

ICT-Investitionen und Arbeitslosigkeit in Wohlfahrtsstaaten

Eine Paneldatenanalyse nach Bildungsniveau in OECD-Ländern

Tobias Achim Rau

8. März 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: 25.03.2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Forschungsstand	7
2.1	Auswirkungen der Digitalisierung auf Arbeitsmärkte	7
2.2	ICT-Investitionen als Treiber der Transformation	8
2.3	Unterschiede zwischen Wohlfahrtsstaaten	10
2.4	Forschungslücken	11
3	Forschungsgegenstand	12
3.1	Digitalisierung und Industrie 4.0	12
3.2	ICT-Investitionen	12
3.3	Arbeitsmarkt und Bildungsniveau	13
4	Theorie und Hypothesen	15
4.1	Schumpeters „kreative Zerstörung“	15
4.2	Skill-biased technological change	17
4.3	Wohlfahrtsstaaten	18
4.4	Hypothesen	20
5	Daten und Methodik	22
5.1	Datensätze	22
5.2	Operationalisierung	23
5.3	Analytische Methode	24
6	Ergebnisse	26
6.1	Deskriptive Ergebnisse	26
6.2	Multivariate Analysen	37
7	Diskussion und Fazit	44
7.1	Zentrale Ergebnisse der Analyse	44
7.2	Einordnung der Ergebnisse in den theoretischen Kontext	45
7.3	Limitationen und zukünftige Forschung	46
7.4	Gesamtfazit	46
A	Anhang	51
A.1	Projektdateien	51
A.2	Erklärung zur Prüfungsleistung	52

Abkürzungsverzeichnis

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

Reversed Causality beschreibt eine umgekehrte Kausalbeziehung zwischen zwei Variablen, bei der die vermeintliche unabhängige Variable tatsächlich durch die abhängige Variable beeinflusst wird. Dies kann zu Fehlinterpretationen in statistischen Analysen führen, insbesondere in nicht-experimentellen Studien. Reversed Causality tritt häufig in wirtschaftlichen und sozialwissenschaftlichen Untersuchungen auf (Pearl, 2009, S. 134).

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, 2014, Kap. 6).

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. 1045). Einerseits eröffnen die gestiegenen Anforderungen an technologische Kompetenzen neue Chancen für hochqualifizierte Fachkräfte (vgl. Acemoglu & Autor, 2011, S. 1070), andererseits wächst die Befürchtung, dass rasante Investitionen in ICT insbesondere für geringqualifizierte Personen zum Verlust von Arbeitsplätzen führen, da viele ihrer Tätigkeiten routinisiert und damit leichter durch Maschinen ersetzbar sind. 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, S. 2–4).

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, 2013, S. 14–15). Gleichzeitig entstehen durch den technologischen Wandel neue Berufsfelder, die innovative Fähigkeiten erfordern (vgl. Brynjolfsson & McAfee, 2014, Kap. 12). Welche Auswirkungen diese Prozesse auf die Verteilung von Arbeitsplätzen haben und ob sie wirklich aktiv zur Polarisierung des Arbeitsmarktes beitragen, bleibt eine zentrale Frage der aktuellen Forschung (vgl. Balsmeier & Woerter, 2019, S. 2–4).

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 Auswirkungen 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 Ländern der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (aus d. Engl.: *Organisation for Economic Co-operation and Development*) (OECD) 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 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.

2.1 Auswirkungen der Digitalisierung auf Arbeitsmärkte

Die Digitalisierung und insbesondere Investitionen in ICT haben die Arbeitsmärkte weltweit grundlegend verändert. Empirische Studien zeigen, dass diese Entwicklungen die Beschäftigungsstrukturen in verschiedenen Bildungsgruppen unterschiedlich beeinflussen (vgl. Autor et al., 2013, S. 7). Die Automatisierung betrifft besonders routinisierte und standardisierbare Tätigkeiten (vgl. Frey & Osborne, 2013, S. 20). Diese Entwicklungen führen zu einer Polarisierung des Arbeitsmarktes: Hochqualifizierte profitieren von einer steigenden Nachfrage nach digitalen Kompetenzen, während Arbeitsplätze mit mittlerem Qualifikationsniveau zunehmend unter Automatisierungsdruck geraten (vgl. Goos et al., 2014, S. 2509).

Autor, Levy und Murnane (2003) zeigen, dass Tätigkeiten mit hohem Anteil an routinemäßigen kognitiven und manuellen Aufgaben besonders anfällig für Automatisierung sind. Die Theorie des Routine-Biased Technological Change (z. Dt.: *Technologie mit routinespezifischen Effekten*) (RBTC) besagt, dass insbesondere klar definierte, sich wiederholende Tätigkeiten durch Maschinen ersetzt werden können (vgl. Autor et al., 2003, S. 1281). Frey und Osborne (2017) erweiterten diese Analyse und schätzten, dass bis zu 47% der Arbeitsplätze in den USA potenziell automatisierbar sind, wobei Berufe mit niedrigem Qualifikationsniveau besonders betroffen sind (vgl. Frey & Osborne, 2013, S. 254). Diese Erkenntnisse werfen die Frage auf, inwiefern sich diese Tendenz auf andere Länder übertragen lässt und welche Faktoren zur Abmilderung der negativen Effekte beitragen können.

Parallel zur Automatisierung zeigt sich eine Polarisierung der Arbeitsmärkte. 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 (vgl. Goos et al., 2014,

S. 2510). 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 (vgl. Acemoglu, 2002, S. 10).

Die Auswirkungen der Digitalisierung variieren zudem stark nach Branche und Wirtschaftssektor. Während einige Sektoren wie die Industrieproduktion oder der Einzelhandel durch die Einführung automatisierter Systeme massiv verändert wurden, profitieren wissensintensive Dienstleistungsbranchen von den neuen technologischen Möglichkeiten (vgl. Autor et al., 2013, S. 1555). Besonders betroffen sind manuelle Tätigkeiten in der Fertigungsindustrie sowie administrative Büroarbeiten, die zunehmend durch algorithmische Prozesse ersetzt werden (vgl. Frey & Osborne, 2013, S. 260). Gleichzeitig entstehen neue Arbeitsplätze in Bereichen wie IT, Datenwissenschaft, Robotik und AI, wodurch sich auch die Qualifikationsanforderungen auf dem Arbeitsmarkt verändern (vgl. Goos et al., 2014, S. 2510).

Zusammenfassend verändert die Digitalisierung 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 (vgl. 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).

2.2 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 (vgl. 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 (vgl. OECD, 2019, S. 15-17). Besonders in

wissensintensiven Sektoren wie Finanzdienstleistungen, IT-gestützte Geschäftsprozesse, E-Commerce oder digitale Plattformarbeit entstehen neue Geschäftsmodelle, die verstärkt auf Automatisierung und datenbasierte Entscheidungsprozesse setzen.

Während ICT-Investitionen neue Arbeitsplätze schaffen 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 (vgl. Brynjolfsson & McAfee, 2014, Kap. 2). Besonders betroffen sind Tätigkeiten mit einem hohen Anteil an repetitiven, standardisierten Prozessen, die sich leicht durch digitale Technologien oder AI ersetzen lassen. Dazu zählen nicht nur manuelle Produktionsprozesse, sondern auch administrative Tätigkeiten im Bürobereich, die zunehmend durch automatisierte Softwarelösungen abgelöst werden.

Die Polarisierung des Arbeitsmarktes ist eng mit der Theorie des Skill-Biased Technological Change (z. Dt.: *Technologie mit qualifikationsspezifischen Effekten*) (SBTC) verbunden, wonach technologischer Fortschritt die Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften erhöht, während mittlere Qualifikationsniveaus unter Druck geraten (vgl. 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 (vgl. Brynjolfsson & McAfee, 2014, 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 (vgl. 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 (vgl. 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 (vgl. 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 hoch-

qualifizierte 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.

2.3 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 (vgl. Hall & Soskice, 2001, S. 1–5). Studien haben gezeigt, dass Länder mit hohen Investitionen in digitale Bildung und Infrastruktur tendenziell bessere Anpassungsprozesse an den technologischen Wandel durchlaufen (vgl. OECD, 2020, S. 23).

Laut der OECD (2019) variieren die Investitionen in ICT erheblich zwischen Ländern. Skandinavische Staaten und die Niederlande investieren überdurchschnittlich in digitale Bildung und Innovationen, während süd- und osteuropäische Länder vergleichsweise niedrigere Investitionen tätigen (vgl. OECD, 2020, S. 45). Diese Unterschiede spiegeln sich auch in der Entwicklung der Arbeitsmärkte wider.

