent für jene mit maximalem Abschluss der Sekundarstufe 1, Sekundarstufe 2 und der Tertiärstufe. Im Jahr 2017 ist sie für den untersten Bildungsbereich marginal auf 4.3 Prozent gefallen (Europäische Kommission, 2018). Die Daten decken sich auch mit den persönlichen Wahrnehmungen, wonach sich nur 57 Prozent aus der untersten Bildungsschicht gegenüber von 81 Prozent aus der obersten Bildungsschicht als lebenslange Lerner identifizieren (Pew Research Center, 2016).

Um einen reibungslosen Übergang zu ermöglichen, muss die Geschwindigkeit der Reintegration quer durch die Bevölkerung minimiert werden und dafür braucht es die proaktive Zusammenarbeit verschiedenster Institutionen (Bain & Company, 2018, S. 27-30, Goos, 2018, Bruckner et al., 2017, S. 37-43). Dies ist nicht nur eine Frage des gesellschaftlichen Zusammenhalts, sondern hat auch einen ökonomischen Aspekt, wenn die politischen Reaktionen zu einer Verzögerung oder einem Stopp der Automatisierung führen (Acemoglu und Restrepo, 2018a).

Aktuell besteht eine Diskrepanz zwischen den vorhandenen und benötigten Kompetenzen. Ein Trend, der ohne adäquate Planung zunehmen wird. Demnach haben 22 Prozent der Befragten der 2016 durchgeführten PIAAC Umfrage eine Überqualifizierung und 13 Prozent eine Unterqualifizierung angegeben, des Weiteren sind 40 Prozent außerhalb ihrer Fachrichtung tätig (OECD, 2016b, S.32). Dies wird auch von ArbeitgeberInnen wahrgenommen, demgemäß haben im Jahr 2016 40 Prozent der befragten HR ManagerInnen angegeben Probleme zu haben, adäquate Personen für die offenen Stellen zu finden. Im Jahr 2018 hat dieser Wert mit 45 Prozent den Höchstwert der letzten 12 Jahren erreicht (Manpower Group, 2016, 2018). Obwohl im Jahr 2016 63 Prozent der US-AmerikanerInnen in den vergangenen zwölf Monaten an Weiterbildungsmaßnahmen teilgenommen haben, sind die benötigten Kompetenzen trotzdem nur bedingt vorhanden (Pew Research Center, 2016). Daraus lässt sich schließen, dass sowohl die Reichweite als auch die Genauigkeit dieser Weiterbildungsprogramme verbessert werden muss. Ein genaues Verständnis über die Veränderung der Kompetenzen kann zu einer zielführenderen Gestaltung der Programme beitragen.

3.1.2 Auswirkungen

Auf nationaler Ebene könnten sich die *skill gaps* durch eine Abschwächung des BIP Wachstums finanziell bemerkbar machen. Laut einer Prognose von Accenture (2018),

könnten 14 G20 Mitglieder bis 2028 11.5 Trillionen US Dollar an BIP Wachstum einbüßen, wenn die durch neue Technologien benötigten Kompetenzen nicht vorhanden sind. Eine weitere mögliche Implikation ist die zunehmende Lohnungleichheit, dies wird in Kapitel 3.2 näher besprochen.

Auch bei Unternehmen sorgen die *skill gaps* für weitreichende finanzielle Einschnitte. Demnach haben HR Führungskräfte in einer 2016 und 2017 von der online Stellenbörse CareerBuilder durchgeführten Studie angegeben, dass Stellenausschreibungen, die über längere Zeit unbesetzt bleiben, im Durchschnitt jährlich mehr als 800 000 US Dollar in Anspruch nehmen.²² Die Auswirkungen reichen aber weit über den direkt messbaren finanziellen Aspekt hinaus, demnach haben Befragte der oben genannten Umfrage und jener des Department for Education (2018) folgende zusätzliche Punkte, in den angegebenen Prozentsätzen, genannt:

- Höhere Arbeitsbelastung für andere MitarbeiterInnen (51 Prozent)
- Geringere Produktivität (45 Prozent)
- Höhere Personalfuktuation (40 Prozent)
- Geringere Arbeitsmoral (39 Prozent)
- Geringere Qualität der Arbeit (37 Prozent)
- Verhinderung von Unternehmenswachstum (29 Prozent)
- Höhere Betriebskosten (27 Prozent)
- Einkommensverlust (26 Prozent)
- Probleme Qualitätsstandards einzuhalten (24 Prozent)
- Probleme neue Arbeitspraktiken einzuführen (23 Prozent)
- Verlust von Aufträgen an KonkurrentInnen (21 Prozent)
- Verzögerung bei der Entwicklung von neuen Produkten (17 Prozent)

²²<http://press.careerbuilder.com/2017-04-13-The-Skills-Gap-is-Costing-Companies-Nearly-1-Million-Annually-According-to-New-CareerBuilder-Survey>, letzter Aufruf 26.05.2019

3.2 Automatisierung, der Arbeitsmarkt und die Kompetenzen

Automatisierung und der Arbeitsmarkt

Eine Vielzahl an Studien haben die Hypothese des *skill-biased* technologischen Wandels bestärkt (Katz und Murphy, 1992, Berman et al., 1994, Machin und Van Reenen, 1998, Colecchia und Papaconstantinou, 1996, Autor et al., 1998, Acemoglu, 1998, Goldin und Katz, 2007). Laut dieser Hypothese erhöht der technologische Wandel die relative Produktivität von höher qualifizierten gegenüber niedrig qualifizierten Arbeitskräften, und damit auch deren Nachfrage. Wird dies nicht durch einen deckungsgleichen Anstieg des Angebots begleitet, so steigt das Einkommen dieser Gruppe und die Lohnungleichheit nimmt zu (Violante, 2016). Goldin und Katz (2007) konnten diesen Effekt zwar für den Zeitraum von 1980 bis 2005 nachweisen, jedoch ist das dahinterstehende Konzept zu kurz gegriffen, um die tatsächlichen Abläufe vollständig zu beschreiben.

Ein umfassenderes Konzept stellt die Polarisierung des Arbeitsmarktes dar, ein Begriff, der maßgeblich von Goos und Manning (2003) geprägt wurde und den Rückgang von mittel qualifizierten und bezahlten Arbeitsplätzen relativ zum Anstieg von hoch qualifizierten und bezahlten sowie niedrig qualifizierten und bezahlten Arbeitsplätzen beschreibt, also quasi einer Aushöhlung der Mittelklasse. In den vergangenen Jahren sind zahlreiche Papers erschienen, die diesen Effekt für verschiedene Länder nachgewiesen haben (Autor et al., 2006, 2008, Goos et al., 2014, Autor und Dorn, 2013, Michaels et al., 2014, Kurer und Gallego, 2019, Peugny, 2019). Dieser Trend wird durch ein Zusammenspiel von vielen Faktoren getragen, wie der Veränderung des Angebots an Arbeitskräften, Offshoring, der Globalisierung, dem Rückgang von Gewerkschaften, dem Mindestlohn und der Steuerpolitik. Das Ausmaß der einzelnen Einflüsse ist zwar schwer zu identifizieren, der technologische Wandel, im speziellen IKT, wird aber als ein Hauptfaktor betrachtet (Autor, 2015, Autor und Handel, 2013). Den Beitrag des technologischen Wandels an der Polarisierung beschreibt Autor (2015) wie folgt: es können nur jene Tätigkeiten automatisiert werden, die der Mensch in ihrer Gesamtheit verstanden hat und deren Ablauf in einem Code festgelegt wurde. Es handelt sich dabei um die in Kapitel 1.1.3 besprochenen Routinetätigkeiten. Diese Eigenschaft ist speziell für mittel klassifizierte manuelle und kognitive Tätigkeiten charakteristisch, wie die mathematischen Berechnungen von BuchhalterInnen oder kontrollierte physische Abläufe in der Produktion. Stark ausgeprägt war die Polarisierung ab 1990, wo auch die Zahl der niedrig qualifizierten

Arbeitsplätze zu wachsen begann, gefolgt von einer Verlagerung der oberen Qualifikationsgrenze der negativ betroffenen Arbeitsplätze (Autor et al., 2006, Autor, 2015).²³ Abgesehen von einem Rückgang des Wachstums an hoch qualifizierten Arbeitsplätzen zwischen 1999 und 2007, was Autor (2014a) auf den Rückgang von IKT Investments, bedingt durch das Platzen der Dotcom Blase, zurückführt, scheint der Trend stabil zu sein und sich weiter fortzusetzen. Aktuelle Trends und Prognosen über die Auswirkungen von Automatisierungstechnologien, genauer die Rolle der Kompensationsmechanismen, Steigerung der Produktivität und Entstehen neuer Arbeitsplätze, unterstützen diese Annahme.

Wie sich diese strukturellen Veränderungen auf die Löhne auswirken ist von dem Zusammenspiel aus Angebot und Nachfrage abhängig. Um in höher qualifizierten Berufen arbeiten zu können, muss eine Bildungslaufbahn durchlaufen werden. Dadurch ergibt sich eine Vorlaufzeit von fünf bis zehn Jahren, darüber hinaus reagieren nachkommende Arbeitskräfte nur sehr träge auf höhere erzielbare Löhne, beide Faktoren dämpfen das Wachstum des Angebots von höher qualifizierten Arbeitskräften (Autor, 2014b). Das Angebot an niedrig qualifizierten Arbeitskräften ist durch diese Faktoren nicht beschränkt, daher ist anzunehmen, dass die zusätzliche Nachfrage mehr als gedeckt wird, wodurch es zu einer Steigerung der Lohnungleichheit kommt. Ein weiterer Aspekt, der die Wichtigkeit einer arbeitsmarktorientierten Kompetenzverteilung verdeutlicht (Autor, 2015).

Automatisierung und die Kompetenzen

Ganz allgemein lässt sich sagen, dass jene Kompetenzen immer wichtiger werden, die zutiefst menschlich sind und von Maschinen nur schwer bis gar nicht reproduzierbar sind. Es macht also Sinn dort anzusetzen und auszubauen, wo die Menschheit einen komparativen Vorteil besitzt. Ausgehend von der inhärenten Eigenschaft von Computern, dass diese nur Tätigkeiten ausführen können, die zuvor vom Menschen komplett verstanden wurden, greift Autor (2014a) auf die Theorie von Michael Polanyi (1966) zurück, der sich mit jenem Teil des menschlichen Wissens auseinandersetzte, den wir unbewusst besitzen, aber nicht erklären können, und benennt diese Beschränkung als Polanyi's Paradoxon. Folglich sind also jene Kompetenzen, die wir nur implizit verstehen, Autor (2014a) führt als Beispiele Flexibilität, Urteilsvermögen und praktische Intelligenz an, die beste Waffe der Arbeitskräfte im Wettlauf mit den Maschinen. Deren Wichtigkeit basiert nicht nur

²³Besonders stark war dieses Wachstum im Dienstleistungssektor (Autor und Handel, 2013).

darauf, dass sie von den negativen Folgen der Automatisierung verschont bleiben, vielmehr bilden sie ein Komplementär zu den technischen Systemen und wachsen daher im Einklang miteinander (Autor, 2014a). In den letzten Jahren haben technologische Entwicklungen stattgefunden, die die allgemeine Gültigkeit dieses Konzepts in Frage stellen. In einem Bericht der National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2017) wird dies an Hand von selbstfahrenden Autos argumentiert, so können autonome Systeme ein Auto sicher durch den Straßenverkehr bringen, eine Tätigkeit die nur implizit verstanden wird. In einem weiterführenden Artikel gibt Autor (2015) zwei Möglichkeiten an, wie das Paradoxon aus seiner Sicht umgangen werden kann, das ist zum einen das maschinelle Lernen und zum anderen die adäquate Gestaltung der Umgebung, in die ein technisches System eingebettet ist.²⁴ Dieses Kapitel sollte einen ersten Eindruck vermitteln, wie sich die Automatisierung und die Kompetenzen gegenseitig beeinflussen, in den folgenden Abschnitten wird genauer auf die einzelnen Kompetenzen eingegangen.

3.3 Konzeptioneller Rahmen

In der Literatur lässt sich keine allgemein gültige Verwendung des Begriffes Fertigkeiten (*skills*) erkennen. Auch die Europäische Stiftung für Berufsbildung (ETF), eine Agentur der Europäischen Union (EU), merkt in einem Bericht an, dass kein geteiltes Verständnis existiert, und der Begriff Fertigkeiten verschieden angewendet wird (European Training Foundation, 2012). In dieser Arbeit wird nicht näher auf konkrete Klassifizierungen, wie unter anderem Fertigkeiten, Fähigkeiten oder persönliche Einstellung eingegangen, sondern über den Begriff Kompetenz ein allumfassender Zugang gewählt. Konkret wird dabei alles verstanden, was im O*NET Content Model enthalten ist, sowie etwaige in der Literatur angeführte Begrifflichkeiten.

Für den Begriff der Kompetenz gibt es unterschiedliche Auffassungen und Definitionen in der Fachliteratur. Ähnlich zu Röben, dessen Perspektive hauptsächlich auf der Definition der Kultusministerkonferenz (2000) beruht, wird in dieser Arbeit als Kompetenz die Bereitschaft, Motivation und Fähigkeit, sich in den entsprechenden Situationen sachgerecht, durchdacht und sozial verantwortlich zu verhalten, also das Vermögen auf eine Situation adäquat zu reagieren, verstanden (Röben, 2005, S. 247). Konkret wird dem

²⁴Bei der Steuerung eines Autos handelt es sich zwar aus der Sicht des Polyani's Paradoxon um implizites Wissen, nimmt man aber eine Definition des impliziten Wissens an sich, so wird hier von Neuweg (2005) unter anderem der Punkt der Nicht-Formalisierbarkeit angeführt, was für den Straßenverkehr in der heutigen Form nicht zutrifft, da der Ablauf klar durch Regelungen definiert ist.

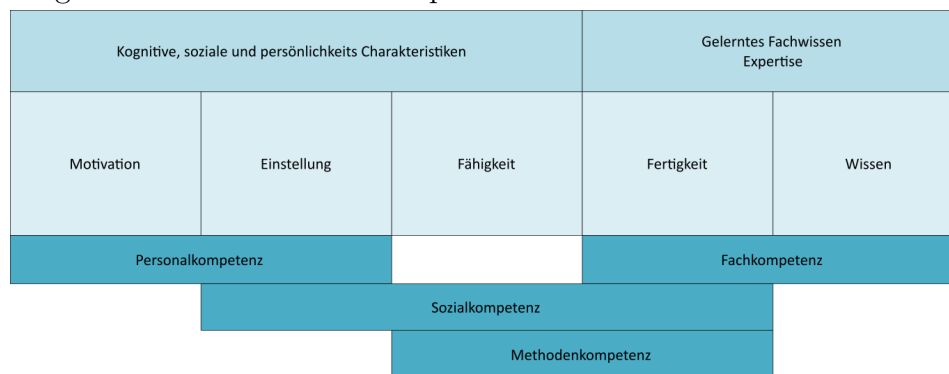
Beispiel von Hecklau et al. (2016) gefolgt, die bei einer ähnlichen Analyse Kompetenzen als die Fertigkeiten, Fähigkeiten, das Wissen und die Einstellung und Motivation, die ein Individuum braucht um berufsspezifische Tätigkeiten und Herausforderungen zufriedenstellend zu bewältigen, definieren. Im Gegensatz zu Qualifikationen lassen sich Kompetenzen nicht zertifizieren, sondern können nur evaluiert werden (Röben, 2005, S. 249).

Um die Ergebnisse der empirischen Arbeit besser interpretieren zu können und um etwaige größere Entwicklungen zu erkennen, wird, basierend auf den Arbeiten von Hecklau et al. (2016) und der Kultusministerkonferenz (2000), eine in der wissenschaftlichen Literatur weit verbreitete Trennung der Kompetenzen in vier Kategorien vorgenommen:

- **Fachkompetenz:** Das fachliche Wissen und Können, welches die zielorientierte, sachgerechte und methodenorientierte Lösung einer berufsspezifischen Tätigkeit ermöglicht.
- **Methodenkompetenz:** Alle Fertigkeiten und Fähigkeiten, mit deren Hilfe allgemeine Probleme gelöst und Entscheidungen getroffen werden können.
- **Sozialkompetenz:** Alle Fertigkeiten und Fähigkeiten, sowie die Einstellung um mit anderen zu kommunizieren und zu kooperieren.
- **Personalkompetenz:** Alle sozialen Werte, die persönliche Einstellung, sowie die Motivation eines Individuums.

Um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten und die oben genannten Klassifizierungen in geläufige Konzepte einzubetten, wird auf die Arbeit von Hecklau et al. (2017) zurückgegriffen, in Abbildung 4 ist der konzeptionelle Rahmen veranschaulicht.

Abbildung 4. Klassifikation der Kompetenzen basierend auf Hecklau et al. (2017).



3.4 21st Century Skills

Vor mehr als zwei Jahrzehnten wurde eine breite Debatte, getragen von dem Gedanken, dass der starke Fokus auf inhaltsbezogenes Lernen nicht mehr adäquat für eine sich rapide verändernde Welt ist, losgetreten, die bis heute geführt wird (Boss, 2019, Cuban, 2015). In der Literatur stößt man diesbezüglich immer wieder auf den Begriff *21st Century Skills*. Dieser wurde laut dem Glossary of Education Reform nie offiziell definiert, wird aber von verschiedenen Institutionen in ähnlichem Zusammenhang verwendet und bezieht sich auf die Kompetenzen, die von PädagogInnen, BildungsforscherInnen, ArbeitgeberInnen und anderen relevanten ExpertInnen als unabdingbar für den Erfolg im beruflichen und im akademischen Umfeld, aber auch darüber hinaus in allen anderen Bereichen des Lebens angesehen werden (National Research Council, 2011, S.11).²⁵ Um das allgemeine Verständnis zu fördern und Maßnahmen umsetzen zu können, wurden von verschiedenen Organisationen konkrete Konzepte erarbeitet, in denen die jeweiligen Vorstellungen von adäquater Bildung enthalten sind.²⁶ Den Anfang machte 1996 der UNESCO Dolores Report, in dem die Wichtigkeit des lebenslangen Lernens hervorgehoben wurde und weiterführend vier Säulen aufgestellt wurden, die auf fundamentaler Ebene die Richtungen des Lernens beschreiben (Power, 1997, Chu et al., 2017, S.18) Seitdem sind zahlreiche weitere solcher Rahmenkonzepte erschienen. Das laut Dede (2010) am weitesten verbreitete stammt von dem Partnership for 21st Century Learning (P21), das seit 2018 Teil der Nichtregierungsorganisation Battelle for Kids ist.²⁷ Rückblickend identifiziert das Gründungsmitglied Ken Kay drei Hauptphasen. Als erstes wurden alle

²⁵<https://www.edglossary.org/21st-century-skills/>, letzter Aufruf 30.04.2019

²⁶Weitere Konzepte, die im Text nicht erwähnt werden, können in der folgenden Literatur nachgeschlagen werden (Dede, 2010, Binkley et al., 2012, Chu et al., 2017, Lamb et al., 2017).

²⁷<http://www.battelleforkids.org/about-us>, letzter Aufruf 30.04.2019

Kompetenzen gesammelt, die wichtig für das 21. Jahrhundert sind, dann wurden diese in Überkategorien unterteilt, um sie einprägsamer und kommunizierbar zu machen, und aktuell wird es auf lokaler Ebene angepasst und übernommen (Boss, 2019). Das Partnership for 21st Century Learning (2019) gibt an, diesen konzeptuellen Rahmen kreiert zu haben um Lehrkräfte dabei zu unterstützen, die relevanten Kompetenzen durch ihre Lehrtätigkeit weiterzugeben. Das Modell ist in verschiedene Bereiche gegliedert. Zum einen gibt es die *key subjects*, deren Beherrschung kombiniert mit den *21st century themes* die Basis der Ausbildung darstellen. Im Kontext dieser Wissensvermittlung sollen aber noch andere Kompetenzen weitergegeben werden, gegliedert in *Learning and Innovation Skills*, *Life and Career Skills* und *Information, Media and Technology Skills*, eine genaue Aufschlüsselung ist in Tabelle 3 gegeben. Werden diese Elemente mit den entsprechenden Unterstützungssystemen gekoppelt, wie Normen, Bewertungen und Lernumfeld, sind SchülerInnen besser in den Lernprozess eingebunden und sind angemessener für die Arbeit und das Leben im 21. Jahrhundert ausgestattet (Partnership for 21st Century Learning, 2019).

