

# ICT-Investitionen und Arbeitslosigkeit in Wohlfahrtsstaaten

Eine Paneldatenanalyse nach Bildungsniveau in OECD-Ländern

Tobias Achim Rau

14. Februar 2025

## **Bachelorarbeit**

vorgelegt im Studiengang Politikwissenschaften  
am Fachbereich 03 an der **Goethe-Universität Frankfurt**

**Verfasser:** Tobias Achim Rau

**Matrikelnummer:** 6619097

**E-Mail:** s3045892@stud.uni-frankfurt.de

**Betreuerin:** Anna Gerlach

**Abgabedatum:**

# Inhaltsverzeichnis

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>  | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>Forschungsgegenstand</b>                                      | <b>7</b>  |
| 2.1      | Digitalisierung und Industrie 4.0 . . . . .                      | 7         |
| 2.2      | ICT-Investitionen . . . . .                                      | 9         |
| 2.3      | Arbeitsmarkt und Bildungsgruppen . . . . .                       | 10        |
| <b>3</b> | <b>Forschungsstand</b>   | <b>12</b> |
| 3.1      | Auswirkungen der Digitalisierung auf Arbeitsmärkte . . . . .     | 12        |
| 3.2      | ICT-Investitionen als Treiber der Transformation . . . . .       | 14        |
| 3.3      | Unterschiede zwischen Wohlfahrtsstaaten . . . . .                | 15        |
| 3.4      | Forschungslücken . . . . .                                       | 16        |
| <b>4</b> | <b>Theorie und Hypothesen</b>                                    | <b>18</b> |
| 4.1      | Schumpeters „kreative Zerstörung“ . . . . .                      | 18        |
| 4.2      | Skill-biased technological change . . . . .                      | 20        |
| 4.3      | Wohlfahrtsstaaten . . . . .                                      | 21        |
| 4.4      | Hypothesen . . . . .   | 22        |
| <b>5</b> | <b>Daten und Methodik</b>  | <b>25</b> |
| 5.1      | Datensätze . . . . .   | 25        |
| 5.2      | Operationalisierung . . . . .                                    | 25        |
| 5.3      | Analytische Methode . . . . .                                    | 26        |
| <b>6</b> | <b>Ergebnisse</b>  | <b>29</b> |
| 6.1      | Deskriptive Ergebnisse . . . . .                                 | 29        |
| 6.2      | Multivariate Analysen . . . . .                                  | 39        |
| <b>7</b> | <b>Diskussion und Fazit</b>                                      | <b>46</b> |
| 7.1      | Zentrale Ergebnisse der Analyse . . . . .                        | 46        |
| 7.2      | Einordnung der Ergebnisse in den theoretischen Kontext . . . . . | 47        |
| 7.3      | Limitationen und zukünftige Forschung . . . . .                  | 47        |
| 7.4      | Gesamtfazit . . . . .  | 48        |
| <b>A</b> | <b>Anhang</b>  | <b>53</b> |
| A.1      | Projektdateien . . . . .   | 53        |
| A.2      | Erklärung zur Prüfungsleistung . . . . .                         | 54        |

## Abkürzungsverzeichnis

|              |  |
|--------------|--|
| <b>ICT</b>   | Informations- und Kommunikationstechnologien (aus d. Engl.: <i>Information and Communication Technologies</i> )                                |
| <b>OECD</b>  | Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (aus d. Engl.: <i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i> ) |
| <b>SNA08</b> | System of National Accounts 2008   |
| <b>SBTC</b>  | Skill-Biased Technological Change (z. Dt.: <i>Technologie mit qualifikationsspezifischen Effekten</i> )  |
| <b>RBTC</b>  | Routine-Biased Technological Change (z. Dt.: <i>Technologie mit routinespezifischen Effekten</i> )   |
| <b>BIP</b>   | Bruttoinlandsprodukt   |
| <b>RE</b>    | Fixed Effects (z. Dt.: <i>feste Effekte</i> )  |
| <b>FE</b>    | Random Effects (z. Dt.: <i>zufällige Effekte</i> )   |
| <b>AI</b>    | Künstliche Intelligenz (aus d. Engl.: <i>Artificial Intelligence</i> )   |
| <b>IoT</b>   | Internet der Dinge (aus d. Engl.: <i>Internet of Things</i> )  |

## Glossar

**Digitalisierung** bezeichnet den Prozess der Umwandlung von analogen Informationen, Prozessen und Geschäftsmodellen in digitale Formate. Sie umfasst den Einsatz digitaler Technologien zur Automatisierung und Optimierung von Abläufen sowie zur Schaffung neuer Wertschöpfungspotenziale (Brennen & Kreiss, 2016, S. 6). Im wirtschaftlichen Kontext wird Digitalisierung oft im Zusammenhang mit der vierten industriellen Revolution (Industrie 4.0) gesehen, die durch die Integration digitaler und physischer Systeme gekennzeichnet ist (Hofman, 2018, S. 114).

**Cloud Computing** beschreibt die Bereitstellung von IT-Ressourcen wie Speicherplatz, Rechenleistung und Anwendungen über das Internet („die Cloud“) anstelle lokaler Server oder Computer. Dieses Modell ermöglicht den flexiblen Zugriff auf Daten und Anwendungen unabhängig vom Standort und fördert Skalierbarkeit sowie Kosteneffizienz (Armbrust et al., 2010, S. 52). Die wichtigsten Servicemodelle sind Infrastructure-as-a-Service, Platform-as-a-Service und Software-as-a-Service.

**Künstliche Intelligenz** bezeichnet die Fähigkeit von Maschinen oder Computersystemen, menschenähnliche kognitive Funktionen wie Lernen, Problemlösung und Entscheidungsfindung auszuführen. Sie basiert auf Algorithmen, die Muster in Daten erkennen und selbstständig aus Erfahrungen lernen können (Russell & Norvig, 2020, S. 28). Künstliche Intelligenz (aus d. Engl.: *Artificial Intelligence*) (AI) umfasst verschiedene Teilbereiche wie maschinelles Lernen, neuronale Netzwerke und natürliche Sprachverarbeitung.

**Big Data** bezeichnet große, komplexe und schnell wachsende Datenmengen, die mit herkömmlichen Datenverarbeitungssystemen nur schwer analysierbar sind. Die Analyse von Big Data erfolgt häufig mit Verfahren des maschinellen Lernens, Data Mining und verteilten Datenbanksystemen (Gandomi & Haider, 2014, S. 92).

# 1 Einleitung

Mit der zunehmenden Digitalisierung und Automatisierung der Arbeitswelt erleben viele Länder tiefgreifende strukturelle Veränderungen ihrer Arbeitsmärkte. Eine zentrale Rolle spielen dabei Informations- und Kommunikationstechnologien (aus d. Engl.: *Information and Communication Technologies*) (ICT), deren Einsatz weltweit zu erheblichen Effizienzsteigerungen und Innovationsprozessen führt (vgl. Brynjolfsson & McAfee, 2015, Kap. 1).

Während technologische Fortschritte die Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften erhöhen können, bleibt unklar, welche Auswirkungen diese Entwicklung auf geringqualifizierte Arbeitskräfte hat und inwiefern sie sich messen lässt (vgl. Acemoglu & Autor, 2011, S. 1070). Einerseits eröffnen die gestiegenen Anforderungen an technologische Kompetenzen neue Chancen für hochqualifizierte Fachkräfte (vgl. Acemoglu & Autor, 2011, S. 1045), andererseits wächst die Befürchtung, dass rasante Investitionen in ICT den Zugang zu Arbeitsplätzen für geringqualifizierte Personen erschweren (vgl. Frey & Osborne, 2016, S. 24). In der Forschung wird daher diskutiert, ob der technologische Fortschritt die Kluft zwischen den Bildungsniveaus weiter vertieft und die Arbeitslosigkeit unter geringer Qualifizierten verstärkt (vgl. Balsmeier & Woerter, 2019, Kap. 2).

Die Frage nach dem Zusammenhang zwischen ICT-Investitionen und Arbeitslosigkeit nach Bildungsniveau ist nicht nur ökonomisch, sondern auch sozial von Bedeutung. Investitionen in digitale Technologien können Polarisierungseffekte hervorrufen, indem sie hochqualifizierte Arbeitskräfte begünstigen, während geringer Qualifizierte durch Automatisierung verdrängt werden (vgl. Frey & Osborne, 2016, Kap. 2). Gleichzeitig entstehen durch den technologischen Wandel neue Berufsfelder, die innovative Fähigkeiten erfordern (vgl. Brynjolfsson & McAfee, 2015, Kap. 1). Welche Auswirkungen diese Prozesse auf die Verteilung von Arbeitsplätzen haben und ob sie zur Polarisierung des Arbeitsmarktes beitragen, bleibt eine zentrale Frage der aktuellen Forschung (vgl. Balsmeier & Woerter, 2019, Kap. 2).

Ziel dieser Arbeit ist es daher, den Einfluss von ICT-Investitionen auf die Arbeitslosigkeit in verschiedenen Bildungsgruppen zu untersuchen. Es wird angenommen, dass hohe Investitionen in digitale Technologien die Arbeitslosigkeit unter Hochqualifizierten senken, während sie bei geringer Qualifizierten steigen könnte (vgl. Acemoglu & Autor, 2011, S. 1045). Diese Analyse soll zur Debatte über die Folgen der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt beitragen und empirisch untersuchen, in welchem Maße technologische Investitionen mit der Arbeitslosenquote nach Bildungsniveau korrelieren.

Aus der zuvor dargelegten Argumentation ergibt sich die zentrale Forschungsfrage dieser Arbeit:

**„Wie beeinflussen nationale Investitionen in Informations- und Kommunikationstechnologien die Arbeitslosenquoten verschiedener Bildungsniveaus in Wohlfahrtsstaaten?“**

Die Analyse der Auswirkungen von Digitalisierung und ICT-Investitionen auf die Beschäftigungsstruktur in Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (aus d. Engl.: *Organisation for Economic Co-operation and Development*) (OECD)-Ländern ist von hoher Relevanz, da sie Aufschluss über die Anpassungsfähigkeit verschiedener Wirtschaftssysteme an technologische Umbrüche gibt. Zudem bietet sie eine Grundlage für politische Entscheidungen im Bereich Arbeitsmarktregulierung und Bildungsinvestitionen. Angesichts der zunehmenden Bedeutung digitaler Technologien für wirtschaftliches Wachstum und soziale Gerechtigkeit ist es essenziell, die damit verbundenen Herausforderungen und Chancen für verschiedene gesellschaftliche Gruppen besser zu verstehen.

## 2 Forschungsgegenstand

Der Forschungsgegenstand dieser Arbeit umfasst die Untersuchung der Auswirkungen von Investitionen in ICT auf den Arbeitsmarkt in OECD-Ländern. Im Zentrum steht dabei die Frage, wie sich diese Investitionen auf die Beschäftigungslage, insbesondere die Arbeitslosenquote, auf verschiedene Bildungsniveaus in einer Gesellschaft auswirken. Die Untersuchung konzentriert sich dabei auf zwei wesentliche Dimensionen: die nationalen Investitionen in digitale Technologien sowie die Auswirkungen auf Arbeitsmärkte und Beschäftigungsstrukturen.

### 2.1 Digitalisierung und Industrie 4.0

Der Begriff der Digitalisierung beschreibt den Prozess, bei dem digitale Technologien zunehmend in allen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bereichen eingesetzt werden, um Prozesse zu automatisieren, zu optimieren und neue Wertschöpfungspotenziale zu erschließen (Brennen & Kreiss, 2016, S. 6). Im wirtschaftlichen Kontext wird dieser Begriff häufig mit der vierten industriellen Revolution (Industrie 4.0) in Verbindung gebracht. Diese ist gekennzeichnet durch die Verschmelzung von physischen und digitalen Systemen und wirft zentrale Fragen zur politischen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit des digitalen Wandels auf (Hofman, 2018, S. 114). Die Digitalisierung verändert Produktionsprozesse, die Art und Weise, wie Dienstleistungen erbracht werden, sowie die Anforderungen an Arbeitnehmer\*innen in einem globalisierten Arbeitsmarkt.

Industrie 4.0 bezeichnet die fortschreitende Integration von ICT in industrielle Produktionsprozesse. Sie ist geprägt durch den Einsatz von AI, maschinellem Lernen, Big Data, Cloud Computing, Cyber-Physischen Systemen (CPS) sowie dem Internet der Dinge (aus d. Engl.: *Internet of Things*) (IoT) (Kagermann et al., 2013, S. 22). Diese Technologien ermöglichen die weitreichende Automatisierung von Produktionsabläufen und die Vernetzung einzelner Prozessschritte, was in einer höheren Effizienz, geringeren Produktionskosten und einer flexibleren Fertigung resultiert. Die Vernetzung intelligenter Maschinen und Systeme erlaubt eine selbstorganisierte Produktion, bei der Maschinen in Echtzeit miteinander kommunizieren und Entscheidungen auf Basis umfangreicher Datensätze treffen können.

Ein zentraler Treiber der Industrie 4.0 ist die wachsende Fähigkeit, Daten in Echtzeit zu erfassen, zu analysieren und zur Prozessoptimierung zu nutzen. Dadurch können Unternehmen "vorausschauende Wartungen" (aus d. Eng.: *predictive maintenance*) implementieren, wodurch Maschinenausfälle minimiert und Produktionsprozesse optimiert werden. Ebenso spielt die Individualisierung von Produkten eine zunehmend wichtige Rolle, da moderne Fertigungssysteme auf individuelle Kundenwünsche eingehen können, ohne

signifikante Effizienzverluste zu erleiden (Bartodziej, 2016, S. 85).

Der Wandel durch Industrie 4.0 hat weitreichende Implikationen für den Arbeitsmarkt. Während einerseits neue, hochqualifizierte Arbeitsplätze entstehen, insbesondere im Bereich der Softwareentwicklung, Datenanalyse und Automatisierungstechnik, besteht andererseits die Gefahr, dass traditionelle Berufe - insbesondere in der industriellen Fertigung, im Transportwesen und in administrativen Tätigkeiten - durch digitale Prozesse ersetzt oder stark verändert werden (Frey & Osborne, 2016, S. 40). Dies führt zu einer zunehmenden Polarisierung des Arbeitsmarktes: Hochqualifizierte Fachkräfte mit digitalen Kompetenzen profitieren von der digitalen Transformation, während Geringqualifizierte einem steigenden Risiko der Arbeitsplatzverlagerung oder -substitution ausgesetzt sind.

Zudem hat Digitalisierung tiefgreifende Auswirkungen auf die Arbeitsorganisation und Beschäftigungsformen. Flexible Arbeitszeitmodelle, Remote Work und Plattformarbeit werden durch digitale Technologien gefördert, wodurch sich klassische Beschäftigungsstrukturen verändern (Schwab, 2016, S. 112). Unternehmen setzen verstärkt auf agile Arbeitsmethoden, um sich den schnell wandelnden Marktanforderungen anzupassen. Gleichzeitig stellen die digitale Vernetzung und Automatisierung neue Herausforderungen an den Datenschutz, die IT-Sicherheit und die Regulierung von algorithmengesteuerten Entscheidungsprozessen.

Die Implementierung von Industrie 4.0 variiert stark zwischen verschiedenen Branchen und Ländern. Während hochtechnologisierte Industrien wie der Maschinenbau, die Automobilbranche oder die Elektronikfertigung bereits stark digitalisiert sind, zeigen sich in anderen Sektoren wie dem Handwerk, der Bauwirtschaft oder dem Einzelhandel noch deutliche Unterschiede im Digitalisierungsgrad (Brennen & Kreiss, 2016, S. 77). Ebenso beeinflussen wirtschaftspolitische Rahmenbedingungen die Geschwindigkeit und Richtung des digitalen Wandels, insbesondere in Bezug auf Investitionen in digitale Infrastruktur, Weiterbildungsprogramme für Arbeitskräfte und Regularien zum Schutz von Beschäftigten im digitalen Zeitalter.

Zusammenfassend stellt Digitalisierung und Industrie 4.0 eine der zentralen Transformationen der modernen Wirtschaft dar. Die zunehmende Automatisierung, Vernetzung und datenbasierte Steuerung von Produktionsprozessen führt zu signifikanten Effizienzgewinnen, birgt jedoch zugleich Herausforderungen für den Arbeitsmarkt, insbesondere in Bezug auf Jobpolarisation, Qualifikationsanforderungen und soziale Ungleichheit. Die Frage, inwieweit ICT-Investitionen tatsächlich zu einer Reduzierung oder Verschärfung von Arbeitslosigkeit führen, hängt daher maßgeblich von der Gestaltung wirtschafts- und bildungspolitischer Maßnahmen sowie von den Anpassungsfähigkeiten nationaler Arbeitsmärkte ab.



## 2.2 ICT-Investitionen

Investitionen in ICT umfassen eine Vielzahl an materiellen und immateriellen Ressourcen, die zur Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft beitragen. Dazu gehören physische Infrastrukturen wie Glasfasernetze, Rechenzentren und Netzwerkausrüstungen sowie immaterielle Investitionen in Software, Cloud-Dienste, Datenmanagementsysteme und digitale Plattformen (OECD, 2019, S. 15ff). ICT-Investitionen gelten als wesentlicher Indikator für die digitale Transformation eines Landes, da sie maßgeblich beeinflussen, in welchem Umfang neue Technologien in Produktions- und Dienstleistungsprozesse integriert werden.

Der zunehmende Einsatz digitaler Technologien ermöglicht nicht nur Effizienzsteigerungen, sondern auch die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und Dienstleistungen. Insbesondere durch Fortschritte in Cloud Computing, Big Data, AI und Automatisierung können Unternehmen ihre Produktionsabläufe flexibler gestalten, Kosten reduzieren und innovative Produkte auf den Markt bringen (OECD, 2019, S. 15ff). Cloud-Technologien erleichtern beispielsweise den Zugriff auf skalierbare Rechenleistung und Speicherressourcen, was insbesondere kleinen und mittelständischen Unternehmen den Einstieg in digitale Geschäftsmodelle erleichtert. Gleichzeitig erlaubt der Einsatz von AI eine effizientere Datennutzung, wodurch Entscheidungsprozesse optimiert und Produktionsabläufe automatisiert werden können.

Ein Vorteil von Investitionen in ICT liegt in der Vernetzung und Integration globaler Wertschöpfungsketten. Durch digitale Plattformen und Echtzeit-Datenverarbeitung können Unternehmen Produktions- und Logistikprozesse über Ländergrenzen hinweg koordinieren, wodurch Lieferketten optimiert und wirtschaftliche Abhängigkeiten reduziert werden (OECD, 2019, S. 48). Die zunehmende Automatisierung von Fertigungs- und Verwaltungsprozessen führt dazu, dass Unternehmen produktiver arbeiten und gleichzeitig flexibler auf Marktentwicklungen reagieren können.