Länder mit hoher ICT-Investitionsquote (z. B. Schweden, Niederlande) zeigen niedrigere Arbeitslosenquoten unter Hochqualifizierten und profitieren von einer stärkeren Nachfrage nach digitalen Kompetenzen (vgl. Brynjolfsson & McAfee, 2014, S. 78). In Ländern mit geringeren ICT-Investitionen (z. B. Spanien, Ungarn) sind hingegen vor allem Beschäftigte mit mittlerem Qualifikationsniveau einem höheren Automatisierungsrisiko ausgesetzt (vgl. Frey & Osborne, 2013, 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 (vgl. 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 (vgl. 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 (vgl. 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 hingegen höhere Risiken für Arbeitsplatzverluste durch Automatisierung auf (vgl. Frey & Osborne, 2013, S. 260).

Zusammenfassend zeigen die Unterschiede zwischen Wohlfahrtsstaaten, dass Digitalisierung und ICT-Investitionen stark von den institutionellen Rahmenbedingungen abhängen. Länder mit gezielter Förderung digitaler Infrastruktur und Bildung können die Herausforderungen des technologischen Wandels besser bewältigen, während Länder mit geringeren Investitionen und restriktiveren Arbeitsmärkten stärkeren Risiken durch Automatisierung ausgesetzt sind. Dies verdeutlicht die Bedeutung staatlicher Steuerung bei der Gestaltung von Transformationsprozessen im digitalen Zeitalter.

2.4 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, länderübergreifenden 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.

3 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, in verschiedenen Bildungsgruppen auswirken. Dabei werden sowohl die nationalen Investitionen in digitale Technologien als auch die Auswirkungen auf Arbeitsmärkte und Beschäftigungsstrukturen betrachtet.

3.1 Digitalisierung und Industrie 4.0

Der Begriff der Digitalisierung beschreibt den zunehmenden Einsatz digitaler Technologien zur Automatisierung, Optimierung und Schaffung neuer Wertschöpfungspotenziale (vgl. Brennen & Kreiss, 2016, S. 6). Im wirtschaftlichen Kontext wird dies mit der vierten industriellen Revolution (Industrie 4.0) in Verbindung gebracht, die durch die Integration von ICT, AI, Big Data, Cloud Computing und Cyber-Physischen Systemen gekennzeichnet ist (vgl. Kagermann et al., 2013, S. 22). Diese Entwicklungen führen zu einer zunehmenden Automatisierung von Produktionsprozessen und ermöglichen eine vernetzte Wertschöpfung entlang der gesamten Lieferkette.

Während Unternehmen durch den Einsatz digitaler Technologien Effizienzsteigerungen erzielen können, ergeben sich für den Arbeitsmarkt erhebliche Herausforderungen. Hochqualifizierte Arbeitsplätze entstehen in den Bereichen Softwareentwicklung, Datenanalyse und Automatisierungstechnik, während Routineaufgaben in der industriellen Fertigung, im Transportwesen und in administrativen Berufen zunehmend automatisiert werden (vgl. Frey & Osborne, 2013, S. 40). Dies kann zur Verdrängung mittlerer Qualifikationsniveaus führen, was in der Literatur als *Jobpolarisierung* beschrieben wird.

Die Digitalisierung bringt zudem tiefgreifende Veränderungen in der Arbeitsorganisation mit sich. Neue Arbeitsformen wie Plattformarbeit, Remote Work und flexible Arbeitszeitmodelle gewinnen an Bedeutung (vgl. Schwab, 2016, S. 112). Dies erfordert nicht nur neue Kompetenzen, sondern stellt auch Arbeitnehmer*innen vor Herausforderungen in Bezug auf Arbeitsplatzsicherheit, Datenschutz und IT-Sicherheit.

3.2 ICT-Investitionen

Investitionen in ICT umfassen materielle Ressourcen wie digitale Infrastrukturen (z. B. Glasfasernetze, Rechenzentren) und immaterielle Ressourcen wie Softwarelösungen, Cloud-Dienste und Plattformtechnologien (vgl. OECD, 2019, S. 15-17). Sie spielen eine zentrale Rolle für die digitale Transformation und haben weitreichende Implikationen für Wirtschaftswachstum und Arbeitsmärkte.

Der verstärkte Einsatz digitaler Technologien führt zu Produktivitätssteigerungen und zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle. Fortschritte in AI und Big Data erlauben eine effizientere Ressourcennutzung, optimierte Entscheidungsprozesse und die Automatisierung komplexer Abläufe (vgl. OECD, 2019, S. 15-17). Dies kann die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen erhöhen, bringt jedoch gleichzeitig Veränderungen in der Beschäftigungsstruktur mit sich.

Die Auswirkungen von ICT-Investitionen auf den Arbeitsmarkt sind ambivalent. Einerseits entstehen neue, zukunftsorientierte Berufe, andererseits werden zahlreiche Routineaufgaben automatisiert, was insbesondere Arbeitsplätze mit mittlerem Qualifikationsniveau gefährdet (vgl. Frey & Osborne, 2013, S. 40). Diese Entwicklung verstärkt bestehende Ungleichheiten auf dem Arbeitsmarkt und führt zu Herausforderungen für Weiterbildungs- und Umschulungsmaßnahmen.

Ein weiterer Aspekt von ICT-Investitionen ist ihre Rolle in der Verringerung regionaler Disparitäten. Während digitale Infrastrukturen in urbanen Zentren stark vorangetrieben werden, bleiben ländliche Regionen oft zurück, was den Zugang zu Technologien und digitalen Arbeitsmärkten erschwert (vgl. Brynjolfsson & McAfee, 2014, S. 22). Die politischen Rahmenbedingungen spielen hier eine entscheidende Rolle, um digitale Ungleichheiten zu vermeiden.

3.3 Arbeitsmarkt und Bildungsniveau

Der Arbeitsmarkt wird maßgeblich durch technologische Entwicklungen beeinflusst, wobei insbesondere die Digitalisierung bestehende Strukturen verändert. In dieser Arbeit liegt der Fokus auf der Arbeitslosigkeit nach Bildungsniveau, das üblicherweise in niedrig, mittel und hoch eingeteilt wird (vgl. Frey & Osborne, 2013, S. 35–37). Diese Differenzierung ermöglicht eine gezielte Analyse der Betroffenheit unterschiedlicher Gruppen.

Die Auswirkungen der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt werden häufig mit dem Konzept der *Jobpolarisierung* beschrieben. Hochqualifizierte Fachkräfte profitieren von der steigenden Nachfrage nach digitalen Kompetenzen, während Arbeitsplätze mit mittleren Qualifikationsanforderungen verstärkt unter Automatisierungsdruck geraten (vgl. Autor, 2015, S. 40). Geringqualifizierte sind besonders anfällig für Arbeitsplatzverdrängung, da ihre Tätigkeiten häufig leichter durch technologische Systeme ersetzt werden können (vgl. Acemoglu, 2002, S. 10).

Um den negativen Effekten entgegenzuwirken, werden gezielte bildungs- und arbeitsmarktpolitische Maßnahmen als notwendig erachtet. Besonders Weiterbildungsprogramme für digitale Kompetenzen sind zentral, um den Strukturwandel am Arbeitsmarkt abzufedern (vgl. Brynjolfsson & McAfee, 2014, S. 75). Länder mit einem gut ausgebauten Weiterbildungssystem können die negativen Folgen der Arbeitsmarktpolarisierung besser

kompensieren.

Zusammenfassend hängt der Einfluss von ICT-Investitionen auf den Arbeitsmarkt stark vom Bildungsniveau der Erwerbsbevölkerung ab. Während Hochqualifizierte profitieren, sehen sich niedrig und mittel qualifizierte Arbeitskräfte mit zunehmender Unsicherheit konfrontiert. Diese Entwicklung verdeutlicht die Notwendigkeit einer gezielten politischen Steuerung, um sozial-ökonomische Risiken zu minimieren.

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 (vgl. Brynjolfsson & McAfee, 2014, S. 27). Besonders durch den Fortschritt in der Automatisierung und Computergestützten Arbeitsprozessen sind zahlreiche Berufe einem fundamentalen Wandel unterworfen (vgl. Frey & Osborne, 2013, 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 (vgl. 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, sondern als ein dynamisches, sich ständig veränderndes System (vgl. 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 (vgl. 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“ (vgl. Schumpeter, 1976, S. 103–105).

Dieser Prozess der „schöpferischen Zerstörung“ ist nicht nur unvermeidbar, sondern laut Schumpeter auch notwendig, um Raum für Innovation und langfristiges Wirtschaftswachstum zu schaffen (vgl. 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 (vgl. 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 Markunruhe und Arbeitsplatzverlusten führen kann, aber langfristig eine Voraussetzung für wirtschaftliche Erneuerung und Wachstum ist (vgl. Schumpeter, 1976, S. 110–111).

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 (vgl. Schumpeter, 1976, S. 110–111).

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 (vgl. 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. 15–17). 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. So könnten Institutionen, die Weiterbildung und Umschulungen fördern, 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 (vgl. Esping-Andersen, 1990, S. 29–31).