Tabelle 3. Kompetenzen des 21. Jahrhunderts aus der Sicht des Partnership for 21st Century Learning (2019).

| Learning & Innovation Skills | Life & Career Skills | Information, Media & Technology Skills |
|------------------------------|--|--|
| Critical Thinking | Flexibility and Adaptability | Information Literacy |
| Communication | Initiative and Self-Direction | Media Literacy |
| Collaboration | Social and Cross-Cultural Skills | |
| Creativity | Productivity and Accountability Leadership and Responsibility | |

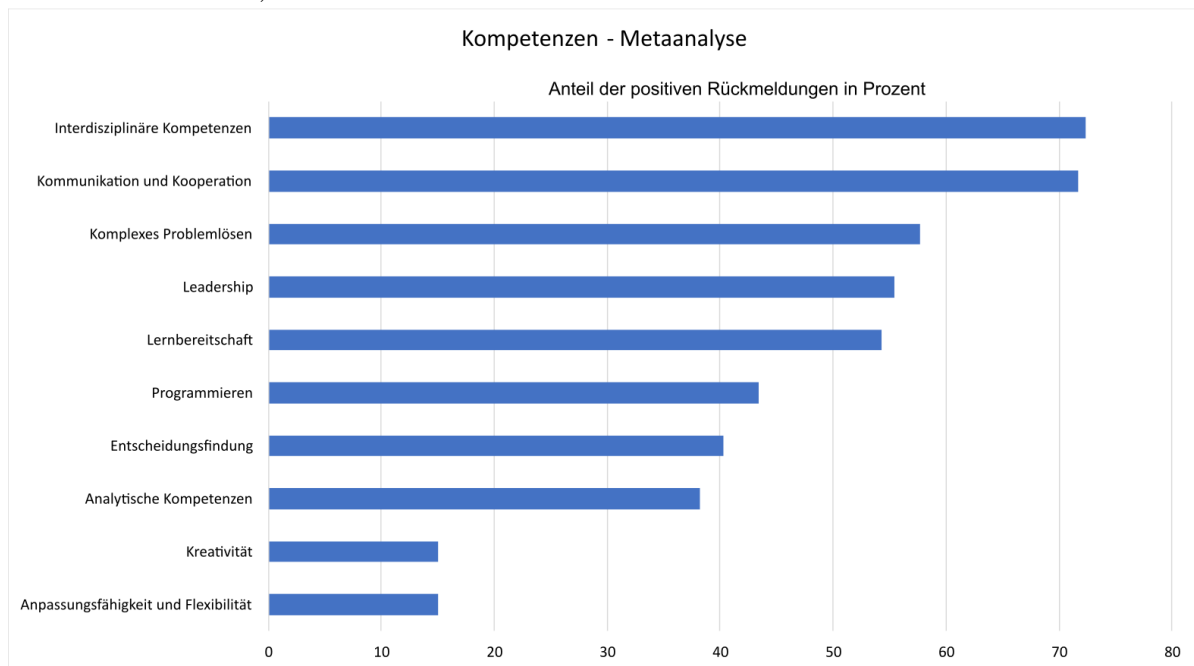
3.5 Stand des Wissens

Neben dem technologischen Wandel haben noch andere Aspekte wie die Globalisierung, das Offshoring, der Wandel der gesellschaftlichen Struktur und sich verändernde Geschäftsmodelle, Einfluss auf die Entwicklung des Kompetenzbedarfs (World Economic Forum, 2016, Bakhshi et al., 2017). In dieser Arbeit wird nur auf Ersteres eingegangen, wobei hierfür in der Literatur verschiedene Begrifflichkeiten verwendet werden, wie Digitalisierung, Industrie 4.0 oder IKT, die sich teilweise überschneiden. Studien mit unterschiedlichen Begrifflichkeiten werden gemeinsam interpretiert, unter der Annahme, dass die Befragungen allgemeine Trends widerspiegeln, wobei der Schwerpunkt der jeweiligen Daten klar gekennzeichnet wird. Wichtiger scheint hier die zeitliche Komponente, auf diese wird Rücksicht genommen. Die Resultate der im weiteren Verlauf behandelten Arbeiten werden an dieser Stelle nicht näher analysiert, fließen allerdings als Referenz in die Interpretation der in dieser Arbeit gesammelten Daten in Kapitel 4.3.3 ein.

Im Folgenden werden kumulative Daten, basierend auf der Metaanalyse von Hecklau et al. (2017), aus fünf quantitativen Studien, in denen EntscheidungsträgerInnen aus verschiedenen Unternehmen über ihre Einschätzung bezüglich der erwarteten Wichtigkeit von verschiedenen Kompetenzen befragt wurden, präsentiert und analysiert. Hintergründe zu den Daten sind im Anhang A1 in Tabelle A.1 dargelegt, hier soll vor allem der Zeitrahmen hervorgehoben werden. Die Umfragen wurden im Zeitraum von 2014 bis 2016, mit einem Horizont von fünf bis zehn Jahren, durchgeführt. Um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen, wurden die Kompetenzbezeichnungen den O*NET Bezeichnungen, sowie den in dieser Arbeit gewählten Bündeln im Anhang A2 in Tabelle A.2 gegenübergestellt.

In Abbildung 5 sind die prozentualen Werte veranschaulicht, welcher Anteil der Unternehmen, die nach der Entwicklung der Kompetenzen gefragt wurden, für die jeweiligen Kompetenzen angegeben haben, dass diese in Zukunft wichtiger werden. Sowohl interdisziplinäre Kompetenzen als auch Kommunikation und Kooperation führen mit knapp über 70 Prozent das Feld an. Bei Ersterem handelt es sich um einen sehr breit gefächerten Begriff, was mitunter auch einen Einfluss auf das Ergebnis hat. Mit 43 Prozent scheinen konkrete Kenntnisse im Programmieren auch sehr gefragt zu sein, dies deckt sich mit dem breiten Spektrum an Anwendungsgebieten, wie etwa der Entwicklung von mobilen Anwendungen oder der Programmierung von Robotern und der zunehmenden Digitali-

Abbildung 5. Prozentualer Anteil der befragten Unternehmen die die jeweilige Kompetenz für die Zukunft als wichtig erachten (Basierend auf Hecklau et al., 2017).



sierung der Industrie. Auffallend aber nicht überraschend ist auch, dass sich die Mehrzahl der Kompetenzen mit jenen aus dem P21 Kompetenzrahmen decken, wie Kreativität, Kommunikation und Kooperation, Anpassungsfähigkeit und Flexibilität, Leadership und auch das Programmieren enthalten in den Technologiefertigkeiten.

In einem Bericht des World Economic Forum (2018a), der als Ausgangspunkt für den empirischen Teil dieser Arbeit dient, wurde die Nachfrage nach Kompetenzen zwischen 2018 bis 2022 an Hand von umfassenden Unternehmensumfragen in auf- und absteigend gegliedert. Dafür wurden 315 Führungskräfte, hauptsächlich aus dem HR Bereich, mehrheitlich angestellt in internationalen Großkonzernen, die in verschiedenen Wirtschaftssektoren tätig sind, befragt. Das Ergebnis ist in Tabelle 4 dargestellt, und analog zu der Arbeit, aus der sie entnommen wurden, in auf- und absteigend gegliedert. Für beide Kategorien sind nur die ersten zehn Kompetenzen angegeben.

Alle bis jetzt in diesem Kapitel behandelten Studien erhalten ihre Daten aus Umfragen mit AnsprechpartnerInnen aus Unternehmen. Bakhshi et al. (2017) haben einen anderen Weg gewählt. Um, unter anderem, festzustellen welche Kompetenzen in Zukunft wichtiger werden, haben sie drei Schritte durchlaufen. Zu Beginn wurden wichtige Trends mit

Tabelle 4. Prognose der Kompetenzentwicklung bis 2022 (Adaptiert aus World Economic Forum, 2018a).

| Aufsteigend | Absteigend |
|---|---|
| Analytisches Denken und Innovation | Physische Geschicklichkeit und Stärke, Ausdauer und Präzision |
| Aktives Lernen und Lernstrategien | Gedächtnis, verbale, akustische und räumliche Fähigkeiten |
| Kreativität, Originalität, Innovativität und Initiative | Management von Finanz- und Materialressourcen |
| Technologiedesign und Programmieren | Installations- und Wartungsarbeiten |
| Kritisches Denken und Analysieren | Lesen, Schreiben, Mathematik und aktives Zuhören |
| Komplexes Problemlösen | Personalmanagement |
| Leadership und sozialer Einfluss | Qualitätskontrolle und Sicherheitsbewusstsein |
| Emotionale Intelligenz | Koordination und Zeitmanagement |
| Schlussfolgerung, Problemlösung und Ide- enfindung | Visuelle, akustische und sprachliche Fähigkeiten |
| Analysieren und Evaluieren von Systemen | Benutzung, Monitoring und Kontrolle von Technologien |

Tabelle 5. Korrelation zwischen der prognostizierten quantitativen Änderung der Berufe und den Kompetenzen bis 2030 (Adaptiert aus Bakhshi et al., 2017).

| Nr. | O*NET Bezeichnung | Übersetzung | Korrelation |
|-----|------------------------------|------------------------------------|-------------|
| 1 | Judgment and Decision-Making | Urteils- und Entscheidungsvermögen | 0.752 |
| 2 | Fluency of Ideas | Generierung von Ideen | 0.732 |
| 3 | Active Learning | Aktives Lernen | 0.721 |
| 4 | Learning Strategies | Lernstrategien | 0.715 |
| 5 | Originality Abilities | Originalität | 0.710 |
| 6 | Systems Evaluation | Systemevaluation | 0.703 |
| 7 | Deductive Reasoning | Deduktive Schlussfolgerung | 0.672 |
| 8 | Complex Problem Solving | Komplexes Problemlösen | 0.671 |
| 9 | Systems Analysis | Systemanalyse | 0.670 |
| 10 | Monitoring | Kontrolle | 0.663 |
| 11 | Critical Thinking | Kritisches Denken | 0.658 |
| 21 | Social Perceptiveness | Soziales Wahrnehmungsvermögen | 0.556 |
| 56 | Service Orientation | Serviceorientierung | 0.379 |
| 58 | Programming | Programmieren | 0.337 |

Einfluss auf den Arbeitsmarkt identifiziert und gemeinsam mit detaillierten Informationen über die einzelnen Berufe aufbereitet, als Informationsbasis für die im nächsten Schritt abgehaltenen Workshops. Dabei wurden ExpertInnen aus der Industrie, der Regierung, der Wissenschaft und aus dem sozialen Sektor damit beauftragt, die Berufe, basierend auf ihrer persönlichen Einschätzung der quantitativen Entwicklung zu bewerten. Dies wurde durch einen Algorithmus unterstützt, der dann in einem letzten Schritt, basierend auf den jeweiligen berufsspezifischen Fertigkeiten, Fähigkeiten und Wissen Vorhersagen für jeden Beruf getroffen hat. Damit ist ein Zusammenhang zwischen den erwarteten Veränderungen der Berufe und den zugrundeliegenden Kompetenzen gegeben. Die Studie basiert auf den Daten von O*NET, wobei als Kompetenzen nur die Fertigkeiten, Fähigkeiten und das Wissen genommen wurden (Bakhshi et al., 2017).²⁸ In Tabelle 5 ist ein Ausschnitt aus den Ergebnissen zusammengefasst. Dabei wurden die zehn wichtigsten Kompetenzen, sowie weitere, die in der vorliegenden Arbeit analysiert werden, entnommen, in das Deutsche übersetzt und mitsamt der jeweilige Korrelation übertragen. Der Wertebereich erstreckt sich von minus bis plus eins, was den Ausschlag der Korrelation mit den zuvor gebildeten Klassifizierungen der Berufsgruppen, in abnehmende, gleichbleibende und zunehmende Relevanz, abbildet.

²⁸Einige Kompetenzen die in anderen Studien genannt werden, werden daher hier nicht beachtet, da O*NET eine andere Klassifizierung dafür verwendet. So kommt zum Beispiel Anpassungsfähigkeit und Flexibilität nicht vor, da dies als *work style* kategorisiert ist.

4 Quantitative Befragung

4.1 Hintergrund & Ziele

Die folgende nicht-repräsentative empirische Arbeit knüpft an den Daten an, die in einem Bericht des World Economic Forum (2018a) veröffentlicht wurden, mit dem Ziel, das Wissen über den Einfluss der Automatisierung auf die Kompetenzanforderungen zu erweitern. Prognosen für die nahe und mittlere Zukunft, sowie die Wichtigkeit eines raschen, durchdachten Handelns, das auf konkreten Daten und Fakten basiert, wurde bereits in Kapitel 1 angeschnitten und in den folgenden Kapiteln ausführlich behandelt. In Kapitel 2 wurde zunächst allgemein das Wesen des technologischen Wandels der letzten Jahrzehnte analysiert und ausgehend davon Rückschlüsse auf kommende Entwicklungen gezogen. Weitergehend wurden in Kapitel 3 verschiedene Studien und Konzepte präsentiert, die entweder aus einer ganzheitlichen Perspektive alle Kompetenzen, die für ein erfolgreiches Leben im 21. Jahrhundert benötigt werden, abhandeln, oder die durch technologischen Wandel bedingte Trends mittels Umfragen sichtbar machen. Dadurch zeigt sich, wie sich diese Arbeit positioniert und wo sie anknüpft, zudem ermöglicht die Vergleichbarkeit eine zusätzliche Ebene der Interpretation der erhobenen Daten.

Wie in den Kapiteln 2.4.1 und 2.4.2 genau ausgeführt, werden die bevorstehenden Veränderungen, aller Wahrscheinlichkeit nach, den Faktor Mensch als Betriebsmittel nicht überflüssig machen, zufolge einer Analyse von Chui et al. (2015) sind weniger als fünf Prozent der Berufe komplett automatisierbar. Es wird jedoch zu einer wachsenden Diskrepanz zwischen vorhandenen und benötigten Kompetenzen kommen (Stephens, 2017). Die Geschichte lehrt uns, dass ein tiefgreifender technologischer Wandel, auf den nicht proaktiv reagiert wird, kurz- und mittelfristig fatale Auswirkungen auf die negativ betroffene Gruppe einer Gesellschaft hat. Doch eine wirkungsvolle Strategie kann nur dann entwickelt werden, wenn eine Basis von umfassenden Informationen vorhanden ist. Die folgende Arbeit hat den Anspruch, einen Teil dazu beizutragen. Ziel dieser Studie ist eine Erweiterung des Wissensstandes, sowohl im Hinblick auf die prognosti-

zierte Veränderung des Kompetenzbedarfs als auch bezüglich den konkreten Strategien auf die Unternehmen setzen, um mit der Veränderung umgehen zu können. Der Fokus liegt dabei auf mittelständische Unternehmen mit Hauptsitz in Österreich, als Informationsquelle dienen die Einschätzungen von HR-Fachleuten und Führungskräften, mit einem zeitlichen Horizont bis 2024. Damit wird die Datengrundlage erweitert, auf der weiterführende Forschung basiert, zum Beispiel die Planung und Gestaltung von Aus- und Weiterbildungsprogrammen.

4.2 Methode

4.2.1 Auswahl der Kompetenzen

Die ausgewählten Kompetenzen basieren auf der gleichnamigen Datenbank des Occupational Information Network Programms des US-amerikanischen Arbeitsministeriums. Die O*NET Datenbank setzt sich aus zwei Hauptkomponenten zusammen, das ist zum einen das O*NET Content Model, welches alle berufsrelevanten Charakteristiken, wie Kompetenzen oder Erfahrungen, beinhaltet, und zum anderen die O*NET-SOC taxonomy, welche basierend auf dem SOC System 947 Berufe enthält. Aus Befragungen von ArbeitnehmerInnen werden die notwendigen Daten gewonnen, die diese zwei Komponenten miteinander verbinden.²⁹ Genauer gesagt basiert die vorliegende Arbeit also auf dem O*NET Content Model. Dabei wurden nur die relevanten Begrifflichkeiten übernommen, des Weiteren wurden, um das Verständnis und die Übersicht zu erleichtern, bedeutungsähnliche Gruppierungen, größtenteils basierend auf der Arbeit des World Economic Forum (2018a), gebildet. Die englischen Begriffe wurden vom Autor ins Deutsche übersetzt. Diese Auswahl ermöglicht eine direkte Vergleichbarkeit der erhobenen Daten mit jenen des World Economic Forum (2018a), und erweitert dieses Datenset insofern, als dass länderspezifische Daten aus Österreich, welche in der ursprünglichen Arbeit nicht erhoben wurden, bereitgestellt werden. Durch die Orientierung an den Klassifizierungen von O*NET ist darüber hinaus die allgemeine Vergleichbarkeit sichergestellt, ein Aspekt, der in weiten Teilen der Literatur nicht vorhanden ist, außerdem ist dadurch ein hohes Maß an Transparenz gewährleistet. Die in der Umfrage verwendeten Kompetenzen, Erklärungen und konkreten Fragestellungen, sowie die korrespondierenden O*NET Bezeichnungen, sowie die dort bestehende Klassifikation und Definition sind in der Tabelle B.1 im Anhang B angeführt.

²⁹<https://www.onetonline.org>, letzter Aufruf 24. November 2018

4.2.2 Auswahl der Wirtschaftszweige

Aus unterschiedlichen Gründen wurde als zu analysierender Wirtschaftszweig das verarbeitende Gewerbe gewählt. Im Wesentlichen geht es bei dieser Umfrage darum, einen möglichen Trend der Auswirkungen der Automatisierung auf die Kompetenzanforderungen sichtbar zu machen. Es scheint sinnvoll einen Sektor zu wählen, der sich bereits durch die Automatisierung transformiert hat und diesen Prozess in der Zukunft voraussichtlich intensivieren wird. Damit Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen optimal gestaltet werden können, werden diese Informationen allerdings für alle Sektoren und Berufe benötigt. Eine Analyse von Cunningham und Villaseñor (2014) hat allerdings gezeigt, dass sich Unterschiede zwischen dem Service- und Industriesektor nur in der quantitativen Verteilung, nicht aber in der gesamtheitlichen Zusammensetzung widerspiegeln. Um diese Unterschiede statistisch nachweisen zu können, bedarf es Umfragen mit einem großen Umfang, dies lässt sich im Zuge dieser Arbeit nicht realisieren. In vielen Bereichen wird die Automatisierung in den kommenden Jahren nur bedingt Einzug halten, dort scheint es sinnvoller, die tatsächlichen Kompetenzanforderungen zu ermitteln. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick darüber gegeben, was in dieser Arbeit unter dem verarbeitenden Gewerbe verstanden wird und wie es sich abgrenzt, des Weiteren werden die Auswahlkriterien näher erläutert. Als Fundament dient die Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ 2008) des statistischen Bundesamtes der Bundesrepublik Deutschland (Statistisches Bundesamt, 2008).

Das Statistische Bundesamt definiert das verarbeitende Gewerbe als „[...] *die mechanische, physikalische oder chemische Umwandlung von Stoffen oder Teilen in Waren.*“ (Statistisches Bundesamt, 2008). Dies können sowohl Endprodukte als auch Zwischenprodukte sein. Die einzelnen Teile müssen nicht aus der eigenen Produktion stammen, daher fällt auch der Zusammenbau in das verarbeitende Gewerbe. Die Umwandlung von Abfall zu Sekundärrohstoffen, also das Recycling, fällt nicht in diese Kategorie (Statistisches Bundesamt, 2008). In vielen Fällen ist die Forschung und Entwicklung ein zentraler Bestandteil eines verarbeitenden Unternehmens, um konkurrenzfähig zu bleiben und die Kunden zu einem Neukauf zu bewegen. Da die beiden Bereiche stark miteinander verknüpft sind, und der Autor davon ausgeht, dass sich viele Human Resource SpezialistInnen mit beiden beschäftigen, werden sie in dieser Arbeit in einem Cluster zusammengefasst. Dadurch wird eine Veranschaulichung der unternehmensinternen Veränderungen auf einer makroskopischen Ebene ermöglicht. Die Forschung und Entwicklung lässt sich in drei Bereiche einteilen, die Grundlagenforschung, die angewandte Forschung und die

experimentelle Forschung, wobei für verarbeitende Unternehmen hauptsächlich die letzten beiden relevant sind. Sie sind charakterisiert durch Wissenszuwachs und Anwendung dieses Wissens, mit einem dahinter liegenden praktischen Ziel (Statistisches Bundesamt, 2008).

Mehrere aktuelle Studien prognostizieren, dass die Automatisierung große Auswirkungen auf die verarbeitende Industrie haben wird (PwC, 2018a, Frey und Osborne, 2015, Chang und Huynh, 2016, Nagl et al., 2017). In den Prognosen des U.S. Bureau of Labor Statistics (BLS) bezüglich der Entwicklung der Arbeit in den USA in der Periode 2016 bis 2026, wurde unter anderem die Entwicklung der gesamten Anzahl an Arbeitsplätzen in unterschiedlichen Wirtschaftszweigen analysiert und aufbereitet. Für das verarbeitende Gewerbe wird ein Rückgang von 736.000 Jobs erwartet, was mit -0.6 Prozent den prozentual größten Wert unter allen Wirtschaftssektoren ausmacht, von denen nur zwei andere ein negatives Wachstum aufweisen. Die Gründe sind natürlich vielfältig, aber die Automatisierung wurde von den Autoren der Studie als ein Hauptgrund identifiziert (Lacey et al., 2017). Darüber hinaus zählt dieser Sektor 606.000 Beschäftigte in Österreich im Jahr 2018, und bietet daher 16 Prozent der arbeitenden Bevölkerung einen Arbeitsplatz.³⁰

4.2.3 Auswahl der Unternehmen & UmfrageteilnehmerInnen

Der Fokus dieser Studie liegt auf österreichischen mittelständischen Unternehmen. Als UmfrageteilnehmerInnen dienen HR-MitarbeiterInnen und Führungskräfte, also jene Personen die einen guten Überblick über das Gesamtunternehmen haben. In der Umfrage wird explizit darauf hingewiesen, dass persönliche Einschätzungen, die sich aus der jeweiligen Rolle im Unternehmen, im Hinblick auf das Gesamtunternehmen, ergeben haben, anzugeben sind. Bewertet also eine HR-MitarbeiterIn die Wichtigkeit von emotionalen und sozialen Kompetenzen, bezieht sie sich auf Erfahrungen in der Einstellung und Entwicklung von MitarbeiterInnen in jenem Unternehmen, in dem sie aktuell tätig ist, gibt aber dennoch eine subjektive Einschätzung ab.