ICT-Investitionen sind zudem ein Schlüsselfaktor für wirtschaftliches Wachstum. Zahlreiche Studien zeigen, dass ein hoher Digitalisierungsgrad mit einer gesteigerten Innovationsfähigkeit sowie einer erhöhten Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen und Volkswirtschaften korreliert (Brynjolfsson & McAfee, 2015, S. 22). In digital führenden Ländern wie den USA, Deutschland oder Südkorea sind ICT-Investitionen ein wesentlicher Treiber von Produktivitätssteigerungen, da sie nicht nur bestehende Arbeitsprozesse effizienter machen, sondern auch neue Arbeitsfelder und Industrien hervorbringen. Gleichzeitig können gezielte Investitionen in digitale Infrastrukturen dazu beitragen, strukturelle Ungleichheiten zwischen urbanen und ländlichen Regionen zu verringern, indem sie einen besseren Zugang zu digitalen Dienstleistungen und Fernarbeit ermöglichen.

Allerdings sind die Auswirkungen von ICT-Investitionen auf den Arbeitsmarkt ambi-

valent. Einerseits entstehen durch die Digitalisierung neue Arbeitsplätze, insbesondere in den Bereichen Softwareentwicklung, Datenanalyse, Automatisierungstechnik und digitale Dienstleistungen. Andererseits führt die Automatisierung in vielen Sektoren zur Verdrängung traditioneller Tätigkeiten, insbesondere bei Routinetätigkeiten mit mittlerem Qualifikationsniveau (Frey & Osborne, 2016, S. 40). Dies verstärkt bestehende Tendenzen der Arbeitsmarktpolarisierung, bei der sowohl hochqualifizierte als auch gering qualifizierte Arbeitskräfte von technologischen Veränderungen unterschiedlich betroffen sind.

Darüber hinaus sind Investitionen in ICT eng mit politischen Rahmenbedingungen verknüpft. Regierungen spielen eine zentrale Rolle bei der Förderung von Digitalisierung durch gezielte Subventionen, Investitionen in digitale Bildung und die Bereitstellung leistungsfähiger Infrastrukturen wie Glasfasernetze und Standards wie 5G-Mobilfunk (OECD, 2020, S. 45). Auch Fragen der Cybersicherheit, des Datenschutzes und der ethischen Regulierung von AI-Technologien beeinflussen maßgeblich, wie effektiv und nachhaltig ICT-Investitionen zur wirtschaftlichen Entwicklung eines Landes beitragen können (OECD, 2020, S. 45).

Zusammenfassend sind ICT-Investitionen ein zentraler Motor der digitalen Transformation und spielen eine entscheidende Rolle in der Modernisierung von Wirtschaft und Gesellschaft (Brynjolfsson & McAfee, 2015, S. 112). Ihre Auswirkungen auf Beschäftigung, wirtschaftliches Wachstum und globale Wertschöpfungsketten sind vielschichtig und hängen sowohl von technologischen Fortschritten als auch von politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ab (Brynjolfsson & McAfee, 2015, S. 112). In der vorliegenden Untersuchung wird analysiert, inwieweit ICT-Investitionen mit der Entwicklung der Arbeitslosenquote in verschiedenen Bildungsgruppen zusammenhängen und welche Rolle sie für den Strukturwandel auf dem Arbeitsmarkt spielen.

## 2.3 Arbeitsmarkt und Bildungsgruppen

Der Arbeitsmarkt beschreibt die Gesamtheit der wirtschaftlichen Beziehungen zwischen Arbeitsangebot und Arbeitsnachfrage. Beschäftigung und Arbeitslosigkeit gelten dabei als zentrale Indikatoren für die Bewertung von Arbeitsmarktstrukturen (Acemoglu, 2002, S. 10ff). In dieser Arbeit liegt der Fokus auf der Arbeitslosigkeit nach Bildungsniveau, das in der Regel in die Kategorien niedrig, mittel und hoch eingeteilt wird (Frey & Osborne, 2016, S. 35–37). Diese Differenzierung ermöglicht es, Unterschiede in der Betroffenheit von Arbeitslosigkeit im Zuge des digitalen Wandels besser zu analysieren und daraus wirtschafts- und bildungspolitische Implikationen abzuleiten.

Die Auswirkungen der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt sind vielschichtig und führen zu einer strukturellen Veränderung der Beschäftigungsmöglichkeiten. In vielen Bereichen ersetzen automatisierte Prozesse und digitale Technologien bisherige Routinetä-

tigkeiten, wodurch insbesondere Berufe mit einem mittleren Qualifikationsniveau unter Druck geraten (Frey & Osborne, 2016, S. 44f).

Diese Entwicklung wird oft als Jobpolarisierung beschrieben: Einerseits entstehen neue hochqualifizierte Tätigkeiten in Bereichen wie Softwareentwicklung, AI, Datenanalyse und Automatisierungstechnik, andererseits sind Arbeitsplätze mit mittleren Qualifikationsanforderungen - insbesondere in der Fertigung, im administrativen Bereich und im Dienstleistungssektor - einem verstärkten Automatisierungsdruck ausgesetzt (Autor, 2015, S. 40).

Diese technologische Polarisierung führt zu einer zunehmenden Einkommensungleichheit, da Hochqualifizierte von der Digitalisierung profitieren, während gering Qualifizierte häufig in niedrig entlohnenden, weniger stabilen Beschäftigungsverhältnissen verbleiben oder verstärkt von Arbeitslosigkeit betroffen sind (Acemoglu, 2002, S. 10). Ein weiteres Risiko dieser Entwicklung ist die sogenannte Skill-Bias-Hypothese, wonach technologischer Fortschritt vor allem die Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften erhöht, während einfache Tätigkeiten zunehmend ersetzt werden (Goos et al., 2014, S. 25).

Die strukturellen Verschiebungen auf dem Arbeitsmarkt stellen auch neue Herausforderungen an die Bildungs- und Arbeitsmarktpolitik. Insbesondere Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen, Weiterbildungsprogramme für Berufstätige sowie Investitionen in lebenslanges Lernen werden zunehmend als notwendig erachtet, um die negativen Auswirkungen der Digitalisierung auf gering und mittel Qualifizierte abzufedern (Brynjolfsson & McAfee, 2015, S. 75). Länder mit einem gut ausgebauten Weiterbildungssystem und gezielten Maßnahmen zur digitalen Qualifizierung können die negativen Folgen der Jobpolarisierung besser abfedern als Länder mit einer geringeren Bildungsdurchlässigkeit.

Insgesamt zeigt sich, dass der Einfluss von ICT-Investitionen auf den Arbeitsmarkt stark vom Bildungsniveau der Erwerbsbevölkerung abhängt. Während Hochqualifizierte von den neuen technologischen Anforderungen profitieren, müssen niedrig und mittel qualifizierte Arbeitskräfte mit einem erhöhten Risiko der Arbeitsplatzverdrängung rechnen. Diese Entwicklung unterstreicht die Notwendigkeit einer gezielten arbeitsmarkt- und bildungspolitischen Anpassung, um negative soziale und wirtschaftliche Effekte der Digitalisierung zu minimieren. In der vorliegenden Arbeit wird analysiert, inwieweit ICT-Investitionen in OECD-Ländern mit der Arbeitslosigkeit in verschiedenen Bildungsgruppen korrelieren und ob sich bestimmte Muster in verschiedenen Wohlfahrtsstaaten identifizieren lassen.

### 3 Forschungsstand

Die Auswirkungen von Digitalisierung und ICT-Investitionen auf den Arbeitsmarkt sind ein zentrales Thema der arbeitsmarktökonomischen Forschung. Während einige Studien den Fokus auf die technologische Verdrängung bestimmter Berufsgruppen legen, untersuchen andere, inwieweit institutionelle Rahmenbedingungen wie Wohlfahrtsstaaten die Effekte von Digitalisierung abmildern oder verstärken. In diesem Kapitel werden zunächst die allgemeinen Auswirkungen der Digitalisierung auf Arbeitsmärkte analysiert, bevor der Fokus auf die Rolle von ICT-Investitionen und die Unterschiede zwischen verschiedenen Wohlfahrtsstaaten gelegt wird. Abschließend werden bestehende Forschungslücken aufgezeigt, die eine weiterführende Analyse notwendig machen.

#### 3.1 Auswirkungen der Digitalisierung auf Arbeitsmärkte

Die Digitalisierung und insbesondere Investitionen in ICT haben die Arbeitsmärkte weltweit in den letzten Jahrzehnten grundlegend verändert. Empirische Studien zeigen, dass diese Entwicklungen die Beschäftigungsstrukturen in verschiedenen Bildungsgruppen unterschiedlich beeinflussen. Die Automatisierung technologischer Prozesse sowie der verstärkte Einsatz digitaler Systeme betreffen insbesondere Tätigkeiten, die routinisierbar und standardisierbar sind. In diesem Zusammenhang haben verschiedene wissenschaftliche Arbeiten untersucht, welche Beschäftigungsgruppen besonders von den digitalen Transformationsprozessen betroffen sind.

Eine der einflussreichsten Arbeiten in diesem Bereich stammt von Autor, Levy und Murnane (2003), die zeigen, dass Tätigkeiten mit einem hohen Anteil an routinemäßigen kognitiven und manuellen Aufgaben besonders anfällig für Automatisierung sind. Die daraus resultierende Theorie des Routine-Biased Technological Change (z. Dt.: *Technologie mit routinespezifischen Effekten*) (RBTC) besagt, dass Digitalisierung insbesondere Arbeitsplätze betrifft, die in klar definierten, sich wiederholenden Mustern ablaufen und daher relativ leicht durch Algorithmen und Maschinen ersetzt werden können (Autor et al., 2003, S. 1281). Frey und Osborne (2017) erweiterten diese Analyse und quantifizierten das Substitutionsrisiko durch Automatisierung für verschiedene Berufsgruppen. Ihre Untersuchung für den US-amerikanischen Arbeitsmarkt ergab, dass bis zu 47% der Arbeitsplätze potenziell durch Automatisierung ersetzt werden könnten (Frey & Osborne, 2016, S. 254). Dabei stellten sie fest, dass vor allem Berufe mit niedrigem Qualifikationsniveau gefährdet sind, insbesondere in den Bereichen administrative Tätigkeiten, einfache Produktionstätigkeiten und Transportwesen. Diese Ergebnisse sind auch auf viele OECD-Länder übertragbar, da ähnliche Beschäftigungsstrukturen und Automatisierungstrends in entwickelten Volkswirtschaften zu beobachten sind.

Parallel zur Automatisierung zeigt sich eine Polarisierung der Arbeitsmärkte, die von Goos, Manning und Salomons (2014) ausführlich analysiert wurde. Ihre Untersuchung belegt, dass die Digitalisierung gleichzeitig Berufe stärkt, die komplexe kognitive, kreative oder soziale Fähigkeiten erfordern (Goos et al., 2014, S. 2509). Während mittlere Qualifikationsgruppen unter Druck geraten, profitieren insbesondere hochqualifizierte Beschäftigte, die über spezialisierte technologische Kenntnisse verfügen, von der steigenden Nachfrage nach digitalen und analytischen Fähigkeiten. Diese Entwicklung führt dazu, dass gut ausgebildete Arbeitskräfte mit hohen Qualifikationen von der Digitalisierung profitieren, während gering Qualifizierte in wachsendem Maße von Arbeitsplatzverlusten betroffen sind. Dies verstärkt das Risiko sozialer Ungleichheit, da Beschäftigungschancen zunehmend ungleich verteilt sind. Diese Divergenz wird häufig als „Digital Divide“ bezeichnet, da sie die Kluft zwischen hoch- und niedrigqualifizierten Arbeitskräften weiter vertieft (Acemoglu, 2002, S. 10).

Die Konsequenzen der Digitalisierung variieren zudem stark nach Branche und Wirtschaftssektor. Während sich einige Sektoren wie die Industrieproduktion oder der Einzelhandel durch die Einführung automatisierter Systeme massiv verändert haben, profitieren andere Sektoren, wie die wissensintensive Dienstleistungsbranche oder das Gesundheitswesen, von den neuen technologischen Möglichkeiten (Autor et al., 2013, S. 1555). Besonders betroffen sind manuelle Tätigkeiten in der Fertigungsindustrie sowie administrative Büroarbeiten, die zunehmend durch algorithmische Prozesse ersetzt werden (Frey & Osborne, 2016, S. 260). Gleichzeitig entstehen jedoch auch neue Arbeitsplätze, insbesondere in den Bereichen Datenwissenschaft, IT-Entwicklung, Robotik und künstliche Intelligenz (Goos et al., 2014, S. 2510). In diesen Berufsfeldern wächst die Nachfrage nach spezialisierten Fachkräften, sodass die Digitalisierung nicht nur Verdrängungseffekte auf dem Arbeitsmarkt mit sich bringt, sondern auch neue Qualifikationsanforderungen schafft.

Die Digitalisierung verändert Arbeitsmärkte auf mehreren Ebenen: Einerseits verstärkt sie das Risiko der Automatisierung insbesondere für Berufe mit mittlerem und niedrigem Qualifikationsniveau, andererseits eröffnet sie neue Beschäftigungsmöglichkeiten für Hochqualifizierte (Autor et al., 2013, S. 1555). Die zunehmende Kluft zwischen verschiedenen Qualifikationsgruppen hat tiefgreifende Auswirkungen auf die Einkommensverteilung, soziale Mobilität und die Notwendigkeit gezielter arbeitsmarktpolitischer Maßnahmen (Goos et al., 2014, S. 2510). In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, inwieweit ICT-Investitionen in OECD-Ländern mit der Arbeitslosigkeit in verschiedenen Bildungsgruppen korrelieren und ob sich Muster zwischen unterschiedlichen Wohlfahrtsstaaten identifizieren lassen.

### 3.2 ICT-Investitionen als Treiber der Transformation

Investitionen in ICT gelten als zentraler Indikator für den Digitalisierungsgrad eines Landes und spielen eine Schlüsselrolle bei der Transformation moderner Arbeitsmärkte. Der verstärkte Einsatz digitaler Technologien verändert Produktions- und Geschäftsprozesse grundlegend und beeinflusst die Nachfrage nach Arbeitskräften in verschiedenen Qualifikationsgruppen. Empirische Studien zeigen, dass Unternehmen, die verstärkt in ICT investieren, effizientere Abläufe entwickeln, ihre Wettbewerbsfähigkeit steigern und tendenziell eine höhere Nachfrage nach qualifizierten Arbeitskräften verzeichnen (Corrado et al., 2018, S. 12).

Der Einfluss von ICT-Investitionen auf den Arbeitsmarkt ist dabei vielschichtig. Laut der OECD (2019) ermöglichen diese Investitionen nicht nur eine zunehmende Automatisierung, sondern tragen auch zur Integration globaler Wertschöpfungsketten bei und treiben das wirtschaftliche Wachstum voran (OECD, 2019, S. 15ff). Der Wandel vollzieht sich insbesondere im hohen Bildungssektor, in dem Dienstleistungen zunehmend digitalisiert werden und damit steigende Qualifikationsanforderungen entstehen. Dies betrifft insbesondere Bereiche wie Finanzdienstleistungen, IT-gestützte Geschäftsprozesse, E-Commerce oder digitale Plattformarbeit, bei denen neue Geschäftsmodelle entstehen, die verstärkt auf Automatisierung und datenbasierte Entscheidungsprozesse setzen.

Während ICT-Investitionen also zur Schaffung neuer Arbeitsplätze führen können, zeigen zahlreiche Studien, dass diese Transformation auch polarisierende Effekte mit sich bringt. Hochqualifizierte Arbeitskräfte profitieren von der steigenden Nachfrage nach digitalen und analytischen Fähigkeiten, während geringqualifizierte Beschäftigte einem zunehmenden Risiko der Arbeitsplatzverdrängung ausgesetzt sind (Brynjolfsson & McAfee, 2015, Kap. 2). Besonders betroffen sind Tätigkeiten mit einem hohen Anteil an repetitiven, standardisierten Prozessen, die sich leicht durch digitale Technologien oder künstliche Intelligenz ersetzen lassen. Dazu zählen nicht nur manuelle Produktionsprozesse, sondern auch administrative Tätigkeiten im Bürobereich, die zunehmend durch automatisierte Softwarelösungen abgelöst werden.

Die sich verstärkende Polarisierung des Arbeitsmarktes ist eng mit der Theorie des Skill-Biased Technological Change (z. Dt.: *Technologie mit qualifikationsspezifischen Effekten*) (SBTC) verbunden, die davon ausgeht, dass technologischer Fortschritt die Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften erhöht, während Tätigkeiten mit mittlerem Qualifikationsniveau unter Druck geraten (Acemoglu, 2002, S. 22). Diese Entwicklung führt zu einer Verschiebung in der Beschäftigungsstruktur, da insbesondere wissensintensive Berufe von ICT-Investitionen profitieren, während traditionelle Berufe in der industriellen Fertigung oder im einfachen Dienstleistungsbereich zunehmend verdrängt werden.

Gleichzeitig zeigt sich, dass ICT-Investitionen nicht in allen Ländern und Branchen

gleichermaßen produktivitätssteigernd wirken. Ihre Effekte hängen stark von begleitenden wirtschaftspolitischen Maßnahmen ab, darunter Investitionen in digitale Infrastruktur, die Förderung digitaler Kompetenzen und die Anpassung von Bildungsprogrammen an die veränderten Anforderungen des Arbeitsmarktes (Brynjolfsson & McAfee, 2015, S. 77). Länder mit einer gezielten digitalen Transformationsstrategie, wie etwa Südkorea oder die skandinavischen Staaten, konnten in den letzten Jahrzehnten eine positive Korrelation zwischen ICT-Investitionen und Wirtschaftswachstum feststellen (OECD, 2020, S. 34). Empirische Studien zeigen, dass digitale Infrastruktur und eine strategische Förderung von digitaler Bildung eine zentrale Rolle dabei spielen, die wirtschaftlichen Vorteile von ICT-Investitionen vollständig auszuschöpfen (Vu, 2011, S. 360). Länder mit einem schwächeren Fokus auf digitale Bildung haben größere Schwierigkeiten, von diesen Entwicklungen zu profitieren, da der Mangel an digitalen Kompetenzen die Innovationskraft und Produktivität hemmt (OECD, 2020, S. 34).

Zusammenfassend zeigen ICT-Investitionen sowohl wachstumsfördernde als auch polarisierende Effekte auf den Arbeitsmarkt. Während sie die Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen steigern und neue Beschäftigungsmöglichkeiten für hochqualifizierte Arbeitskräfte schaffen, verstärken sie gleichzeitig das Risiko der Arbeitsplatzverdrängung für geringqualifizierte Arbeitskräfte. Die Digitalisierung des Dienstleistungssektors, die zunehmende Automatisierung administrativer Prozesse und die Integration neuer Technologien in industrielle Produktionsabläufe führen dazu, dass traditionelle Berufsbilder zunehmend hinterfragt und an neue Anforderungen angepasst werden müssen. Diese Entwicklungen unterstreichen die Notwendigkeit arbeitsmarktpolitischer Maßnahmen, um den Wandel sozial abzufedern und die Vorteile der Digitalisierung möglichst breit in der Gesellschaft zu verteilen.