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 (vgl. Acemoglu, 2002, S. 25–26). 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 (vgl. 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“ (vgl. Schumpeter, 1976, S. 81) umzugehen, sondern auch von ihr zu profitieren. Gleichzeitig steigen in den Bereichen der ICT, des Ingenieurwesens sowie in datenintensiven Berufen die Löhne, was den bereits bestehenden Einkommensunterschied zwischen Hoch- und Geringqualifizierten weiter verstärkt (vgl. 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 (vgl. Frey & Osborne, 2013, 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 (vgl. 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 (vgl. 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 (vgl. 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 (vgl. Esping-Andersen, 1990, S. 27–28).

1. **Sozialdemokratisch** (im Folgenden „nordisch“, z. B. Schweden): Diese Staaten zeichnen sich durch umfassende soziale Absicherung, hohe Gewerkschaftsdichte und aktive Arbeitsmarktpolitiken aus (vgl. Esping-Andersen, 1990, S. 26). 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 (vgl. Esping-Andersen, 1990, S. 56). In diesen Ländern sind digitale Technologien oft tief in wirtschaftliche und administrative Prozesse integriert, während gleichzeitig umfangreiche Umschulungsprogramme sicherstellen, dass Arbeitskräfte neue digitale Kompetenzen erwerben können. Daher könnten nordische Staaten in der Regel besser auf digitale Transformationen vorbereitet sein.
2. **Konservativ** (im Folgenden „mitteleuropäisch“, z. B. Deutschland): Diese Regime sind durch stark regulierte Arbeitsmärkte und umfassende Tarifvereinbarungen gekennzeichnet, die auf Arbeitsplatzsicherheit abzielen (vgl. Esping-Andersen, 1990, S. 27). Gleichzeitig verfügen sie über gut ausgebaute duale Ausbildungssysteme, die Arbeitskräfte mit praktischen und technischen Fähigkeiten ausstatten und ihre Wettbewerbsfähigkeit in technologieintensiven Sektoren stärken (vgl. Hall & Soskice, 2001, S. 78). Während die starke Regulierung kurzfristig Schutz bietet, kann sie langfristig zu starren Strukturen führen, die Anpassungen an digitale Disruptionen erschweren (vgl. Hall & Soskice, 2001, S. 20–21). Dennoch ermöglicht das duale Ausbildungssystem eine enge Verzahnung zwischen Bildung und Wirtschaft, was sich positiv auf die Resilienz des Arbeitsmarktes gegenüber Automatisierung und Digitalisierung auswirken kann (vgl. Hall & Soskice, 2001, S. 25–27).
3. **Liberal** (im Folgenden „angelsächsisch“, z. B. USA): In liberalen Regimen stehen marktorientierte Mechanismen im Vordergrund, während staatliche Eingriffe auf ein

Minimum beschränkt sind (vgl. Esping-Andersen, 1990, S. 27). 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 (vgl. Goodin et al., 1999, S. 12–13). Da der technologische Fortschritt weitgehend von privaten Unternehmen vorangetrieben wird, können digitale Innovationen in diesen Ländern zwar schneller implementiert werden, doch die ungleiche Verteilung der Anpassungsfähigkeit führt oft zu einer stärkeren Polarisierung des Arbeitsmarktes.

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 (Ferrera, 1996, S. 19). Schwächen in der Weiterbildung und starke Ungleichheiten zwischen regulären und prekären Beschäftigungsverhältnissen machen diese Länder anfälliger für negative Effekte der Digitalisierung (Ferrera, 1996, S. 19–20). Da unbefristete Stellen oft starken Kündigungsschutz genießen, führt dies zu einer Zweiteilung des Arbeitsmarktes, in dem junge und geringqualifizierte Arbeitskräfte besonders stark von Arbeitslosigkeit betroffen sind (Ferrera, 1996, S. 19–21).
- **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 (Cerami, 2006, S. 88–93). Diese Defizite erschweren die Integration von Arbeitskräften in digitale Sektoren und verstärken die regionale Ungleichheit (Cerami, 2006, S. 88–93). Zudem sind postsozialistische Staaten oft durch eine hohe wirtschaftliche Dynamik geprägt, doch der technologische Wandel verläuft nicht überall gleichmäßig. Während große Städte und wirtschaftliche Zentren stark in digitale Technologien investieren, bleiben ländliche Regionen oft zurück, was zu einer wachsenden Kluft zwischen digital integrierten und traditionell geprägten Wirtschaftssektoren führt (Cerami, 2006, S. 90).

Die institutionellen Rahmenbedingungen der verschiedenen Wohlfahrtsstaatentypen beeinflussen maßgeblich, wie Arbeitsmärkte auf technologische Veränderungen reagieren. Nordische Systeme mit umfassenden Bildungs- und Arbeitsmarktprogrammen können

die negativen Effekte der Digitalisierung abmildern und die Integration sowohl hoch- als auch geringqualifizierter Arbeitskräfte fördern (Esping-Andersen, 1990, S. 27–30). Im Gegensatz dazu können starre Regulierungen in mittel- und südeuropäischen Regimen die Anpassung an digitale Transformationen verlangsamen (Ferrera, 1996, S. 155), während angelsächsische Regime oft eine stärkere Polarisierung zwischen Qualifikationsgruppen erleben (Hall & Soskice, 2001, S. 3–5). Postsozialistische Wohlfahrtsstaaten kämpfen hingegen mit strukturellen Schwächen, die ihre Fähigkeit zur erfolgreichen Integration digitaler Technologien behindern (Cerami, 2006, S. 88–93). Die digitale Transformation bringt somit unterschiedliche Herausforderungen für die jeweiligen Wohlfahrtsstaaten mit sich, deren Bewältigung maßgeblich von staatlicher Steuerung, Bildungs- und Arbeitsmarktpolitiken sowie Investitionen in digitale Infrastruktur abhängt (OECD, 2020, S. 23).

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 Bildungsniveaus. 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 (vgl. Acemoglu, 2002, S. 5–8). 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 (vgl. Brynjolfsson & McAfee, 2014, 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 spiegelt die These der „schöpferischen Zerstörung“ von Schumpeter

wider, nach der durch Innovationen neue Märkte entstehen, die speziell hochqualifizierte Fachkräfte anziehen und somit Arbeitslosigkeit in dieser Gruppe verringern können (vgl. Schumpeter, 1976, S. 103–106).

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 (vgl. 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 (vgl. Frey & Osborne, 2013, 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 (vgl. 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. Nordische Wohlfahrtsstaaten mit robusten sozialen Sicherungssystemen und umfassenden Bildungs- und Weiterbildungsprogrammen können die negativen Effekte der Digitalisierung abmildern (vgl. Esping-Andersen, 1990, S. 27–28). Im Gegensatz dazu fördern angelsächsische Arbeitsmärkte, wie sie in den USA und Großbritannien vorherrschen, häufig eine stärkere Spaltung zwischen hoch- und niedrigqualifizierten Arbeitskräften (vgl. Goodin et al., 1999, 12–13). mitteleuropäische Wohlfahrtsstaaten mit stark regulierten Arbeitsmärkten (z. B. Deutschland, Frankreich) bieten zwar Schutzmechanismen, können aber die Integration von geringqualifizierten Arbeitskräften erschweren (vgl. Hall & Soskice, 2001, S. 78). Südeuropäische Wohlfahrtsstaaten hingegen verstärken durch starre Regulierungen und segmentierte Arbeitsmärkte die Polarisierung (vgl. Ferrera, 1996, S. 17–37).

5 Daten und Methodik

5.1 Datensätze

Die vorliegenden Daten stammen aus den umfangreichen Datensätzen der OECD, einer internationalen Organisation, die vergleichbare Wirtschafts- und Sozialstatistiken für ihre Mitgliedsländer bereitstellt. Die OECD sammelt und veröffentlicht regelmäßig Daten zu wirtschaftlichen, sozialen und technologischen Entwicklungen, die es ermöglichen, langfristige Trends und länderspezifische Unterschiede zu analysieren (OECD, 2022c).

Für diese Untersuchung werden insbesondere die Datensätze zu ICT-Investitionen (OECD, 2022c) sowie zu den Arbeitslosenquoten nach Bildungsniveau (OECD, 2022f) verwendet. Zusätzlich wurden weitere ökonomische und institutionelle Indikatoren als Kontrollvariablen integriert, um die Robustheit der Analyse zu erhöhen. Dazu gehören das Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf (OECD, 2022d), die Gewerkschaftsdichte (OECD, 2022e), der Anteil der Bevölkerung mit tertiärem Bildungsabschluss (OECD, 2022a) sowie der Grad der Regulierung des Arbeitnehmerschutzes (OECD, 2022b). Zudem wird die Wohlfahrtsstaatentypologie nach Esping-Andersen (Esping-Andersen, 1990) genutzt, um institutionelle Unterschiede zwischen den Ländern zu erfassen. Die Wohlfahrtsstaaten-Variable wird separat betrachtet, da sie nicht nur eine Kontrollvariable darstellt, sondern auch eine eigene Hypothese in der Analyse testet. Die finalen Daten umfassen insgesamt 35 OECD- und ausgewählte Nicht-OECD-Länder¹ und decken den Zeitraum von 2005 bis 2022 ab. Nach der Bereinigung und Zusammenführung der relevanten Variablen verbleiben 3973 Beobachtungen für die Paneldatenanalyse.