Die konkreten AnsprechpartnerInnen wurden wie folgt ausgewählt. In einem ersten Schritt wurde eine Liste mit potentiellen Unternehmen erstellt, die die Kriterien Stand-

³⁰<http://https://www.wko.at/service/zahlen-daten-fakten/branchen-ueberblickstabellen.html>, WKO Statistik, letzter Aufruf 5. Dezember 2018

ort in Österreich, verarbeitendes Gewerbe und mittelständisch erfüllen, die im Laufe der Datenerhebung stetig erweitert wurde. Abgesehen von den oben genannten Kriterien lag die Auswahl rein im Ermessen des Autors und basierte mehrheitlich auf dem Firmenverzeichnis der Wirtschaftskammer Österreich (WKO), wobei auch andere digitale Quellen herangezogen wurden. Dadurch sind höchstwahrscheinlich Unternehmen, die auf ihr digitales Image achten, überrepräsentiert. Mit diesen Unternehmen wurde über die Vermittlung telefonisch Kontakt aufgenommen, das Anliegen erklärt und gebeten, mit einer verantwortlichen Person aus der Personalabteilung verbunden zu werden. Als Reaktion wurde entweder die Auskunft gegeben, dass das Unternehmen an keinen Umfragen teilnimmt, oder angeboten eine E-Mail mit näheren Informationen an die zuständige Person weiterzuleiten, oder eine Verbindung mit der Personalabteilung hergestellt. Im Gespräch mit den potentiellen UmfrageteilnehmerInnen wurde zuerst das Anliegen und der Hintergrund der Umfrage kurz erklärt und bei Interesse die Kontaktdaten aufgenommen. Eine E-Mail, basierend auf der in Anhang C1 dargelegten Vorlage wurde dann an die entsprechende Person gesendet. Darüber hinaus wurde auch direkt über online ausgeschriebene E-Mail Adressen Kontakt aufgenommen.

4.2.4 Aufbau der Umfrage

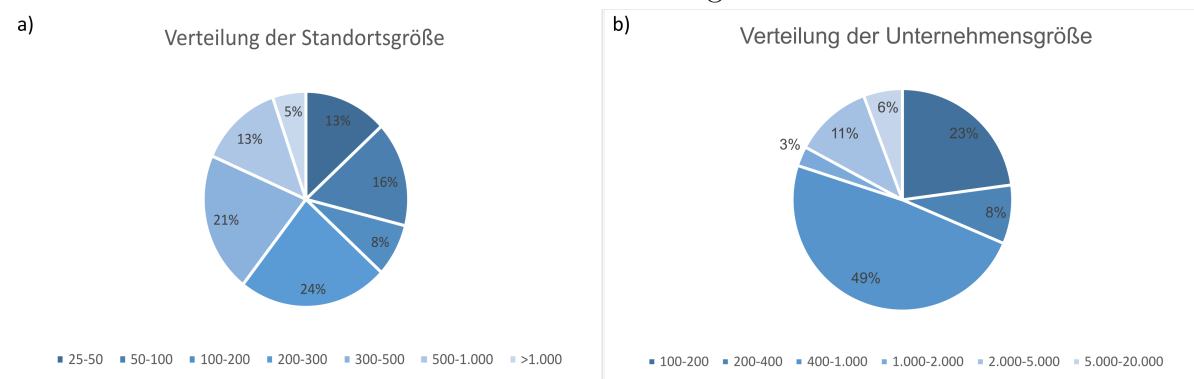
Bei der Umfrage handelt es sich um einen digitalen Fragebogen, der mit Google Forms erstellt wurde. Er besteht aus drei Abschnitten. Im ersten Abschnitt werden allgemeine Informationen über die UmfragepartnerIn und das Unternehmen erhoben. Im zweiten Abschnitt geht es um die Entwicklung des Kompetenzbedarfs bis 2024, bei dem zuerst die persönliche Einschätzung wie gut man über die Kompetenzanforderungen an seine MitarbeiterInnen, in den Jahren 2019 und 2024, Bescheid weiß. Die einzelnen Felder enthalten zu Beginn die jeweilige Kompetenz, direkt darunter befindet sich eine kurze Erklärung, gefolgt von der konkreten Fragestellung und den Abschluss machen zwei Skalen, eine für den Stand von 2019 und eine für 2024, auf denen eine Bewertung zwischen eins und sieben abgegeben werden kann. Im dritten Abschnitt sind acht Strategien, mit denen auf die Veränderung des Kompetenzbedarfs reagiert werden kann, gegeben. Unter jeder befindet sich eine Skala, auf der von eins bis sieben die Wichtigkeit dieser einzelnen Strategien für das jeweilige Unternehmen angegeben werden kann. Die grobe Struktur, sowie die zusätzlichen Informationen der einzelnen Abschnitte, sind in Anhang C2 angeführt.

4.3 Ergebnisse

4.3.1 Demografische Daten

An der Umfrage haben 41 Personen teilgenommen, wobei drei davon bei der Auswertung nicht berücksichtigt wurden, da sie die Studie nicht ernsthaft ausgefüllt haben, was zu einem Umfang von 38 Personen führt.

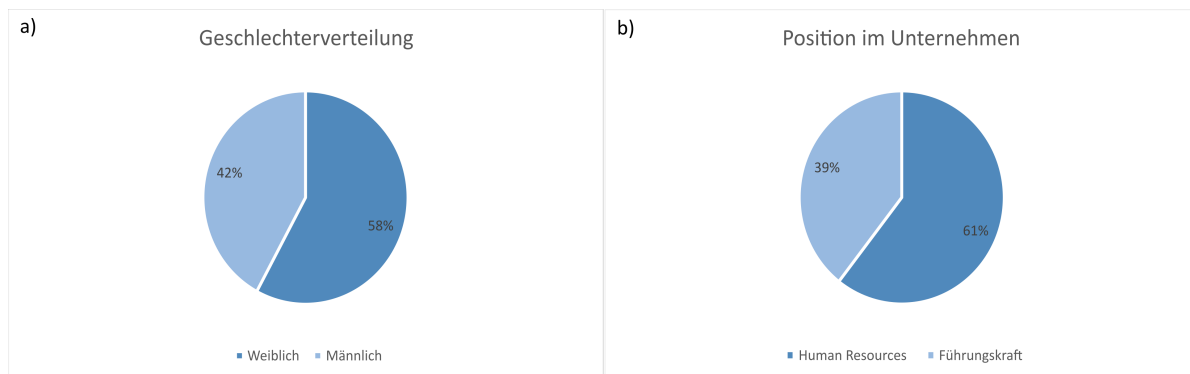
Abbildung 6. Die Größe des a) Standortes und b) Gesamtunternehmens nach der Anzahl an MitarbeiterInnen. Die Werte sind gerundet in Prozent.



Alle TeilnehmerInnen der Umfrage sind in einem Unternehmensstandort in Österreich tätig, die Größenverteilung ist in Abbildung 6a dargestellt. Mit 82 Prozent bewegt sich der Hauptteil in einer Größenordnung zwischen 25 und 500 MitarbeiterInnen, 37 Prozent haben weniger als 200 MitarbeiterInnen beschäftigt und fünf Prozent mehr als 1.000. Bis auf vier Unternehmen haben alle weitere Standorte im In- und Ausland, die Gesamtgröße ist in Abbildung 6b abgebildet. Die am stärksten repräsentierte Spanne sind hier 400 bis 1.000 MitarbeiterInnen mit 49 Prozent, und 80 Prozent der Unternehmen fallen in die Kategorie 100 bis 1.000. Der angedachte Fokus auf mittelständischen Unternehmen spiegelt sich in diesen Daten wider. Von den 38 Befragten sind 58 Prozent weiblich und 42 Prozent männlich, dies ist in Abbildung 7a visualisiert. In der Abbildung 7b sind die Positionen der InterviewteilnehmerInnen dargestellt, wobei 61 Prozent angegeben haben im Bereich Human Resources tätig zu sein, der Rest in verschiedenen Führungspositionen, wie BetriebsleiterIn oder WerksleiterIn.

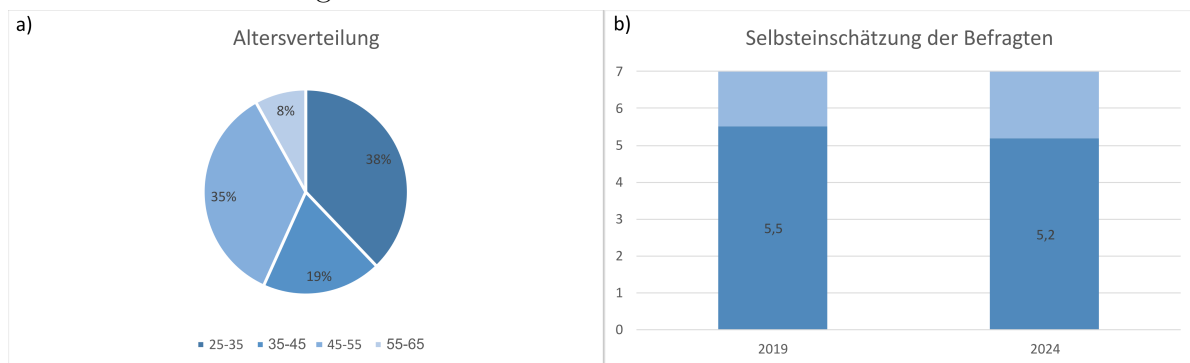
Die Verteilung des Alters kann der Abbildung 8a entnommen werden, die Mehrheit der Befragten ist zwischen 25 und 35 sowie 45 und 55 Jahre alt. Um die Aussagekraft der Daten besser einschätzen zu können, wurden die UmfragepartnerInnen gebeten, sich

Abbildung 7. Einteilung der UmfrageteilnehmerInnen nach a) Geschlecht und b) Position im Unternehmen.



selbst auf einer Skala von eins bis sieben einzuschätzen, wie gut sie über die Kompetanzanforderungen im Jahr 2019 Bescheid wissen und wie zuversichtlich sie über ihre Prognose im Jahr 2024 sind. In Abbildung 8b sind die durchschnittlichen Werte dargestellt, welche für 2019 5,5 und für 2024 5,2 betragen. Dies zeigt zum einen, dass sich die TeilnehmerInnen relativ sicher bezüglich ihren Einschätzungen sind, und zum anderen, erstaunlicherweise, nur eine Diskrepanz von 0,3 zwischen der aktuellen Situation und der Prognose. Das deutete darauf hin, dass der gesetzte fünfjährige Zeithorizont im Bezug auf die Vorhersagbarkeit sinnvoll gewählt wurde.

Abbildung 8. Einteilung der UmfrageteilnehmerInnen nach a) Alter und b) Selbsteinschätzung.

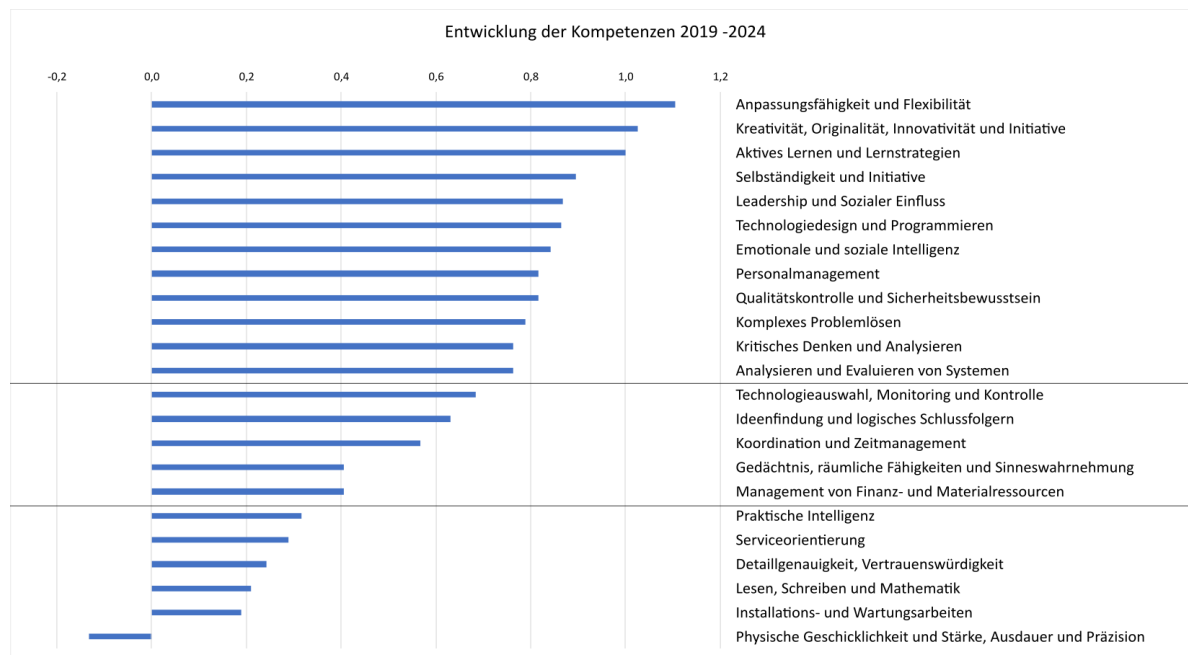


4.3.2 Entwicklung der Kompetenzen

Interpretation der Umfrage

Im folgenden Kapitel wird die Prognose der Kompetenzentwicklungen präsentiert und analysiert, sowie mit der Literatur verglichen.³¹ Eine direkte Gegenüberstellung mit dem World Economic Forum (2018a) und Bakhshi et al. (2017) ist in Tabelle 6 gegeben. Die prognostizierte Kompetenzentwicklung ist in Abbildung 9 grafisch dargestellt. Um die Vergleichbarkeit mit dem World Economic Forum (2018a) zu erhöhen, wurden drei Bereiche, zunehmende, gleichbleibende und abnehmende Wichtigkeit, gebildet, diese sind durch die horizontalen Linien gekennzeichnet. In Anhang D wird diese Einteilung genau beschrieben.

Abbildung 9. Prognostizierte Veränderung der Kompetenzen dargestellt durch die Differenz der Mittelwerte von 2019 und 2024.



In der Abbildung 9 ist die prognostizierte Entwicklung der einzelnen Kompetenzen aufgelistet. Die Spitze bildet die Anpassungsfähigkeit und Flexibilität, eine Kompetenz die auch Teil des P21 Modells ist. Laut der Metaanalyse wird ihr zwar eine steigende Wichtigkeit prognostiziert, aber weitaus weniger ausgeprägt als dies in der vorliegenden

³¹Falls nicht näher spezifiziert, sind mit Literatur in diesem Kapitel die in den Kapiteln 3.4 und 3.5 besprochenen Arbeiten gemeint.

Arbeit der Fall ist. In den Studien von Bakhshi et al. (2017) und dem World Economic Forum (2018a) wird diese Kompetenz nicht analysiert. Dies deutet darauf hin, dass die Relevanz dieser Kompetenz in der Literatur unterschätzt wird. Dicht darauf folgt aktives Lernen und Lernstrategien, eine Kompetenz die in der Literatur durchgehend hohen Anklang findet, die Umfrage des World Economic Forum (2018a) reiht sie auf den zweiten Platz der aufsteigenden Kompetenzen. Auch fernab von empirischen Untersuchungen findet das lebenslange Lernen breiten Anklang. Dementsprechend weist auch die Europäische Kommission auf dessen Wichtigkeit hin, merkt aber an, dass die Teilnahme von Erwachsenen an institutionalisierten Lernaktivitäten in den letzten Jahrzehnten stagnierte (Europäische Kommission, 2018, S. 63). Kreativität, Originalität, Innovativität und Initiative sowie Leadership und sozialer Einfluss als Kompetenzen mit steigender Bedeutung deckt sich mit der Literatur. Anders sieht es für Selbstständigkeit und Initiative aus, eine Kompetenz, der die TeilnehmerInnen dieser Umfrage eine durchaus starke Steigerung der Relevanz prognostizieren, die aber in der Literatur, abgesehen vom Bericht des World Economic Forum (2018a) wo die Initiative im Bündel mit Kreativität, Originalität und Innovativität geführt wird, nicht analysiert wird. Wenig überraschend wird auch dem Technolagedesign und Programmieren eine steigende Signifikanz zugesprochen, dies deckt sich mit der Literatur, und entspricht dem Wesen des technologischen Wandels. Was allerdings heraussticht ist sowohl das Personalmanagement als auch die Qualitätskontrolle und das Sicherheitsbewusstsein, Kompetenzbündel die in der Studie des World Economic Forum (2018a) beide als absteigend geführt werden. In totalen Werten, die in Tabelle 7 ersichtlich sind, nimmt die Kompetenz Qualitätskontrolle und Sicherheitsbewusstsein sogar den ersten Platz ein. Dies ist am ehesten durch den Fokus auf mittelständische Unternehmen zu erklären, bei denen im Gegensatz zu den Großkonzernen, die für die Studie des World Economic Forum (2018a) befragt wurden, die Anziehung von qualifiziertem Personal, und im verarbeitenden Gewerbe ist der technologische Wandel *skill-biased*, als große Herausforderung sehen. Dies wird erschwert durch den Faktor des Standorts, der sich für die Mehrheit der für die Umfrage kontaktierten Unternehmen im ländlichen Raum befindet. Ähnliches gilt für Qualitätskontrolle und Sicherheitsbewusstsein, das im Empfinden von mittelständischen Unternehmen, wo die Führungskräfte mitunter noch stärker mit dem Produkt verbunden sind, aktuell schon große Relevanz hat, und durch eine zunehmende Komplexität der Fertigungsprozesse noch wichtiger wird. Mittelständische Unternehmen definieren sich gewissermaßen über die Qualität, um die Preissensitivität der Kunden zu verringern und damit dem intensiven Preiswettbewerb zu umgehen (Weber, 2013, S. 110). Dem komplexen Problemlösen

wird durchwegs eine steigende Signifikanz prognostiziert, in der Metaanalyse nimmt es mit 58 Prozent den dritten Platz ein. In dieser Arbeit liegt es mit Platz zehn im mittleren Feld, befindet sich in der Kategorie mit zunehmender Relevanz und ein Blick auf Tabelle 7 zeigt darüber hinaus den hohen Stellenwert in der allgemeinen Wahrnehmung. In der Arbeit von Bakhshi et al. (2017), in der die Entwicklung der Kompetenzen basierend auf der prognostizierten Entwicklung von Berufen evaluiert wird, ist vor allem die Relevanz von Systemdenken hervorgehoben, das dort basierend auf der O*NET Definition als die Fähigkeit soziotechnische Systeme zu verstehen und darauf basierend adäquate Handlungen abzuleiten beschrieben wird. Im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit hat das Analysieren und Evaluieren von Systemen dort einen sehr hohen Stellenwert. Die in dieser Arbeit gefundene Einschätzung entspricht allerdings jener des World Economic Forum (2018a), was darauf hindeutet, dass diese Kompetenz in der Öffentlichkeit anders wahrgenommen wird. Die abnehmende Relevanz von Detailgenauigkeit und Vertrauenswürdigkeit kann diese erwartete Diskrepanz stärken, tritt sie doch gewissermaßen als Gegenstück zur ganzheitlichen Betrachtungsweise des Systemdenkens auf. In dem Kompetenzbündel praktische Intelligenz ist unter anderem das analytische Denken enthalten, welches sowohl in der Metaanalyse als auch in der Studie des World Economic Forum (2018a) als Kompetenz mit zunehmender Wichtigkeit geführt wird. Eine mögliche Erklärung der Abweichung ist, dass die TeilnehmerInnen der Umfrage die Schlagwörter ohne dazugehörige Erklärung interpretiert haben. Die Serviceorientierung ist laut World Economic Forum (2018a) von gleichbleibender Relevanz und die Studie von Bakhshi et al. (2017) zeigt eine schwache positive Korrelation, und steht damit im Gegensatz zu den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit. Der Autor hat hierfür keine Erklärung. Alle restlichen Kompetenzen der absteigenden Kategorien decken sich mit dem World Economic Forum (2018a), weichen aber in den individuellen Gewichtungen voneinander ab.