### 3.3 Unterschiede zwischen Wohlfahrtsstaaten

Empirische Studien zeigen, dass die Auswirkungen von Digitalisierung und ICT-Investitionen auf Arbeitsmärkte stark von den institutionellen Rahmenbedingungen eines Landes abhängen. Regierungen spielen eine zentrale Rolle bei der Förderung digitaler Infrastruktur, der Implementierung von Bildungspolitik und der Regulierung des Arbeitsmarktes (Hall & Soskice, 2001). Studien haben gezeigt, dass Länder mit hohen Investitionen in digitale Bildung und Infrastruktur tendenziell bessere Anpassungsprozesse an den technologischen Wandel durchlaufen (OECD, 2020).

Laut der OECD (2019) variieren die Investitionen in Informations- und Kommunikationstechnologie erheblich zwischen Ländern. Skandinavische Staaten und die Niederlande investieren überdurchschnittlich in digitale Bildung und Innovationen, während süd- und osteuropäische Länder vergleichsweise niedrigere Investitionen tätigen (OECD, 2020, S.

45).

Länder mit hoher ICT-Investitionsquote (z. B. Schweden, Niederlande) zeigen niedrigere Arbeitslosenquoten unter Hochqualifizierten und profitieren von einer stärkeren Nachfrage nach digitalen Kompetenzen (Brynjolfsson & McAfee, 2015, S. 78). Länder mit geringeren ICT-Investitionen (z. B. Spanien, Ungarn) sind stärker von Automatisierung betroffen, da ein größerer Anteil der Beschäftigten in Routineberufen mit mittlerem Qualifikationsniveau tätig ist (Frey & Osborne, 2016, S. 12).

Neben Investitionen in Digitalisierung spielen staatliche Bildungs- und Arbeitsmarktpolitiken eine entscheidende Rolle für die Fähigkeit eines Landes, sich an technologische Veränderungen anzupassen. Länder mit umfassenden Umschulungs- und Weiterbildungsprogrammen (z. B. Dänemark, Deutschland) haben bessere Voraussetzungen, um durch lebenslanges Lernen den digitalen Wandel sozialverträglich zu gestalten (Vu, 2011, S. 361). Staaten mit weniger regulierten Arbeitsmärkten (z. B. USA, Großbritannien) haben eine schnellere, aber oft ungleichere Anpassung an technologische Innovationen, was zu verstärkter Arbeitsplatzpolarisierung führen kann (Goos et al., 2014, S. 172).

Studien zeigen, dass das Automatisierungsrisiko je nach Land und Wirtschaftsstruktur stark variiert. Laut einer OECD-Analyse von Arntz, Gregory & Zierahn (2016) sind in süd- und osteuropäischen Ländern bis zu 40% der Arbeitsplätze einem hohen Automatisierungsrisiko ausgesetzt, während es in skandinavischen Ländern und Deutschland nur etwa 20–25% sind (Arntz et al., 2016, S. 12).

Ein entscheidender Faktor für diese Unterschiede ist die Wirtschaftsstruktur: Länder mit einem hohen Anteil wissensintensiver Dienstleistungen (z. B. Schweden, Niederlande) sind weniger von Automatisierung betroffen. Industrie- und produktionslastige Länder (z. B. Spanien, Polen) weisen höhere Risiken für Arbeitsplatzverluste durch Automatisierung auf (Frey & Osborne, 2016, S. 260).

### 3.4 Forschungslücken

Obwohl zahlreiche Studien die Auswirkungen von Digitalisierung und ICT-Investitionen untersuchen, bestehen weiterhin relevante Forschungslücken. Die Mehrheit der bisherigen Studien konzentriert sich auf die allgemeinen Effekte von Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt, ohne spezifisch zwischen verschiedenen Wohlfahrtsstaatentypen zu unterscheiden. Es fehlen systematische Vergleiche, die institutionelle Faktoren wie Bildungssysteme und Arbeitsmarktregulierungen einbeziehen. Viele empirische Studien zur Automatisierung betrachten vorwiegend die Situation in den USA, wohingegen umfassende Analysen für OECD-Länder mit unterschiedlichen Wohlfahrtsmodellen begrenzt sind.

Der langfristige Einfluss von ICT-Investitionen auf die Arbeitslosigkeit verschiedener Bildungsgruppen wurde bisher nicht ausreichend mit einer quantitativen, länderübergrei-



fenden Panelanalyse untersucht.

Um diese Forschungslücken zu schließen, wird im empirischen Teil dieser Arbeit eine Paneldatenanalyse über OECD-Länder durchgeführt. Dadurch sollen systematische Unterschiede in den Auswirkungen von Digitalisierung auf die Arbeitslosigkeit nach Bildungsniveaus erfasst werden.

## 4 Theorie und Hypothesen

Der technologische Wandel und die damit einhergehende Digitalisierung haben tiefgreifende Auswirkungen auf die Arbeitswelt. Die sogenannten „disruptiven Technologien“, darunter auch ICT, verändern nicht nur die Art und Weise, wie Unternehmen arbeiten und Märkte funktionieren, sondern auch die gesamte Struktur der Arbeitsmärkte (Brynjolfsson & McAfee, 2015, S. 27). Besonders durch den Fortschritt in der Automatisierung und Computergestützten Arbeitsprozessen sind zahlreiche Berufe einem fundamentalen Wandel unterworfen (Frey & Osborne, 2016, S. 256).

Diese Veränderungen werden durch tiefgreifende Innovationsprozesse vorangetrieben, die bestehende Praktiken und Strukturen aufbrechen und neue Möglichkeiten schaffen. Ökonomische Theorien wie die der „kreativen Zerstörung“ von Joseph Schumpeter (Schumpeter, 1976, S. 81) bieten in Verbindung mit dem SBTC wertvolle Einsichten in diesen Wandel und beschreiben, wie technologische Innovationen bestehende Strukturen destabilisieren und dabei Platz für neue schaffen.

### 4.1 Schumpeters „kreative Zerstörung“

Schumpeter beschreibt den Kapitalismus nicht als ein statisches System, sondern als ein dynamisches, sich ständig veränderndes System. (Schumpeter, 1976, S. 82) Seine Theorie geht davon aus, dass der Kapitalismus durch einen kontinuierlichen Innovationsprozess geprägt ist, der ständig neue Produkte, Prozesse und Märkte hervorbringt. Innovationen, vorangetrieben von Unternehmer\*innen, sind die treibende Kraft hinter diesem Prozess, der sowohl technologischen Fortschritt als auch die Veränderung gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Strukturen umfasst (Schumpeter, 1976, S. 82). Gleichzeitig führen diese Innovationen nicht nur zur Entstehung neuer Märkte und Unternehmen, sondern zerstören auch bestehende Strukturen. Schumpeter bezeichnet diesen Prozess als „schöpferische Zerstörung“ (Schumpeter, 1976, S. 103ff).

Dieser Prozess der „schöpferischen Zerstörung“ ist nicht nur unvermeidbar, sondern laut Schumpeter auch notwendig, um Raum für Innovation und langfristiges Wirtschaftswachstum zu schaffen (Schumpeter, 1976, S. 87). Der Kapitalismus lebt von dieser kontinuierlichen Erneuerung, wobei neue Technologien und Geschäftsmodelle ältere verdrängen. Die Digitalisierung und insbesondere Investitionen in ICT sind moderne Beispiele für diesen Prozess. Neue technologische Entwicklungen, wie Cloud Computing, AI und Automatisierung, haben dazu geführt, dass bestehende Arbeitsmethoden und Geschäftsprozesse obsolet werden, was zu einer Umstrukturierung ganzer Branchen führt (Schumpeter, 1976, S. 110).

Im Zusammenhang mit der Digitalisierung wird die „schöpferische Zerstörung“ zu ei-

nem zentralen Konzept. Während durch neue Technologien neue Arbeitsplätze entstehen, verschwinden gleichzeitig traditionelle Tätigkeiten. So werden bestehende Berufe und Qualifikationen durch neue Anforderungen ersetzt. Diese Entwicklung prägt den Arbeitsmarkt tiefgreifend und trägt zur Polarisierung zwischen hoch- und niedrigqualifizierten Arbeitskräften bei. Schumpeter zeigt, dass dieser Prozess kurzfristig zu Marktunruhe und Arbeitsplatzverlusten führen kann, aber langfristig eine Voraussetzung für wirtschaftliche Erneuerung und Wachstum ist (Schumpeter, 1976, S. 110f).

Ein entscheidender Faktor bei der „schöpferischen Zerstörung“ ist die Fähigkeit von Unternehmen und Arbeitskräften, sich an neue technologische Anforderungen anzupassen. Diese Anpassungsfähigkeit erfordert nicht nur den Einsatz neuer Technologien, sondern auch eine schnelle Entwicklung neuer Fähigkeiten und Kenntnisse bei den Arbeitskräften. Schumpeter betont, dass nicht alle gleichermaßen von den neuen Entwicklungen profitieren. Der Übergang zu neuen Technologien bringt oft schmerzhaftes Anpassungsprozesse mit sich, die besonders für weniger anpassungsfähige Arbeitskräfte herausfordernd sind (Schumpeter, 1976, S. 110f).

Im Kontext der Digitalisierung gewinnen daher nicht nur Investitionen in technologische Infrastruktur, sondern auch in die Bildung und Ausbildung von Arbeitskräften zunehmend an Bedeutung. Schumpeter selbst betont, dass Innovation und die Anpassung an neue Technologien nicht nur von den Unternehmern, sondern auch von der gesamten Gesellschaft getragen werden müssen (Schumpeter, 1976, S. 132). Es geht darum, die Arbeitskräfte mit den notwendigen Fähigkeiten auszustatten, damit sie den Wandel aktiv mitgestalten können.

Studien zeigen, dass Länder, die verstärkt in digitale Kompetenzen investieren, besser auf die technologischen Herausforderungen reagieren können (OECD, 2019, S. 15ff). Investitionen in ICT durch Unternehmen führen zudem zu Effizienzgewinnen und Produktivitätssteigerungen, die sich positiv auf das Wirtschaftswachstum und die Beschäftigung auswirken können. Schumpeter weist jedoch auch darauf hin, dass diese Effekte nicht automatisch und gleichmäßig auf alle Teile der Gesellschaft verteilt sind. Die Auswirkungen hängen stark von der Anpassungsfähigkeit der Arbeitskräfte und der Struktur des Bildungssystems ab (OECD, 2019, S. 48).

Im Kontext von Wohlfahrtsstaaten wird Schumpeters Konzept besonders relevant. Institutionen, die Weiterbildung und Umschulungen fördern, können den Übergang erleichtern und die negativen Effekte der „schöpferischen Zerstörung“ abmildern. Länder mit aktiven Bildungssystemen und sozialpolitischen Maßnahmen könnten besser in der Lage sein, den Wandel positiv zu gestalten, während weniger flexible Systeme größere Schwierigkeiten haben könnten, die Herausforderungen der Digitalisierung zu bewältigen.

## 4.2 Skill-biased technological change

Ein zentraler Ansatz in der Debatte über die Folgen der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt ist die Theorie des SBTC. Diese Theorie besagt, dass technologische Innovationen, insbesondere im Bereich der digitalen Technologien, eine Nachfrageverschiebung zugunsten von hochqualifizierten Arbeitskräften verursachen (Acemoglu, 2002, S. 25f). Der Grundmechanismus hinter SBTC liegt in der Tatsache, dass digitale Technologien und Automatisierungsprozesse bestimmte Aufgaben in Unternehmen effizienter und kostengünstiger machen. Dabei werden insbesondere Routineaufgaben, die vorher von mittleren Qualifikationsniveaus übernommen wurden, zunehmend durch Algorithmen, Maschinen oder Outsourcing ersetzt, während gleichzeitig die Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften steigt (Autor et al., 2003, S. 1282).

Diese Nachfrageverschiebung hat tiefgreifende Konsequenzen für den Arbeitsmarkt. Hochqualifizierte Arbeitnehmer\*innen, die über die notwendigen digitalen und technischen Fähigkeiten verfügen, profitieren in der digitalen Transformation von der wachsenden Nachfrage. Sie können neue Technologien effektiv nutzen und sind daher nicht nur besser in der Lage, mit der „schöpferischen Zerstörung“ (Schumpeter, 1976, S. 81) umzugehen, sondern auch von ihr zu profitieren. Gleichzeitig steigen in den Bereichen der Informations- und Kommunikationstechnologie, des Ingenieurwesens sowie in datenintensiven Berufen die Löhne, was den bereits bestehenden Einkommensunterschied zwischen Hoch- und Geringqualifizierten weiter verstärkt (Goos et al., 2014, S. 2511).

Im Gegensatz dazu stehen die niedrigqualifizierten Arbeitskräfte, die mit der fortschreitenden Automatisierung und der Verlagerung von Arbeitsplätzen ins Ausland stärker gefährdet sind, durch Maschinen oder Outsourcing ersetzt zu werden. Während einige manuelle Tätigkeiten in Bereichen wie dem Dienstleistungssektor (z. B. Gastronomie, Pflege) weiterhin Bestand haben, sind vor allem industrielle Produktionsprozesse und administrative Büroarbeiten stark von Automatisierung betroffen (Frey & Osborne, 2016, S. 260). Dies führt nicht nur zu Arbeitsplatzverlusten in bestimmten Sektoren, sondern verstärkt auch die Polarisierung des Arbeitsmarktes, indem vor allem Berufe mit mittlerem Qualifikationsniveau wegfallen und der Markt sich zunehmend in hochqualifizierte (besser bezahlte) und geringqualifizierte (schlechter bezahlte) Jobs aufteilt (Autor et al., 2003, S. 1283).

Diese Polarisierung der Arbeitsmärkte, die durch SBTC verursacht wird, hat bedeutende soziale und wirtschaftliche Folgen. Der technologische Fortschritt führt dazu, dass immer mehr einfache und routinemäßige Aufgaben durch Algorithmen und Maschinen übernommen werden, was zu einer strukturellen Arbeitslosigkeit in bestimmten Qualifikationsgruppen führt (Goos et al., 2014, S. 2512). Gleichzeitig verstärkt sich die soziale und wirtschaftliche Ungleichheit, da hochqualifizierte Arbeitskräfte zunehmend gefragt sind

und von steigenden Löhnen profitieren, während niedrigqualifizierte Arbeitnehmer\*innen in prekären Beschäftigungsverhältnissen oder in struktureller Arbeitslosigkeit verbleiben (Arntz et al., 2016, S. 12).

### 4.3 Wohlfahrtsstaaten

Esping-Andersen (1990) beschreibt in seiner klassischen Typologie der Wohlfahrtsstaaten, wie institutionelle Rahmenbedingungen die Struktur und Dynamik von Arbeitsmärkten und Bildungssystemen prägen. Diese Typologie unterscheidet drei grundlegende Regime-typen, die unterschiedliche Ansätze verfolgen, um soziale Sicherheit, Beschäftigung und wirtschaftliche Entwicklung zu fördern (Esping-Andersen, 1990, S. 27f).

1. **Sozialdemokratisch** (oder „nordisch“, z. B. Schweden): Diese Staaten zeichnen sich durch umfassende soziale Absicherung, hohe Gewerkschaftsdichte und aktive Arbeitsmarktpolitiken aus. Das Konzept der „Flexicurity“ kombiniert flexible Arbeitsmärkte mit starken sozialen Sicherungssystemen, um Arbeitskräfte auf technologische Veränderungen vorzubereiten. Zudem investieren sozialdemokratische Regime stark in Bildung und lebenslanges Lernen, was die Anpassungsfähigkeit der Arbeitskräfte an die Digitalisierung fördert (Esping-Andersen, 1990, S. 56).
2. **Konservativ** (oder „mitteleuropäisch“, z. B. Deutschland): Diese Regime sind durch stark regulierte Arbeitsmärkte und umfassende Tarifvereinbarungen gekennzeichnet, die auf Arbeitsplatzsicherheit abzielen. Gleichzeitig verfügen sie über gut ausgebaut dale Ausbildungssysteme, die Arbeitskräfte mit praktischen und technischen Fähigkeiten ausstatten und ihre Wettbewerbsfähigkeit in technologieintensiven Sektoren stärken (Hall & Soskice, 2001, S. 78).
3. **Liberal** (oder „angelsächsisch“, z. B. USA): In liberalen Regimen stehen marktorientierte Mechanismen im Vordergrund, während staatliche Eingriffe auf ein Minimum beschränkt sind. Diese Systeme fördern individuelle Verantwortung und weisen geringe Arbeitsmarktregulierungen auf. Während hochqualifizierte Arbeitskräfte in diesen Systemen von Digitalisierung und ICT-Investitionen profitieren, sind geringqualifizierte Arbeitskräfte aufgrund fehlender Schutzmechanismen und Weiterbildungsmöglichkeiten stärker gefährdet (Goodin et al., 1999, S. 12f).

Die ursprüngliche Typologie von Esping-Andersen wurde von verschiedenen Forschern erweitert, um regionale Besonderheiten und neue Entwicklungen zu berücksichtigen. Zwei zusätzliche Wohlfahrtsstaatentypen sind besonders relevant:

- **Südeuropäisch** (z. B. Spanien): Diese Regime zeichnen sich durch segmentierte Arbeitsmärkte, starre Arbeitsmarktregulierungen und eine schwache Verknüpfung zwischen Bildungssystemen und Arbeitsmarkt aus. Schwächen in der Weiterbildung und starke Ungleichheiten zwischen regulären und prekären Beschäftigungsverhältnissen machen diese Länder anfälliger für negative Effekte der Digitalisierung (Ferreira, 1996).
- **Postsozialistisch** (z. B. Polen): Postsozialistische Länder befinden sich in einem Übergang von zentral geplanten zu marktwirtschaftlichen Systemen. Sie sind häufig durch geringe Regulierung und unzureichend entwickelte Bildungs- und Weiterbildungsstrukturen gekennzeichnet. Diese Defizite erschweren die Integration von Arbeitskräften in digitale Sektoren und verstärken die regionale Ungleichheit (Cerami, 2006).

Die institutionellen Rahmenbedingungen der verschiedenen Wohlfahrtsstaatentypen beeinflussen maßgeblich, wie Arbeitsmärkte auf technologische Veränderungen reagieren. Sozialdemokratische Systeme mit umfassenden Bildungs- und Arbeitsmarktprogrammen können die negativen Effekte der Digitalisierung abmildern und die Integration sowohl hoch- als auch geringqualifizierter Arbeitskräfte fördern. Im Gegensatz dazu können starre Regulierungen in konservativen und südeuropäischen Regimen die Anpassung an digitale Transformationen verlangsamen, während liberale Regime oft eine stärkere Polarisierung zwischen Qualifikationsgruppen erleben. Postsozialistische Wohlfahrtsstaaten kämpfen hingegen mit strukturellen Schwächen, die ihre Fähigkeit zur erfolgreichen Integration digitaler Technologien behindern.