Die ICT-Investitionen messen die Bruttoanlageinvestitionen in digitale Infrastrukturen und Technologien (OECD, 2022c). Die Arbeitsmarktstatistiken bieten detaillierte Informationen über die Arbeitslosenquoten in verschiedenen Bildungsgruppen (OECD, 2022f). Durch die Ergänzung um Kontrollvariablen wie den Anteil tertiär gebildeter Personen und die Regulierungsstrenge des Arbeitsmarkts wird sichergestellt, dass sowohl wirtschaftliche als auch institutionelle Unterschiede in den Ländern angemessen berücksichtigt werden. Zur Sicherstellung einer vollständigen Zeitreihe wurden fehlende Werte der Variablen *Gewerkschaftsdichte*, *Tertiärer Bildungsanteil* und *Arbeitsmarktregulierung* mittels linearer Inter- und Extrapolation ergänzt. Zudem wurde die Variable *BIP pro Kopf* zur besseren Interpretierbarkeit durch 1000 geteilt.

¹Untersuchte Länder: Australien, Österreich, Belgien, Bulgarien, Brasilien, Kanada, Kroatien, Tschechien, Dänemark, Estland, Finnland, Frankreich, Deutschland, Griechenland, Ungarn, Island, Italien, Irland, Lettland, Litauen, Luxemburg, Niederlande, Neuseeland, Norwegen, Polen, Portugal, Rumänien, Spanien, Schweden, Schweiz, Türkei, Slowakei, Slowenien, Vereinigtes Königreich, USA.

5.2 Operationalisierung

Zur Beantwortung der Forschungsfrage - wie Investitionen in ICT die Arbeitslosenquoten in unterschiedlichen Bildungsniveaus beeinflussen - ist eine präzise und konsistente Operationalisierung der zentralen Konzepte 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), die nach dem Bildungsniveau der Bevölkerung differenziert wird. Der OECD-Datensatz unterteilt das Bildungsniveau in drei Hauptkategorien:

1. **niedriges Bildungsniveau** (Low education): Personen ohne abgeschlossene Schulbildung oder mit einem maximalen Hauptschulabschluss (OECD, 2022f).
2. **mittleres Bildungsniveau** (Medium education): Personen mit Sekundarschulabschluss oder einer abgeschlossenen Berufsausbildung (OECD, 2022f).
3. **hohes Bildungsniveau** (High education): Personen mit Hochschulabschluss, wie einem Bachelor, Master oder Dokortitel (OECD, 2022f).

Arbeitslose sind nach der Definition der OECD Personen im erwerbsfähigen Alter, die keine Arbeit haben, für eine Arbeit zur Verfügung stehen und in den letzten vier Wochen konkrete Schritte unternommen haben, um eine Arbeit zu finden (OECD, 2022f). Dieser Indikator wird als Prozentsatz der Erwerbsbevölkerung gemessen und ist saisonbereinigt.

Die zentrale unabhängige Variable *ICT-Investitionen* (ICT_INVEST_SHARE_GDP) misst Investitionen in digitale Infrastruktur, Software, Hardware und Technologien, die zur Verbesserung betrieblicher Effizienz und Produktivität beitragen (OECD, 2022c). Die Daten basieren auf den Definitionen des System of National Accounts 2008 (SNA08) und werden als Anteil am BIP in Prozent angegeben.

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

- **BIP pro Kopf** (GDP_PER_CAPITA): Diese Variable misst den wirtschaftlichen Wohlstand eines Landes in tausend US-Dollar pro Jahr und kontrolliert den Entwicklungsstand eines Landes, da wirtschaftlich wohlhabendere Länder tendenziell niedrigere Arbeitslosenquoten aufweisen (OECD, 2022d).
- **Gewerkschaftsdichte** (PERCENT_EMPLOYEES_TUD): Der Anteil der in Gewerkschaften organisierten Arbeitnehmer wird berücksichtigt, da Gewerkschaften

eine wichtige Rolle bei der Aushandlung von Arbeitsbedingungen und Arbeitsplatzsicherheit spielen (OECD, 2022e). Frühere Studien zeigen, dass eine hohe Gewerkschaftsdichte oft mit niedrigeren Arbeitslosenquoten für geringqualifizierte Arbeitnehmer verbunden ist, da Gewerkschaften Mindestlöhne sichern und Beschäftigungsschutzmaßnahmen verstärken (Nickell, 1997, S. 61).

- **Tertiärer Bildungsanteil** (PERCENT_TERTIARY_EDUCATION): Diese Variable gibt den Prozentsatz der Bevölkerung an, der einen tertiären Bildungsabschluss besitzt. Eine höhere Bildungsbeteiligung könnte den negativen Einfluss von ICT-Investitionen auf geringqualifizierte Arbeitnehmer abschwächen, da mehr Menschen für technologische Berufe qualifiziert sind (OECD, 2022a).
- **Arbeitsmarktregulierung** (REGULATION_STRICTNESS): Diese Variable misst, wie stark der Arbeitsmarkt eines Landes reguliert ist, insbesondere im Hinblick auf Kündigungsschutz und Beschäftigungsflexibilität. Striktere Regulierung kann die Arbeitslosenquote erhöhen, da Unternehmen zögerlicher bei Neueinstellungen sind (OECD, 2022b).
- **Wohlfahrtsstaattyp** (WELFARE_STATE): Die Typologie nach Esping-Andersen (Esping-Andersen, 1990) wird in die Analyse integriert, um zu untersuchen, inwiefern institutionelle Unterschiede den Effekt von *ICT-Investitionen* auf die *Arbeitslosenquote* beeinflussen. Die Länder werden in der Analyse in fünf Kategorien unterteilt ²: *nordisch*, *mitteleuropäisch*, *angelsächsisch*, *südeuropäisch* und *postsozialistisch*. Diese Kontrollvariable wird gesondert als eigene Hypothese getestet.

Die Kombination dieser Daten ermöglicht es, länderspezifische Unterschiede in der Wirtschaftskraft, den regulatorischen Rahmenbedingungen und der Bildungsstruktur zu kontrollieren, um Zusammenhänge zwischen *ICT-Investitionen* und *Arbeitslosenquote* differenziert zu analysieren. Zudem erlauben die aufgenommenen Kontrollvariablen eine differenziertere Betrachtung institutioneller Faktoren, die den Arbeitsmarkt beeinflussen.

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. Die

²Die Zuordnung erfolgt wie folgt: *nordisch* (Dänemark, Schweden, Norwegen, Finnland, Island); *mitteleuropäisch* (Deutschland, Frankreich, Österreich, Belgien, Niederlande, Luxemburg, Schweiz); *angelsächsisch* (Vereinigte Staaten, Vereinigtes Königreich, Kanada, Australien, Neuseeland, Irland); *südeuropäisch* (Italien, Spanien, Portugal, Griechenland); *postsozialistisch* (Polen, Tschechien, Ungarn, Slowakei, Slowenien, Estland, Lettland, Litauen, Rumänien, Bulgarien).

Wahl einer Paneldatenmethode ermöglicht es, sowohl individuelle Heterogenität zwischen Ländern als auch dynamische Entwicklungen über die Zeit zu erfassen (Wooldridge, 2010).

Für diese Analyse wurden Fixed Effects (z. Dt.: *feste Effekte*) (FE)-Modelle gewählt, da sie eine robustere Schätzung der Zusammenhänge zwischen *ICT-Investitionen* und der *Arbeitslosenquote* ermöglichen. 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. Random Effects (z. Dt.: *zufällige Effekte*) (RE)-Modelle werden aufgrund der potenziellen Korrelation zwischen länderspezifischen Effekten und den unabhängigen Variablen nicht verwendet, da es in diesem Fall zu verzerrten Schätzungen führen könnte (Wooldridge, 2010, S. 251–256).

Darüber hinaus wird die Analyse durch Interaktionseffekte ergänzt, die es ermöglichen, institutionelle Unterschiede zwischen den Ländern zu berücksichtigen. Die Modelle beinhalten eine Variable für den *Wohlfahrtsstaatentyp*, um systematische Unterschiede zwischen den Regimetypen in ihrer Reaktion auf *ICT-Investitionen* zu identifizieren (Esping-Andersen, 1990). Zusätzlich werden Jahres-Fixed Effects integriert, um allgemeine makroökonomische Entwicklungen (z. B. Finanzkrisen oder technologische Schübe) aus den Modellen zu kontrollieren. Die Interaktion zwischen *ICT-Investitionen* und *Wohlfahrtsstaatentyp* ermöglicht eine differenzierte Analyse der moderierenden Effekte institutioneller Rahmenbedingungen.