Vergleich mit World Economic Forum (2018a) und Bakhshi et al. (2017)

Im folgenden Abschnitt werden die Daten der vorliegenden Arbeit, jenen aus der Befragung des World Economic Forum (2018a) und jene der empirischen Studie von Bakhshi et al. (2017) miteinander verglichen. Bei den ersten beiden Arbeiten handelt es sich um Befragungen von relevanten Personen aus Unternehmen, die Studie von Bakhshi et al. (2017) basiert hingegen auf der von ExpertInnen prognostizierten Entwicklung von Berufen, nähere Informationen können in Kapitel 3.5 nachgelesen werden. Daher sind sie nur bedingt miteinander vergleichbar. Der Vergleich ermöglicht aber die kritische Hinterfra-

gung des allgemeinen, unter HR-Fachkräften und Führungskräften, verbreiteten Trends. Die Gegenüberstellung ist in Tabelle 6 visualisiert und muss wie folgt interpretiert werden. Die ersten beiden Spalten beziehen sich auf die vorliegende Arbeit, wobei jeweils das Kompetenzbündel und die zugehörige quantitative Prognose angeführt ist. In der ersten Spalte ist der Vergleich mit den Resultaten des World Economic Forum (2018a) gegeben, durch die verschiedenen Schriftstile wie folgt gekennzeichnet. Fettgedruckte Kompetenzen sind jene mit zunehmender Relevanz, kursiv gedruckte mit abnehmender Relevanz und normal gedruckte mit gleichbleibender Relevanz. Zwei Kompetenzen wurden in der Arbeit des World Economic Forum (2018a) nicht analysiert, diese sind mit einem Ausrufezeichen gekennzeichnet. Andere sind ein exklusiver Teil der Referenzarbeit und werden hier nicht angegeben. Die letzten beiden Spalten beziehen sich auf die Studie von Bakhshi et al. (2017), wobei hier auch die Kompetenzen mit dem jeweiligen Wert der Korrelation gegeben sind.³² In dieser Arbeit wurden nicht alle Kompetenzen des O*NET-Content Model untersucht, keine Bündel gebildet und darüber hinaus wurden, im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit, nur Kompetenzen aus der untersten Ebene entnommen. Daher gibt es für manche Kompetenzbündel der vorliegenden Arbeit kein Pendant, andere setzen sich aus mehreren einzelnen Kompetenzen zusammen und im Falle von Gedächtnis, räumliche Fähigkeiten und Sinneswahrnehmung und physische Geschicklichkeit und Stärke, Ausdauer und Präzision lassen sich Kompetenzen aus niedrigeren Klassifizierungsebenen zuordnen, was zwar in die Interpretation einfließt, aber in Tabelle 6 auf Grund des Umfangs nicht angeführt ist. Eine Einordnung in zu- und abnehmend ist analog in fett- und kursiv gedruckt angegeben. Bei der Interpretation von Tabelle 6 muss auch darauf geachtet werden, dass für emotionale und soziale Intelligenz, Kreativität und Originalität, Innovativität und Initiative, nicht alle Kompetenzen des Bündels in der Arbeit von Bakhshi et al. (2017) behandelt wurden. Demnach ist der Vergleich hierfür nur bedingt aussagekräftig. Die beiden horizontalen Linien fungieren als Trennlinien für die Bereiche abnehmende, gleichbleibende und zunehmende Relevanz, näheres dazu ist im Anhang D zu finden.

³²Die Dezimalzahl gibt die Korrelation der Kompetenz mit der Prognose der Berufe an und repräsentiert daher die erwartete Entwicklung der Relevanz der Kompetenz. Wird in diesem Kapitel von Korrelation gesprochen, bezieht sich das auf diesen Wert.

Tabelle 6. Gegenüberstellung der Ergebnisse basierend auf eigenen Daten und Bakhshi et al. (2017).

| Vorliegende Arbeit & WEF (2018a) | | Bakhshi et al. (2017) | |
|--|------|--|------|
| Anpassungsfähigkeit und Flexibilität (!) | 1.11 | | |
| Kreativität, Originalität, Innovativität und Initiative | 1.03 | Originalität | 0.71 |
| Aktives Lernen und Lernstrategien | 1.00 | Aktives Lernen | 0.72 |
| | | Lernstrategien | 0.72 |
| Selbständigkeit und Initiative | 0.89 | | |
| Leadership und Sozialer Einfluss | 0.87 | | |
| Technologiedesign und Programmieren | 0.86 | Programmieren | 0.34 |
| | | Technologiedesign | 0.42 |
| Emotionale und soziale Intelligenz | 0.84 | Soziale Wahrnehmung | 0.56 |
| <i>Personalmanagement</i> | 0.82 | Personalmanagement | 0.64 |
| <i>Qualitätskontrolle und Sicherheitsbewusstsein</i> | 0.82 | Qualitätskontrolle | 0.14 |
| Komplexes Problemlösen | 0.79 | Komplexes Problemlösen | 0.67 |
| Kritisches Denken und Analysieren | 0.76 | Kritisches Denken | 0.66 |
| | | Monitoring | 0.66 |
| Analysieren und Evaluieren von Systemen | 0.76 | Urteils- und Entscheidungsfindung | 0.75 |
| | | Systemanalyse | 0.67 |
| Fortlaufend | | | |

| Vorliegende Arbeit & WEF (2018a) | | Bakhshi et al. (2017) | |
|--|------|--|-------|
| | | Systemevaluierung | 0.70 |
| Technologieauswahl, Monitoring und Kontrolle | 0.68 | <i>Technologieauswahl</i> | -0.12 |
| | | <i>Betrieb und Kontrolle</i> | -0.25 |
| | | <i>Betriebsüberwachung</i> | -0.12 |
| | | Betriebsanalyse | 0.55 |
| Ideenfindung und logisches Schlussfolgern | 0.63 | | |
| <i>Koordination und Zeitmanagement</i> | 0.57 | Zeitmanagement | 0.55 |
| | | Koordination | 0.62 |
| <i>Gedächtnis, räumliche Fähigkeiten und Sinneswahrnehmung</i> | 0.41 | | |
| <i>Management von Finanz- und Materialressourcen</i> | 0.41 | Management von Finanzressourcen | 0.40 |
| | | Management von Materialressourcen | 0.46 |
| Praktische Intelligenz (!) | 0.32 | | |
| Serviceorientierung | 0.29 | Serviceorientierung | 0.38 |
| Detailgenauigkeit, Vertrauenswürdigkeit | 0.24 | | |
| <i>Lesen, Schreiben und Mathematik</i> | 0.21 | Mathematik | 0.38 |
| | | Leseverständnis | 0.47 |
| | | Wissenschaft | 0.50 |
| | | Sprechen | 0.53 |
| | | Schreiben | 0.49 |
| Fortlaufend | | | |

| Vorliegende Arbeit & WEF (2018a) | Bakhshi et al. (2017) |
|--|--|
| <i>Installations- und Wartungsarbeiten</i> | <i>Instandhaltung</i> -0.22 <i>Installation</i> -0.06 <i>Reparatur</i> -0.20 |
| <i>Physische Geschicklichkeit und Stärke, Ausdauer und Präzision</i> | -0.13 |

Der Vergleich mit der Arbeit des World Economic Forum (2018a) wurde bereits in die allgemeine Interpretation im ersten Abschnitt des Kapitels 4.3.2 eingearbeitet und wird hier nicht noch einmal ausgeführt. In der Darstellung der Kompetenzen von Bakhshi et al. (2017) in Tabelle 6, lässt sich anschaulich erkennen, dass jene Kompetenzen der Kategorie zunehmende Relevanz, bei einer maximalen Korrelation von 0.75, eine, abgesehen von einer Ausnahme, durchwegs hohe Korrelation aufweisen. Der Qualitätskontrolle wird zwar eine positive Entwicklung prognostiziert, mit einem Wert von 0.14 ist die Korrelation, relativ zu den anderen Kompetenzen der zunehmenden Kategorie, dennoch viel geringer. Dies suggeriert eine realistische Einordnung dieser Kompetenz zwischen jener der vorliegenden Arbeit und des World Economic Forum (2018a). Für die Mehrheit der Kompetenzen in der gleichbleibenden Kategorie besteht eine positive Korrelation, wenn auch, verglichen mit den Kompetenzen der zunehmenden Kategorie, mit niedrigerem Durchschnittswert. Interessant scheint hier die große Diskrepanz zu dem World Economic Forum (2018a) für die Kompetenzbündel Koordination und Zeitmanagement und Management von Finanz- und Materialressourcen. Ähnliches gilt für Gedächtnis, räumliche Fähigkeiten und Sinneswahrnehmung, deren zu Grunde liegende Kompetenzen eine durchschnittlich positive Korrelation aufweisen. Jene Kompetenzen die dem Bündel Lesen, Schreiben und Mathematik zugeordnet sind, zeigen in der Arbeit von Bakhshi et al. (2017) eine relativ starke positive Korrelation, was diametral zum World Economic Forum (2018a) und der vorliegenden Arbeit steht. Eine mögliche Interpretation ist, dass diese Kompetenzen von den Befragten nicht direkt mit der Automatisierung verbunden werden und als Grundvoraussetzungen eingestuft werden. Die beide Kompetenzbündel Installations- und Wartungsarbeiten und physische Geschicklichkeit und Stärke, Ausdauer und Präzision, weisen eine durchschnittlich negative Korrelation auf.

Kategorische Interpretation

In Tabelle 7 sind die einzelnen Kompetenzen kategorisch nach dem in Kapitel 3.3 festgelegtem Schema dargestellt, wobei hier neben der Veränderung auch die Einschätzungen für das Jahr 2019 und 2024 gegeben sind, was einen tieferen Einblick in die Wahrnehmung der TeilnehmerInnen dieser Umfrage ermöglicht. Manche Kompetenzen wurden doppelt zugeordnet, das physische Kompetenzbündel wurde nicht zugeordnet. Für die einzelnen Kompetenzen wurden sowohl die Mittelwerte für 2019 als auch für 2024 angegeben, der Maximalwert beträgt hierbei 7, sowie die Differenz der Mittelwerte, welche die prognostizierte Veränderung repräsentiert.

Tabelle 7 zeigt anschaulich, dass vor allem in den Kategorien Sozial- und Personalkompetenz viele Kompetenzen mit einem hohen Wert in der Spalte Veränderung enthalten sind. Aktives Lernen und Lernstrategien sowie Kreativität, Originalität und Innovativität wird sowohl in den Kategorien Personalkompetenz als auch Methodenkompetenz geführt, da sie unterschiedliche Aspekte aufweisen die eine doppelte Zuordnung notwendig machen. Gerade das Lernen wird allerdings, aus der Sicht des Autors, mit zunehmender Institutionalisierung stetig von der Methoden- in die Personalkompetenz abwandern. Der hohe Wert in der Kategorie Sozialkompetenz folgt dem Trend der letzten Jahrzehnte, wonach soziale Fertigkeiten fortwährend wichtiger geworden sind (Deming, 2017). Darüber hinaus weisen in der Fachkompetenz vor allem jene Kompetenzen einen hohen Wert auf, die in direkter Wechselwirkung mit dem technologischen Wandel stehen. Die außergewöhnlich hohen Werte bei Personalmanagement und Qualitätskontrolle und Sicherheitsbewusstsein wurden bereits im ersten Abschnitt dieses Kapitels analysiert. Auffallend ist zudem, dass die Kompetenzen Technolgieedesign und Programmieren, sowie die Sozialkompetenzen zwar eine hohe Wachstumsprognose haben, in totalen Werten für 2024 aber nicht überdurchschnittlich stark repräsentiert sind, was darauf schließen lässt, dass hier noch Potential zur Steigerung vorhanden ist. Gemessen an der prognostizierten Relevanz für 2024 werden die ersten drei Plätze von Qualitätskontrolle und Sicherheitsbewusstsein (6,6), Selbstständigkeit und Initiative (6,4) und Komplexes Problemlösen (6,4) belegt.

4.3.3 Maßnahmen der Unternehmen

Um das Potential von zukünftigen Automatisierungstechnologien optimal zu nutzen und alle Teile der Gesellschaft davon profitieren zu lassen um damit nicht zuletzt die konti-

Tabelle 7. Kategorisierung der Kompetenzen an Hand des in Kapitel 3.3 eingeführten konzeptionellen Rahmens.

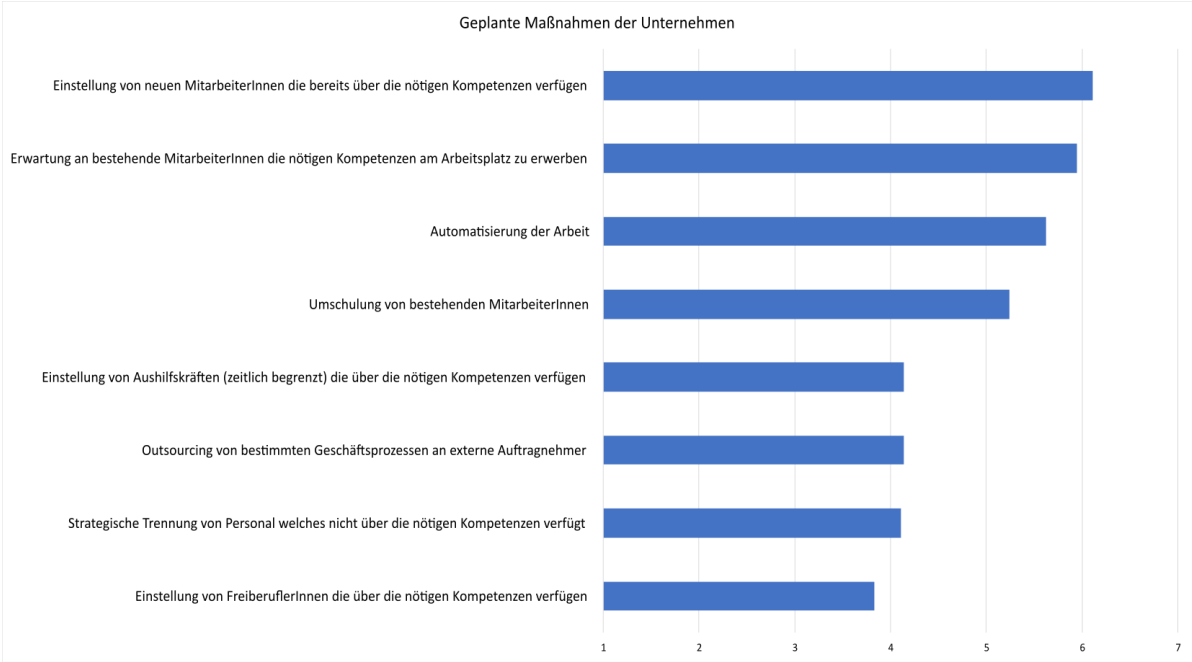
| Kompetenz | Veränderung | 2019 | 2024 |
|---|-------------|------|------|
| Fachkompetenz | 0,6 | | |
| Installations- und Wartungsarbeiten | 0,2 | 5,5 | 5,6 |
| Management von Finanz- und Materialressourcen | 0,4 | 4,8 | 5,2 |
| Personalmanagement | 0,8 | 4,7 | 5,6 |
| Qualitätskontrolle und Sicherheitsbewusstsein | 0,8 | 5,7 | 6,6 |
| Technologieauswahl, Monitoring und Kontrolle | 0,7 | 5,5 | 6,2 |
| Technologiedesign und Programmieren | 0,9 | 4,9 | 5,8 |
| Methodenkompetenz | 0,6 | | |
| Aktives Lernen und Lernstrategien | 1,0 | 5,1 | 6,1 |
| Analysieren und Evaluieren von Systemen | 0,8 | 5,0 | 5,7 |
| Gedächtnis, räumliche Fähigkeiten und Sinneswahrnehmung | 0,4 | 4,7 | 5,1 |
| Ideenfindung und logisches Schlussfolgern | 0,6 | 5,0 | 5,7 |
| Komplexes Problemlösen | 0,8 | 5,6 | 6,4 |
| Koordination und Zeitmanagement | 0,6 | 5,7 | 6,2 |
| Kreativität, Originalität und Innovativität | 1,0 | 5,1 | 6,1 |
| Kritisches Denken und Analysieren | 0,8 | 5,1 | 5,8 |
| Lesen, Schreiben und Mathematik | 0,2 | 5,6 | 5,8 |
| Praktische Intelligenz | 0,3 | 5,8 | 6,1 |
| Sozialkompetenz | 0,9 | | |
| Emotionale und soziale Intelligenz | 0,8 | 5,0 | 5,9 |
| Leadership und Sozialer Einfluss | 0,9 | 4,9 | 5,8 |
| Personalkompetenz | 0,8 | | |
| Aktives Lernen und Lernstrategien | 1,0 | 5,1 | 6,1 |
| Anpassungsfähigkeit und Flexibilität | 1,1 | 5,2 | 6,3 |
| Detaillgenauigkeit und Vertrauenswürdigkeit | 0,2 | 5,9 | 6,1 |
| Kreativität, Originalität und Innovativität | 1,0 | 5,1 | 6,1 |
| Qualitätskontrolle und Sicherheitsbewusstsein | 0,8 | 5,7 | 6,6 |
| Selbständigkeit und Initiative | 0,9 | 5,5 | 6,4 |
| Serviceorientierung | 0,3 | 5,7 | 6,0 |

nierliche Weiterentwicklung dieser Technologien zu gewährleisten, müssen aus der Sicht des Autors verschiedene Akteure entsprechende Maßnahmen setzen. Der gesamtgesellschaftliche Aspekt mag bei Unternehmen nachrangig gegenüber der Motivation sein, ihre Wettbewerbsfähigkeit sicherzustellen, sie sollten jedoch auch in diesen Prozess eingebunden werden. Der abschließende Teil dieser Studie beschäftigt sich daher mit den geplanten Maßnahmen die Unternehmen treffen werden, um auf die verändernden Kompetenzanforderungen zu reagieren.

Die TeilnehmerInnen der Umfrage haben angegeben, wie wichtig aus ihrer Sicht verschiedene Strategien sind, um auf die Veränderung des Kompetenzbedarfs zu reagieren. Gewertet konnte von 1 (unwichtig) bis 7 (wichtig) werden, die durchschnittlichen Werte sind In Abbildung 10 dargestellt. Im Durchschnitt am höchsten bewertet wurde die Einstellung von neuen MitarbeiterInnen, die bereits über die nötigen Kompetenzen verfügen. Dies deckt sich mit der Studie des World Economic Forum (2018a). Gemeinsam mit der Erwartung an bestehende MitarbeiterInnen, die nötigen Kompetenzen am Arbeitsplatz zu erwerben, sind also zwei Maßnahmen wie ArbeitnehmerInnen mit den entsprechenden Kompetenzen versorgt werden höher gereiht als die Umschulung der MitarbeiterInnen durch das Unternehmen. Die Automatisierung der Arbeit, in Relation zu der Einstellung von neuen MitarbeiterInnen, scheint in den Großkonzernen, die für die Studie des World Economic Forum (2018a) befragt wurden, einen etwas höheren Stellenwert einzunehmen. Dies ist auf einzelne Unternehmen zurückzuführen die durch eine verhältnismäßig niedrige Bewertung dieser Maßnahme auffallen. Dies wurde mit kundenspezifischen Produkten argumentiert, für die die Automatisierungstechnologien der kommenden Jahre noch zu unflexibel sind. Die Trennung von Personal, welches nicht über die nötigen Kompetenzen verfügt, befindet sich wie auch im World Economic Forum (2018a) am unteren Ende der Liste, dies ist aber trotz der Anonymität der Umfrage eventuell auf die negative Konnotation dieser Maßnahme zurückzuführen. Demnach haben die für den Bericht des World Economic Forum (2018a) befragten Unternehmen angegeben, dass 54 Prozent aller MitarbeiterInnen signifikante Weiterbildungen benötigen werden. Nur 33 Prozent dieser Unternehmen gibt allerdings an, dies auch für MitarbeiterInnen, deren Tätigkeiten besonders von der Automatisierung betroffen sein werden zu tun, gegenüber von 44 Prozent die angeben, sich auf die Weiterbildung von bereits hoch qualifizierten Arbeitskräfte zu fokussieren. Als Folge dieser Trends werden also gerade jene ArbeitnehmerInnen die niedrig bis mittel qualifiziert sind, wenn sie sich nicht selbst um ihre Weiterbildung oder Umschulung kümmern und durch keine anderen Akteure unterstützt werden, kei-

ne adäquate Weiterbildung erfahren und als Konsequenz am Arbeitsmarkt nicht mehr benötigt werden. Die strategische Trennung ergibt sich dann durch den ökonomischen Druck von selbst. Das Einbringen von Arbeitskräften ohne Fixanstellung, also LeiharbeiterInnen oder FreiberuflerInnen wird relativ gesehen, sowohl in dieser Arbeit als auch im World Economic Forum (2018a), von den befragten Unternehmen weniger aktiv verfolgt um auf die Veränderung der Kompetenzen zu reagieren. TeilnehmerInnen dieser Umfrage haben angegeben, dass dies durch die komplexen Arbeitsinhalte bedingt ist, die eine intensive Einschulung der MitarbeiterInnen verlangt. Bei Fixangestellten ist die Gefahr, dass diese das Unternehmen wieder verlassen bevor sich dies rentiert hat, und darüber hinaus besteht ein Gefühl der Unsicherheit, wenn dieses spezifische Wissen nicht im Unternehmen bleibt.