## 4.4 Hypothesen

Basierend auf den theoretischen Überlegungen, insbesondere der Theorie der „schöpferischen Zerstörung“ von Schumpeter, sowie auf dem aktuellen Forschungsstand lassen sich im Rahmen dieser Arbeit mehrere Hypothesen formulieren, die empirisch überprüft werden sollen. Diese Hypothesen zielen darauf ab, die Auswirkungen der Digitalisierung und der Investitionen in ICT auf den Arbeitsmarkt zu analysieren, insbesondere in Bezug auf unterschiedliche Bildungsgruppen. Dabei wird berücksichtigt, dass technologische Innovationen nicht nur bestehende Arbeitsplätze verdrängen, sondern auch neue berufliche Chancen eröffnen - abhängig von den Fähigkeiten und Qualifikationen der Arbeitskräfte.

*H1: Länder, in denen verstärkt in Informations- und Kommunikationstechnologien investiert wird, weisen eine geringere Arbeitslosenquote unter hochqualifizierten Arbeitskräften auf.*

Dieser Effekt ist auf die gesteigerte Produktivität und den Bedarf an komplexen, kreativen Fähigkeiten zurückzuführen, die durch digitale Technologien gefördert werden (Acemoglu, 2002, S. 5ff). Im Zuge der Digitalisierung entstehen neue Arbeitsplätze, die spezifische technologische Fähigkeiten und Kompetenzen erfordern. Hochqualifizierte Arbeitskräfte, die über die notwendigen digitalen und technischen Fähigkeiten verfügen, sind in der Lage, diese neuen Arbeitsmärkte zu bedienen. Gleichzeitig können sie die mit digitalen Technologien verbundenen Produktivitätssteigerungen und Effizienzgewinne optimal nutzen (Brynjolfsson & McAfee, 2015, Kap. 2). In Ländern, die verstärkt in ICT investieren, ist zu erwarten, dass diese Investitionen eine verstärkte Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften erzeugen. Da die Nachfrage nach qualifizierten Arbeitskräften wächst und gleichzeitig das Angebot dieser Arbeitskräfte nicht in gleichem Maße wächst, wird die Arbeitslosenquote unter hochqualifizierten Arbeitskräften tendenziell sinken. Diese Entwicklung widerspiegelt die These der „schöpferischen Zerstörung“ von Schumpeter, nach der durch Innovationen neue Märkte entstehen, die speziell hochqualifizierte Fachkräfte anziehen und somit Arbeitslosigkeit in dieser Gruppe verringern können (Schumpeter, 1976, S. 103ff).

*H2: In Ländern mit hohen ICT-Investitionen verlagert sich die Arbeitslosigkeit auf niedrigqualifizierte Arbeitskräfte.*

Der technologische Fortschritt im Bereich der Digitalisierung führt zu einer zunehmenden Automatisierung und der Nutzung von Algorithmen und Maschinen in Arbeitsprozessen, die früher manuelle oder einfache Aufgaben erforderten. Niedrigqualifizierte Arbeitskräfte, die auf diese Art von Tätigkeiten angewiesen sind, sehen sich einem höheren Risiko ausgesetzt, durch Maschinen ersetzt zu werden (Autor, 2015, S. 5–10). Gleichzeitig steigt die Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften, die in der Lage sind, mit den neuen Technologien zu arbeiten und sie zu steuern. In Ländern, die hohe Investitionen in ICT tätigen, werden diese Trends noch verstärkt, da die Automatisierung in den Sektoren, die viele niedrigqualifizierte Arbeitskräfte beschäftigen, schneller voranschreitet (Frey & Osborne, 2016, S. 254). Diese Entwicklung kann dazu führen, dass sich die Arbeitslosigkeit stärker auf niedrigqualifizierte Gruppen verlagert, während hochqualifizierte Arbeitskräfte von der Digitalisierung profitieren. Im Einklang mit der Theorie der SBTC wird angenommen, dass diese Verschiebung der Arbeitslosigkeit von niedrigqualifizierten hin zu hochqualifizierten Arbeitskräften in Ländern mit intensiven ICT-Investitionen besonders ausgeprägt ist (Acemoglu & Restrepo, 2019, S. 3).

*H3: Der Typ des Wohlfahrtsstaates hat Einfluss auf die Polarisierung des Arbeitsmarktes. Länder mit stark entwickelten wohlfahrtsstaatlichen Systemen und flexiblen Arbeitsmarktstrukturen zeigen eine geringere Polarisierung auf.*

Die institutionellen Rahmenbedingungen eines Landes beeinflussen maßgeblich, wie

stark die Polarisierung des Arbeitsmarktes durch Digitalisierung ausgeprägt ist. Sozialdemokratische Wohlfahrtsstaaten mit robusten sozialen Sicherungssystemen und umfassenden Bildungs- und Weiterbildungsprogrammen können die negativen Effekte der Digitalisierung abmildern (Esping-Andersen, 1990, S. 27f). Im Gegensatz dazu fördern liberalisierte Arbeitsmärkte, wie sie in den USA und Großbritannien vorherrschen, häufig eine stärkere Spaltung zwischen hoch- und niedrigqualifizierten Arbeitskräften (Goodin et al., 1999, 12f). Konservative Wohlfahrtsstaaten mit stark regulierten Arbeitsmärkten (z. B. Deutschland, Frankreich) bieten zwar Schutzmechanismen, können aber die Integration von geringqualifizierten Arbeitskräften erschweren (Hall & Soskice, 2001, S. 78). Südeuropäische Wohlfahrtsstaaten hingegen verstärken durch starre Regulierungen und segmentierte Arbeitsmärkte die Polarisierung (Ferrera, 1996, S. 17–37).



## 5 Daten und Methodik

### 5.1 Datensätze

Die vorliegenden Daten, die auf den umfangreichen OECD-Datensätzen beruhen, stellen eine solide Grundlage für die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Digitalisierung und Arbeitsmarkt dar. Insbesondere werden die Datensätze zu ICT-Investitionen (OECD, 2022a) sowie zu den Arbeitslosenquoten nach Bildungsniveau (OECD, 2022d) verwendet. Diese Datensätze ermöglichen es, die Auswirkungen von Investitionen in ICT auf die Arbeitslosigkeit in verschiedenen Bildungsgruppen auf internationaler Ebene zu analysieren, während gleichzeitig die geopolitischen Unterschiede berücksichtigt werden.

Die Daten zu ICT-Investitionen messen die Bruttoanlageinvestitionen in digitale Infrastrukturen und Technologien (OECD, 2022a), während die Arbeitsmarktstatistiken detaillierte Informationen über die Arbeitslosenquoten in verschiedenen Bildungsgruppen bieten (OECD, 2022d). Diese Daten sind über mehrere Jahre hinweg verfügbar und ermöglichen somit eine aussagekräftige Paneldatenanalyse.

### 5.2 Operationalisierung

Um die Forschungsfrage - wie Investitionen in Informations- und Kommunikationstechnologien die Arbeitslosenquoten in unterschiedlichen Bildungsgruppen beeinflussen - fundiert zu beantworten, ist eine präzise und konsistente Operationalisierung der zentralen Konzepte und Variablen notwendig. Dies gewährleistet, dass die Untersuchung die beabsichtigten Zusammenhänge abbildet und die Daten sinnvoll ausgewertet werden können.

Die abhängige Variable dieser Untersuchung ist die *Arbeitslosenquote* (UNEMPLOYMENT\_RATE\_PERCENT), differenziert nach dem Bildungsniveau der Bevölkerung. Die Arbeitslosenquote misst den Anteil der erwerbsfähigen Bevölkerung ohne Arbeit, wobei spezifische Bildungsniveaus berücksichtigt werden. Der OECD-Datensatz unterteilt das Bildungsniveau in drei Hauptkategorien, die für diese Analyse relevant sind:

1. **Niedriges Bildungsniveau:** Personen ohne abgeschlossene Schulbildung oder mit einem maximalen Hauptschulabschluss.
2. **Mittleres Bildungsniveau:** Personen mit Sekundarschulabschluss oder einer abgeschlossenen Berufsausbildung.
3. **Hohes Bildungsniveau:** Personen mit Hochschulabschluss, wie einem Bachelor, Master oder Dokortitel.

Arbeitslose sind nach dem OECD-Datensatz Personen im erwerbsfähigen Alter, die keine Arbeit haben, die für eine Arbeit zur Verfügung stehen und die in den letzten vier

Wochen konkrete Schritte unternommen haben, um eine Arbeit zu finden (OECD, 2022d). Diese Definition basiert auf internationalen Standards und wird durch Arbeitskräfteerhebungen erfasst. Der Indikator wird als Prozentsatz der Erwerbsbevölkerung gemessen und ist saisonbereinigt. Die Daten liegen länderspezifisch und zeitlich differenziert als Paneldaten über mehrere Jahre vor.

Die unabhängige Variable *ICT-Investitionen* (ICT\_INVEST\_SHARE\_GDP) umfasst Investitionen in digitale Infrastruktur, Software, Hardware und andere Technologien, die der Verbesserung betrieblicher Effizienz und Produktivität dienen (OECD, 2022a). Im OECD-Datensatz werden *ICT-Investitionen* als Bruttoanlageinvestitionen in Informations- und Kommunikationsausrüstung sowie Computersoftware und -datenbanken gemessen, basierend auf den Definitionen des System of National Accounts 2008 (SNA08). Für diese Arbeit werden *ICT-Investitionen* als Anteil des Bruttoinlandsprodukt (BIP) operationalisiert, wobei der Wert als Prozentwert angegeben wird. Die Daten liegen jährlich und länderspezifisch vor und sind somit für Paneldatenanalysen geeignet.

Um sicherzustellen, dass der Effekt der *ICT-Investitionen* auf die Arbeitslosenquote nicht durch andere Faktoren verzerrt wird, werden mehrere Kontrollvariablen integriert:

- ***BIP pro Kopf* (GDP\_PER\_CAPITA):** Diese Variable misst den wirtschaftlichen Wohlstand eines Landes in US-Dollar pro Jahr und kontrolliert den Entwicklungsstand eines Landes, da wirtschaftlich wohlhabendere Länder tendenziell niedrigere Arbeitslosenquoten aufweisen (OECD, 2022b).
- ***Gewerkschaftsdichte* (PERCENT\_EMPLOYEES\_TUD):** Der Anteil der in Gewerkschaften organisierten Arbeitnehmer wird berücksichtigt, da Gewerkschaften eine wichtige Rolle bei der Aushandlung von Arbeitsbedingungen spielen (OECD, 2022c).

Diese Variablen stammen aus der OECD-Datenbank und werden jährlich erhoben. Die Kombination dieser Daten ermöglicht es, länderspezifische Unterschiede in der Wirtschaftskraft, den regulatorischen Rahmenbedingungen und der Bildungsstruktur zu kontrollieren, um den direkten Einfluss der *ICT-Investitionen* präzise zu analysieren.

Die Analyse erfolgt über einen Zeitraum von 2005 bis 2022, wodurch langfristige Trends berücksichtigt werden können. Die Paneldatenstruktur ermöglicht es, zeitliche und länderspezifische Variationen einzubeziehen, was der Analyse zusätzliche Tiefe und Aussagekraft verleiht.

### 5.3 Analytische Methode

Die Analyse dieser Arbeit basiert auf einer Paneldatenanalyse, um die Auswirkungen von *ICT-Investitionen* auf die *Arbeitslosenquote nach Bildungsniveau* zu untersuchen. Der

methodische Ansatz kombiniert die Analyse zeitlicher Veränderungen und länderspezifischer Unterschiede und ermöglicht es, individuelle Heterogenität zwischen Ländern sowie dynamische Entwicklungen über die Zeit zu erfassen (Wooldridge, 2010).

Zur Untersuchung der Effekte von *ICT-Investitionen* wurden zwei gängige Modelle der Paneldatenanalyse betrachtet: Random Effects (z. Dt.: *zufällige Effekte*) (FE) und Fixed Effects (z. Dt.: *feste Effekte*) (RE). Diese Modelle unterscheiden sich in der Art und Weise, wie sie länderspezifische, zeitinvariante Effekte berücksichtigen:

- **FE-Modell:** Kontrolliert für zeitinvariante länderspezifische Eigenschaften wie geografische Lage, institutionelle Rahmenbedingungen oder kulturelle Unterschiede, indem diese Effekte eliminiert werden. Es fokussiert sich ausschließlich auf die Variation innerhalb eines Landes über die Zeit und ermöglicht eine genauere Identifikation kausaler Effekte (Wooldridge, 2010, S. 251–256). Ein Nachteil besteht darin, dass konstant bleibende länderspezifische Variablen nicht geschätzt werden können.
- **RE-Modell:** Geht davon aus, dass länderspezifische Effekte zufällig verteilt und nicht mit den unabhängigen Variablen korreliert sind. Es berücksichtigt sowohl die Variation innerhalb als auch zwischen den Ländern (Baltagi, 2008, S. 17–20). Falls die Annahme der Unkorreliertheit verletzt ist, können die Schätzungen verzerrt sein.

Für diese Analyse wurde das FE-Modell gewählt, da es eine robustere Schätzung der kausalen Effekte von ICT-Investitionen auf die Arbeitslosigkeit ermöglicht. Dies ist besonders relevant, da die Untersuchung auf Veränderungen innerhalb eines Landes über die Zeit fokussiert und länderspezifische Eigenschaften nicht als erklärende Variablen modelliert werden.

Zudem werden über die Dummy-Variable *Jahresfaktor* (YEAR\_FACTOR) zeitliche Faktoren wie Finanzkrisen und die Corona-Pandemie kontrolliert, um allgemeine makroökonomische Einflüsse auf die Ergebnisse zu minimieren. Hierbei wird das Jahr 2005 als Referenzkategorie gewählt. Neben den Haupteffekten der *ICT-Investitionen* und der Dummy-Variable werden Interaktionseffekte mit den *Wohlfahrtsstaatentypen* modelliert, um institutionelle Rahmenbedingungen als moderierenden Faktor in der Beziehung zwischen Digitalisierung und Arbeitslosigkeit zu berücksichtigen (Esping-Andersen, 1990). Die Wahl der Referenzkategorie „Anglo-Saxon“ erlaubt eine Interpretation der anderen *Wohlfahrtsstaatentypen* relativ zu dieser Gruppe.

Die Wahl der Referenzkategorie „Anglo-Saxon“ basiert auf mehreren Überlegungen:

- **Repräsentativer Charakter:** Die angelsächsischen Länder (z. B. USA, Großbritannien) stehen für ein liberales Wohlfahrtsmodell mit marktorientierter Wirtschaftspolitik und vergleichsweise schwachen sozialen Sicherungssystemen (Brynjolfsson & McAfee, 2015, S. 15–50).

- **Wissenschaftliche Relevanz:** Das anglo-sächsische Modell wird häufig als Benchmark verwendet, da es eine Vorreiterrolle bei der Digitalisierung einnimmt (Brynjolfsson & McAfee, 2015, Kap. 2).
- **Statistische Stabilität:** Die Referenzkategorie weist eine ausreichende Fallzahl auf, um robuste Ergebnisse zu gewährleisten.

Die Kombination aus FE-Modellen, Interaktionseffekten und zeitlichen Dummies bietet eine solide Grundlage für die Untersuchung der Auswirkungen von *ICT-Investitionen* auf die Arbeitslosigkeit. Die Paneldatenanalyse ermöglicht es, sowohl zeitliche Veränderungen als auch länderspezifische Unterschiede zu berücksichtigen, wodurch die komplexen Wechselwirkungen zwischen Digitalisierung, institutionellen Rahmenbedingungen und Bildungsniveaus präzise analysiert werden können (Baltagi, 2008, S. 12–15).

## 6 Ergebnisse

### 6.1 Deskriptive Ergebnisse

Die deskriptiven Statistiken der analysierten Variablen bieten einen umfassenden Einblick in deren Eigenschaften und Verteilungen über die beobachteten Länder und Zeiträume. Im Folgenden werden die Ergebnisse detailliert beschrieben:

Tabelle 1: Übersicht über die Variablen

| Variable                  | Min      | Max       | Mean     | Median   | SD       | N    |
|---------------------------|----------|-----------|----------|----------|----------|------|
| UNEMPLOYMENT_RATE_PERCENT | 0.82     | 49.89     | 7.79     | 5.83     | 6.36     | 1506 |
| ICT_INVEST_SHARE_GDP      | 0.73     | 8.69      | 2.49     | 2.30     | 1.03     | 1506 |
| GDP_PER_CAPITA            | 13344.18 | 137716.45 | 43344.89 | 40682.97 | 18142.71 | 1506 |
| PERCENT_EMPLOYEES_TUD     | 4.50     | 92.20     | 28.61    | 20.45    | 21.03    | 1506 |

Die Variable *ICT-Investitionen*, welche den Anteil der Investitionen in ICT am BIP misst (OECD, 2022a), variiert zwischen einem Minimum von 0,73% und einem Maximum von 8,69%. Der Mittelwert beträgt 2,49%, während der Median mit 2,30% leicht darunter liegt. Dies deutet auf eine leicht rechtsschiefe Verteilung hin, da einige Länder besonders hohe Investitionen in ICT tätigen. Die Standardabweichung von 1,03 zeigt, dass es zwischen den OECD-Ländern erhebliche Unterschiede in der Intensität der ICT-Investitionen gibt. Während einige Länder konstant hohe Anteile ihrer wirtschaftlichen Ressourcen in digitale Technologien investieren, gibt es andere, die vergleichsweise geringe Investitionen tätigen. Diese Unterschiede können durch verschiedene Faktoren beeinflusst sein, darunter wirtschaftliche Leistungsfähigkeit, politische Strategien zur Förderung der Digitalisierung sowie strukturelle Unterschiede in der Entwicklung des ICT-Sektors.

Die Variable *Arbeitslosenquote*, welche die Arbeitslosenquote in Prozent angibt (OECD, 2022d), schwankt erheblich zwischen einem Minimum von 0,82% und einem Maximum von 49,89%. Der Mittelwert liegt bei 7,79%, während der Median mit 5,83% etwas niedriger ausfällt. Dies weist auf eine rechtsschiefe Verteilung hin, da einige Länder oder Zeitpunkte mit sehr hohen Arbeitslosenquoten als Ausreißer wirken können. Die hohe Standardabweichung von 6,36 deutet darauf hin, dass die Arbeitslosenquoten zwischen den Ländern und über die Zeit hinweg erhebliche Unterschiede aufweisen. Während einige OECD-Länder durch eine geringe Arbeitslosenquote und stabile Arbeitsmärkte gekennzeichnet sind, zeigen andere Länder insbesondere in wirtschaftlichen Krisenzeiten oder strukturschwachen Regionen signifikant höhere Arbeitslosenraten. Diese Heterogenität könnte zudem mit unterschiedlichen Arbeitsmarktregulierungen und Bildungssystemen zusammenhängen.