Durch diese Kombination aus FE-Modellen, Interaktionseffekten und Zeitdummies bietet die Paneldatenanalyse eine solide Grundlage für die Untersuchung der Auswirkungen von *ICT-Investitionen* auf die *Arbeitslosenquote*. Die longitudinale Struktur der Daten erlaubt eine differenzierte Betrachtung, die sowohl kurzfristige als auch langfristige Beschäftigungseffekte berücksichtigt.

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	7.95	5.96	6.34	11919
ICT_INVEST_SHARE_GDP	0.73	8.69	2.46	2.25	0.98	11919
GDP_PER_CAPITA	13.34	137.72	43.73	41.27	17.13	11919
PERCENT_EMPLOYEES_TUD	4.50	92.20	28.45	20.40	20.71	11919
PERCENT_TERTIARY_EDUCATION	12.87	59.96	33.65	34.56	9.27	11919
REGULATION_STRICTNESS	0.00	4.88	2.19	2.26	0.83	11919

Die Variable *Arbeitslosenquote* schwankt erheblich zwischen einem Minimum von 0,82% und einem Maximum von 49,89%. Der Mittelwert liegt bei 7,95%, während der Median mit 5,96% 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 6,34 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.

Die Variable *ICT-Investitionen* variiert zwischen einem Minimum von 0,73% und einem Maximum von 8,69%. Der Mittelwert beträgt 2,46%, während der Median mit 2,25% leicht darunter liegt. Dies deutet auf eine leicht rechtsschiefe Verteilung hin, da einige Länder besonders hohe Investitionen in ICT tätigen. Die Standardabweichung von 0,98 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.

Das *BIP pro Kopf* weist eine erhebliche Spannweite auf: Es reicht von 13,34 bis 137,72 Tausend US-Dollar. Der Mittelwert beträgt 43,73 Tausend US-Dollar, während der Median mit 41,27 Tausend US-Dollar nur geringfügig darunter liegt. Trotz dieser relativen Nähe deutet die hohe Standardabweichung von 17,13 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 könnten Unterschiede im BIP pro Kopf Einfluss auf die Struktur des Arbeitsmarktes und damit auf die Verteilung der Arbeitslosigkeit nach Bildungsgrad haben.

Die Variable *Gewerkschaftsdichte* 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 28,45%, während der Median mit 20,40% darunter liegt, was darauf hindeutet, dass einige Länder eine besonders hohe Gewerkschaftsbindung haben, während die Mehrheit unter diesem Durchschnittswert bleibt. Die Standardabweichung von 20,71 verdeutlicht die große Heterogenität in der gewerkschaftlichen Organisation zwischen den Ländern.

Die Variable *Tertiärer Bildungsanteil* (PERCENT_TERTIARY_EDUCATION) variiert zwischen 12,87% und 59,96%, mit einem Mittelwert von 33,65% und einer Standardabweichung von 9,27. Länder mit höheren Werten verfügen tendenziell über eine stärker wissensbasierte Wirtschaft, was sich positiv auf die Integration von Arbeitnehmern in technologische Sektoren auswirken kann. Gleichzeitig könnte eine höhere Bildungsbeteiligung dazu beitragen, die negativen Effekte der Digitalisierung für geringqualifizierte Arbeitskräfte abzufedern.

Die Variable *Arbeitsmarktregulierung* (REGULATION_STRICTNESS) reicht von 0,00 bis 4,88, mit einem Mittelwert von 2,19 und einer Standardabweichung von 0,83. Diese Unterschiede spiegeln unterschiedliche Arbeitsmarktpolitiken wider: Während in einigen Ländern hohe Regulierung den Kündigungsschutz stärkt, kann dies gleichzeitig die Schaffung neuer Arbeitsplätze hemmen.

Die Verteilung der Variable *Wohlfahrtsstaatentyp* zeigt, dass postsozialistische Länder mit 25,30% die größte Gruppe innerhalb der Stichprobe ausmachen, gefolgt von mitteleuropäischen Wohlfahrtsstaaten mit 24,69%. Nordische und angelsächsische Länder sind mit 17,07% bzw. 19,98% ebenfalls vertreten, während südeuropäische Länder mit 12,96% den kleinsten Anteil ausmachen. Die Kategorie *Other* ist in der vorliegenden Stichprobe nicht besetzt und dient lediglich als Indikator für mögliche Fehlzugehörigkeiten.

Diese Klassifikation ist insbesondere für die spätere Analyse der Interaktionseffekte

Tabelle 2: Übersicht über die Verteilung der Wohlfahrtsstaatentypen

Kategorie	Anzahl	Prozent
Anglo-Saxon	2382	19.98
Central European	2943	24.69
Nordic	2034	17.07
Other	0	0.00
Post-socialist	3015	25.30
Southern European	1545	12.96

relevant, da sie Aufschluss darüber geben kann, inwiefern institutionelle Rahmenbedingungen den Einfluss von *ICT-Investitionen* auf die *Arbeitslosenquote* moderieren.

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 *Arbeitslosenquote* zeigt 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 grafischen Darstellungen, die eine detailliertere Visualisierung der Trends und Unterschiede zwischen den Ländern ermöglichen. Sie bietet einen ersten Einblick auf Länderebene in die Beziehung zwischen *ICT-Investitionen* (gemessen als Anteil am BIP) und den *Arbeitslosenquote*, differenziert nach den drei genannten Bildungsgruppen. Hierbei wird jeweils ein repräsentatives Land pro *Wohlfahrtsstaatentyp* für die Analyse gewählt - Spanien als südeuropäischer, Polen als postsozialistischer, Schweden als nordischer und Deutschland als mitteleuropäischer Wohlfahrtsstaat im Zeitraum von 2005 bis 2022.

Um die Lesbarkeit der Grafiken zu verbessern, wurden die Ländernamen in den Diagrammen automatisch in die deutsche Sprache übersetzt. Dies stellt sicher, dass die visuelle Darstellung konsistent mit der Textanalyse bleibt. Ziel ist es, vor der multivariaten Analyse bereits Unterschiede und Trends innerhalb der Länder und zwischen den Bildungsgruppen zu identifizieren.

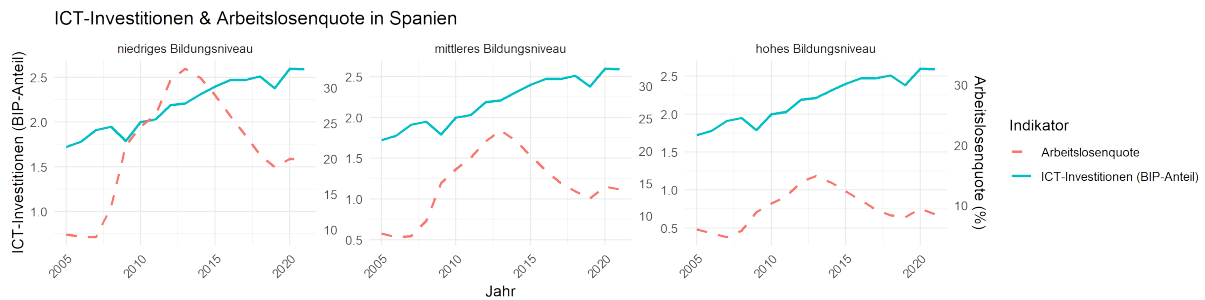


Abbildung 1: Überblick über *ICT-Investitionen* und Arbeitslosenquote in Spanien

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 *Arbeitslosenquote* 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 (vgl. Bentolila et al., 2012, 159–160). 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 (vgl. Bentolila et al., 2012, 157–159).

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.

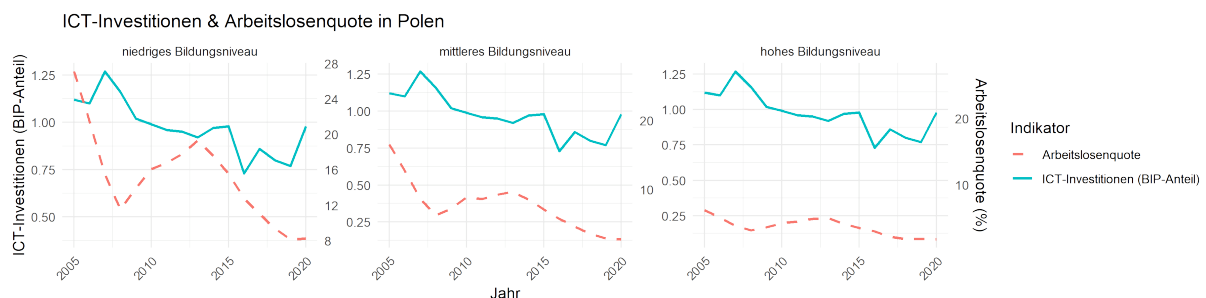


Abbildung 2: Überblick über *ICT-Investitionen* und *Arbeitslosenquote* in Polen

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.