Abbildung 10. Reihung der Maßnahmen mit denen die Befragten angegeben haben, auf die verändernden Kompetenzanforderungen zu reagieren.



5 Resümee

Die großflächige Adoption von Automatisierungstechnologien ist nicht vorherbestimmt, vielmehr ergibt sich die Art der gesellschaftlichen Verankerung durch ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Regelgrößen. Jene automatischen Systeme, die es schaffen sich zu etablieren, bergen ein Veränderungspotential, das über diverse Mechanismen den Arbeitsmarkt formen kann. In der Vergangenheit konnten solche Vorgänge bereits beobachtet werden, wobei die drei Industriellen Revolutionen am geläufigsten sind. Rückblickend lässt sich sagen, dass für jene Gruppen der Bevölkerung, die durch eine neue Technologie substituiert wurden, der technologische Wandel kurz- und mittelfristig einen Existenzkampf auslöste. Langfristig hingegen ist das BIP pro Kopf, und auch der Wohlstand allgemein, quer durch die Bevölkerungsschichten gestiegen. Anknüpfend an den Thesen von WirtschaftswissenschaftlerInnen und ForscherInnen des 20. Jahrhunderts, wird dem bevorstehenden technologischen Wandel, charakterisiert durch kognitive Systeme, die Eigenart zugeschrieben, die menschliche Arbeit redundant zu machen. Argumentiert wird dies mit dem Wesen dieses Wandels, der die Grenze des technisch Machbaren zu Gunsten von Routinetätigkeiten verschiebt.

Unter vielen Unsicherheiten sticht als Faktum hervor, dass im Laufe des kommenden Jahrzehntes bestimmte menschliche Tätigkeiten von technischen Systemen übernommen werden. Prognosen belaufen sich auf 9 bis über 50 Prozent aller Beschäftigungen, denen eine hohe Automatisierungswahrscheinlichkeit zugeschrieben wird. Genauere Studien zeigen allerdings, dass viele Berufe, trotz teilweise sehr hoher Automatisierungswahrscheinlichkeit, fundamentale Tätigkeiten beinhalten, die als nicht automatisierbar angesehen werden. Zudem liegt diesen Studien die technische Machbarkeit als alleiniges Adoptionskriterium zu Grunde. Aus diversen Gründen, im Speziellen den beiden oben genannten, scheint das untere Ende des Wertebereichs eine realistischere Einschätzung zu bieten.

Einhergehend mit dem technologischen Wandel treten verschiedene Kompensationsme-

chanismen auf, die den Bedarf an menschlicher Arbeit steigern. Über die tatsächliche Bilanz zwischen Substitution und Kompensation kann nur spekuliert werden, allerdings sollte sie unter den folgenden Gesichtspunkten positiv ausfallen. Das gesamte Wirtschaftswachstum muss größer sein als jenes das sich durch die Steigerung der Produktivität ergibt, konkret groß genug um die verdrängten Arbeitskräfte zu reintegrieren. Dies ist direkt abhängig von einer Steigerung des Konsums. Von einem psychologischen Standpunkt könnte der zunehmende Konsum als gegeben angenommen werden, allerdings stellt sich die Frage, wie lange das kontinuierliche Wirtschaftswachstum tragbar ist. Stärker wirkt noch die Tatsache, dass es weiterhin Tätigkeiten geben muss, in denen der Mensch einen komparativen Vorteil gegenüber Maschinen hat. Dies sollte zumindest bis zur Einführung einer allgemeinen KI gegeben sein und selbst dann spielen noch weitere Faktoren eine Rolle. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass nichts auf ein Ende der menschlichen Arbeit in der absehbaren Zukunft hindeutet.

Unbestreitbar sind allerdings die strukturellen Veränderungen, die sich am Arbeitsmarkt abspielen werden. Eine Vielzahl an Menschen wird ihren Beruf, oder zumindest weite Teile ihrer Arbeitstätigkeiten, ändern müssen. Ein rascher, reibungsloser Ablauf dieses Anpassungsprozesses ist aus den folgenden Gründen von allergrößter Bedeutung. Zum einen steigt der Anreiz zur Automatisierung, wenn die benötigten Arbeitskräfte nicht vorhanden sind, damit könnte das Gleichgewicht zwischen Substitutions- und Kompensationseffekten gestört werden. Zum anderen kann sich ein politisches Klima bilden, das zur Verzögerung oder dem Stopp von weiterführender Automatisierung führt. Darüber hinaus geht es auch um die Existenz eines jeden Individuums, das mit den negativen Auswirkungen konfrontiert ist. Es ist also von zentraler Bedeutung, die entsprechenden Arbeitskräfte zeitgerecht mit den adäquaten Kompetenzen auszustatten, da die Diskrepanz zwischen den Kompetenzen sonst einen Flaschenhals für die Kompensationsmechanismen darstellen kann.

Die Teilnahme von erwachsenen Menschen an Weiterbildungsprogrammen ist aktuell noch viel zu niedrig, speziell unter bildungsfernen Schichten. Darüber hinaus lässt die Genauigkeit von manchen Programmen noch einen großen Spielraum zur Verbesserung offen. Es muss also sowohl die Reichweite, als auch die Genauigkeit von Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen, sowie von Umschulungsprogrammen verbessert werden. Dafür ist es zwingend notwendig über die Veränderung der Kompetenzanforderungen Bescheid zu wissen.

Die vorliegende empirische Arbeit knüpft daher an die Studie des World Economic Forum (2018a) an, mit dem Ziel, die vorhandenen Datensätze zu erweitern und zu vertiefen. In einer nicht-repräsentativen online Umfrage wurden 38 Personen aus dem HR Bereich sowie Führungskräfte aus österreichischen, mittelständischen, verarbeitenden Unternehmen, über ihre Prognose bezüglich der Entwicklung von verschiedenen Kompetenzen, mit einem fünfjährigen Zeithorizont von 2019 bis 2024, befragt. Die grundlegenden Tendenzen stimmen mit der vorhandenen Literatur überein, wonach Sozialkompetenzen, Lernkompetenzen und technologiespezifische Fachkompetenzen an Relevanz zunehmen. Mit der zunehmenden Wichtigkeit von Sozial- und Personalkompetenzen setzt sich die Abkehr vom reinen wissensbasierten Lernen fort und unterstützt darüber hinaus die Hypothese, wonach eindeutig menschliche Kompetenzen immer stärker in den Vordergrund rücken. Besonders auffallend sind die gefühlte Wichtigkeit von Qualitätskontrolle und Sicherheitsbewusstsein sowie Personalmanagement, was in der Analyse auf den mittelständischen Fokus zurückgeführt wird. Laut den Befragten sind die drei Kompetenzen deren Bedeutung am stärksten steigen werden, die Anpassungsfähigkeit und Flexibilität, das aktive Lernen und Lernstrategien und die Kreativität, Originalität und Innovativität. Um die grundlegenden Einstellungen von Unternehmen abzubilden, wurde in der Befragung auf die konkreten geplanten Maßnahmen, um auf den veränderten Kompetenzbedarf zu reagieren, eingegangen. Dabei wurde eine Tendenz sichtbar, wonach Unternehmen die Aufgabe der Ausstattung der ArbeitnehmerInnen mit den adäquaten Kompetenzen eher anderen Institutionen als dem eigenen Unternehmen zuschreiben. Des Weiteren scheint ein gewisser Vorbehalt gegenüber nicht festangestellten ArbeiterInnen in anspruchsvolleren Bereichen zu bestehen, wobei auf die aufwendige Wissensvermittlung sowie die Befürchtung vor dem Verlust von Unternehmensinformationen hingewiesen wurde. Analog zur Literatur wird der strategischen Trennung von Personal eine untergeordnete Rolle zugesprochen, was wahrscheinlich auf die negative Konnotation dieser Maßnahme zurückzuführen ist. Die durchgeführte Studie gibt also Einblick in die Entwicklung von 23 Kompetenzen bis 2024 aus der Sicht von österreichischen mittelständischen Unternehmen.

Für die Anwendung muss zwischen allgemeinen und spezifischen Trends unterschieden werden. Allgemeine Trends, wie jene der vorliegenden Studie, können zur Anpassung von gesamtheitlichen Rahmenwerken, wie dem P21 Modell, herangezogen werden. Für konkrete Umschulungsmaßnahmen können sie zwar als Wegweiser dienen, müssen aber

durch spezifische Daten gestärkt werden. Hierfür müssen regelmäßige Befragungen mit einem großen Umfang, von sowohl ExpertInnen als auch den ArbeitnehmerInnen durchgeführt werden, sowie ein breites Spektrum weiterer Methoden zum Einsatz kommen. Ein Beispiel dafür ist das dänische System zur nationalen Vorhersage der Kompetenzentwicklung (World Economic Forum, 2017). In dem darauffolgenden Anpassungsprozess können KI Systeme eine begleitende Rolle bei der Zuordnung zu neuen Berufen einnehmen (World Economic Forum, 2018b). Weiterführend müssen Programme zur Vorhersage der Kompetenzänderung auf nationaler Ebene implementiert und ausgebaut werden, und Strategien entwickelt werden wie dieser Anpassungsprozess gesteuert werden kann.

Literaturverzeichnis

- Accenture (2017). Dynamic Digital Consumer. https://www.accenture.com/us-en/_acnmedia/PDF-39/Accenture-PoV-Dynamic-Consumers.pdf.
- Accenture (2018). It's learning. Just not as we know it. https://www.accenture.com/_acnmedia/Thought-Leadership-Assets/PDF/Accenture-Education-and-Technology-Skills-Research.pdf#zoom=50.
- Acemoglu, D. (1998). Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage Inequality, *Quarterly Journal of Economics* **113**(4): 1055–1089.
- Acemoglu, D. und Autor, D. (2011). Chapter 12 - Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings, in D. Card und O. Ashenfelter (Hrsg.), *Handbook of Labor Economics*, Vol. 4, Elsevier, S. 1043–1171.
- Acemoglu, D. und Restrepo, P. (2016). The Race Between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment, *NBER Working Papers 22252* . <http://www.nber.org/papers/w22252.pdf>.
- Acemoglu, D. und Restrepo, P. (2017). Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets, *NBER Working Paper No. 23285* . <https://www.nber.org/papers/w23285>.
- Acemoglu, D. und Restrepo, P. (2018a). Artificial Intelligence, Automation, and Work, *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*, National Bureau of Economic Research, Inc. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:nbr:nberch:14027>.
- Acemoglu, D. und Restrepo, P. (2018b). Modeling Automation, *NBER Working Paper No. 24321* . <https://www.nber.org/papers/w24321>.
- Acemoglu, D. und Restrepo, P. (2018c). The Race between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment, *American Economic Review* **108**(6): 1488–1542.

- Acemoglu, D. und Zilibotti, F. (2001). Productivity Differences, *Quarterly Journal of Economics* **116**(2): 563–606.
- Ad Hoc Committee (1964). The Triple Revolution, *International Socialist Review* **24**(3): 85–89. <https://www.marxists.org/history/etol/newspape/isr/vol25/no03/adhoc.html>.
- Aguila-Obra, A. R. D. und Padilla-Meléndez, A. (2006). Organizational factors affecting Internet technology adoption, *Internet Research* **16**(1): 94–110.
- Allen, R. C. (2018). The hand-loom weaver and the power loom: a Schumpeterian perspective, *European Review of Economic History* **22**(4): 381–402.
- An, M. (2017). Artificial Intelligence Is Here - People Just Don't Realize It, *Hubspot Research*. https://cdn2.hubspot.net/hubfs/53/assets/hubspot.com/research/reports/AI%20Is%20Here_HubSpot.pdf.
- Arntz, M., Gregory, T. und Zierahn, U. (2016a). Consequences of Robotics and Technological Change for the Structure and Level of Employment, *ELS issues in robotics and steps to consider them. Part 1: Robotics and Employment*. http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/Robotics_Employment_2016.pdf.
- Arntz, M., Gregory, T. und Zierahn, U. (2016b). The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries, *OECD Social, Employment and Migration Working Papers* (189).
- Autor, D. H. (2013). The “task approach” to labor markets: an overview, *Journal for Labour Market Research* **46**(3): 185–199.
- Autor, D. H. (2014a). Polanyi’s Paradox and the Shape of Employment Growth, *NBER Working Papers 20485, National Bureau of Economic Research, Inc.*. <http://www.nber.org/papers/w20485.pdf>.
- Autor, D. H. (2014b). Skills, Education, and the Rise of Earnings Inequality Among the ‘Other 99 Percent’, *Science* **344**(6186): 843–851.
- Autor, D. H. (2015). Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation, *Journal of Economic Perspectives* **29**(3): 3–30.
- Autor, D. H. und Dorn, D. (2013). The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market, *American Economic Review* **103**(5): 1553–1597.

- Autor, D. H. und Handel, M. J. (2013). Putting Tasks to the Test: Human Capital, Job Tasks, and Wages, *Journal of Labor Economics* **31**(2): 59–96.
- Autor, D. H., Katz, L. F. und Kearney, M. S. (2006). The Polarization of the U.S. Labor Market - Measuring and Interpreting Trends in Economic Inequality, *American Economic Review* **96**(2): 189–94. Data and Replication Files.
- Autor, D. H., Katz, L. F. und Kearney, M. S. (2008). Trends in U.S. Wage Inequality: Revising the Revisionists, *Review of Economics and Statistics* **90**(2): 300–323. Data and Replication Files.
- Autor, D. H., Katz, L. F. und Krueger, A. B. (1998). Computing Inequality: Have Computers Changed the Labor Market?, *Quarterly Journal of Economics* **113**(4): 1169–1213.
- Autor, D. H., Levy, F. und Murnane, R. J. (2003). The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration, *The Quarterly Journal of Economics* **118**(4): 1279–1333.
- Autor, D. und Salomons, A. (2018). Is Automation Labor-Displacing? Productivity Growth, Employment, and the Labor Share, *Brookings Papers on Economic Activity* (1): 1–87.
- Bain & Company (2018). Labor 2030: The Collision of Demographics, Automation and Inequality. https://www.bain.com/contentassets/fa89826544934e429f7b6441d6a5c542/bain_report_labor_2030.pdf.
- Bakhshi, H., Downing, J. M., Osborne, M. A. und Schneider, P. (2017). The Future of Skills: Employment in 2030, *Pearson and Nesta* .
- Bank for International Settlements (2006). 76th Annual Report. <https://www.bis.org/publ/arpdf/ar2006e.pdf>.
- Bauernhansl, T. (2014). Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma, in T. Bauernhansl, M. ten Hompel und B. Vogel-Heuser (Hrsg.), *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, S. 5–35.
- Berman, E., Bound, J. und Griliches, Z. (1994). Changes in the Demand for Skilled Labor within U.S. Manufacturing: Evidence from the Annual Survey of Manufacturers, *Quarterly Journal of Economics* **109**(2): 367–397.

- Bessen, J. (2015). Toil and Technology, *Finance & Development* **52**(1).
- Bessen, J. (2016). Will robots steal our jobs? The humble loom suggests not., *The Washington Post* . https://www.washingtonpost.com/news/the-switch/wp/2014/01/25/what-the-humble-loom-can-teach-us-about-robots-and-automation/?noredirect=on&utm_term=.56684b09c1e4, letzter Aufruf 13.12.2018.
- Bessen, J. E. (2019). Automation and Jobs: When Technology Boosts Employment, *Law and Economics Research Paper*, 17-09 . https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2935003.
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M. und Rumble, M. (2012). Defining Twenty-First Century Skills, in P. Griffin, B. McGaw und E. Care (Hrsg.), *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*, Springer.
- Blechinger, D., Kleinknecht, A., Licht, G. und Pfeiffer, F. (1998). The impact of innovation on employment in Europe: An analysis using CIS data, *ZEW-Dokumentation* **2**(98). <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/39115/1/246100702.pdf>.
- Blien, U. und Sanner, H. (2014). Technological progress and employment, *Economics Bulletin* **34**(1): 245–251.
- Bonin, H., Gregory, T. und Zierahn, U. (2015). Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland, *Zentrum für europäische Wirtschaftsforschung (ZEW)* . ftp://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/Kurzexpertise_BMAS_ZEW2015.pdf.
- Boss, S. (2019). It's 2019. So Why Do 21st-Century Skills Still Matter?, *EdSurge, Inc.* . <https://www.edsurge.com/news/2019-01-22-its-2019-so-why-do-21st-century-skills-still-matter>, letzter Aufruf 30.04.2019.
- Bresnahan, T. F. und Trajtenberg, M. (1995). General Purpose Technologies ‘Engines of Growth’?, *Journal of Econometrics* **65**(1): 83–108.
- Bruckner, M., LaFleur, M. und Pitterle, I. (2017). The impact of the technological revolution on labour markets and income distribution, *UN Department of Economic & Social Affairs* . https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/publication/2017_Aug_Frontier-Issues-1.pdf.

- Brynjolfsson, E. und McAfee, A. (2014). *The second machine age : work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*, 1. Aufl., New York, NY [u.a.] : Norton.
- Brzeski, C. und Burk, I. (2015). Die Roboter kommen - Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt, *INGDiBa Economic Research* . <https://www.ing-diba.de/binaries/content/assets/pdf/ueber-uns/presse/publikationen/ing-diba-economic-analysis-roboter-2.0.pdf>.
- Burning Glass Technologies (2018). Different skills, different gaps: Measuring & closing the skills gap. https://www.burning-glass.com/wp-content/uploads/Skills_Gap-Different_Skills_Different_Gaps_FINAL.pdf.
- Campa, R. (2017). Technological unemployment : a brief history of an idea, *ISA eSymposium for Sociology* **7**(1): 625–658.
- Caselli, F. und Coleman, W. (2001). Cross-Country Technology Diffusion: The Case of Computers, *American Economic Review* **91**(2): 328–335.
- Chang, J.-H. und Huynh, P. (2016). ASEAN in transformation - The future of jobs at risk of automation, *International Labour Organization* . https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---act_emp/documents/publication/wcms_579554.pdf.
- Chiacchio, F., Petropoulos, G. und Pichler, D. (2018). The Impact of Industrial Robots on EU Employment and Wages: A Local Labour Market Approach, *Bruegel* . http://bruegel.org/wp-content/uploads/2018/04/Working-Paper_02_2018.pdf.
- Chien, S., Lewis, M., Sycara, K., Liu, J.-S. und Kumru, A. (2016). Influence of cultural factors in dynamic trust in automation, *2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)* S. 002884–002889.
- Chu, S. K. W., Reynolds, R. B., Tavares, N. J., Notari, M. und Lee, C. W. Y. (2017). *21st Century Skills Development Through Inquiry-Based Learning*, Springer Singapore.
- Chui, M., Manyika, J. und Miremadi, M. (2015). Four fundamentals of workplace automation, *McKinsey* . <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/four-fundamentals-of-workplace-automation>, letzter Aufruf 14 Jänner 2019.
- CNIL (2017). How can humans keep the upper hand? The ethical matters raised by algorithms and artificial intelligence, *Commission Nationale de l'Informatique et des*

- Libertés* . <https://www.cnil.fr/en/algorithms-and-artificial-intelligence-cnils-report-ethical-issues>.
- Colecchia, A. und Papaconstantinou, G. (1996). The Evolution of Skills in OECD Countries and the Role of Technology. [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD\(96\)183&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD(96)183&docLanguage=En).
- Costinot, A. und Vogel, J. (2010). Matching and Inequality in the World Economy, *Journal of Political Economy* **118**(4): 747–786.
- Crafts, N. F. R. (1977). Industrial Revolution in England and France: Some Thoughts on the Question, "Why was England First?", *The Economic History Review* **30**(3): 429–441.
- Cuban, L. (2015). Content vs. Skills in High Schools: 21st Century Arguments Echo 19th Century Conflicts. <https://larrycuban.wordpress.com/2015/11/03/content-vs-skills-in-high-schools-21st-century-arguments-echo-19th-century-conflicts/>, letzter Aufruf 30.04.2019.
- Cunningham, W. und Villaseñor, P. (2014). Employer Voices, Employer Demands, and Implications for Public Skills Development Policy, *The World Bank Policy Research Working Paper Nr. 6853* .
- Curtis, C. (1983). Machine vs. Workers, *New York Times* . <https://www.nytimes.com/1983/02/08/arts/machines-vs-workers.html>.
- Dauth, W., Findeisen, S., Südekum, J. und Wößner, N. (2017). German Robots - The Impact of Industrial Robots on Workers, *IAB-Discussion Paper* .
- Dede, C. (2010). Comparing frameworks for 21st century skills, in J. Bellanca und R. Brandt (Hrsg.), *21st Century Skills: Rethinking How Students Learn*, Solution Tree Press, S. 51–75.
- Dellot, B. und Wallace-Stephens, F. (2017). The Age of Automation: Artificial intelligence, robotics and the future of low-skilled work, *RSA* . <https://www.thersa.org/globalassets/pdfs/reports/rsa.the-age-of-automation-report.pdf>.
- Deloitte (2014). London Futures - Agiletown: the relentless march of technology and London's response. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/uk-futures/london-futures-agiletown.pdf>.