Das *BIP pro Kopf*, welches das Pro-Kopf-Einkommen in US-Dollar angibt (OECD, 2022b), weist eine erhebliche Spannweite auf: Es reicht von 13.344,18 US-Dollar bis

137.716,45 US-Dollar. Der Mittelwert beträgt 43.344,89 US-Dollar, während der Median mit 40.682,97 US-Dollar nur geringfügig darunter liegt. Trotz dieser relativen Nähe deutet die hohe Standardabweichung von 18.142,71 darauf hin, dass es erhebliche Wohlstandsunterschiede zwischen den OECD-Ländern gibt. Dies spricht für eine starke rechtsschiefe Verteilung, da einige besonders wohlhabende Länder den Durchschnittswert nach oben treiben. Diese Unterschiede sind insbesondere für die Interpretation der ICT-Investitionen relevant, da wohlhabendere Länder tendenziell eine höhere Kapitalausstattung und damit größere Investitionsmöglichkeiten in digitale Infrastruktur haben könnten. Gleichzeitig können Unterschiede im BIP pro Kopf Einfluss auf die Struktur des Arbeitsmarktes und damit auf die Verteilung der Arbeitslosigkeit nach Bildungsgrad haben.

Die Variable *Gewerkschaftsdichte*, welche die gewerkschaftliche Organisationsrate eines Landes misst (OECD, 2022c), zeigt eine erhebliche Varianz zwischen den Ländern. Die Werte reichen von einem Minimum von 4,50% bis zu einem Maximum von 92,20%. Der Mittelwert beträgt 28,61%, während der Median mit 20,45% darunter liegt, was darauf hindeutet, dass einige Länder eine besonders hohe Gewerkschaftsbindung haben, während die Mehrheit unter diesem Durchschnittswert bleibt. Die Standardabweichung von 21,03 verdeutlicht die große Heterogenität in der gewerkschaftlichen Organisation zwischen den Ländern. Während einige nordische Länder traditionell hohe Gewerkschaftsdichten aufweisen, sind Gewerkschaften in anderen OECD-Staaten weniger stark in den Arbeitsmarkt integriert. Dies könnte Implikationen für die Verhandlungsmacht von Arbeitnehmern haben, was sich wiederum auf Lohnstrukturen und Beschäftigungssicherheit auswirken kann.

Die deskriptiven Statistiken zeigen, dass die betrachteten Variablen eine erhebliche Heterogenität aufweisen, die sowohl auf länderspezifische Unterschiede als auch auf strukturelle und wirtschaftliche Faktoren zurückgeführt werden kann. Besonders auffällig sind die Unterschiede in den ICT-Investitionen, die je nach wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit und politischen Rahmenbedingungen stark variieren. Auch die Arbeitslosenquoten zeigen eine hohe Streuung, die möglicherweise mit den unterschiedlichen Bildungsniveaus, Arbeitsmarktinstitutionen und Wirtschaftsentwicklungen der Länder zusammenhängt. Die hohe Varianz im BIP pro Kopf unterstreicht die unterschiedlichen wirtschaftlichen Ausgangsbedingungen der Länder, was sich sowohl auf die Höhe der ICT-Investitionen als auch auf die Struktur der Arbeitsmärkte auswirken könnte. Schließlich zeigt die Gewerkschaftsdichte ebenfalls starke Unterschiede zwischen den OECD-Ländern, was für die Analyse der institutionellen Faktoren relevant ist, die möglicherweise als Moderatoren der Auswirkungen von ICT-Investitionen auf den Arbeitsmarkt fungieren.

Diese deskriptive Analyse der Variablen bildet die Grundlage für die nachfolgenden grafische Darstellungen, die eine detailliertere Visualisierung der Trends und Unterschiede zwischen den Ländern ermöglicht. Sie bietet einen ersten Einblick auf Länderebene in die

Beziehung zwischen *ICT-Investitionen* (gemessen als Anteil am BIP) und den Arbeitslosenquoten, differenziert nach den drei genannten Bildungsgruppen. Hierbei wird jeweils ein repräsentatives Land pro Wohlfahrtsstaatentyp für die Analyse gewählt - Spanien als südeuropäischer, Polen als post-sozialistischer, Schweden als nordischer und Deutschland als mitteleuropäischer Wohlfahrtsstaat im Zeitraum von 2005 bis 2022. Ziel ist es, vor der multivariaten Analyse bereits Unterschiede und Trends innerhalb der Länder und zwischen den Bildungsgruppen zu identifizieren.

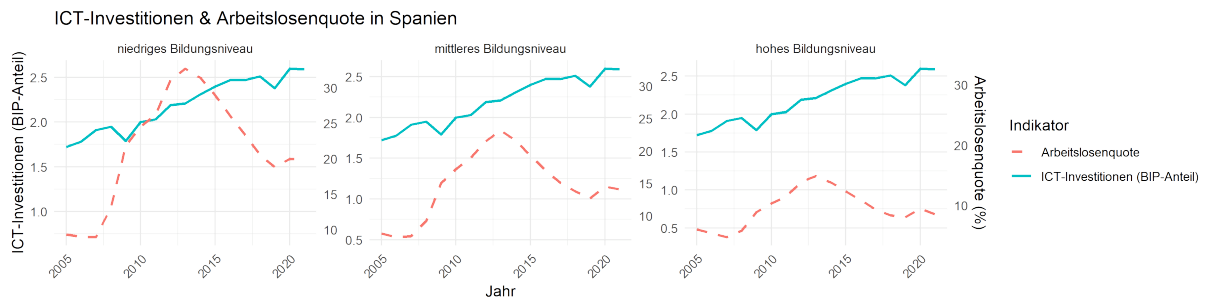


Abbildung 1: Überblick über *ICT-Investitionen* und Arbeitslosenquote in Spanien

Die Abbildung zeigt die Entwicklung der *ICT-Investitionen* als Anteil am BIP sowie die Arbeitslosenquote in Spanien zwischen 2005 und 2022, differenziert nach Bildungsniveau - Spanien steht hier repräsentativ für südeuropäische Wohlfahrtsstaaten. Am Beispiel Spaniens ist ein besonders markanter Anstieg der Arbeitslosenquote während der Finanz- und Wirtschaftskrise von 2008 bis 2013 zu beobachten. Während die *ICT-Investitionen* einen insgesamt moderaten Anstieg über den gesamten Zeitraum hinweg zeigen, lassen sich drastische Schwankungen in der Arbeitslosenquote identifizieren, insbesondere bei Personen mit niedrigem und mittlerem Bildungsniveau.

Bei Personen mit einem niedrigen Bildungsniveau zeigt sich zwischen 2005 und 2008 eine relativ stabile Arbeitslosenquote von knapp unter 10%. Ab 2008 kam es jedoch zu einem rasanten Anstieg, der bis 2013 einen Höchststand von über 30% erreichte. Erst nach 2013 begann ein kontinuierlicher Rückgang, der sich bis 2020 auf etwa 20% fortsetzte, bevor ein erneuter leichter Anstieg zu beobachten ist. Die *ICT-Investitionen* entwickelten sich hingegen gleichmäßiger. Sie begannen auf einem niedrigen Niveau von etwa 1,75% des BIP, zeigten nach der Finanzkrise ab 2010 eine Aufwärtstendenz und stabilisierten sich nach 2015 bei etwa 2,5%. Der Rückgang der Arbeitslosenquote nach 2013 verlief jedoch unabhängig von einer abrupten Zunahme der *ICT-Investitionen*, was darauf hindeutet, dass makroökonomische Faktoren (z. B. wirtschaftliche Erholung, Beschäftigungsprogramme) für die Senkung der Arbeitslosigkeit eine zentrale Rolle spielten.

Bei Personen mit mittlerem Bildungsniveau zeigt sich ein sehr ähnlicher Verlauf. Die Arbeitslosenquote lag 2005 noch unter 8%, stieg im Zuge der Wirtschaftskrise bis 2013

jedoch auf über 20% an. Erst ab 2014 begann ein deutlicher Rückgang, der sich bis 2020 auf etwa 10% fortsetzte. Die *ICT-Investitionen* folgten hier einem vergleichbaren Muster wie in der Gruppe der gering Qualifizierten, wobei ein leichter, aber kontinuierlicher Anstieg sichtbar ist. Dennoch ist keine direkte Korrelation zwischen dem Verlauf der *ICT-Investitionen* und der Arbeitslosenquote ersichtlich, da der massive Anstieg und der spätere Rückgang der Arbeitslosigkeit primär durch die wirtschaftliche Entwicklung und nicht durch technologische Investitionen bedingt zu sein scheinen.

Bei Personen mit hohem Bildungsniveau war die Arbeitslosenquote insgesamt niedriger, zeigte jedoch ebenfalls einen deutlichen Anstieg während der Wirtschaftskrise. Im Jahr 2005 lag sie unter 5%, erreichte 2013 jedoch fast 15%. Danach setzte auch hier ein Rückgang ein, und bis 2020 fiel die Quote auf etwa 5% zurück. Im Gegensatz zu den anderen Bildungsgruppen scheinen sich hier die *ICT-Investitionen* und die Arbeitslosenquote teilweise gegenläufig zu entwickeln. Während die *ICT-Investitionen* nach 2010 eine stetige Steigerung zeigen und nach 2015 stabil auf etwa 2,5% des BIP bleiben, geht die Arbeitslosenquote in derselben Phase zurück. Dies könnte darauf hindeuten, dass hochqualifizierte Arbeitskräfte in Spanien stärker von der Digitalisierung profitieren konnten als Personen mit niedrigerem Bildungsstand.

Spanien als südeuropäischer Wohlfahrtsstaat ist durch einen stark segmentierten Arbeitsmarkt gekennzeichnet, der sich durch hohe Anteile an befristeten Beschäftigungsverhältnissen sowie eine geringere Arbeitsplatzsicherheit auszeichnet. Dies könnte eine Erklärung für die starken Schwankungen der Arbeitslosenquote im Zuge der Finanzkrise sein, da insbesondere gering und mittel Qualifizierte von Entlassungen betroffen waren. Die *ICT-Investitionen* scheinen langfristig zwar leicht anzusteigen, doch zeigt sich kein direkter Zusammenhang zwischen diesen Investitionen und der Arbeitslosenquote in den jeweiligen Bildungsgruppen. Vielmehr deutet die Entwicklung darauf hin, dass der Arbeitsmarkt in Spanien stark konjunkturabhängig ist und die wirtschaftliche Erholung nach 2013 die wichtigste Triebkraft für die Reduktion der Arbeitslosigkeit war.

Zusammenfassend zeigen die Daten für Spanien eine enge Verbindung zwischen der Finanzkrise und den massiven Schwankungen der Arbeitslosenquote, insbesondere bei gering und mittel Qualifizierten. Während *ICT-Investitionen* über den Zeitraum hinweg einen kontinuierlichen, aber moderaten Anstieg zeigen, sind ihre direkten Auswirkungen auf die Arbeitslosigkeit unklar. Es könnte jedoch sein, dass insbesondere Hochqualifizierte von den steigenden *ICT-Investitionen* profitieren konnten, während gering Qualifizierte eher von konjunkturellen Faktoren abhängig waren.

Die Abbildung zeigt die Entwicklung der *ICT-Investitionen* als Anteil am BIP sowie die Arbeitslosenquote in Polen zwischen 2005 und 2022 differenziert nach Bildungsniveau - Polen steht hier repräsentativ für postsozialistische Wohlfahrtsstaaten.



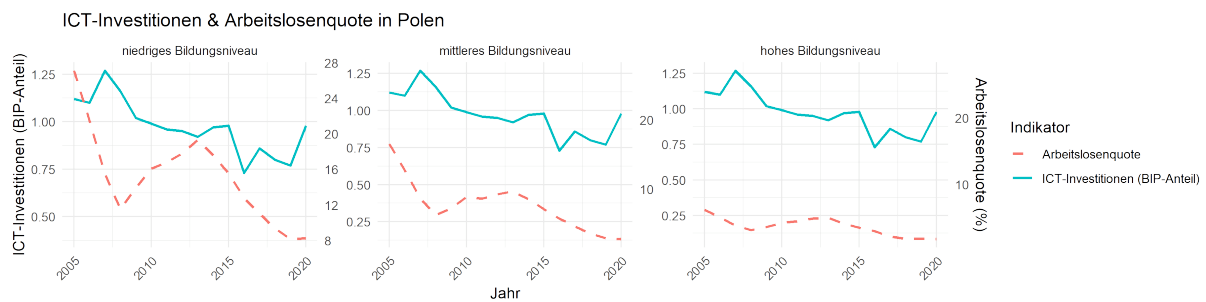


Abbildung 2: Überblick über *ICT-Investitionen* und Arbeitslosenquote in Polen

Auffällig ist der durchgängige Rückgang der Arbeitslosenquote in allen Bildungsgruppen, während die *ICT-Investitionen* über weite Strecken konstant bleiben, beziehungsweise sogar ebenfalls einen Rückgang verzeichnen. Dies deutet darauf hin, dass makroökonomische oder arbeitsmarktpolitische Faktoren für den Rückgang der Arbeitslosigkeit maßgeblich verantwortlich sein könnten.

Bei Personen mit einem niedrigen Bildungsniveau lag die Arbeitslosenquote im Jahr 2005 bei knapp 28%. In den darauffolgenden Jahren kam es zu einem raschen Rückgang, wobei jedoch zwischen 2010 und 2015 eine Stagnation mit einem kurzen Anstieg auf fast 20% zu beobachten ist. Nach 2015 setzte sich der Rückgang der Arbeitslosenquote fort, sodass sie bis 2020 auf 8% fiel. Die *ICT-Investitionen* blieben über den gesamten Zeitraum hinweg weitgehend konstant und bewegten sich um die 1% des BIP, mit einem leichten Rückgang zwischen 2010 und 2015. Dies deutet darauf hin, dass der starke Rückgang der Arbeitslosigkeit nicht direkt mit den *ICT-Investitionen* zusammenhängt, sondern durch andere wirtschaftliche Faktoren beeinflusst wurde, beispielsweise durch eine allgemeine wirtschaftliche Stabilisierung nach dem EU-Beitritt Polens und steigende Beschäftigungsmöglichkeiten in arbeitsintensiven Branchen.

Für Personen mit einem mittleren Bildungsniveau zeigt sich ein ähnliches Muster, wenn auch auf einem insgesamt niedrigeren Ausgangsniveau der Arbeitslosenquote. Während diese 2005 noch über 10% lag, sank sie in den darauffolgenden Jahren rasch auf etwa 3% bis 2015 und weiter unter 2% bis 2020. Zwischen 2010 und 2015 ist jedoch eine leichte Erhöhung der Arbeitslosenquote erkennbar, bevor der Trend weiter nach unten verlief. Der Rückgang der Arbeitslosigkeit erfolgt weitgehend unabhängig von der Entwicklung der *ICT-Investitionen*, was darauf hindeutet, dass makroökonomische Faktoren wie die Industrialisierung und eine steigende Nachfrage nach Arbeitskräften mit mittlerer Qualifikation eine bedeutendere Rolle gespielt haben könnten.

Für Personen mit einem hohen Bildungsniveau war die Arbeitslosenquote bereits 2005 relativ niedrig, lag aber dennoch bei etwa 6%, was im Vergleich zu anderen europäischen Ländern eher hoch ist. Dies könnte auf strukturelle Faktoren des polnischen Ar-

beitsmarktes zurückzuführen sein, wie eine geringere Anzahl hochqualifizierter Beschäftigungsmöglichkeiten in den frühen 2000er-Jahren. In den darauffolgenden Jahren fiel die Arbeitslosenquote jedoch deutlich und lag bereits 2015 unter 2%. Auffällig ist, dass die *ICT-Investitionen* in dieser Gruppe im Gegensatz zu den anderen Bildungsgruppen eine leichte Steigerung zeigen. In der ersten Hälfte des Beobachtungszeitraums bewegten sich die *ICT-Investitionen* um 1,2% des BIP, während sie in den Jahren nach 2015 tendenziell anstiegen. Dies könnte darauf hindeuten, dass der polnische Arbeitsmarkt mit steigendem ICT-Investitionsanteil zunehmend hochqualifizierte Beschäftigungsmöglichkeiten geschaffen hat. Dennoch bleibt die Kausalität unklar, da die Arbeitslosenquote in dieser Gruppe bereits gefallen war, bevor der leichte Anstieg der *ICT-Investitionen* einsetzte.

Polen als postsozialistischer Wohlfahrtsstaat hat in den letzten Jahrzehnten einen tiefgreifenden wirtschaftlichen Wandel durchlaufen. Der EU-Beitritt im Jahr 2004 führte zu verstärkten ausländischen Direktinvestitionen, einer zunehmenden Integration in europäische Produktionsnetzwerke sowie einer generellen Modernisierung der Wirtschaft. Diese Entwicklungen spiegeln sich auch in der Reduktion der Arbeitslosigkeit wider, die in allen Bildungsgruppen signifikant gesunken ist. Besonders bei Personen mit mittlerem und niedrigem Bildungsniveau könnte die Expansion von Industriebeschäftigung sowie der Dienstleistungssektor eine wesentliche Rolle gespielt haben.

Insgesamt zeigt die Abbildung, dass die Arbeitslosenquote in allen Bildungsgruppen stark gesunken ist, während die *ICT-Investitionen* nur moderate Schwankungen aufweisen. Dies deutet darauf hin, dass die Haupttreiber der Beschäftigungsentwicklung in Polen eher in wirtschaftlichen und arbeitsmarktpolitischen Veränderungen zu suchen sind als in den direkten Auswirkungen von *ICT-Investitionen*. Dennoch könnte die leichte Zunahme der *ICT-Investitionen* im späteren Beobachtungszeitraum darauf hinweisen, dass sich der polnische Arbeitsmarkt allmählich in Richtung einer wissensbasierten Wirtschaft entwickelt, in der besonders Hochqualifizierte profitieren.