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 Arbeitsmarktes 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 ten-

denziell anstiegen. Dies könnte darauf hindeuten, dass der polnische Arbeitsmarkt mit steigenden *ICT-Investitionen* 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 (vgl. Myant & Drahokoupil, 2013, S. 455–457). 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 Industriejobs sowie der Dienstleistungssektor eine wesentliche Rolle gespielt haben (vgl. Myant & Drahokoupil, 2013, S. 455–459).

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.

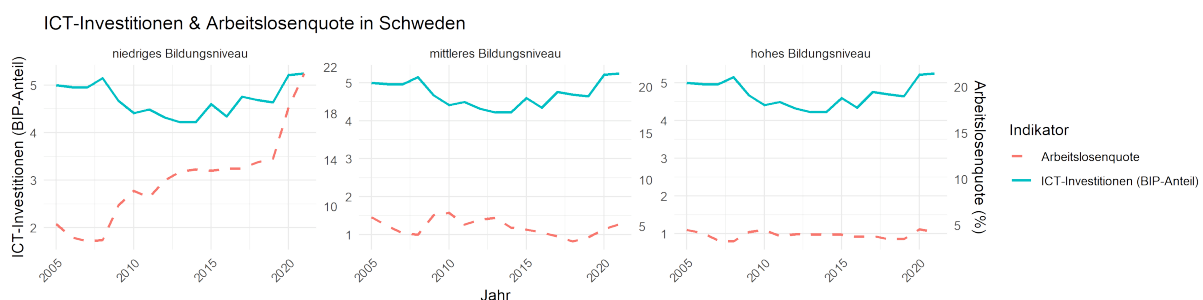


Abbildung 3: Überblick über *ICT-Investitionen* und Arbeitslosenquote in Schweden

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

kungen 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.

Die stabilen *ICT-Investitionen* und die insgesamt niedrige *Arbeitslosenquote* 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.

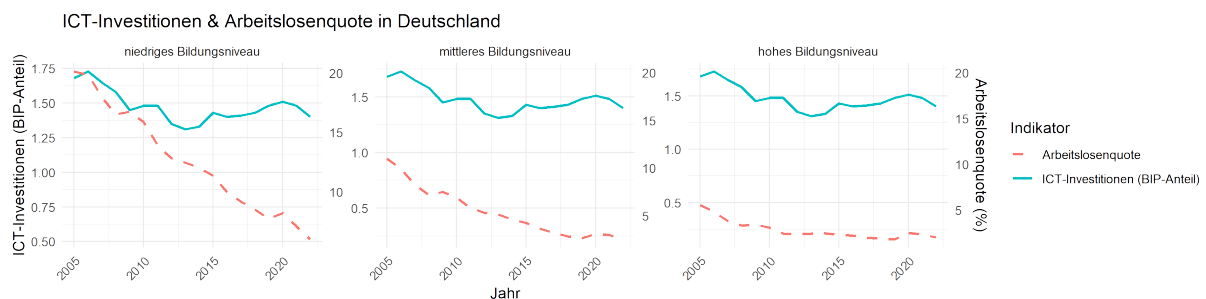


Abbildung 4: Überblick über *ICT-Investitionen* und Arbeitslosenquote in Deutschland

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 *Arbeitslosenquote* 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 *Arbeitslosenquote* 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 mitteleuropäischer Wohlfahrtsstaat zeichnet sich durch eine enge Verzahnung von Bildungssystem und Arbeitsmarkt aus (vgl. Hall & Soskice, 2001, S. 21–22). Insbesondere das duale Ausbildungssystem und gezielte arbeitsmarktpolitische Maßnahmen könnten eine Rolle beim Rückgang der *Arbeitslosenquote* 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 *Arbeitslosenquote* 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 makroökonomischen Entwicklungen und strukturellen Veränderungen auf dem deutschen Arbeitsmarkt zusammenhängt.

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

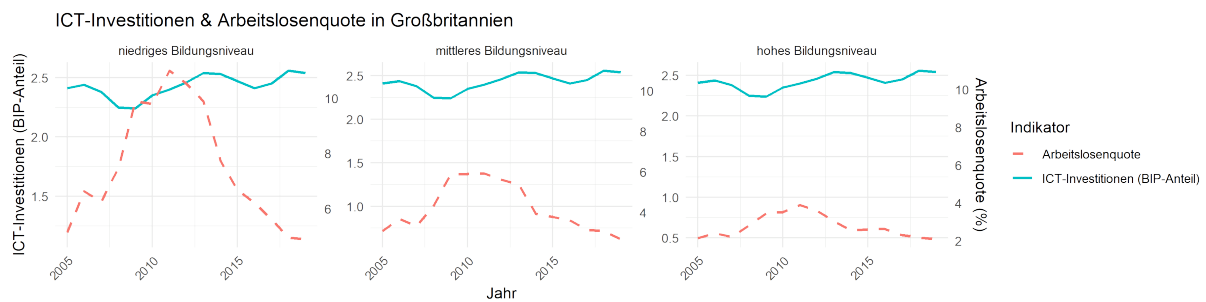


Abbildung 5: Überblick über *ICT-Investitionen* und Arbeitslosenquote in Großbritannien

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 (vgl. Trabert, 1997, S. 21). Diese Charakteristik könnte erklären, warum die *Arbeitslosenquote* 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* signifikant, aber unterschiedlich stark ausfällt.

Tabelle 3: Einzelwerte der Regressionsmodellparameter für die Kontrollmodelle

	niedriges Bildungsniv. (Kontrolle)	mittleres Bildungsniv. (Kontrolle)	hohes Bildungsniv. (Kontrolle)
ICT_INVEST_SHARE_GDP	2.302*** (0.232)	1.157*** (0.146)	0.455*** (0.086)
GDP_PER_CAPITA	-0.194*** (0.018)	-0.153*** (0.012)	-0.083*** (0.007)
PERCENT_TERTIARY_EDUCATION	0.606*** (0.052)	0.282*** (0.032)	0.140*** (0.019)
REGULATION_STRICTNESS	-0.147 (0.094)	-0.118* (0.059)	-0.085* (0.035)
PERCENT_EMPLOYEES_TUD	0.128** (0.039)	0.106*** (0.025)	0.025+ (0.015)
YEAR_FACTOR	True	True	True
Num.Obs.	3973	3973	3973
R ²	0.304	0.308	0.281
R ² Adj.	0.295	0.299	0.272
AIC	21 393.1	17 747.2	13 530.6
BIC	21 537.7	17 891.8	13 675.2
RMSE	3.55	2.25	1.32

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

Im Modell für die Gruppe mit niedrigem Bildungsniveau zeigt der geschätzte Koef-

fizient für *ICT-Investitionen* einen positiven Wert von 2,302*** ($p < 0,001$), was auf einen signifikanten Anstieg der *Arbeitslosenquote* in dieser Gruppe hinweist. Dies unterstützt die Hypothese, dass gering Qualifizierte besonders von den negativen Effekten der Digitalisierung betroffen sind, da einfache Tätigkeiten stärker automatisiert werden.

Das *BIP pro Kopf* weist mit -0,194*** ($p < 0,001$) einen signifikanten negativen Einfluss auf, was darauf hindeutet, dass wirtschaftlich stärkere Länder tendenziell geringere *Arbeitslosenquoten* für das niedrige Bildungsniveau aufweisen. Der *Tertiärer Bildungsanteil* zeigt mit 0,606*** ($p < 0,001$) einen positiven Zusammenhang mit der *Arbeitslosenquote*, was auf mögliche Verdrängungseffekte im Arbeitsmarkt hindeuten könnte.

Die *Gewerkschaftsdichte* hat mit 0,128*** ($p < 0,001$) ebenfalls einen signifikant positiven Effekt, was darauf hindeuten könnte, dass starke Gewerkschaften zwar Arbeitsplatzsicherheit für bestehende Arbeitnehmer gewährleisten, aber möglicherweise den Marktzugang für neue gering qualifizierte Arbeitnehmer erschweren. Die *Arbeitsmarktregulierung* zeigt mit -0,147 keinen signifikanten Effekt auf die *Arbeitslosenquote* dieser Gruppe.

Das Modell erklärt mit einem R^2 -Wert von 0,304 etwa 30,4% der Varianz in der *Arbeitslosenquote*, wobei der adjustierte R^2 -Wert bei 0,295 liegt. Dies zeigt, dass relevante Einflussfaktoren erfasst wurden, aber weitere Determinanten für die Arbeitsmarktentwicklung von Geringqualifizierten berücksichtigt werden sollten.