- Deloitte (2015). Mensch und Maschine: Roboter auf dem Vormarsch? Folgen der Automatisierung für den Schweizer Arbeitsmarkt. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/innovation/ch-de-innovation-automation-report.pdf>.
- Deming, D. J. (2017). The Growing Importance of Social Skills in the Labor Market, *Quarterly Journal of Economics* **132**(4): 1593–1640.
- Dengler, K. und Matthes, B. (2015). Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt - Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland, *IAB-Forschungsbericht, Bundesagentur für Arbeit* . <http://doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb1115.pdf>.
- Dengler, K., Matthes, B. und Paulus, W. (2014). Berufliche Tasks auf dem deutschen Arbeitsmarkt - Eine alternative Messung auf Basis einer Expertendatenbank, *FDZ-Methodenreport, Bundesagentur für Arbeit* . http://doku.iab.de/fdz/reporte/2014/MR_12-14.pdf.
- Department for Education (2018). Employer skills survey 2017, *United Kingdom Department for Education* .
- Durrant-Whyte, H., McCalman, L., O’Callaghan, S., Reid, A. und Steinberg, D. (2015). The impact of computerisation and automation on future employment, *Australia’s future workforce?*, Committee for economic development of australia (ceda), chapter 1.4. https://www.ceda.com.au/CEDA/media/ResearchCatalogueDocuments/Research%20and%20Policy/PDF/26792-Futureworkforce_June2015.pdf.
- Endres, A., Vu, V., Völlinger, V. und Steffen, T. (2017). Ein Land rückt nach rechts, *Die Zeit* . <https://www.zeit.de/politik/ausland/2017-12/oevp-fpoe-oesterreich-regierung-minister-asyl-europa>, letzter Aufruf 10.04.2019.
- Ernst, E., Merola, R. und Samaan, D. (2018). The economics of artificial intelligence: Implications for the future of work, *International Labour Organization Future of Work Research Paper Series 5* .
- European Commission (2007). Chapter 5: The labour income share in the European Union, *Employment in Europe 2007* .
- European Training Foundation (2012). Anticipating and Matching Skills Demand and Supply. http://www.equi.at/dateien/Skills_matching_synthesis_hp.pdf.

- Europäische Kommission (2015). Education and Training Monitor. http://ec.europa.eu/assets/eac/education/library/publications/monitor15_en.pdf.
- Europäische Kommission (2018). Education and Training Monitor. <https://ec.europa.eu/education/sites/education/files/document-library-docs/volume-1-2018-education-and-training-monitor-country-analysis.pdf>.
- Feinstein, C. H. (1998). Pessimism Perpetuated: Real Wages and the Standard of Living in Britain during and after the Industrial Revolution, *The Journal of Economic History* **58**(3): 625–658.
- Ford, M. (2015). *The rise of the robots*, Basic Books.
- Frey, C. und Osborne, M. (2013). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?, *Oxford Martin School, Working Paper S. 22–33*.
- Frey, C. und Osborne, M. (2015). Technology at Work: The Future of Innovation and Employment, *Oxford Martin Programme on Technology and Employment* . https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/reports/Citi-GPS_Technology_Work.pdf.
- Goldin, C. und Katz, L. F. (1998). The Origins of Technology-Skill Complementarity, *The Quarterly Journal of Economics* **113**(3): 693–732.
- Goldin, C. und Katz, L. F. (2007). The Race between Education and Technology: The Evolution of U.S. Educational Wage Differentials, 1890 to 2005, *NBER Working Papers 12984* . <https://www.nber.org/papers/w12984>.
- Goos, M. (2018). The impact of technological progress on labour markets: policy challenges, *Oxford Review of Economic Policy* **34**(3): 362–375.
- Goos, M. und Manning, A. (2003). Lousy and Lovely Jobs: the Rising Polarization of Work in Britain, *CEP Discussion Papers dp0604* . <https://ideas.repec.org/p/cep/cepdp/dp0604.html>.
- Goos, M., Manning, A. und Salomons, A. (2014). Explaining job polarization: routine-biased technological change and offshoring, *American Economic Review* **104**(8): 2509–2526.
- Graetz, G. und Michaels, G. (2018). Robots at Work, *The Review of Economics and Statistics* **100**(5): 753–768.

- Gregory, T., Salomon, A. und Zierahn, U. (2019). Racing With or Against the Machine? Evidence fro Europe, *IZA DP No. 12063* . <http://ftp.iza.org/dp12063.pdf>.
- Hall, B. H. (2004). Innovation and Diffusion, *NBER Working Paper No. 10212* . <https://www.nber.org/papers/w10212>.
- Hameed, I. A. und Tan, Z.-H. (2016). User Acceptance of Social Robots, *Ninth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI 2016)* S. 274–279.
- Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S. und Kohl, H. (2016). Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0, *Procedia CIRP* **54**: 1–6.
- Hecklau, F., Orth, R., Kidschun, F. und Kohl, H. (2017). Human Resources Management: Meta-Study - Analysis of Future Competences in Industry 4.0, in M. Rich (Hrsg.), *ECMLG17 - Proceedings of the 13th European Conference on Management Leadership and Governance*, Academic Conferences and publishing limited, S. 163–174.
- Heilbroner, R. L. (1965). Men and machines in perspective, *National Affairs* (2019) (39). <https://www.nationalaffairs.com/public-interest/detail/men-and-machines-in-perspective>.
- Im, Z. J., Mayer, N., Palier, B. und Rovny, J. (2019). The “losers of automation”: A reservoir of votes for the radical right?, *Research & Politics* **6**(1): 2053168018822395.
- International Labour Organization (2012). Global Wage Report 2012/13: Wages and Equitable Growth. https://www.ilo.org/global/research/global-reports/global-wage-report/2012/WCMS_194843/lang--en/index.htm.
- International Labour Organization and OECD (2015). The Labour Share in G20 Economies, *Report prepared for the G20 Employment Working Group, Antalya, Turkey* . <https://www.oecd.org/g20/topics/employment-and-social-policy/The-Labour-Share-in-G20-Economies.pdf>.
- Ipsos MORI (2017). Public views of Machine Learning, *Royal Society* . <https://royalsociety.org/~media/policy/projects/machine-learning/publications/public-views-of-machine-learning-ipsos-mori.pdf>.
- Jones, C. I. und Romer, P. M. (2010). The New Kaldor Facts: Ideas, Institutions, Population, and Human Capital, *American Economic Journal* **2**(1): 224–245.

- Kaldor, N. (1961). Capital Accumulation and Economic Growth, in F. A. Lutz und D. C. Hague (Hrsg.), *The Theory of Capital: Proceedings of a Conference held by the International Economic Association*, Palgrave Macmillan UK, London, S. 177–222.
- Karabarbounis, L. und Neiman, B. (2013). The Global Decline of the Labor Share, *NBER Working Paper No. 19136* . <https://www.nber.org/papers/w19136>.
- Katz, L. F. und Murphy, K. M. (1992). Changes in Relative Wages, 1963-1987: Supply and Demand Factors, *Quarterly Journal of Economics* **107**(1): 35–78.
- Keynes, J. M. (1930). Economic Possibilities for our Grandchildren, *Essays in Persuasion* S. 358–373.
- Korinek, A. und Stiglitz, J. E. (2019). Artificial Intelligence and Its Implications for Income Distribution and Unemployment, in A. Agrawal, J. Gans und A. Goldfarb (Hrsg.), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*, University of Chicago Press, S. 349–390.
- Kultusministerkonferenz (2000). Handreichungen für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz (KMK) für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe, *Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland* . <https://frei.bsnet.de/inhalt/Lehrplaene/BS/Berufsuuebergreifende%20Dokumente/BS%20Handreichungen%20fuer%20die%20Erarbeitung%20von%20Rahmenlehrplaenen%202000.pdf>.
- Kurer, T. (2018). The Declining Middle: Political Reaction to Occupational Change. https://thomaskurer.files.wordpress.com/2018/04/decliningmiddle_kurer.pdf.
- Kurer, T. und Gallego, A. (2019). Distributional consequences of technological change: Worker-level evidence, *Research & Politics* **6**(1).
- Lacey, A., Toossi, M., Dubina, K. und Gensler, A. (2017). Projections overview and highlights, 2016–26, *U.S. Bureau of Labor Statistics, Monthly Labor Review* . <https://doi.org/10.21916/mlr.2017.29>, letzter Aufruf 5. Dezember 2018.
- Lamb, S., Maire, Q. und Doecke, E. (2017). New Skills for the 21st Century: an evidence-based review, *NSW - Future Frontiers Analytical Report* . <https://education.nsw.gov.au/our-priorities/innovate-for-the-future/education->

for-a-changing-world/research-findings/future-frontiers-analytical-report-key-skills-for-the-21st-century/Key-Skills-for-the-21st-Century-Analytical-Report.pdf.

- Levy, F. (2018). Computers and populism: artificial intelligence, jobs, and politics in the near term, *Oxford Review of Economic Policy* **34**(3): 393–417.
- Linke, P. (2017). Grundlagen zur Automatisierung, *Grundlagen Automatisierung: Sensorik, Regelung, Steuerung*, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, S. 1–28.
- Lucht, J. M. (2015). Public Acceptance of Plant Biotechnology and GM Crops, *Viruses* **7**(8): 4254–4281.
- Machin, S. und Van Reenen, J. (1998). Technology and Changes in Skill Structure: Evidence from Seven OECD Countries, *The Quarterly Journal of Economics* **113**(4): 1215–1244.
- Manpower Group (2016). 2016/2017 Talent Shortage Survey. <https://www.manpower.us/Website-File-Pile/Whitepapers/Manpower/2016-Talent-Shortage-Whitepaper.pdf>.
- Manpower Group (2018). 2018 Talent Shortage Survey. <https://www.manpowergroup.us/campaigns/talent-shortage/>.
- Matuzeviciute, K., Butkus, M. und Karaliute, A. (2017). Do Technological Innovations Affect Unemployment? Some Empirical Evidence from European Countries, *Economies* **5**(4).
- McKinsey (2017a). Artificial Intelligence: The Next Digital Frontier?, *McKinsey Global Institute* .
- McKinsey (2017b). A future that works: Automation, employment and productivity, *McKinsey Global Institute* . <https://www.mckinsey.com/featured-insights/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works>.
- McKinsey (2017c). Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages, *McKinsey Global Institute* . <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages>.

- Michaels, G., Natraj, A. und Van Reenen, J. (2014). Has ICT Polarized Skill Demand? Evidence from Eleven Countries over Twenty-Five Years, *The Review of Economics and Statistics* **96**(1): 60–77.
- Morning Consult (2017). National Tracking Poll Nr. 170401. https://morningconsult.com/wp-content/uploads/2017/04/170401_crosstabs_Brands_v3_AG.pdf.
- Nagl, W., Titelbach, G. und Valkova, K. (2017). Digitalisierung der Arbeit: Substituierbarkeit von Berufen im Zuge der Automatisierung durch Industrie 4.0, *Institut für höhere Studien, Labor Market and Research Policy* . <http://irihs.ihs.ac.at/id/eprint/4231>.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2017). Information Technology and the U.S. Workforce: Where Are We and Where Do We Go from Here?, *The National Academies Press* .
- National Research Council (2011). Assessing 21st Century Skills: Summary of a Workshop, *Committee on the Assessment of 21st Century Skills. Board on Testing and Assessment, Division of Behavioral and Social Sciences and Education* .
- Neuweg, G. H. (2005). Implizites Wissen als Forschungsgegenstand, in F. Rauner (Hrsg.), *Handbuch Berufsbildungsforschung*, Bertelsmann.
- Nickel, W. (2013). Autos am laufenden Band, *Die Zeit* . <https://www.zeit.de/auto/2013-04/ford-fließband-massenproduktion>, letzter Aufruf 13.12.2018.
- Nitto, H., Taniyama, D. und Inagaki, H. (2017). Social Acceptance and Impact of Robots and Artificial Intelligence, *NRI Papers* (211). <https://www.nri.com/en/knowledge/report/lst/2017/cc/papers/0201>.
- OECD (2012). Chapter 3: Labour Losing to Capital: What Explains the Declining Labour Share?, *Employment Outlook 2012* S. 109–161.
- OECD (2016a). Skills for a Digital World. <https://www.oecd.org/els/emp/Skills-for-a-Digital-World.pdf>.
- OECD (2016b). Skills Matter: Further Results from the Survey of Adult Skills, *OECD Skills Studies* . <https://doi.org/10.1787/9789264258051-en>.

- Pajarinen, M. und Rouvinen, P. (2014). Computerization Threatens One Third of Finnish Employment, *ETLA Brief No. 22* . <http://pub.etla.fi/ETLA-Muistio-Brief-22.pdf>.
- Partnership for 21st Century Learning (2019). Framework for 21st Century Learning Definitions, *Battelle for Kids* . <http://www.battelleforkids.org/networks/p21/frameworks-resources>, letzter Aufruf 30.04.2019.
- Perkins Coie LLP (2019). 2019 Autonomous Vehicle Survey Report. <https://www.perkinscoie.com/en/autonomous-vehicle-systems-systems/2019-autonomous-vehicle-systems-survey-results.html>.
- Peugny, C. (2019). The decline in middle-skilled employment in 12 European countries: New evidence for job polarisation, *Research & Politics* **6**(1).
- Pew Research Center (2016). Lifelong Learning and Technology. https://www.pewresearch.org/wp-content/uploads/sites/9/2016/03/PI.2016.03.22_Educational-Ecosystems_FINAL.pdf.
- Polanyi, M. (1966). The Tacit Dimension, *Doubleday* .
- Power, C. N. (1997). Learning: A means or an end? a look at the delors report and its implications for educational renewal, *Prospects* **27**(2): 186–199.
- PwC (2017). Sizing the prize: What’s the real value of AI for your business and how can you capitalise?
- PwC (2018a). Will robots really steal our jobs? an international analysis of the potential long term impact of automation. https://www.pwc.com/hu/hu/kiadvanyok/assets/pdf/impact_of_automation_on_jobs.pdf.
- PwC (2018b). Workforce of the future - The competing forces shaping 2030. <https://www.pwc.com/gx/en/services/people-organisation/workforce-of-the-future/workforce-of-the-future-the-competing-forces-shaping-2030-pwc.pdf>.
- Röben, P. (2005). Kapitel 3.4.2 Kompetenz- und Expertiseforschung, *in* F. Rauner (Hrsg.), *Handbuch Bildungsforschung*, W. Bertelsmann.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations*, 5. Aufl., New York: Free Press.

- Schlogl, L. und Sumner, A. (2018). The Rise of the Robot Reserve Army: Automation and the Future of Economic Development, Work, and Wages in Developing Countries, *CGD Working Paper 487* . <https://www.cgdev.org/publication/rise-robot-reserve-army-automation-and-futureeconomic-development-work-and-wages>.
- Schmid, U. (2015). Kognitive Systeme: Zielsetzungen, Ansätze, Anwendungen, *GI Seminar Würzburg* . <http://www.cogsys.wiai.uni-bamberg.de/slides/KogSysGITalk.pdf>.
- Schreurs, M. A. und Steuwer, S. D. (2016). Autonomous Driving - Political, Legal, Social, and Sustainability Dimensions, in M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz und H. Winner (Hrsg.), *Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects*, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond, *World Economic Forum* . <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>, letzter Aufruf 14.12.2018.
- Solow, R. M. (1965). Technology and unemployment, *National Affairs (2019)* . https://www.nationalaffairs.com/public_interest/detail/technology-and-unemployment.
- Spitz-Oener, A. (2006). Technical Change, Jobs Tasks, and Rising Educational Demands: Looking outside the Wage Structure, *Journal of Labor Economics* **24**(2): 235–270.
- Statistisches Bundesamt (2008). Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008). <https://www.klassifikationsserver.de/klassService/jsp/item/item.jsf>, letzter Aufruf 5. Dezember 2018.
- Stangl, W. (2018). Stichwort: 'Kognition', *Online Lexikon für Psychologie und Pädagogik* . <http://lexikon.stangl.eu/240/kognition/>, letzter Aufruf 08.11.2018.
- Stephens, R. (2017). Automate This: Building the Perfect 21st-Century Worker, *Thrid Way* . <http://thirdway.imgix.net/pdfs/automate-this-building-the-perfect-21st-century-worker.pdf>.
- Stewart, I., De, D. und Cole, A. (2015). Technology and people: The great job-creating machine, *Deloitte LLP* . <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/finance/deloitte-uk-technology-and-people.pdf>.
- Teigland, R., van der Zande, J., Teigland, K. und Siri, S. (2018). The Substitution of Labor: From Technological Feasibility to Other Factors Influencing Job Automation,

- Stockholm School of Economics Institute for Research, Innovative Internet: Report 5*
. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3140364.
- Trajtenberg, M. (2018). AI as the next GPT: a Political-Economy Perspective, *NBER Working Paper No. 24245* .
- van der Kooij, B. (2016). How did the General Purpose Technology 'Electricity' contribute to the Second Industrial Revolution (I): The Power Engines, *Delf University of Technology* . <https://pdfs.semanticscholar.org/fcac/142465816c3320f15e6944c8734ddce20d7f.pdf>.
- Vermeulen, B., Kesselhut, J., Pyka, A. und Saviotti, P. P. (2018). The Impact of Automation on Employment: Just the Usual Structural Change?, *Sustainability* **10**(5): 1–27.
- Violante, G. L. (2016). *Skill-Biased Technical Change*, Palgrave Macmillan UK, London, S. 1–6.
- Vivarelli, M. (2007). Innovation and Employment: A Survey, *IZA Discussion Paper* (2621). <http://ftp.iza.org/dp2621.pdf>.
- Vivarelli, M. (2015). Innovation and employment, *IZA World of Labor* (154). <https://pdfs.semanticscholar.org/627c/59fb50639e788b454b8052777197143dd273.pdf>.
- Weber, P. (2013). *Internationalisierungsstrategien mittelständischer Unternehmen*, Springer.
- Weber Shandwick (2016). AI-Ready or Not: Artificial Intelligence Here We Come! <https://www.webershandwick.com/uploads/news/files/AI-Ready-or-Not-report-Oct12-FINAL.pdf>.
- Wisskirchen, G., Biacabe, B. T., Bormann, U., Muntz, A., Niehaus, G., Soler, G. J. und von Brauchitsch, B. (2017). Artificial Intelligence and Robotics and Their Impact on the Workplace, *International Bar Association Global Employment Institute* .
- World Economic Forum (2016). The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf.
- World Economic Forum (2017). Accelerating Workforce Reskilling for the Fourth Industrial Revolution. <https://www.weforum.org/whitepapers/accelerating-workforce-reskilling-for-the-fourth-industrial-revolution>.

World Economic Forum (2018a). The Future of Jobs. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>.

World Economic Forum (2018b). Towards a Reskilling Revolution.

Normenverzeichnis

DIN IEC 60050-351:2014-09, Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch - Teil 351:
Leittechnik.