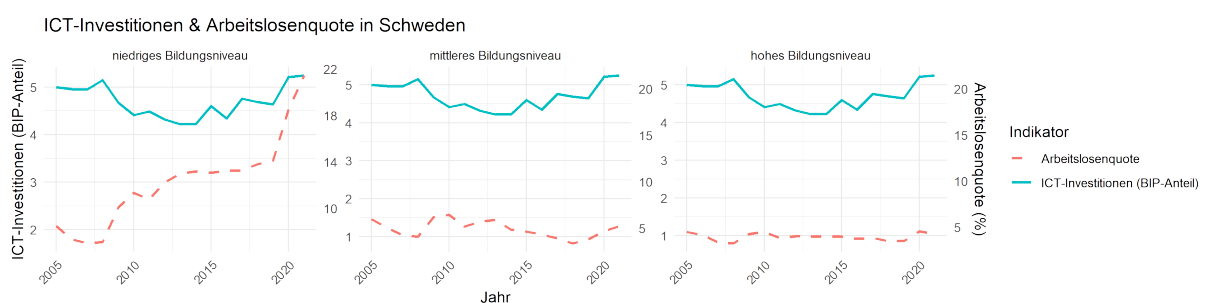


Abbildung 3: Überblick über *ICT-Investitionen* und Arbeitslosenquote in Schweden

Die Abbildung zeigt die Entwicklung der *ICT-Investitionen* als Anteil am BIP sowie die Arbeitslosenquote in Schweden zwischen 2005 und 2022, differenziert nach Bildungsni-

veau - Schweden steht hier repräsentativ für nordische Wohlfahrtsstaaten. Im Gegensatz zu anderen Ländern ist hier eine relativ stabile Entwicklung der Arbeitslosenquote über den gesamten Zeitraum zu beobachten, mit nur moderaten Schwankungen. Auffällig ist zudem, dass die *ICT-Investitionen* in Schweden im internationalen Vergleich auf einem vergleichsweise hohen Niveau liegen. Während sie in der ersten Dekade leichte Schwankungen zeigen, bleibt ihr Niveau ab 2010 weitgehend konstant und steigt gegen Ende des Betrachtungszeitraums leicht an.

Bei Personen mit einem niedrigen Bildungsniveau lag die Arbeitslosenquote 2005 bei knapp 5% und zeigte bis etwa 2010 einen moderaten Anstieg. Nach 2010 stabilisierte sich die Arbeitslosenquote zunächst, bevor sie ab 2015 einen erneuten Aufwärtstrend verzeichnete. Besonders auffällig ist der deutliche Anstieg nach 2018, der sich bis 2022 fortsetzt. Während die Arbeitslosenquote für gering Qualifizierte also in den letzten Jahren gestiegen ist, sind die *ICT-Investitionen* im selben Zeitraum weitgehend stabil geblieben, wenn auch mit einer leicht positiven Tendenz. Dies könnte darauf hindeuten, dass die fortschreitende Digitalisierung möglicherweise die Beschäftigungsmöglichkeiten für niedrig qualifizierte Arbeitskräfte verschlechtert hat, indem sie bestimmte Arbeitsplätze verdrängte oder die Anforderungen an digitale Kompetenzen erhöhte - wahrscheinlich hängt diese Beobachtung aber eher mit der Corona-Pandemie zusammen.

Für Personen mit einem mittleren Bildungsniveau zeigt sich ein stabiles Muster, mit einer weitgehend konstanten Arbeitslosenquote zwischen 2005 und 2018. Während die Arbeitslosigkeit 2005 bei unter 5% lag, gab es bis 2015 eine leichte Abwärtsbewegung, gefolgt von einer weitgehenden Stabilisierung. Nach 2018 zeigt sich eine leicht steigende Tendenz der Arbeitslosenquote, wenn auch weniger ausgeprägt als bei den gering Qualifizierten. Die *ICT-Investitionen* sind in dieser Gruppe durchgängig hoch und zeigen eine stabile Entwicklung mit leichten Schwankungen. Anders als bei den gering Qualifizierten ist hier keine klare gegenläufige Entwicklung zwischen *ICT-Investitionen* und Arbeitslosigkeit zu erkennen, was darauf hindeutet, dass mittlere Qualifikationen in Schweden weniger stark von den technologischen Veränderungen betroffen sind.

Bei Personen mit einem hohen Bildungsniveau zeigt sich über den gesamten Zeitraum hinweg eine extrem niedrige Arbeitslosenquote. Bereits 2005 lag sie unter 5% und blieb über den gesamten Zeitraum stabil, mit nur minimalen Schwankungen. Auffällig ist, dass die *ICT-Investitionen* in dieser Gruppe im internationalen Vergleich sehr hoch sind, mit Werten, die konstant bei 4-5% des BIP liegen. Die Kombination aus hoher ICT-Investition und niedriger Arbeitslosenquote deutet darauf hin, dass hochqualifizierte Arbeitskräfte in Schweden stark von der Digitalisierung profitieren konnten. Dies entspricht auch theoretischen Erwartungen, da hochqualifizierte Beschäftigte in wissensintensiven Branchen tätig sind, die von technologischen Innovationen profitieren.

Schweden als nordischer Wohlfahrtsstaat zeichnet sich durch ein stark reguliertes, aber flexibles Arbeitsmarktsystem aus, das durch hohe Sozialleistungen, eine starke Gewerkschaftsbindung und ein gut ausgebautes Bildungssystem geprägt ist. Die stabilen *ICT-Investitionen* und die insgesamt niedrigen Arbeitslosenquoten deuten darauf hin, dass der schwedische Arbeitsmarkt relativ widerstandsfähig gegenüber technologischen Veränderungen ist. Allerdings lässt sich bei niedrig qualifizierten Arbeitskräften ein Anstieg der Arbeitslosigkeit nach 2018 beobachten, der möglicherweise mit strukturellen Veränderungen auf dem Arbeitsmarkt zusammenhängt. Dies könnte darauf hindeuten, dass bestimmte Berufe durch die Digitalisierung zunehmend verdrängt werden oder dass sich die Anforderungen an digitale Kompetenzen verstärkt haben, sodass Geringqualifizierte Schwierigkeiten haben, sich an die veränderten Bedingungen anzupassen.

Insgesamt zeigt die Abbildung, dass Schweden ein stabiles Beschäftigungsniveau über den gesamten Zeitraum hinweg aufweist, wobei die *ICT-Investitionen* konstant hoch sind. Während Hoch- und Mittelqualifizierte weitgehend von den Entwicklungen profitieren konnten, scheint sich für gering Qualifizierte in den letzten Jahren eine Verschlechterung der Beschäftigungssituation abzuzeichnen. Dies könnte darauf hindeuten, dass Digitalisierung in hochentwickelten Volkswirtschaften wie Schweden zunehmend zu einer Polarisierung des Arbeitsmarktes führt, bei der Hochqualifizierte von den Investitionen profitieren, während gering Qualifizierte zunehmend unter Druck geraten.

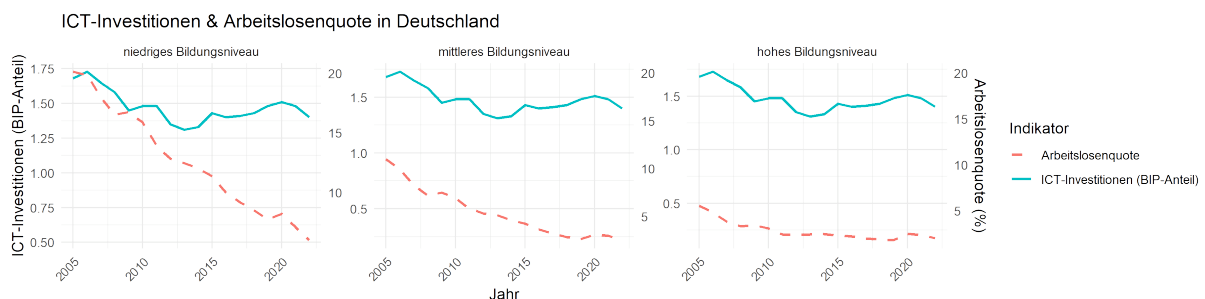


Abbildung 4: Überblick über *ICT-Investitionen* und Arbeitslosenquote in Deutschland

Die Abbildung zeigt die Entwicklung der *ICT-Investitionen* als Anteil am BIP sowie die Arbeitslosenquote in Deutschland zwischen 2005 und 2022, differenziert nach Bildungsniveau - Deutschland steht hier repräsentativ für mitteleuropäische Wohlfahrtsstaaten. Dabei lassen sich klare Unterschiede zwischen den drei betrachteten Gruppen - niedriges, mittleres und hohes Bildungsniveau - sowohl hinsichtlich des Niveaus als auch der Veränderung der Arbeitslosenquoten erkennen. Insgesamt zeigen sich über den gesamten Zeitraum hinweg deutliche Rückgänge in der Arbeitslosenquote, während die *ICT-Investitionen* eine weitgehend stabile Entwicklung aufweisen.

Für Personen mit einem niedrigen Bildungsniveau zeigt sich eine besonders hohe Ar-

beitslosenquote zu Beginn des Beobachtungszeitraums, die 2005 bei über 18% lag. In den darauffolgenden Jahren kam es zu einem kontinuierlichen Rückgang, der bis 2020 Werte unter 5% erreichte. Diese Entwicklung spiegelt die allgemeine Verbesserung des deutschen Arbeitsmarktes wider, insbesondere durch wirtschaftlichen Aufschwung und Reformen im Rahmen der Agenda 2010. Die *ICT-Investitionen* verzeichneten zwischen 2005 und 2010 zunächst einen leichten Rückgang, bevor sie sich um die 1,5% des BIP stabilisierten. Ein direkter Zusammenhang zwischen *ICT-Investitionen* und der sinkenden Arbeitslosenquote ist nicht ersichtlich, da der Rückgang der Arbeitslosenquote bereits vor der leichten Stabilisierung der Investitionen begann.

Bei Personen mit mittlerem Bildungsniveau zeigt sich ein ähnliches Muster, wenn auch auf einem insgesamt niedrigeren Ausgangsniveau der Arbeitslosenquote. Während diese 2005 noch bei etwa 10% lag, fiel sie bis 2020 auf rund 3% und blieb seither weitgehend stabil. Die *ICT-Investitionen* zeigen eine konstante Entwicklung mit geringen Schwankungen. Auch hier bleibt der direkte Zusammenhang zwischen den *ICT-Investitionen* und der Arbeitslosenquote unklar, da der Rückgang der Arbeitslosigkeit langfristig verläuft und nicht direkt mit den Investitionen korreliert.

Für Personen mit hohem Bildungsniveau zeigt sich über den gesamten Zeitraum hinweg eine sehr niedrige Arbeitslosenquote. Bereits 2005 lag sie unter 5% und sank bis 2010 auf unter 2%, wo sie anschließend auf diesem niedrigen Niveau stabil blieb. Im Vergleich zu den anderen Bildungsgruppen weist diese Gruppe somit die geringsten Schwankungen auf. Die *ICT-Investitionen* zeigen auch hier eine weitgehend stabile Entwicklung. Dies könnte darauf hindeuten, dass Hochqualifizierte vermehrt in Berufen tätig sind, die von steigenden *ICT-Investitionen* profitieren, jedoch bleibt auch hier die Kausalität unklar.

Deutschland als konservativer Wohlfahrtsstaat zeichnet sich durch eine enge Verzahnung von Bildungssystem und Arbeitsmarkt aus. Insbesondere das duale Ausbildungssystem und gezielte arbeitsmarktpolitische Maßnahmen könnten eine Rolle beim Rückgang der Arbeitslosenquoten in den niedrigen und mittleren Bildungsgruppen gespielt haben. Die *ICT-Investitionen* zeigen über den Beobachtungszeitraum hinweg keine drastischen Veränderungen, was darauf hindeutet, dass technologische Entwicklungen schrittweise in den Arbeitsmarkt integriert wurden. Besonders für Hochqualifizierte könnte eine steigende Nachfrage nach digitalen Fähigkeiten eine Rolle gespielt haben, während bei den niedrigen und mittleren Bildungsniveaus der Arbeitsmarktrückgang vermutlich durch andere makroökonomische Faktoren beeinflusst wurde.

Die Abbildung verdeutlicht insgesamt, dass die Arbeitslosenquoten in allen Bildungsgruppen über die Jahre hinweg gesunken sind, während die *ICT-Investitionen* vergleichsweise stabil geblieben sind. Dies lässt darauf schließen, dass der Rückgang der Arbeitslosigkeit nicht direkt durch *ICT-Investitionen* getrieben wurde, sondern eher mit makro-

ökonomischen Entwicklungen und strukturellen Veränderungen auf dem deutschen Arbeitsmarkt zusammenhängt.

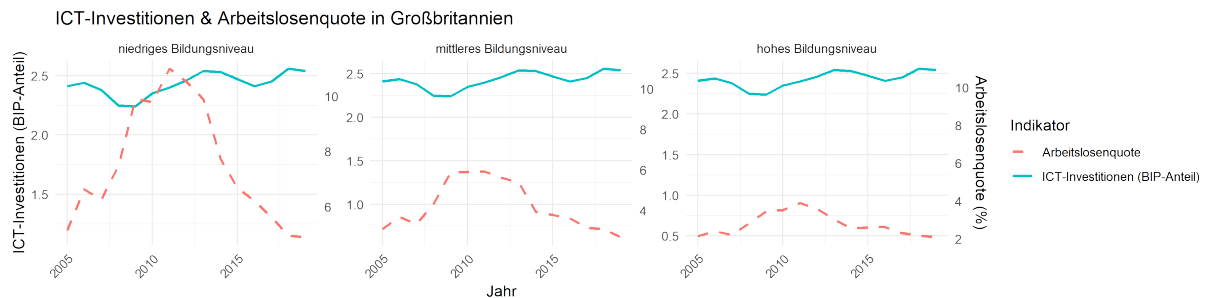


Abbildung 5: Überblick über *ICT-Investitionen* und Arbeitslosenquote in Großbritannien

Die Abbildung zeigt die Entwicklung der *ICT-Investitionen* als Anteil am BIP sowie die Arbeitslosenquote in Großbritannien zwischen 2005 und 2022, differenziert nach Bildungsniveau - Großbritannien steht hier repräsentativ für angelsächsische Wohlfahrtsstaaten. Im Vergleich zu anderen Wohlfahrtsstaatentypen weist Großbritannien eine relativ konstante Arbeitslosenquote auf, die über den Zeitraum hinweg nur leichte Rückgänge zeigt. Auffällig ist, dass die *ICT-Investitionen* in Großbritannien zwar einen moderaten Anstieg aufweisen, sich jedoch auf einem relativ niedrigen Niveau bewegen.

Bei Personen mit einem niedrigen Bildungsniveau lag die Arbeitslosenquote im Jahr 2005 bei etwa 8% und sank bis 2020 auf unter 4%. Anders als in Ländern mit stärker regulierten Arbeitsmärkten zeigt sich hier kein abrupter Rückgang, sondern eine schrittweise Anpassung über den Zeitraum hinweg. Gleichzeitig zeigen die *ICT-Investitionen* einen leicht steigenden Trend, bleiben jedoch im Bereich von etwa 1,5% des BIP. Ein klarer Zusammenhang zwischen *ICT-Investitionen* und der Arbeitslosenquote lässt sich nicht unmittelbar erkennen, was darauf hindeuten könnte, dass andere arbeitsmarktpolitische oder wirtschaftliche Faktoren maßgeblicher für die Reduktion der Arbeitslosigkeit sind.

Bei Personen mit mittlerem Bildungsniveau zeigt sich ein ähnliches Muster. Die Arbeitslosenquote lag 2005 bei etwa 6% und fiel bis 2015 auf rund 3%, wo sie sich anschließend stabilisierte. Die *ICT-Investitionen* zeigen hier eine geringe Zunahme, bleiben jedoch weitgehend konstant im Bereich von 1,5% bis 2% des BIP. Auch in dieser Gruppe scheint der Rückgang der Arbeitslosenquote eher mit marktwirtschaftlichen Anpassungen als mit direkten Effekten der *ICT-Investitionen* zusammenzuhängen. Der relativ geringe Anstieg der Investitionen deutet darauf hin, dass die britische Wirtschaft zwar technologische Entwicklungen integriert, jedoch nicht in dem Ausmaß wie andere hochdigitalisierte Volkswirtschaften.

Für Personen mit hohem Bildungsniveau zeigt sich über den gesamten Zeitraum hinweg eine sehr niedrige Arbeitslosenquote. Bereits 2005 lag sie unter 3% und blieb über

den gesamten Zeitraum weitgehend stabil, mit nur minimalen Schwankungen. Die *ICT-Investitionen* zeigen auch hier eine relativ konstante Entwicklung, liegen jedoch ebenfalls im Bereich von 1,5% bis 2% des BIP. Dies deutet darauf hin, dass Hochqualifizierte kaum von negativen Beschäftigungseffekten durch Digitalisierung betroffen sind. Vielmehr könnte der flexible britische Arbeitsmarkt es dieser Gruppe erleichtert haben, sich an technologische Veränderungen anzupassen.

Großbritannien als anglo-sächsischer Wohlfahrtsstaat zeichnet sich durch einen weniger regulierten Arbeitsmarkt aus, der sich durch eine hohe Flexibilität und eine geringere staatliche Intervention auszeichnet. Diese Charakteristik könnte erklären, warum die Arbeitslosenquoten über den Zeitraum hinweg relativ stabil bleiben und gleichzeitig keine drastischen Veränderungen im Bereich der *ICT-Investitionen* feststellbar sind. Der moderate Rückgang der Arbeitslosigkeit deutet darauf hin, dass sich der britische Arbeitsmarkt schrittweise an Digitalisierung angepasst hat, ohne dass bestimmte Gruppen massiv benachteiligt wurden.

Zusammenfassend zeigt die Abbildung, dass sich die britische Arbeitslosenquote über die Jahre hinweg in allen Bildungsgruppen verringert hat, wenn auch nicht so drastisch wie in anderen Ländern. Gleichzeitig bleiben die *ICT-Investitionen* auf einem relativ niedrigen Niveau und zeigen keine unmittelbare Korrelation mit den Veränderungen der Arbeitslosenquote. Dies deutet darauf hin, dass makroökonomische Faktoren wie die Arbeitsmarktflexibilität und allgemeine wirtschaftliche Entwicklung eine wichtigere Rolle für die Beschäftigungsdynamik spielen als allein die Höhe der *ICT-Investitionen*.

## 6.2 Multivariate Analysen

Die Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Modellen mit Kontrollvariablen zeigt eine umfassende, jedoch differenzierte Analyse der Auswirkungen von *ICT-Investitionen* auf die Arbeitslosenquote in den drei Bildungsgruppen („niedriges Bildungsniveau“, „mittleres Bildungsniveau“, „hohes Bildungsniveau“). Die Modelle liefern wichtige Hinweise auf die Bedeutung makroökonomischer Rahmenbedingungen und institutioneller Strukturen, während der direkte Einfluss von *ICT-Investitionen* weniger eindeutig ist.