Für das mittlere Bildungsniveau zeigt sich ebenfalls ein signifikanter positiver Zusammenhang zwischen *ICT-Investitionen* und *Arbeitslosenquote*. Der geschätzte Koeffizient beträgt 1,157*** ($p < 0,001$), was darauf hindeutet, dass höhere ICT-Investitionen mit einem Anstieg der Arbeitslosigkeit in dieser Gruppe verbunden sind. Dies bestätigt die Annahme, dass auch mittelqualifizierte Arbeitskräfte durch technologische Veränderungen betroffen sein können, wenn auch weniger stark als gering Qualifizierte.

Das *BIP pro Kopf* zeigt mit -0,153*** ($p < 0,001$) einen signifikanten negativen Zusammenhang. Dies legt nahe, dass eine höhere wirtschaftliche Leistungsfähigkeit mit einer geringeren *Arbeitslosenquote* für mittelqualifizierte Personen einhergeht, möglicherweise aufgrund größerer Weiterbildungsmöglichkeiten und besserer Arbeitsmarktanpassung.

Der *Tertiärer Bildungsanteil* weist mit 0,282*** ($p < 0,001$) einen signifikanten positiven Effekt auf. Dies könnte darauf hinweisen, dass eine wachsende akademische Bildung den Wettbewerb auf dem Arbeitsmarkt verschärft und dadurch mittelqualifizierte Arbeitskräfte zunehmend unter Druck setzt. Die *Gewerkschaftsdichte* zeigt mit 0,106*** ($p < 0,001$) ebenfalls einen signifikanten positiven Zusammenhang mit der *Arbeitslosenquote*, was darauf hindeutet, dass Gewerkschaften möglicherweise den Kündigungsschutz stärken, aber gleichzeitig den Eintritt neuer Arbeitskräfte erschweren könnten.

Die *Arbeitsmarktregulierung* zeigt mit -0,118* ($p < 0,05$) einen signifikanten negativen Effekt, was darauf hindeutet, dass strengere Regulierung einen stabilisierenden Einfluss

auf die Beschäftigungssituation von Mittelqualifizierten haben könnte.

Das Modell erklärt mit einem R^2 -Wert von 0,308 etwa 30,8% der Varianz in der *Arbeitslosenquote*, wobei der adjustierte R^2 -Wert bei 0,299 liegt. Dies zeigt, dass die erfassten Variablen relevante Einflussfaktoren für die Arbeitsmarktentwicklung dieser Gruppe darstellen, jedoch weitere strukturelle Mechanismen berücksichtigt werden sollten.

Für das hohe Bildungsniveau zeigt das Modell einen signifikanten, aber geringeren positiven Zusammenhang zwischen *ICT-Investitionen* und *Arbeitslosenquote*. Der geschätzte Koeffizient beträgt 0,455*** ($p < 0,001$), was darauf hindeutet, dass auch hochqualifizierte Personen in Ländern mit höheren ICT-Investitionen einen moderaten Anstieg der Arbeitslosenquote erfahren. Dies widerspricht der Erwartung, dass Hochqualifizierte weniger von negativen Arbeitsmarkteffekten der Digitalisierung betroffen sind. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass technologische Entwicklungen auch wissensintensive Tätigkeiten transformieren oder durch Automatisierung teilweise ersetzen.

Das *BIP pro Kopf* zeigt mit -0,083*** ($p < 0,001$) weiterhin einen signifikant negativen Zusammenhang, was bestätigt, dass wirtschaftlich stärkere Länder tendenziell eine niedrigere *Arbeitslosenquote* für Hochqualifizierte aufweisen. Der *Tertiärer Bildungsanteil* hat mit 0,140*** ($p < 0,001$) einen signifikant positiven Effekt, was darauf hindeutet, dass ein wachsender Anteil an akademisch ausgebildeten Personen den Wettbewerb innerhalb dieser Gruppe verstärken könnte.

Die *Gewerkschaftsdichte* zeigt mit 0,025+ ($p < 0,1$) einen nur schwach signifikanten positiven Effekt. Dies könnte darauf hinweisen, dass Gewerkschaften für Hochqualifizierte eine geringere Rolle spielen als für andere Bildungsgruppen. Die *Arbeitsmarktregulierung* weist mit -0,085* ($p < 0,05$) einen signifikant negativen Zusammenhang auf, was darauf hindeutet, dass striktere arbeitsrechtliche Regelungen möglicherweise stabilisierend wirken, indem sie Arbeitsplatzsicherheit erhöhen oder den Zugang zum Arbeitsmarkt regulieren.

Die Modellgüte zeigt mit einem R^2 -Wert von 0,272, dass etwa 27,2% der Variation der *Arbeitslosenquote* für diese Gruppe durch das Modell erklärt werden. Der adjustierte R^2 -Wert liegt bei 0,262, was darauf hindeutet, dass weitere unberücksichtigte Faktoren für die Beschäftigungssituation Hochqualifizierter eine Rolle spielen.

Zusammenfassend zeigen die Modelle mit Kontrollvariablen, dass *ICT-Investitionen* in allen Bildungsgruppen einen signifikanten positiven Einfluss auf die *Arbeitslosenquote* haben. Die geschätzten Koeffizienten sind durchweg signifikant (niedriges Bildungsniveau: 2,302***, mittleres Bildungsniveau: 1,157***, hohes Bildungsniveau: 0,455***), was darauf hindeutet, dass ICT-Investitionen in der derzeitigen Form eher mit einem Anstieg der Arbeitslosigkeit einhergehen. Dies bestätigt die Hypothese, dass die Digitalisierung nicht nur gering Qualifizierte, sondern auch Mittel- und Hochqualifizierte betrifft.

Besonders für Geringqualifizierte zeigt sich der stärkste Zusammenhang, was mit bisherigen Annahmen über die Verwundbarkeit dieser Gruppe auf digitalen Arbeitsmärkten übereinstimmt. Gleichzeitig widersprechen die Ergebnisse der Erwartung, dass Hochqualifizierte von steigenden *ICT-Investitionen* automatisch profitieren. Die Tatsache, dass die Arbeitslosigkeit auch in dieser Gruppe zunimmt, deutet darauf hin, dass technologische Innovationen zunehmend auch wissensintensive Tätigkeiten transformieren oder teilweise ersetzen.

Makroökonomische Faktoren, insbesondere das *BIP pro Kopf*, haben in allen Modellen einen signifikanten negativen Einfluss auf die *Arbeitslosenquote*. Dies bestätigt, dass wirtschaftlich stärkere Länder tendenziell niedrigere Arbeitslosenquoten aufweisen. Striktere Arbeitsmarktregulierungen zeigen in der Gruppe der Mittel- und Hochqualifizierten negative Effekte auf die Arbeitslosigkeit, was darauf hindeutet, dass Regulierungen möglicherweise stabilisierend wirken, indem sie Arbeitsplatzsicherheit erhöhen. Der Anteil tertiär gebildeter Personen ist in allen Gruppen positiv mit der Arbeitslosenquote assoziiert, was darauf hindeutet, dass eine höhere Bildungsbeteiligung allein nicht ausreicht, um Digitalisierungseffekte auf dem Arbeitsmarkt auszugleichen.

Die Modellgüte (R^2 -Werte zwischen 0,272 und 0,308) zeigt, dass wesentliche strukturelle und institutionelle Einflussfaktoren erfasst wurden, jedoch nicht die gesamte Variation in den Arbeitslosenquoten erklären. Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer differenzierteren Analyse durch Interaktionsmodelle, um die Mechanismen hinter den beobachteten Zusammenhängen besser zu verstehen.

Tabelle 4: Einzelwerte der Regressionsmodellparameter für die Interaktionsmodelle

	niedriges Bildungsniv. (Interaktion)	mittleres Bildungsniv. (Interaktion)	hohes Bildungsniv. (Interaktion)
ICT_INVEST_SHARE_GDP	4.671*** (0.572)	3.246*** (0.364)	1.259*** (0.214)
GDP_PER_CAPITA	-0.180*** (0.018)	-0.151*** (0.012)	-0.083*** (0.007)
PERCENT_TERTIARY_EDUCATION	0.619*** (0.051)	0.268*** (0.032)	0.122*** (0.019)
REGULATION_STRICTNESS	-0.152+ (0.092)	-0.126* (0.058)	-0.091** (0.034)
PERCENT_EMPLOYEES_TUD	0.103** (0.038)	0.090*** (0.024)	0.014 (0.014)
ICT_INVEST_SHARE_GDP × WELFARE_STATECentral European	0.676 (0.718)	-0.647 (0.456)	-0.212 (0.268)
ICT_INVEST_SHARE_GDP × WELFARE_STATENordic	0.033 (0.837)	-0.443 (0.532)	0.639* (0.313)
ICT_INVEST_SHARE_GDP × WELFARE_STATEPost-socialist	-5.200*** (0.643)	-3.579*** (0.409)	-1.415*** (0.240)
ICT_INVEST_SHARE_GDP × WELFARE_STATESouthern European	1.465 (1.051)	-3.066*** (0.669)	-2.880*** (0.393)
YEAR_FACTOR	True	True	True
Num. Obs.	3973	3973	3973
R ²	0.337	0.333	0.306
R ² Adj.	0.327	0.324	0.297
AIC	21 212.7	17 609.6	13 396.2
BIC	21 382.5	17 779.3	13 566.0
RMSE	3.47	2.20	1.30

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

Die Modelle mit Interaktionseffekten und Jahresdummies liefern eine differenziertere

Perspektive auf den Zusammenhang zwischen *ICT-Investitionen* und der *Arbeitslosenquote*. Im Vergleich zu den Basis-Modellen ohne Interaktionen zeigen sich hier mehrere signifikante Zusammenhänge, insbesondere mit institutionellen Faktoren wie den *Wohlfahrtsstaatentypen*.