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|-----|--|-----|
| 1 | Schematische Darstellung eines kognitiven Systems | 11 |
| 2 | Verteilung der US-Amerikanischen Beschäftigungszahlen der verschiedenen Wirtschaftssektoren über die Automatisierungswahrscheinlichkeit. (Entnommen von Frey und Osborne, 2013). | 32 |
| 3 | Entwicklung der Beschäftigungszahlen zwischen 1999 und 2010 (Übernommen von Gregory et al., 2019). | 42 |
| 4 | Klassifikation der Kompetenzen basierend auf Hecklau et al. (2017). | 53 |
| 5 | Prozentualer Anteil der befragten Unternehmen die die jeweilige Kompetenz für die Zukunft als wichtig erachten (Basierend auf Hecklau et al., 2017). | 56 |
| 6 | Die Größe des a) Standortes und b) Gesamtunternehmens nach der Anzahl an MitarbeiterInnen. Die Werte sind gerundet in Prozent. | 65 |
| 7 | Einteilung der UmfrageteilnehmerInnen nach a) Geschlecht und b) Position im Unternehmen. | 66 |
| 8 | Einteilung der UmfrageteilnehmerInnen nach a) Alter und b) Selbsteinschätzung. | 66 |
| 9 | Prognostizierte Veränderung der Kompetenzen dargestellt durch die Differenz der Mittelwerte von 2019 und 2024. | 67 |
| 10 | Reihung der Maßnahmen mit denen die Befragten angegeben haben, auf die verändernden Kompetenzanforderungen zu reagieren. | 77 |
| D.1 | Prognostizierte Veränderung der Kompetenzen. | 129 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-----|---|-----|
| 1 | Klassifizierung von Tätigkeiten an Hand ihres Wesens und der Automatisierbarkeit (In Anlehnung an Autor et al., 2003 und Dengler et al., 2014, basierend auf Spitz-Oener, 2006). | 12 |
| 2 | Zusammenstellung der Automatisierungspotentiale aus verschiedenen Studien. Angegeben sind hier die Anzahl der gefährdeten Arbeitsplätze, diese Definition gilt ab einer Automatisierungswahrscheinlichkeit von mehr als 70% für unterschiedliche Länder. Bei den Studien im oberen Abschnitt wurde die berufsbierte Herangehensweise gewählt, während bei den Studien im unteren Abschnitt die tätigkeitsbasierte Herangehensweise gewählt wurde. Studien die fett hervorgehoben sind sind jene die die Automatisierungswahrscheinlichkeiten selbst bestimmt haben. | 35 |
| 3 | Kompetenzen des 21. Jahrhunderts aus der Sicht des Partnership for 21st Century Learning (2019). | 54 |
| 4 | Prognose der Kompetenzentwicklung bis 2022 (Adaptiert aus World Economic Forum, 2018a). | 57 |
| 5 | Korrelation zwischen der prognostizierten quantitativen Änderung der Berufe und den Kompetenzen bis 2030 (Adaptiert aus Bakhshi et al., 2017). | 58 |
| 6 | Gegenüberstellung der Ergebnisse basierend auf eigenen Daten und Bakhshi et al. (2017). | 71 |
| 7 | Kategorisierung der Kompetenzen an Hand des in Kapitel 3.3 eingeführten konzeptionellen Rahmens. | 75 |
| A.1 | Informationen zu den jeweiligen Studien. Die Quellen sind in der zweiten Spalte angegeben. | 104 |
| A.2 | Gegenüberstellung der Bezeichnungen für die in der Metaanalyse evaluierten Kompetenzen. | 106 |

| | | |
|-----|---|-----|
| A.3 | Berechnungsgrundlage für Abbildung 5. Anteile in Prozent. Für interdisziplinäre Kompetenzen haben demnach 77% der 518 Befragten aus Studie B angegeben, dass diese Kompetenz in Zukunft wichtiger wird. (Basierend auf Hecklau et al. (2017)) | 107 |
| B.1 | Definition der in der Umfrage verwendeten Kompetenzen. | 109 |
| D.1 | Gegenüberstellung der Ergebnisse basierend auf eigenen Daten und World Economic Forum (2018a) | 131 |
| D.2 | Gegenüberstellung der Ergebnisse basierend auf eigenen Daten und Bakhsi et al. (2017). | 132 |

Anhang

A Metaanalyse

A.1 Datengrundlage

Die in Abbildung 5 präsentierten Ergebnisse basieren auf der Metaanalyse von Hecklau et al. (2017), in der die Daten aus fünf Studien miteinander kombiniert wurden. In Tabelle A.1 sind nähere Informationen über die Datengrundlagen angeführt. Die dritte Spalte zeigt die Schlagwörter der jeweiligen Studie, die bei der Mehrheit der Studien Digitalisierung und Industrie 4.0 sind. Da die Umfragen selbst nicht öffentlich einsehbar sind kann nicht verifiziert werden, ob dies den Befragten als Grundlage für ihre Einschätzung mitgeteilt wurde, die Daten wurden allerdings unter diesem Anschein präsentiert.

Tabelle A.1. Informationen zu den jeweiligen Studien. Die Quellen sind in der zweiten Spalte angegeben.

| Nr. | Quelle | Schlagwort | Zeitrahmen | Wirtschaftssektor | AnspruchspartnerInnen/ Größe |
|-----|-----------------------------|--------------------------------|------------|--|---|
| A | Hammermann (2016) | Digitalisierung | 2014-2024 | Verschiedene Sektoren | GeschäftsführerInnen, PersonalleiterInnen/ n=1394 |
| B | Ingenics (2014) | Industrie 4.0 | 2014-2019 | Verarbeitendes Gewerbe | Produktionsverantwortliche/ n=518 |
| C | World Economic Forum (2016) | Vierte Industrielle Revolution | 2015-2020 | Verschiedene Sektoren | Führungskräfte, PersonalleiterInnen/ n=371 |
| D | Acatech (2016) | Industrie 4.0 | 2016-n. a. | Verschiedene Sektoren (Fokus auf verarbeitendem Gewerbe) | GeschäftsführerInnen, MitarbeiterInnen diverser Unternehmensbereiche/ n=345 |
| E | Hoberg (2015) | Digitalisierung | 2015-n. a. | Verschiedene Sektoren (Fokus auf verarbeitendem Gewerbe) | Führungskräfte/ n=81 |

A.2 Definition

Die verwendeten Begrifflichkeiten sind in Tabelle A.2 dargestellt. Hecklau et al. (2017) haben verschiedene Begrifflichkeiten zusammengeführt und vereinheitlicht, diese sind in der ersten Spalte angeführt. Daneben sind die deutschen Übersetzungen des Autors, wobei hier zwei Kompetenzen nicht übersetzt wurden, da sie in dieser Arbeit nicht präsentiert werden, weil kein passendes O*NET Pendant gefunden wurde. Das ist zum einen *process understanding* und zum anderen *digital security skills and knowledge*. In der dritten und vierten Spalte sind die O*NET Äquivalente, sowie die darauf basierenden Kompetenzbündel, die in der vorliegenden Arbeit verwendet werden.

Tabelle A.2. Gegenüberstellung der Bezeichnungen für die in der Metaanalyse evaluierten Kompetenzen.

| Bezeichnung et al. (2017) | Hecklau | Übersetzung des Autors | Bezeichnung O*NET | In dieser Arbeit verwendete Bezeichnung |
|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---|
| Communication and Cooperation | Kommunikation und Kooperation | Interpersonal Orientation | Social skills | Emotionale und soziale Intelligenz |
| Coding | Programmieren | Programmieren | Programming | Technologiedesign und Programmieren |
| Complex problem solving | Komplexes Problemlösen | Complex problem solving skills | Complex problem solving skills | Komplexes Problemlösen |
| Process understanding | | | | |
| Interdisciplinary competence | Interdisziplinäre Kompetenzen | | | |
| Creativity | Kreativität | Creativity | | Kreativität, Originalität, Innovativität und Initiative |
| Decision making | Entscheidungsfindung | Judgment and Decision Making | | Analysieren und Evaluieren von Systemen |
| Willingness to learn | Lernbereitschaft | Active Learning | | Aktives Lernen und Lernstrategien |
| Digital security skills and knowledge | | Learning Strategies | | |
| Leadership competence | Leadership | Leadership | | Leadership und sozialer Einfluss |
| Analytical competence | Analytische Kompetenzen | Analytical thinking | | Praktische Intelligenz |
| Flexibility and adaptability | Anpassungsfähigkeit und Flexibilität | Adaptability/Flexibility | | Anpassungsfähigkeit und Flexibilität |

A.3 Werte

Für die Verarbeitung der Daten wurde eine Herangehensweise konträr zu jener von Hecklau et al. (2017) gewählt. Diese haben die Resultate der einzelnen Studien mit der Gesamtmenge der Befragten von allen Studien gewichtet. Aus der Sicht des Autors treten hier zwei Probleme auf, zum einen kann nicht ausgeschlossen werden, dass die gleichen Unternehmen in den verschiedenen Studien befragt wurden, ein Umstand den auch Hecklau et al. (2017) hervorheben, und zum anderen werden dadurch jene Kompetenzen relativ überrepräsentiert, die von der Mehrheit der Studien für die Befragung gewählt wurden. Demnach gibt diese Analyse nicht rein die Wichtigkeit einer Kompetenz aus der Sicht von Unternehmen dar, sondern darüber hinaus die subjektive Wichtigkeit aus der Sicht der ForscherInnen, die die Kompetenzen für die Umfragen ausgewählt haben. In dieser Arbeit sind die Antworten daher auf die Anzahl der Befragten, denen die jeweilige Tätigkeit tatsächlich präsentiert wurden, gewichtet. Eine genaue Auflistung der Zahlen ist in Tabelle A.3 gegeben.

Tabelle A.3. Berechnungsgrundlage für Abbildung 5. Anteile in Prozent. Für interdisziplinäre Kompetenzen haben demnach 77% der 518 Befragten aus Studie B angegeben, dass diese Kompetenz in Zukunft wichtiger wird. (Basierend auf Hecklau et al. (2017))

| Nr. | A | B | C | D | E | |
|--------------------------------------|------|-----|-----|-----|----|----|
| Anzahl der Befragten | 1394 | 518 | 371 | 216 | 81 | |
| Interdisziplinäre Kompetenzen | | 77 | | 61 | 72 | |
| Kommunikation und Kooperation | 75 | 68 | | 43 | 72 | |
| Komplexes Problemlösen | | 75 | 36 | 54 | 58 | |
| Leadership | | | | 55 | 55 | |
| Lernbereitschaft | | 86 | 10 | | 54 | |
| Programmieren | 52 | | 12 | | 43 | |
| Entscheidungsfindung | | 53 | 17 | 50 | 40 | |
| Analytische Kompetenzen | | | 17 | 61 | 73 | 38 |
| Kreativität | | | 15 | | 15 | |
| Anpassungsfähigkeit und Flexibilität | | | 15 | | 15 | |

B Kompetenzen der Umfrage

Tabelle B.1. Definition der in der Umfrage verwendeten Kompetenzen.

| Umfrage | | O*NET | |
|------------------------|---|-------------------------|--------------------------------------|
| Bezeichnung | Erklärung/ Frage | Klassifikation | Inhalte |
| Praktische Intelligenz | Generierung von nützlichen Ideen und eine logische und durchdachte Herangehensweise. Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen praktische Intelligenz besitzen? | Work Styles | Practical Intelligence Innovation |
| Komplexes Problemlösen | Erarbeitung und Implementierung von Lösungen für neue, unklar definierte Probleme in einem komplexen realen Umfeld. | Cross-functional skills | Complex Problem Solving Skills |
| Fortlaufend | | | |

| Umfrage | | O*NET |
|-----------------------------------|--|---|
| Bezeichnung | Erklärung/ Frage | Klassifikation Inhalte |
| | Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen die komplexe Problemlösung beherrschen? | Definition |
| Kritisches Denken und Analysieren | Identifizieren der Stärken und Schwächen von verschiedenen Herangehensweisen mittels logischer Schlussfolgerung. Beobachtung und Beurteilung von Menschen oder Organisationen um Verbesserungen zu erzielen. | Basic Skills Critical Thinking |
| | Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen kritisch denken und analysieren können? | Monitoring/Assessing performance of yourself, other individuals, or organizations to make improvements or take corrective action. |
| Fortlaufend | | |

Umfrage

O*NET

| Bezeichnung | Erklärung/ Frage | Klassifikation | Inhalte | Definition |
|---|--|----------------|---------------------|---|
| Aktives Lernen und Lernstrategien | Bewusstsein über die Auswirkungen von neuer Information für aktuelle und zukünftige Problemlösungen und Entscheidungsfindungen. Auswahl und Durchführung von passenden Methoden und Strategien beim Lernen oder Lehren neuer Dinge. | Basic Skills | Active Learning | Understanding the implications of new information for both current and future problem-solving and decision-making. |
| Kreativität, Originalität, Innovativität und Initiative | Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen aktives Lernen und Lernstrategien beherrschen? Neue Herangehensweisen und alternativen Denken um ungewöhnliche und intelligente Ideen und Lösungen zu generieren. Bereitschaft Verantwortung und Herausforderungen anzunehmen, sowie aktives Einbringen. | Work Styles | Learning Strategies | Selecting and using training/instructional methods and procedures appropriate for the situation when learning or teaching new things. Job requires a willingness to take on responsibilities and challenges. |

Fortlaufend

| Umfrage | | O*NET | |
|----------------------|--|---------------------|---|
| Bezeichnung | Erklärung/ Frage | Klassifikation | Inhalte |
| | Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen über Kreativität, Originalität und Innovativität verfügen ? | Work Values | Creativity |
| | | Responsibility | Workers on this job try out their own ideas. |
| | | Autonomy | Workers on this job make decisions on their own. |
| | | Originality | Workers on this job plan their work with little supervision. |
| | | Cognitive Abilities | The ability to come up with unusual or clever ideas about a given topic or situation, or to develop creative ways to solve a problem. |
| Detailgenauigkeit | Genaue, detaillierte Bearbeitung von | Work Style | Attention to |
| Vertrauenswürdigkeit | Arbeitsaufgaben ohne Ablenkung. Ehrlichkeit, Verantwortlichkeit und zuverlässige Erfüllung der Pflichten. | Detail | Job requires being reliable, responsible, and dependable, and fulfilling obligations. |
| Fortlaufend | | | |

| Umfrage | | O*NET |
|------------------------------------|---|---|
| Bezeichnung | Erklärung/ Frage | Klassifikation Inhalte |
| | Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen über Detailgenauigkeit und Vertrauenswürdigkeit verfügen? | Dependability Job requires being careful about detail and thorough in completing work tasks. |
| | | Integrity Job requires being honest and ethical. |
| Emotionale und soziale Intelligenz | Bewusstsein über sich selbst und andere. Einfühlsamkeit. Positive Einstellung. Vorliebe für gemeinsames Arbeiten. Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen über emotionale und soziale Intelligenz verfügen? | Work Styles Cooperation Concern for Others Job requires being pleasant with others on the job and displaying a good-natured, cooperative attitude. Job requires being sensitive to others' needs and feelings and being understanding and helpful on the job. |
| Fortlaufend | | |

| Umfrage | | O*NET |
|---|--|---|
| Bezeichnung | Erklärung/ Frage | Klassifikation |
| | | Inhalte |
| | | Definition |
| | | Social Orientation |
| | | Job requires preferring to work with others rather than alone, and being personally connected with others on the job. |
| | | Social Perceptiveness |
| | | Being aware of others' reactions and understanding why they react as they do. |
| | | Cross-functional skills |
| | | Cognitive Abilities |
| Ideenfindung und logisches Schlussfolgern | Manipulation und Verwendung von Informationen in der Problemlösung. | Idea Generation and Reasoning Abilities |
| | Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen die Ideenfindung und das logische Schlussfolgern beherrschen? | Quantitative Abilities |
| Fortlaufend | | |

| Umfrage | | O*NET | |
|----------------------------------|---|-------------------------|---|
| Bezeichnung | Erklärung/ Frage | Klassifikation | Inhalte |
| Leadership und sozialer Einfluss | Der Wille zu führen, Verantwortung zu übernehmen und Stellung zu beziehen. Einflussnahme auf andere Menschen in der Organisation. Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen einen sozialen Einfluss ausüben können? | Work Styles | Leadership |
| | | | Job requires a willingness to lead, take charge, and offer opinions and direction |
| | | Social Influence | Job requires having an impact on others in the organization, and displaying energy and leadership |
| Koordination und Zeitmanagement | Anpassung des Handelns auf Grund von anderen Handlungen. Zeitplanung von sich selbst und anderen. Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen koordinieren können und über ein gutes Zeitmanagement verfügen? | Cross-functional skills | Time Management |
| | | | Managing one's own time and the time of others. |
| | | | Adjusting actions in relation to others' actions. |
| Fortlaufend | | | |

| Umfrage | | O*NET | |
|---|--|-------------------------|--|
| Bezeichnung | Erklärung/ Frage | Klassifikation | Inhalte |
| Technologie- design und Programmieren | Entwicklung oder Anpassung von Technologien und Geräten. Erstellung von Computerprogrammen. | Cross-functional skills | Programming |
| | Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen Geräte und Programme entwickeln können? | | Technology Design |
| Analysieren und Evaluiere Systemen | Wissen über die Funktionsweise von Systemen und deren Leistungsindikatoren, damit sich die Leistung steuern lässt. Abwägen von Vor- und Nachteilen um zur besten Vorgehensweise zu gelangen. | Cross-functional skills | Judgment and Decision Making |
| | | | Considering the relative costs and benefits of potential actions to choose the most appropriate one. |
| Fortlaufend | | | |

| Umfrage | | O*NET | |
|---|---|--------------------|---|
| Bezeichnung | Erklärung/ Frage | Klassifikation | Inhalte |
| | Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen Systeme evaluieren und analysieren können? | | Systems Analysis |
| | | | Determining how a system should work and how changes in conditions, operations, and the environment will affect outcomes. |
| | | | Identifying measures or indicators of system performance and the actions needed to improve or correct performance, relative to the goals of the system. |
| Physische Geschicklichkeit und Ausdauer und Präzision | Kontrolle über Körperbewegungen. Fein kontrollierte Handhabung von Gegenständen. Die Kapazität Kraft über lange Perioden ohne außer Atem zu kommen auszuüben. | Physical Abilities | Endurance |
| | | | The ability to exert oneself physically over long periods without getting out of breath. |
| | | Fortlaufend | |

Umfrage

O*NET

| Bezeichnung | Erklärung/ Frage | Klassifikation | Inhalte | Definition |
|-------------|---|-----------------------|--|---|
| | Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen über physische Fähigkeiten verfügen? | | Flexibility, Balance, and Coordination | Abilities related to the control of gross body movements. |
| | | | Physical Strength Abilities | Abilities related to the capacity to exert force. |
| | | Psychomotor Abilities | Control Movement Abilities | Abilities related to the control and manipulation of objects in time and space. |
| | | | Fine Manipulative Abilities | Abilities related to the manipulation of objects. |
| | | | Reaction Time and Speed Abilities | Abilities related to speed of manipulation of objects. |

Fortlaufend

| Umfrage | | O*NET | |
|---|---|---------------------|--|
| Bezeichnung | Erklärung/ Frage | Klassifikation | Inhalte |
| | | | Definition |
| Gedächtnis, räumliche Fähigkeiten und Sinneswahrnehmung | Abrufen von gespeichertem Wissen. Manipulation und Ordnung von räumlichen Informationen. Aufnehmen und Ordnen von akustischen, verbalen und visuellen Informationen. | Cognitive Abilities | Attentiveness |
| | Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen über ein gutes Gedächtnis verfügen, räumliche Fähigkeiten und eine gute Sinneswahrnehmung haben? | | Memory |
| | | | Abilities related to the recall of available information. |
| | | | Perceptual Abilities |
| | | | Abilities related to the acquisition and organization of visual information. |
| | | | Spatial Abilities |
| | | | Abilities related to the manipulation and organization of spatial information. |
| Fortlaufend | | | |

| Umfrage | | O*NET | |
|---|---|-------------------------|--|
| Bezeichnung | Erklärung/ Frage | Klassifikation | Inhalte |
| | | | Definition |
| | | | Abilities that influence the acquisition and application of verbal information in problem-solving. |
| Management von Finanz- und Materialressourcen | Budgetierung und Buchhaltung. Beschaffung und Betreuung von Betriebsmitteln. | Cross-functional skills | Management of Financial Resources |
| | Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen Finanz- und Materialressourcen gut managen können? | | Management of Material Resources |
| Installations- und Wartungsarbeiten | Montage, Reparatur oder Instandhaltung von Geräten, Maschinen, Verkabelungen oder Programmen. | Cross-functional skills | Equipment Maintenance |
| | | | Performing routine maintenance on equipment and determining when and what kind of maintenance is needed. |
| Fortlaufend | | | |

| Umfrage | | O*NET |
|---------------------------------|--|---|
| Bezeichnung | Erklärung/ Frage | Klassifikation Inhalte |
| | Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen Installations- und Wartungsarbeiten durchführen können? | Installation Installing equipment, machines, wiring, or programs to meet specifications. |
| | Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen Lesen und Schreiben können, so wie die Mathematik beherrschen? | Repairing Repairing machines or systems using the needed tools. |
| Lesen, Schreiben und Mathematik | Verständnis von geschriebenen Sätzen. Effektive Kommunikation in geschriebener und mündlicher Form. Anwendung der Mathematik oder wissenschaftlichen Regeln bei der Problemlösung. | Mathematics Using mathematics to solve problems. |
| | Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen Lesen und Schreiben können, so wie die Mathematik beherrschen? | Reading Understanding written sentences and paragraphs in work related documents. |
| | | Fortlaufend |

| Umfrage | | O*NET | |
|--------------------|--|-------------------------|--|
| Bezeichnung | Erklärung/ Frage | Klassifikation | Inhalte |
| | | | Definition |
| | | Science | Using scientific rules and methods to solve problems. |
| | | Speaking | Talking to others to convey information effectively. |
| | | Writing | Communicating effectively in writing as appropriate for the needs of the audience. |
| Personalmanagement | Motivation, Entwicklung und Steuerung von Menschen im Arbeitsleben. Identifizierung der besten Kandidaten. Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen das Personalmanagement beherrschen? | Cross-functional skills | Management of Personnel Resources Motivating, developing, and directing people as they work, identifying the best people for the job. |
| Fortlaufend | | | |

| Umfrage | | O*NET |
|---|---|--|
| Bezeichnung | Erklärung/ Frage | Definition |
| Qualitätskontrolle und Sicherheitsbewusstsein | Durchführung von Tests und Inspektionen an Produkten, Services oder Prozessen um die Qualität zu bestätigen. Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen Qualitätskontrollen durchführen können und über ein Sicherheitsbewusstsein verfügen? | Quality Control Analysis Conducting tests and inspections of products, services, or processes to evaluate quality or performance. |
| Technologieauswahl, Monitoring und Kontrolle | Auswahl der Geräte und Werkzeuge die für eine Arbeit gebraucht werden. Monitoring und Kontrolle von Anlagen während der Arbeitsvorgänge. | Equipment Selection Determining the kind of tools and equipment needed to do a job. |
| Fortlaufend | | |

| Umfrage | | O*NET | |
|--------------------------------------|--|----------------|--|
| Bezeichnung | Erklärung/ Frage | Klassifikation | Inhalte |
| | Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen Technologie auswählen, überwachen und kontrollieren können? | | Operation and Control |
| | | | Controlling operations of equipment or systems. |
| | | | Operation Monitoring |
| | | | Watching gauges, dials, or other indicators to make sure a machine is working properly. |
| | | | Operations Analysis |
| | | | Analyzing needs and product requirements to create a design. |
| Anpassungsfähigkeit und Flexibilität | Offen für Veränderungen (positive und negative) und Abwechslung am Arbeitsplatz. | Work Styles | Adaptability/ Flexibility |
| | Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen anpassungsfähig und flexibel sind? | | Job requires being open to change (positive or negative) and to considerable variety in the workplace. |
| Fortlaufend | | | |

| Umfrage | | O*NET |
|--------------------------------|---|---|
| Bezeichnung | Erklärung/ Frage | Definition |
| Selbständigkeit und Initiative | Bereitschaft, Verantwortung und Herausforderungen anzunehmen. Eigenständige Durchführung sowie aktives Einbringen. | Job requires developing one's own ways of doing things, guiding oneself with little or no supervision, and depending on oneself to get things done. |
| | Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen selbstständig und initiativ sind? | Initiative Job requires a willingness to take on responsibilities and challenges. |
| Serviceorientierung | Aktive Bereitschaft anderen Hilfe zu leisten. Bezogen auf den Erfolg Ihres Unternehmens, für wie wichtig erachten Sie es, dass ihre MitarbeiterInnen serviceorientiert sind? | Service Orientation Actively looking for ways to help people. |

C Struktur der Umfrage

C.1 E-Mail Vorlage

Sehr geehrte Damen und Herren,

im Rahmen meiner Masterarbeit an der TU Wien, unter der Leitung von Frau Professor Köszegi, untersuche ich den Einfluss der Automatisierung auf die Qualifikationsanforderungen von Arbeitskräften. Jede Arbeitskraft muss über ein gewisses Set an Kompetenzen verfügen um die Arbeit ausführen zu können. In dieser Studie wird untersucht, wie sich diese Kompetenzen bis 2024 entwickeln werden und mit welchen Strategien Unternehmen auf diese Veränderungen reagieren werden. Das Ziel ist es, mögliche Trends zu erkennen und zu analysieren und die Informationsbasis zu erweitern auf derer Unternehmen ihre Entscheidungen treffen können.