Tabelle 2: Einzelwerte der Regressionsmodellparameter für die Kontrollmodelle

|                       | niedriges Bildungsniv. (Kontrolle) | mittleres Bildungsniv. (Kontrolle) | hohes Bildungsniv. (Kontrolle) |
|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| ICT_INVEST_SHARE_GDP  | -0.323<br>(0.554)                  | -0.116<br>(0.338)                  | -0.057<br>(0.187)              |
| GDP_PER_CAPITA        | 0.000+<br>(0.000)                  | 0.000*<br>(0.000)                  | 0.000<br>(0.000)               |
| PERCENT_EMPLOYEES_TUD | 0.011<br>(0.111)                   | 0.032<br>(0.068)                   | -0.026<br>(0.037)              |
| Num.Obs.              | 502                                | 502                                | 502                            |
| R2                    | 0.019                              | 0.025                              | 0.007                          |
| R2 Adj.               | -0.048                             | -0.042                             | -0.061                         |
| AIC                   | 2948.8                             | 2453.8                             | 1860.6                         |
| BIC                   | 2965.6                             | 2470.6                             | 1877.5                         |
| RMSE                  | 4.53                               | 2.77                               | 1.53                           |

+ p < 0.1, \* p < 0.05, \*\* p < 0.01, \*\*\* p < 0.001

Im Modell für die Gruppe mit niedrigem Bildungsniveau zeigt der geschätzte Koeffizient für *ICT-Investitionen* einen leicht negativen Wert von -0.323, der jedoch statistisch nicht signifikant ist. Dies deutet darauf hin, dass *ICT-Investitionen* potenziell eine Reduktion der Arbeitslosenquote bewirken könnten, dieser Effekt jedoch weder systematisch noch stark genug ist, um als nachweisbar zu gelten.

Das *BIP pro Kopf* zeigt mit einem Koeffizienten nahe Null (+0.000, p < 0.1) einen schwach positiven, aber nicht stark ausgeprägten Einfluss. Dies deutet darauf hin, dass wohlhabendere Länder höhere Anforderungen an Arbeitskräfte stellen, wodurch geringqualifizierte Personen möglicherweise stärker vom Arbeitsmarkt ausgeschlossen werden.

Die *Gewerkschaftsdichte* zeigt mit einem Koeffizienten von +0.011 den erwarteten positiven Zusammenhang, allerdings bleibt dieser statistisch insignifikant. Dies könnte darauf hindeuten, dass der gewerkschaftliche Einfluss auf die Arbeitslosigkeit in dieser Gruppe eher begrenzt ist.

Für das mittlere Bildungsniveau ergibt sich ein ähnliches Bild. Der geschätzte *ICT-Investitionen*-Koeffizient von -0.116 deutet ebenfalls auf einen leicht negativen, jedoch nicht signifikanten Zusammenhang mit der Arbeitslosenquote hin. Dies lässt vermuten, dass *ICT-Investitionen* potenziell eine Rolle spielen könnten, andere, nicht modellierte Faktoren jedoch eine größere Bedeutung haben.

Das *BIP pro Kopf* zeigt mit einem Koeffizienten von +0.000 einen signifikanten positiven Zusammenhang (p < 0.05), was darauf hinweist, dass eine höhere Wirtschaftsleistung eines Landes mit einer leicht steigenden Arbeitslosenquote für mittelqualifizierte Personen korrelieren könnte. Dies könnte mit strukturellen Anpassungsprozessen in der Wirtschaft zusammenhängen, bei denen traditionelle Berufe durch Automatisierung oder Digitalisierung ersetzt werden.

Die *Gewerkschaftsdichte* weist einen Koeffizienten von +0.032 auf, bleibt jedoch auch in dieser Gruppe nicht signifikant. Dies könnte darauf hindeuten, dass Gewerkschaften



allein keinen messbaren Einfluss auf die Arbeitslosenquote dieser Gruppe haben.

Für das hohe Bildungsniveau zeigt das Modell mit einem Koeffizienten von -0.057 den schwächsten Zusammenhang zwischen *ICT-Investitionen* und der Arbeitslosenquote. Dieser Wert deutet auf einen minimal negativen Effekt hin, der ebenfalls nicht signifikant ist. Dies könnte darauf hinweisen, dass hochqualifizierte Arbeitskräfte sich flexibler an die Anforderungen des digitalen Arbeitsmarkts anpassen können, sodass der direkte Einfluss von *ICT-Investitionen* in dieser Gruppe geringer ausfällt.

Das *BIP pro Kopf* zeigt in dieser Gruppe keine signifikante Wirkung, was darauf hindeutet, dass makroökonomische Unterschiede in Ländern mit höherem Bildungsniveau eine geringere Rolle für die Arbeitsmarktsituation von hochqualifizierten Arbeitskräften spielen.

Die *Gewerkschaftsdichte* hat in dieser Gruppe einen leicht negativen Effekt (-0.026), bleibt jedoch ebenfalls insignifikant. Dies könnte darauf hindeuten, dass hochqualifizierte Arbeitskräfte weniger von institutionellen Faktoren wie gewerkschaftlicher Organisation abhängig sind.

Die Modellgüte variiert zwischen den Bildungsgruppen, wobei die erklärten Varianzen ( $R^2$ -Werte) durchweg niedrig bleiben. Im Modell für das niedrige Bildungsniveau beträgt der  $R^2$ -Wert 0.019, für das mittlere Bildungsniveau 0.025 und für das hohe Bildungsniveau 0.007. Dies deutet darauf hin, dass die Modelle nur einen sehr geringen Anteil der Variation in der Arbeitslosenquote erklären können und dass wesentliche Einflussfaktoren in dieser Analyse nicht berücksichtigt wurden.

Der adjustierte  $R^2$ -Wert ist in allen drei Modellen sogar negativ, was darauf hindeutet, dass die eingefügten Prädiktoren keine Verbesserung gegenüber einem reinen Durchschnittsmodell bieten. Dies unterstreicht, dass weitere Faktoren eine Rolle spielen, die nicht in dieser Analyse erfasst wurden. Insbesondere branchenspezifische Entwicklungen, individuelle Qualifikationsmaßnahmen oder regionale Unterschiede könnten wichtige Erklärungsgrößen sein.

Zusammenfassend zeigen die Modelle mit Kontrollvariablen, dass *ICT-Investitionen* zwar potenziell eine Rolle bei der Beeinflussung der Arbeitslosenquote in allen Bildungsgruppen spielen könnten, diese Effekte jedoch weder stark ausgeprägt noch statistisch signifikant sind. Stattdessen zeigen makroökonomische Faktoren wie das *BIP pro Kopf* in bestimmten Gruppen einen signifikanten Einfluss auf die Arbeitslosenquote. Die schwachen Erklärungswerte ( $R^2$ ) legen nahe, dass weitere strukturelle und institutionelle Faktoren eine entscheidende Rolle spielen, die in dieser Modellierung nicht berücksichtigt wurden.

Die Ergebnisse verdeutlichen die Komplexität der Beziehungen zwischen Digitalisierung, Wirtschaftsentwicklung und Arbeitsmarktstrukturen. Dies legt nahe, dass die Ef-

fekte von *ICT-Investitionen* stark von weiteren, nicht erfassten Bedingungen und Kontextfaktoren abhängen. Eine differenziertere Untersuchung, insbesondere durch Interaktionsmodelle, könnte helfen, institutionelle Rahmenbedingungen besser zu verstehen und die Mechanismen hinter den beobachteten Zusammenhängen genauer zu erfassen.

Tabelle 3: Einzelwerte der Regressionsmodellparameter für die Interaktionsmodelle

|   | niedriges Bildungsniv. (Interaktion) | mittleres Bildungsniv. (Interaktion) | hohes Bildungsniv. (Interaktion) |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| ICT_INVEST_SHARE_GDP                                  | 3.899*<br>(1.664)                    | 2.817**<br>(1.007)                   | 1.132*<br>(0.563)                |
| YEAR_FACTOR2006                                       | -0.634<br>(1.049)                    | -0.397<br>(0.635)                    | -0.252<br>(0.355)                |
| YEAR_FACTOR2007                                       | -1.606<br>(1.080)                    | -0.891<br>(0.654)                    | -0.383<br>(0.366)                |
| YEAR_FACTOR2008                                       | -1.330<br>(1.115)                    | -0.622<br>(0.675)                    | -0.344<br>(0.377)                |
| YEAR_FACTOR2009                                       | 2.750*<br>(1.081)                    | 2.045**<br>(0.654)                   | 0.900*<br>(0.366)                |
| YEAR_FACTOR2010                                       | 4.503***<br>(1.104)                  | 3.328***<br>(0.668)                  | 1.635***<br>(0.374)              |
| YEAR_FACTOR2011                                       | 4.627***<br>(1.134)                  | 3.080***<br>(0.686)                  | 1.652***<br>(0.384)              |
| YEAR_FACTOR2012                                       | 5.531***<br>(1.158)                  | 3.713***<br>(0.701)                  | 2.034***<br>(0.392)              |
| YEAR_FACTOR2013                                       | 5.795***<br>(1.199)                  | 4.065***<br>(0.727)                  | 2.381***<br>(0.406)              |
| YEAR_FACTOR2014                                       | 4.796***<br>(1.236)                  | 3.624***<br>(0.748)                  | 2.169***<br>(0.418)              |
| YEAR_FACTOR2015                                       | 3.897**<br>(1.298)                   | 3.121***<br>(0.786)                  | 1.997***<br>(0.440)              |
| YEAR_FACTOR2016                                       | 4.158**<br>(1.393)                   | 3.408***<br>(0.844)                  | 2.021***<br>(0.472)              |
| YEAR_FACTOR2017                                       | 1.637<br>(1.476)                     | 1.997*<br>(0.894)                    | 1.257*<br>(0.500)                |
| YEAR_FACTOR2018                                       | 0.456<br>(1.564)                     | 1.399<br>(0.947)                     | 1.035+<br>(0.529)                |
| YEAR_FACTOR2019                                       | 0.196<br>(1.678)                     | 1.328<br>(1.017)                     | 1.001+<br>(0.568)                |
| YEAR_FACTOR2020                                       | 1.197<br>(1.723)                     | 2.168*<br>(1.044)                    | 1.723**<br>(0.583)               |
| YEAR_FACTOR2021                                       | 2.532<br>(1.946)                     | 2.872*<br>(1.179)                    | 1.870**<br>(0.659)               |
| YEAR_FACTOR2022                                       | 2.088<br>(2.326)                     | 2.823*<br>(1.409)                    | 1.778*<br>(0.788)                |
| GDP_PER_CAPITA  | 0.000*<br>(0.000)                    | 0.000**<br>(0.000)                   | 0.000**<br>(0.000)               |
| PERCENT_EMPLOYEES_TUD                                 | 0.074<br>(0.104)                     | 0.102<br>(0.063)                     | 0.025<br>(0.035)                 |
| ICT_INVEST_SHARE_GDP × WELFARE_STATECentral European  | -0.152<br>(2.020)                    | -1.075<br>(1.223)                    | -0.491<br>(0.684)                |
| ICT_INVEST_SHARE_GDP × WELFARE_STATENordic            | 0.582<br>(2.336)                     | -0.653<br>(1.415)                    | 0.271<br>(0.791)                 |
| ICT_INVEST_SHARE_GDP × WELFARE_STATEPost-socialist    | -4.817**<br>(1.751)                  | -3.163**<br>(1.060)                  | -1.252*<br>(0.593)               |
| ICT_INVEST_SHARE_GDP × WELFARE_STATESouthern European | 0.605<br>(3.022)                     | -2.433<br>(1.830)                    | -2.737**<br>(1.023)              |
| Num. Obs.   | 502                                  | 502                                  | 502                              |
| R2  | 0.312                                | 0.328                                | 0.303                            |
| R2 Adj.   | 0.231                                | 0.248                                | 0.220                            |
| AIC   | 2812.3                               | 2308.7                               | 1725.1                           |
| BIC   | 2917.8                               | 2414.2                               | 1830.6                           |
| RMSE  | 3.79                                 | 2.30                                 | 1.28                             |

+ p < 0.1, \* p < 0.05, \*\* p < 0.01, \*\*\* p < 0.001

Die Modelle mit Interaktionseffekten und Jahresdummies liefern eine differenzierte Perspektive auf den Zusammenhang zwischen *ICT-Investitionen* und der Arbeitslosenquote. Im Gegensatz zu den Basis-Modellen ohne Interaktionen zeigen sich nun mehrere signifikante Zusammenhänge, die insbesondere die Bedeutung institutioneller Rahmenbe-

dingungen betonen.

Der geschätzte Haupteffekt von *ICT-Investitionen* ist in allen drei Bildungsgruppen positiv und signifikant. Für das niedrige Bildungsniveau zeigt sich mit einem Koeffizienten von +3.899 ( $p < 0.05$ ) ein deutlicher Anstieg der Arbeitslosenquote bei höheren ICT-Investitionen. Auch für das mittlere Bildungsniveau ist der Effekt mit +2.817 ( $p < 0.01$ ) signifikant positiv. Beim hohen Bildungsniveau ist der Effekt mit +1.132 ( $p < 0.05$ ) zwar schwächer ausgeprägt, aber weiterhin signifikant.

Diese Ergebnisse stehen im Kontrast zu den nicht signifikanten Ergebnissen in den Kontrollmodellen und legen nahe, dass ICT-Investitionen allein keinen einheitlichen positiven Beschäftigungseffekt haben, sondern potenziell auch negative Konsequenzen für Arbeitsmarktsegmente mit geringerer Anpassungsfähigkeit haben können. Besonders in Gruppen mit niedrigem und mittlerem Bildungsniveau könnte der digitale Wandel Arbeitsplätze verdrängen, während sich hochqualifizierte Arbeitskräfte besser anpassen können.

Die Jahresdummies zeigen eine klare zeitliche Entwicklung der Arbeitslosenquote. Während die Jahre 2006–2008 keine signifikanten Effekte aufweisen, steigt die Arbeitslosenquote ab 2009 signifikant an, insbesondere in den Gruppen mit niedrigem und mittlerem Bildungsniveau. Dies spiegelt die Folgen der globalen Finanzkrise wider, deren Auswirkungen bis in die frühen 2010er Jahre anhielten.

Die höchsten positiven Effekte treten in den Jahren 2012–2015 auf, in denen die Arbeitslosenquote in allen Bildungsgruppen signifikant ansteigt. In den letzten Jahren des Beobachtungszeitraums (2017–2022) zeigen sich dagegen gemischte Effekte: Während die Arbeitslosenquote im niedrigen Bildungsniveau weiterhin schwankt, sinkt sie im mittleren und hohen Bildungsniveau leicht. Dies könnte darauf hindeuten, dass sich der Arbeitsmarkt nach der Finanzkrise stabilisiert hat und sich hochqualifizierte Arbeitskräfte zunehmend besser an den digitalen Wandel anpassen konnten.

Die Interaktionseffekte zwischen *ICT-Investitionen* und den Wohlfahrtsstaaten liefern wichtige Erkenntnisse über die Rolle institutioneller Rahmenbedingungen. Hierbei ist nochmals zu erwähnen, dass für die Analyse änglosächsisch als Referenzkategorie gewählt wurde - die Ergebnisse sind relativ zu dieser Kategorie zu interpretieren:

- **Postsozialistische Wohlfahrtsstaaten:** Wohlfahrtsstaaten: Hier zeigen sich die stärksten negativen Effekte. Für das niedrige Bildungsniveau beträgt der Interaktionseffekt -4.817 ( $p < 0.01$ ), für das mittlere Bildungsniveau -3.163 ( $p < 0.01$ ) und für das hohe Bildungsniveau -1.252 ( $p < 0.05$ ). Diese signifikant negativen Werte deuten darauf hin, dass ICT-Investitionen in diesen Ländern keine positiven Effekte auf die Arbeitsmarktsituation haben, sondern möglicherweise bestehende strukturelle Schwächen verschärfen. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass die Digitalisierung in diesen Ländern schneller voranschreitet als die institutionellen Anpassungen im

Bildungssystem und am Arbeitsmarkt.

- **Mitteuropäische Wohlfahrtsstaaten:** Der Interaktionseffekt ist für alle Bildungsgruppen negativ, aber nicht signifikant. Dies deutet darauf hin, dass ICT-Investitionen hier keinen starken moderierenden Einfluss auf die Arbeitslosigkeit haben. Mitteleuropäische Länder wie Deutschland oder Frankreich verfügen über duale Bildungssysteme und relativ stabile Arbeitsmarktstrukturen, die mögliche negative Effekte von ICT-Investitionen abmildern könnten.
- **Nordische Wohlfahrtsstaaten:** Hier zeigen sich ebenfalls keine signifikanten Interaktionseffekte. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass nordische Länder besser auf die digitale Transformation vorbereitet sind und ICT-Investitionen nicht mit steigender Arbeitslosigkeit verbunden sind.
- **Südeuropäische Wohlfahrtsstaaten:** Für das niedrige und mittlere Bildungsniveau sind die Interaktionseffekte nicht signifikant. Im hohen Bildungsniveau ist der Interaktionseffekt jedoch  $-2.737$  ( $p < 0.01$ ) und damit stark negativ. Dies deutet darauf hin, dass selbst hochqualifizierte Arbeitskräfte in diesen Ländern durch strukturelle Arbeitsmarktprobleme benachteiligt sind und ICT-Investitionen hier eher bestehende Ungleichheiten verstärken, anstatt sie zu verringern.

Die erklärten Varianzen ( $R^2$ -Werte) sind in den Interaktionsmodellen deutlich höher als in den Basis-Modellen ohne Interaktionen. Während die  $R^2$ -Werte in den einfachen Modellen zwischen 0.019 und 0.025 lagen, erreichen die Interaktionsmodelle Werte von 0.312 (niedriges Bildungsniveau), 0.328 (mittleres Bildungsniveau) und 0.303 (hohes Bildungsniveau). Dies zeigt, dass institutionelle Rahmenbedingungen eine wesentliche Rolle spielen und die Erklärungskraft der Modelle erheblich verbessern.

Der adjustierte  $R^2$ -Wert bleibt zwar mit 0.231–0.248 weiterhin vergleichsweise niedrig, aber deutlich höher als in den Kontrollmodellen. Dies unterstreicht, dass die reine Betrachtung von ICT-Investitionen ohne Berücksichtigung institutioneller Faktoren keine adäquate Erklärung für Unterschiede in den Arbeitslosenquoten liefert.

Zusammenfassend zeigen die Modelle mit Interaktionseffekten, dass der Einfluss von *ICT-Investitionen* auf die Arbeitslosenquote stark von den institutionellen Rahmenbedingungen abhängt. Während die Basiswerte der ICT-Investitionen in allen Bildungsgruppen positiv sind, deuten die Interaktionseffekte darauf hin, dass insbesondere postsozialistische und südeuropäische Wohlfahrtsstaaten größere Schwierigkeiten haben, die positiven Effekte der Digitalisierung für den Arbeitsmarkt zu nutzen.

Besonders in postsozialistischen Ländern könnte dies auf eine Diskrepanz zwischen Digitalisierungsfortschritt und institutioneller Anpassungsfähigkeit zurückzuführen sein.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine starke wirtschaftliche Basis allein nicht ausreicht, um die Herausforderungen der digitalen Transformation zu bewältigen. Vielmehr müssen gezielte politische Maßnahmen ergriffen werden, um Bildungs- und Arbeitsmarktsysteme auf die neuen Anforderungen anzupassen.