Ihre Einschätzung ist von großer Bedeutung und würde einen erheblichen Informationszuwachs bringen. Die Daten fließen in anonymisierter Form in die Masterarbeit ein.

Bei Interesse klicken Sie bitte auf den folgenden Link, dieser bringt Sie zu einer Online-Umfrage in der 23 Kompetenzen nach ihrer Wichtigkeit von eins bis sieben (1-7) bewertet werden können. Das Ausfüllen wird ca. 15 Minuten in Anspruch nehmen.

<https://goo.gl/forms/oUw7XkOSwqr5I2Pz1>

Falls Sie an den Ergebnissen interessiert sind, können Sie mir das per Mail mitteilen und ich werde Ihnen gerne die fertige Arbeit zukommen lassen. Falls Sie nähere Informationen benötigen können Sie mich oder Frau Professor Köszegi per Mail oder telefonisch kontaktieren. Sehr gerne können Sie dieses Mail auch an interessierte KollegInnen weiterleiten.

Vielen Dank im Voraus!
Mit freundlichen Grüßen

C.2 Aufbau

Abschnitt 1: Demografische Daten

Eine Studie unter der Leitung von Univ.Prof. Dr. Sabine Köszegi, Leiterin des Arbeitsbereiches Arbeitswissenschaften und Organisation am Institut für Managementwissenschaften, Technische Universität Wien

Die Beantwortung dieser Umfrage wird in etwa 15 Minuten in Anspruch nehmen. Sie setzt sich aus drei Abschnitten zusammen. Im ersten Abschnitt werden allgemeine Daten über Sie und das Unternehmen in dem Sie tätig sind erhoben. Im zweiten Abschnitt wird Ihre Einschätzung zur Wichtigkeit von verschiedenen Kompetenzen aufgenommen. Im dritten Abschnitt geht es um Maßnahmen die Ihr Unternehmen, im Bezug auf die sich verändernden Anforderungen, setzen wird. Ihre Einschätzung ist von großer Bedeutung und wird in anonymisierter Form in meine Masterarbeit einfließen.

Vielen Dank, dass Sie Ihre Meinung und Zeit in diese Studie einfließen lassen.

Hinweis: Falls Sie die Umfrage ausfüllen erklären Sie sich mit der anonymisierten Veröffentlichung der Daten einverstanden.

Abschnitt 2: Kompetenzen

In diesem Abschnitt sind 23 Kompetenzen gegeben. Jede Kompetenz kann von eins (1=unwichtig) bis sieben (7=sehr wichtig) bewertet werden. Dafür stehen jeweils zwei Skalen zur Verfügung, die erste bezieht sich auf die aktuelle Situation und die zweite auf die Prognose in fünf Jahren (2024).

Die Felder sind alle gleich aufgebaut, zu Beginn wird die Kompetenz genannt, direkt darunter befindet sich eine kurze Erklärung, gefolgt von der konkreten Fragestellung und anschließend den beiden Skalen.

Anleitung zur Ausfüllung des folgenden Abschnittes: Die Antworten sollten die Einschätzungen widerspiegeln, die Sie durch die Rolle im Unternehmen haben und sich auf den

Erfolg Ihres Unternehmens beziehen. Falls Sie bei manchen Kompetenzen keine Aussage treffen können, lassen Sie die entsprechende Skala unbewertet.

Nicht jede MitarbeiterIn muss über alle unten genannten Kompetenzen verfügen um ihren Job ausführen zu können, daher sollte bei der Einschätzung auf jene Bezug genommen werden, die diese brauchen. Wird eine Kompetenz in ihrem Unternehmen gar nicht benötigt, dann ist die entsprechende Skala mit eins zu bewerten.

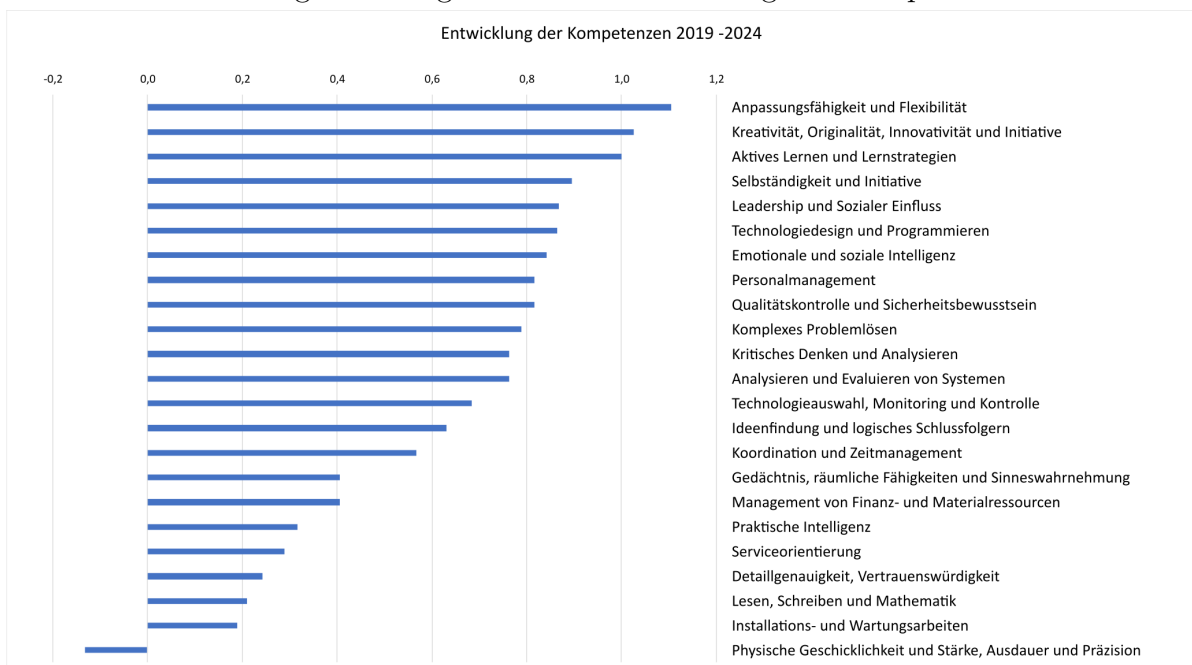
Abschnitt 3: Strategien

Im folgenden Abschnitt sind acht Strategien gegeben mit denen auf die Veränderung des Kompetenzbedarfs reagiert werden kann. Geben Sie hier bitte Ihre persönliche Einschätzung über die Wichtigkeit dieser einzelnen Strategien für Ihr Unternehmen ab. (1=unwichtig , 7=sehr wichtig)

D Klassifikation der Daten

Wie man in Abbildung D.1 sehen kann, gibt die Umfrage nur für eine Kompetenz einen negativen Trend wieder, daher lässt sich annehmen, dass die TeilnehmerInnen abgeneigt sind eine negative Entwicklung zu prognostizieren, was möglicherweise auch auf den Aufbau der Umfrage zurückzuführen ist. Damit ist das Bewertungssystem, bestehend aus

Abbildung D.1. Prognostizierte Veränderung der Kompetenzen.



zwei Skalen, demgegenüber die Möglichkeit einer direkten Bewertung in zunehmende, gleichbleibende und abnehmende Wichtigkeit steht, gemeint. Aus der Sicht des Autors wird dadurch, und durch die sinngemäß gestellte Frage, als wie wichtig die Kompetenz für den Erfolg des Unternehmens erachtet wird, die befragte Person dazu verleitet keine negativen Trends zu prognostizieren. Es könnte allerdings natürlich auch sein, dass in den Augen der Befragten alle 22 angeführten Kompetenzen eine zunehmende Relevanz bis 2024 verzeichnen werden, dies wird gestärkt durch die physischen Kompetenzen, für

die ein negativer Trend prognostiziert wurde.

Um die beiden Hypothesen zu überprüfen, bietet sich ein Vergleich mit vorhandenen Umfragen, die auf dem O*NET Content Model basieren und ähnliche Kompetenzbündel verwendet haben, an. Als dafür geeignete Arbeiten ist dem Autor nur die empirische Studie des World Economic Forum (2018a) bekannt, wobei hierfür kein Einblick in die Struktur des Fragebogens und die Auswertung möglich ist. In der Tabelle D.1 sind die Resultate der vorliegenden Arbeit und jener des World Economic Forum (2018a) gegenübergestellt. Die im World Economic Forum (2018a) gewählten Bereiche, also zunehmende, gleichbleibende und abnehmende Wichtigkeit, werden in entsprechender Reihenfolge mittels der fetten, kursiven und normalen Schriftart erkenntlich gemacht. Manche Kompetenzbündel unterscheiden sich, andere wurden nur in dieser Arbeit behandelt. Beides ist in der zweiten Spalte gekennzeichnet. In der direkten Gegenüberstellung lässt sich anschaulich erkennen, dass sich die grundlegenden Trends beider Umfragen stark ähneln. Unter der Annahme, dass sich die Kategorien des World Economic Forum (2018a) aus den Daten der Befragung ergeben haben, bestärkt das Muster in Tabelle D.1 die Hypothese bezüglich der Abneigung gegenüber negativen Prognosen der Kompetenzentwicklung. Um die vorliegenden Daten besser interpretieren zu können, vor allem aber um eine Vergleichbarkeit mit dem World Economic Forum (2018a) zu gewährleisten, werden analog, basierend auf dem Muster der Tabelle D.1 und der in Abbildung D.1 enthaltenen quantitativen Relationen, drei Bereiche, zunehmende, gleichbleibende und abnehmende Wichtigkeit, gebildet, wobei die Übergänge fließend sind und nur als grobe Einteilung betrachtet werden sollen. Der gleichbleibende Bereich stellt dabei einen Übergang zwischen zu- und abnehmend dar und darf nicht wörtlich interpretiert werden. Die untere Grenze des zunehmenden Bereiches wird unter dem Kompetenzbündel Analysieren und Evaluieren von Systemen gezogen, da sich dies sowohl mit der Zuordnung des World Economic Forum (2018a) deckt, als auch durch den in Abbildung D.1 ersichtlichen, in Relation gesehen großen Sprung von 0.08 zu dem nächsten Bündel und dem darauf folgenden raschen Abfall. Der Übergangsbereich erstreckt sich dann bis inklusive Management von Finanz- und Materialressourcen. Die Kriterien der Zuordnung decken sich mit jenen für den zunehmenden Bereich, hier sei allerdings noch hervorgehoben, dass durch den Abfall der prognostizierten Wichtigkeiten zwischen der zu- und abnehmenden Kategorie um 0.45, die angedachte Funktion als Puffer, um die Zuverlässigkeit der beiden äußeren Bereiche zu steigern, wahrgenommen wird. Die Einteilung des abnehmenden Bereiches basiert ebenso auf dem in Abbildung D.1 und Tabelle D.1 ersichtlichen Muster.

Tabelle D.1. Gegenüberstellung der Ergebnisse basierend auf eigenen Daten und World Economic Forum (2018a)

| Vorliegende Arbeit | World Economic Forum (2018a) |
|--|---|
| <p>Anpassungsfähigkeit und Flexibilität</p> <p>Kreativität, Originalität, Innovativität und Initiative</p> <p>Aktives Lernen und Lernstrategien</p> <p>Selbständigkeit und Initiative</p> <p>Leadership und Sozialer Einfluss</p> <p>Technologiedesign und Programmieren</p> <p>Emotionale und soziale Intelligenz</p> <p><i>Personalmanagement</i></p> <p><i>Qualitätskontrolle und Sicherheitsbewusstsein</i></p> <p>Komplexes Problemlösen</p> <p>Kritisches Denken und Analysieren</p> <p>Analysieren und Evaluieren von Systemen</p> | <p>Nicht untersucht</p> |
| <p>Technologieauswahl, Monitoring und Kontrolle</p> <p>Ideenfindung und logisches Schlussfolgern</p> <p><i>Koordination und Zeitmanagement</i></p> <p><i>Gedächtnis, räumliche Fähigkeiten und Sinneswahrnehmung</i></p> <p><i>Management von Finanz- und Materialressourcen</i></p> | <p>Schlussfolgerung, Problemlösung und Ideenfindung</p> <p><i>Gedächtnis, verbale, akustische und räumliche Fähigkeiten</i></p> |
| <p>Praktische Intelligenz</p> <p>Serviceorientierung</p> <p>Detaillgenauigkeit, Vertrauenswürdigkeit</p> <p><i>Lesen, Schreiben und Mathematik</i></p> <p><i>Installations- und Wartungsarbeiten</i></p> <p><i>Physische Geschicklichkeit und Stärke, Ausdauer und Präzision</i></p> | <p>Nicht untersucht</p> <p><i>Lesen, Schreiben, Mathematik und aktives Zuhören</i></p> |

In Abbildung D.1 sind die Bereiche durch die horizontalen Linien visuell gekennzeichnet.

Tabelle D.2. Gegenüberstellung der Ergebnisse basierend auf eigenen Daten und Bakhshi et al. (2017).

| Vorliegende Arbeit | | Bakhshi et al. (2017) | |
|---|------|-----------------------------------|------|
| Anpassungsfähigkeit und Flexibilität | 1.11 | | |
| Kreativität, Originalität, Innovativität und Initiative | 1.03 | Originalität | 0.71 |
| Aktives Lernen und Lernstrategien | 1.00 | Aktives Lernen | 0.72 |
| | | Lernstrategien | 0.72 |
| Selbständigkeit und Initiative | 0.89 | | |
| Leadership und Sozialer Einfluss | 0.87 | | |
| Technologiedesign und Programmieren | 0.86 | Programmieren | 0.34 |
| | | Technologiedesign | 0.42 |
| Emotionale und soziale Intelligenz | 0.84 | Soziale Wahrnehmung | 0.56 |
| Personalmanagement | 0.82 | Personalmanagement | 0.64 |
| Qualitätskontrolle und Sicherheitsbewusstsein | 0.82 | Qualitätskontrolle | 0.14 |
| Komplexes Problemlösen | 0.79 | Komplexes Problemlösen | 0.67 |
| Kritisches Denken und Analysieren | 0.76 | Kritisches Denken | 0.66 |
| | | Monitoring | 0.66 |
| Analysieren und Evaluieren von Systemen | 0.76 | Urteils- und Entscheidungsfindung | 0.75 |
| | | Systemanalyse | 0.67 |
| | | Systemevaluierung | 0.70 |
| Fortlaufend | | | |

| Vorliegende Arbeit | | Bakhshi et al. (2017) | |
|---|------|-----------------------------------|-------|
| Technologieauswahl, Monitoring und Kontrolle | 0.68 | Technologieauswahl | -0.12 |
| | | Betrieb und Kontrolle | -0.25 |
| | | Betriebsüberwachung | -0.12 |
| | | Betriebsanalyse | 0.55 |
| Ideenfindung und logisches Schlussfolgern | 0.63 | | |
| Koordination und Zeitmanagement | 0.57 | Zeitmanagement | 0.55 |
| | | Koordination | 0.62 |
| Gedächtnis, räumliche Fähigkeiten und Sinneswahrnehmung | 0.41 | | |
| Management von Finanz- und Materialressourcen | 0.41 | Management von Finanzressourcen | 0.40 |
| | | Management von Materialressourcen | 0.46 |
| Praktische Intelligenz | 0.32 | | |
| Serviceorientierung | 0.29 | Serviceorientierung | 0.38 |
| Detailgenauigkeit, Vertrauenswürdigkeit | 0.24 | | |
| Lesen, Schreiben und Mathematik | 0.21 | Mathematik | 0.38 |
| | | Leseverständnis | 0.47 |
| | | Wissenschaft | 0.50 |
| | | Sprechen | 0.53 |
| | | Schreiben | 0.49 |
| Fortlaufend | | | |

| Vorliegende Arbeit | | Bakhshi et al. (2017) | |
|---|-------|-----------------------|-------|
| Installations- und Wartungsarbeiten | 0.19 | Instandhaltung | -0.22 |
| | | Installation | -0.06 |
| | | Reparatur | -0.20 |
| Physische Geschicklichkeit und Stärke, Ausdauer und Präzision | -0.13 | | |

Es sei hervorgehoben, dass die Interpretation auf der Annahme der Relation der Kompetenzen zueinander basiert, was durch den Vergleich mit der Arbeit von Bakhshi et al. (2017), in Tabelle D.2 deutlich wird. In der Studie von Bakhshi et al. (2017) wurde die Entwicklung der Kompetenzen, basierend auf der Korrelation mit Berufen, deren Entwicklung von ExpertInnen eingeschätzt wurden, prognostiziert. In Tabelle D.2 werden die Kompetenzbündel der vorliegenden Arbeit, inklusive der quantitativ prognostizierten Entwicklung, mit den Kompetenzen der Studie von Bakhshi et al. (2017), inklusive der Korrelation mit der prognostizierten Entwicklung der Berufe, gegenübergestellt. Nähere Informationen über die Studie sind in Kapitel 3.5 gegeben. Diese Gegenüberstellung zeigt, dass selbst manche Kompetenzen, die in dieser Arbeit in die abnehmende Kategorie fallen, in Berufen mit positiver Entwicklungsprognose gebraucht werden. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte sein, dass jene Kompetenzen zwar positiv mit wachsenden Berufen verknüpft sind, allerdings als Grundvoraussetzung benötigt werden und nicht erst durch die zunehmende Automatisierung ihre Relevanz erlangen. Aus dem Vergleich des Kompetenzbündels Installations- und Wartungsarbeiten, das in der vorliegenden Arbeit zwar von den Befragten mit einer zunehmenden Relevanz hinterlegt wurde, aber relativ gesehen den vorletzten Platz einnimmt und laut Bakhshi et al. (2017) eine negative Korrelation aufweist, lässt sich ein zusätzliches Argument für die Hypothese der positiven Voreingenommenheit ableiten.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine Einteilung in drei Bereiche, zunehmende, gleichbleibende und abnehmende Wichtigkeit, vorgenommen wurde, um die Interpretation zu erleichtern und die Vergleichbarkeit mit der Arbeit vom World Economic Forum (2018a) zu gewährleisten. Dieses Vorgehen wird als zulässig angenommen, weil sich die Einteilung im allgemeinen mit dem World Economic Forum (2018a) deckt (Tabelle D.1), das quantitative Muster dies unterstützt (Abbildung D.1) und die Ergebnisse in ihrer

Relation zueinander betrachtet werden. Es sollte beachtet werden, dass die Einteilung in der Relation der Kompetenzen zueinander erfolgt und sich rein auf die Entwicklung im Zuge der Automatisierung bezieht. Darüber hinaus lässt sich der subjektive Einfluss des Autors nicht ganz ausschließen, daher sind die Übergänge zwischen den Bereichen als fließend anzunehmen und sollten nur als grobe Einteilung betrachtet werden.