Die Kombination aus ICT-Investitionen, institutionellen Rahmenbedingungen und makroökonomischen Faktoren bestimmt maßgeblich, wie sich die Digitalisierung auf Arbeitsmärkte auswirkt. Während in gut funktionierenden Arbeitsmärkten mit starken Bildungssystemen (z. B. Nordische Länder) ICT-Investitionen kaum negative Effekte haben, sind in Ländern mit weniger flexiblen Arbeitsmärkten (z. B. Südeuropa, Postsozialistische Staaten) signifikante Herausforderungen erkennbar.

Die Modelle verdeutlichen somit, dass ICT-Investitionen alleine keine universelle Lösung für Arbeitsmarktprobleme darstellen, sondern dass ihre Wirksamkeit stark von den institutionellen Gegebenheiten abhängt. Besonders in Ländern mit ineffizienten Arbeitsmarktstrukturen und fehlenden Anpassungsmaßnahmen sind Reformen notwendig, um die Vorteile der Digitalisierung optimal zu nutzen.

## 7 Diskussion und Fazit

Die Ergebnisse dieser Arbeit bieten wertvolle Einblicke in die Beziehung zwischen ICT-Investitionen und der Arbeitslosenquote in verschiedenen Bildungsgruppen. Sie zeigen sowohl signifikante als auch nicht signifikante Befunde und verdeutlichen die komplexen Wechselwirkungen zwischen Digitalisierung, Qualifikationsniveau und Arbeitsmarktstruktur. Die Untersuchung trägt zur wissenschaftlichen Debatte über die Rolle institutioneller Rahmenbedingungen bei und liefert praktische Implikationen für Politik, Unternehmen und Bildungssysteme.

### 7.1 Zentrale Ergebnisse der Analyse

Die Analyse zeigt, dass ICT-Investitionen über alle Bildungsgruppen hinweg keinen einheitlichen, stark signifikanten Effekt auf die Arbeitslosenquote haben. Während frühere Arbeiten im Rahmen der SBTC-Theorie eine klare Polarisierung zwischen Hoch- und Geringqualifizierten prognostizierten (Acemoglu, 2002, S. 7–10), liefern die Ergebnisse dieser Arbeit eine differenziertere Perspektive.

Für Personen mit niedrigem Bildungsniveau zeigen sich keine signifikanten direkten Effekte von ICT-Investitionen auf die Arbeitslosenquote. Dies könnte darauf hindeuten, dass gewisse Anpassungsmechanismen auf dem Arbeitsmarkt existieren, die einen technologischen Strukturwandel abfedern. Allerdings sind in südeuropäischen Ländern deutliche negative Interaktionseffekte zu beobachten, was auf institutionelle Schwächen hinweist. Auch für das mittlere Bildungsniveau sind keine signifikanten direkten Effekte von ICT-Investitionen auf die Arbeitslosigkeit feststellbar. Die Interaktionseffekte mit Wohlfahrtsstaaten deuten jedoch darauf hin, dass in Ländern mit rigideren Arbeitsmarktstrukturen größere negative Auswirkungen auftreten können. Für hochqualifizierte Arbeitskräfte zeigt sich der geringste Einfluss von ICT-Investitionen auf die Arbeitslosenquote. Diese Gruppe scheint flexibler auf technologische Veränderungen zu reagieren und ist daher weniger von negativen Arbeitsmarkteffekten betroffen. Dennoch zeigen sich auch hier in südeuropäischen Ländern negative Interaktionseffekte, die auf institutionelle Defizite hinweisen.

Diese Ergebnisse legen nahe, dass die Beschäftigungswirkungen von ICT-Investitionen nicht primär durch die Technologie selbst, sondern durch wirtschaftliche und politische Rahmenbedingungen moderiert werden. Insbesondere Länder mit rigideren Arbeitsmarktinstitutionen erfahren stärkere negative Effekte, was mit ineffizienten Weiterbildungsstrukturen oder mangelnder Digitalisierung im Bildungssystem zusammenhängen könnte. Die Interaktionsmodelle unterstreichen damit die Bedeutung institutioneller Faktoren bei der Anpassung an digitale Transformationsprozesse und verdeutlichen, dass alleinige Investitionen in ICT nicht ausreichen, um positive Arbeitsmarkteffekte zu generieren.

## 7.2 Einordnung der Ergebnisse in den theoretischen Kontext

Die Theorie des SBTC besagt, dass technologische Innovationen die Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften steigern, während gering Qualifizierte durch Automatisierung verdrängt werden (Acemoglu, 2002, S. 7). Die Ergebnisse dieser Arbeit bestätigen diese Annahme jedoch nicht uneingeschränkt. Während erwartet wurde, dass ICT-Investitionen insbesondere die Arbeitslosenquote von gering Qualifizierten erhöhen würden, sind die Effekte in den Modellen ohne Interaktion und Jahresdummies nicht signifikant. Zudem sind die Haupteffekte von ICT-Investitionen in den Interaktionsmodellen für alle drei Bildungsgruppen positiv und signifikant, was auf eine potenziell beschäftigungshemmende Wirkung hindeutet.

Eine mögliche Erklärung für dieses Ergebnis liegt in der unterschiedlichen Geschwindigkeit der Digitalisierung in verschiedenen Branchen. Während einige Industriezweige stark von Automatisierung betroffen sind, entstehen gleichzeitig neue Beschäftigungsfelder, insbesondere im Bereich digitaler Dienstleistungen und IT-Sektoren (Autor et al., 2013, S. 1554f). Dadurch könnte der Effekt von ICT-Investitionen auf die Arbeitslosigkeit weniger eindeutig ausfallen, als es die SBTC-Theorie suggeriert. Zudem spielt die Anpassungsfähigkeit des Arbeitsmarktes eine entscheidende Rolle: Länder mit flexibleren Bildungssystemen und Weiterbildungsprogrammen können möglicherweise verhindern, dass die negativen Effekte der Digitalisierung zu einer dauerhaften Erhöhung der Arbeitslosigkeit führen.

Darüber hinaus zeigen die Interaktionsmodelle, dass die Auswirkungen von Investitionen in ICT stark von den institutionellen Rahmenbedingungen abhängen. Besonders in postsozialistischen und südeuropäischen Wohlfahrtsstaaten sind ICT-Investitionen mit signifikant negativen Effekten auf die Arbeitslosigkeit von hochqualifizierten Arbeitskräften verbunden, was auf unzureichende arbeitsmarktpolitische Maßnahmen hinweist (Hall & Soskice, 2001, S. 3ff). In nordischen und mitteleuropäischen Wohlfahrtsstaaten sind diese Effekte hingegen weniger stark ausgeprägt, was die Annahme bestätigt, dass ein hoher Grad an sozialer Absicherung und Weiterbildungsmöglichkeiten die negativen Effekte der Digitalisierung abfedern können (Esping-Andersen, 1990, S. 27ff).

## 7.3 Limitationen und zukünftige Forschung

Trotz der wertvollen Erkenntnisse dieser Untersuchung sind einige Limitationen zu berücksichtigen, die die Interpretation der Ergebnisse beeinflussen könnten. Die Verwendung von Jahres-Faktor-Dummies ermöglichte es zwar, allgemeine zeitliche Effekte wie wirtschaftliche Krisen oder die COVID-19-Pandemie zu kontrollieren, jedoch könnten weiterhin nicht erfasste länderspezifische Kriseneffekte bestehen bleiben. Zudem basiert die

Analyse auf aggregierten OECD-Daten für den Zeitraum 2005–2022, wodurch Unterschiede in der Erhebungsmethodik zwischen den Ländern die Ergebnisse potenziell verzerren könnten. Eine weitere Einschränkung ergibt sich aus der Makroebene der Untersuchung. Da sie sich auf makroökonomische Indikatoren stützt, können keine individuellen Anpassungsstrategien von Arbeitnehmer\*innen oder Unternehmen an die Digitalisierung erfasst werden. Um differenziertere Erkenntnisse zu gewinnen, sollten zukünftige Studien daher verstärkt auf Umfragedaten oder firmenspezifische Datenquellen zurückgreifen. Darüber hinaus berücksichtigen die gewählten FE-Modelle keine nicht-linearen Zusammenhänge oder dynamischen Anpassungsprozesse, was eine weitergehende Modellierung erforderlich machen könnte. Künftige Forschungsarbeiten sollten daher alternative Modellansätze wie differenzierte Zeitreihenanalysen oder nicht-lineare Panelmodelle in Betracht ziehen, um kausale Mechanismen noch präziser zu identifizieren.

Neben diesen methodischen Einschränkungen ergeben sich aus den Ergebnissen weiterführende Forschungsfragen, die in zukünftigen Untersuchungen adressiert werden sollten. Insbesondere bleibt offen, welche Mechanismen die Fähigkeit einzelner Länder beeinflussen, ICT-Investitionen erfolgreich in den Arbeitsmarkt zu integrieren. Ebenso stellt sich die Frage, welche Rolle Weiterbildung und digitale Qualifikationen für die Beschäftigungseffekte von ICT-Investitionen spielen und inwiefern branchenspezifische Unterschiede die Auswirkungen der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt moderieren. Darüber hinaus ist zu untersuchen, wie Sozial- und Bildungspolitiken ausgestaltet werden können, um die negativen Beschäftigungseffekte der Digitalisierung zu minimieren und eine nachhaltige arbeitsmarktpolitische Anpassung zu gewährleisten. Eine detailliertere Analyse dieser Fragestellungen könnte dazu beitragen, die Gestaltung arbeitsmarkt- und bildungspolitischer Maßnahmen besser an die Herausforderungen der digitalen Transformation anzupassen.

## 7.4 Gesamtfazit

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass ICT-Investitionen keine universelle Lösung für Arbeitsmarktprobleme darstellen, sondern dass ihre Wirksamkeit stark von institutionellen Rahmenbedingungen abhängt. Während in Ländern mit gut entwickelten Arbeitsmarkt- und Bildungssystemen keine negativen Effekte auf die Arbeitslosenquote zu beobachten sind, weisen insbesondere südeuropäische und postsozialistische Wohlfahrtsstaaten signifikante Herausforderungen auf.

Diese Befunde verdeutlichen, dass eine erfolgreiche digitale Transformation nicht nur von technologischen Investitionen abhängt, sondern von einem umfassenden politischen, wirtschaftlichen und bildungspolitischen Rahmen begleitet werden muss. Insbesondere Weiterbildungsprogramme, Reformen der Arbeitsmarktregulierungen und gezielte Fördermaßnahmen für benachteiligte Gruppen könnten entscheidend dazu beitragen, die po-



sitiven Potenziale der Digitalisierung zu realisieren und die Risiken einer verstärkten Arbeitsmarktpolarisierung zu minimieren.

## Literatur

- Acemoglu, D. (2002). Technical Change, Inequality, and the Labor Market. *Journal of Economic Literature*, 40(1), 7–72. <https://doi.org/10.1257/0022051026976>
- Acemoglu, D., & Autor, D. (2011). Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. In O. Ashenfelter & D. Card (Hrsg.), *Handbook of Labor Economics* (S. 1043–1171, Bd. 4). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(11\)02410-5](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(11)02410-5)
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. *Journal of Political Economy*, 128(6), 2188–2244. <https://doi.org/10.1086/705716>
- Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A., Stoica, I., & Zaharia, M. (2010). A View of Cloud Computing. *Communications of the ACM*, 53(4), 50–58. <https://doi.org/10.1145/1721654.1721672>
- Arntz, M., Gregory, T., & Zierahn, U. (2016). The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, (189), 1–35. <https://doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>
- 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. <https://doi.org/10.1257/jep.29.3.3>
- Autor, D. H., Dorn, D., & Hanson, G. H. (2013). The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market. *American Economic Review*, 103(5), 1553–1597. <https://doi.org/10.1257/aer.103.5.1553>
- Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, 118(4), 1279–1333. <https://doi.org/10.1162/003355303322552801>
- Balsmeier, B., & Woerter, M. (2019). Is this time different? How digitalization influences job creation and destruction. *Research Policy*, 48(8), 103765. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.03.010>
- Baltagi, B. H. (2008). *Econometric Analysis of Panel Data*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-53953-5>
- Bartodziej, P. C. (2016). *The Concept Industry 4.0*. Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-16502-4>
- Brennen, J. S., & Kreiss, D. (2016). Digitalization. In *The International Encyclopedia of Communication Theory and Philosophy* (S. 1–11). <https://doi.org/10.1002/9781118766804.wbiect111>

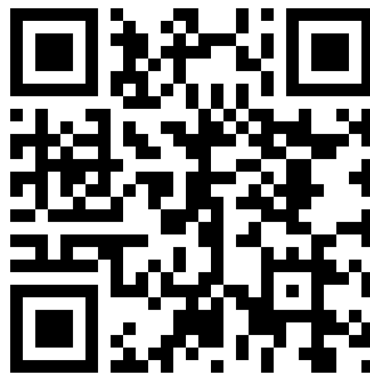
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2015). The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. *Choice Reviews Online*, 52(06), 52–3201. <https://doi.org/10.5860/choice.184834>
- Cerami, A. (2006). *Social Policy in Central and Eastern Europe: The Emergence of a New European Welfare Regime*. LIT Verlag. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA80928479>
- Corrado, C., Haskel, J., Jona-Lasinio, C., & Iommi, M. (2018). Intangible investment in the EU and US before and since the Great Recession and its contribution to productivity growth. *Journal of Infrastructure Policy and Development*, 2(1), 11. <https://doi.org/10.24294/jipd.v2i1.205>
- Esping-Andersen, G. (1990). *The Three Worlds of Welfare Capitalism*. Princeton University Press.
- Ferrera, M. (1996). The 'Southern Model' of Welfare in Social Europe. In *Journal of European Social Policy* (S. 17–37, Bd. 6). SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/095892879600600102>
- Frey, C., & Osborne, M. A. (2016). The future of employment: How susceptible are jobs to computerization? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254–280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Gandomi, A., & Haider, M. (2014). Beyond the Hype: Big Data Concepts, Methods, and Analytics. *International Journal of Information Management*, 35(2), 137–144. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.10.007>
- Goodin, R. E., Headey, B., Muffels, R., & Dirven, H.-J. (1999). *The Real Worlds of Welfare Capitalism*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511490927>
- Goos, M., Manning, A., & Salomons, A. (2014). Explaining Job Polarization: Routine-Biased Technological Change and Offshoring. *American Economic Review*, 104(8), 2509–2526. <https://doi.org/10.1257/aer.104.8.2509>
- Hall, P. A., & Soskice, D. (2001). *Varieties of Capitalism: The Institutional Foundations of Comparative Advantage*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/0199247757.001.0001>
- Hofman, J. (2018). Arbeit 4.0 - Digitalisierung, IT und Arbeit. In *Edition HMD*. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-21359-6>
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. Acatech - National Academy of Science; Engineering. <https://www.din.de/resource/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>

- OECD. (2019). *Measuring the Digital Transformation: A Roadmap for the Future*. <https://doi.org/10.1787/9789264311992-en>
- OECD. (2020). *OECD Digital Economy Outlook 2020*. <https://doi.org/10.1787/bb167041-en>
- OECD. (2022a). ICT Investment as a Share of GDP [Zuletzt abgerufen am 09. Februar 2025]. <https://goingdigital.oecd.org/en/indicator/30>
- OECD. (2022b). Nominal gross domestic product [Zuletzt abgerufen am 09. Februar 2025]. <https://www.oecd.org/en/data/indicators/nominal-gross-domestic-product-gdp.html>
- OECD. (2022c). Trade Union Density [Zuletzt abgerufen am 09. Februar 2025]. [https://www.oecd-ilibrary.org/employment/data/trade-unions/trade-union-density\\_data-00371-en](https://www.oecd-ilibrary.org/employment/data/trade-unions/trade-union-density_data-00371-en)
- OECD. (2022d). Unemployment rates by education level [Zuletzt abgerufen am 09. Februar 2025]. <https://www.oecd.org/en/data/indicators/unemployment-rates-by-education-level.html>
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th) [Zuletzt abgerufen am 09. Februar 2025]. Pearson. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3614787>
- Schumpeter, J. A. (1976). *Capitalism, socialism and democracy*. Psychology Press.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum.
- Vu, K. M. (2011). ICT as a Source of Economic Growth in the Information Age: Empirical Evidence from the 1996–2005 Period. *Telecommunications Policy*, 35(4), 357–372. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2011.02.008>
- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data* (2nd). MIT Press.

## A Anhang

### A.1 Projektdaten

Alle Projektdaten (R-Code, TeX-Dateien, sowie alle Datensätze) welche für die Arbeit und die Analyse genutzt wurden, sind gebündelt im folgenden GitHub Repository zu finden (der erste Link führt zum Repository - der zweite direkt zum R-Codebook):



<https://github.com/TAR-IT/bachelorthesis>



<https://github.com/TAR-IT/bachelorthesis/blob/main/R/codebook.R>

## A.2 Erklärung zur Prüfungsleistung

Name, Vorname: Rau, Tobias Achim

Matrikelnummer: 6619097

Studiengang: Politikwissenschaften BA

Die am FB03 gültige Definition von Plagiaten ist mir vertraut und verständlich:

„Eine am FB03 eingereichte Arbeit wird als Plagiat identifiziert, wenn in ihr nachweislich fremdes geistiges Eigentum ohne Kennzeichnung verwendet wird und dadurch dessen Urheberschaft suggeriert oder behauptet wird. Das geistige Eigentum kann ganze Texte, Textteile, Formulierungen, Ideen, Argumente, Abbildungen, Tabellen oder Daten umfassen und muss als geistiges Eigentum der Urheberin/des Urhebers gekennzeichnet sein. Sofern eingereichte Arbeiten die Kennzeichnung vorsätzlich unterlassen, provozieren sie einen Irrtum bei denjenigen, welche die Arbeit bewerten, und erfüllen somit den Tatbestand der Täuschung.“

Ich versichere hiermit, dass ich die eingereichte Arbeit mit dem Titel

**"ICT-Investitionen und Arbeitslosigkeit in Wohlfahrtsstaaten -  
eine Paneldatenanalyse nach Bildungsniveau in OECD-Ländern"**

nach den Regeln guter wissenschaftlicher Praxis angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen oder aus anderen fremden Mitteilungen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Die vorliegende Arbeit ist von mir selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst worden. Ebenfalls versichere ich, dass diese Arbeit noch in keinem anderen Modul oder Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt wurde.

Mir ist bekannt, dass Plagiate auf Grundlage der Studien- und Prüfungsordnung im Prüfungsamt dokumentiert und vom Prüfungsausschuss sanktioniert werden. Diese Sanktionen können neben dem Nichtbestehen der Prüfungsleistung weitreichende Folgen bis hin zum Ausschluss von der Erbringung weiterer Prüfungsleistungen für mich haben.

Rödermark, 14. Februar 2025, \_\_\_\_\_  
(Ort, Datum, Unterschrift)