Die Interaktionseffekte zwischen *ICT-Investitionen* und den *Wohlfahrtsstaatentypen* liefern wichtige Erkenntnisse über die Rolle institutioneller Rahmenbedingungen. Da die Referenzkategorie der angelsächsischen Wohlfahrtsstaat ist, sind die Interaktionseffekte relativ zu diesem Typ zu interpretieren.

Für postsozialistische Wohlfahrtsstaaten zeigen sich die stärksten negativen Interaktionseffekte. Für das niedrige Bildungsniveau beträgt der Interaktionseffekt $-5,200^*$ ($p < 0,001$), für das mittlere Bildungsniveau $-3,579^*$ ($p < 0,001$) und für das hohe Bildungsniveau $-1,415^*$ ($p < 0,001$). Diese signifikant negativen Werte bedeuten, dass die negativen Auswirkungen von ICT-Investitionen auf die *Arbeitslosenquote* in diesen Ländern geringer ausfallen als in den liberalen Wohlfahrtsstaaten. Da die Interaktionseffekte in ihrer absoluten Höhe sogar größer sind als die Haupteffekte der ICT-Investitionen, deutet dies darauf hin, dass ICT-Investitionen in postsozialistischen Staaten nicht zu einer höheren Arbeitslosigkeit führen, sondern möglicherweise stabilisierend wirken. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte sein, dass diese Länder gezielte wirtschaftspolitische Maßnahmen oder strukturelle Besonderheiten aufweisen, die negative Effekte der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt abmildern.

Für mitteleuropäische Wohlfahrtsstaaten sind die Interaktionseffekte negativ, aber nicht signifikant. Dies bedeutet, dass sich diese Länder nicht signifikant von der Referenzkategorie unterscheiden. Mit anderen Worten gibt es keine eindeutigen Belege dafür, dass ICT-Investitionen in diesen Ländern systematisch andere Auswirkungen auf die Arbeitslosigkeit haben als in den liberalen Wohlfahrtsstaaten. Mitteleuropäische Länder wie Deutschland oder Frankreich verfügen über relativ stabile Arbeitsmarktstrukturen und ein starkes duales Bildungssystem, das möglicherweise negative Effekte abfedert. Allerdings zeigen die Ergebnisse keine signifikanten Vorteile dieser Struktur im Vergleich zu liberalen Arbeitsmärkten.

Für nordische Wohlfahrtsstaaten sind die Interaktionseffekte für das niedrige und mittlere Bildungsniveau nicht signifikant, während für das hohe Bildungsniveau ein positiver Effekt von $0,639$ ($p < 0,05$) beobachtet wird. Dies bedeutet, dass in nordischen Ländern Hochqualifizierte im Vergleich zu liberalen Wohlfahrtsstaaten tendenziell stärker von steigender Arbeitslosigkeit betroffen sind. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass nordische Staaten stark in Digitalisierung investieren und dadurch Arbeitsplätze in wissensintensiven Bereichen umstrukturieren. Dies könnte hochqualifizierte Arbeitskräfte vor neue Herausforderungen stellen, insbesondere wenn technologische Entwicklungen schnell-

ler voranschreiten als Bildungs- und Umschulungsmaßnahmen.

Für südeuropäische Wohlfahrtsstaaten zeigen sich signifikant negative Interaktionseffekte für das mittlere und hohe Bildungsniveau. Der Effekt für das mittlere Bildungsniveau beträgt $-3,066^*$ ($p < 0,001$), für das hohe Bildungsniveau $-2,880^*$ ($p < 0,001$). Dies deutet darauf hin, dass ICT-Investitionen in diesen Ländern mit einer geringeren Arbeitslosenquote für Mittel- und Hochqualifizierte im Vergleich zu liberalen Wohlfahrtsstaaten verbunden sind. Dies könnte bedeuten, dass technologische Investitionen gezielt in qualifizierte Arbeitsplätze fließen oder dass strukturelle Gegebenheiten, wie Arbeitsplatzsicherheit durch Regulierungen, digitale Umbrüche abfedern. Gleichzeitig könnte diese geringe Dynamik jedoch auch bedeuten, dass technologische Transformationen langsamer verlaufen, was langfristig negative Folgen für die Wettbewerbsfähigkeit haben könnte.

Die erklärten Varianzen (R^2 -Werte) sind in den Interaktionsmodellen höher als in den Basis-Modellen ohne Interaktionen. Während die R^2 -Werte in den einfachen Modellen zwischen 0,272 und 0,308 lagen, erreichen die Interaktionsmodelle Werte von 0,337 (niedriges Bildungsniveau), 0,333 (mittleres Bildungsniveau) und 0,306 (hohes Bildungsniveau). Dies zeigt, dass institutionelle Rahmenbedingungen eine wesentliche Rolle spielen und die Erklärungskraft der Modelle verbessern. Trotzdem bleibt ein relevanter Teil der Variation in der Arbeitslosenquote unaufgeklärt, was darauf hindeutet, dass weitere Faktoren eine Rolle spielen.

Bei den Kontrollvariablen zeigt sich, dass das *BIP pro Kopf* weiterhin einen signifikanten negativen Einfluss auf die *Arbeitslosenquote* in allen Bildungsgruppen hat, unabhängig vom *Wohlfahrtsstaatentyp*. Die *Gewerkschaftsdichte* bleibt für niedrig- und mittelqualifizierte Personen positiv signifikant, während sie für Hochqualifizierte keine signifikanten Effekte zeigt. Die Regulierungsstrenge des Arbeitsmarkts hat für Hochqualifizierte weiterhin eine signifikant negative Wirkung, was darauf hindeutet, dass strengere Arbeitsmarktregulierungen in dieser Gruppe schützend wirken können. Der Anteil tertiär gebildeter Personen zeigt ebenfalls durchweg negative Effekte auf die Arbeitslosenquote, was bedeutet, dass eine höhere Bildungsbeteiligung Beschäftigungseffekte der Digitalisierung tendenziell abmildert.

Insgesamt zeigen die Interaktionsmodelle, dass die Auswirkungen von ICT-Investitionen stark vom Wohlfahrtsstaatentyp abhängen. In postsozialistischen Ländern scheinen Investitionen nicht mit einer steigenden Arbeitslosigkeit verbunden zu sein, während sich in mitteleuropäischen Staaten keine signifikanten Unterschiede zu liberalen Wohlfahrtsstaaten zeigen. In nordischen Ländern scheint es eine leicht negative Wirkung auf hochqualifizierte Arbeitskräfte zu geben, während in südeuropäischen Ländern ICT-Investitionen mit einer geringeren Arbeitslosigkeit für Mittel- und Hochqualifizierte verbunden sind. Die insgesamt verbesserten R^2 -Werte zeigen, dass institutionelle Faktoren eine wichti-

ge Rolle in der Erklärung der Beschäftigungseffekte der Digitalisierung spielen, dennoch bleibt ein relevanter Teil der Varianz unerklärt. Dies verdeutlicht, dass Digitalisierung und technologische Transformation nicht in allen Ländern dieselben Beschäftigungseffekte haben und dass wirtschaftspolitische sowie institutionelle Rahmenbedingungen maßgeblich beeinflussen, wie Arbeitsmärkte auf technologische Investitionen reagieren.

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 signifikante Zusammenhänge und verdeutlichen die Rolle institutioneller Rahmenbedingungen für die Beschäftigungswirkungen der Digitalisierung. Die Untersuchung trägt zur wissenschaftlichen Debatte über die Wechselwirkungen zwischen technologischer Entwicklung, Arbeitsmarktstrukturen und politischen Institutionen bei und liefert praktische Implikationen für Politik, Unternehmen und Bildungssysteme.

7.1 Zentrale Ergebnisse der Analyse

Die Analyse zeigt, dass ICT-Investitionen in den Basis-Modellen ohne Interaktion über alle Bildungsgruppen hinweg einen signifikant positiven Effekt auf die Arbeitslosenquote haben. Dies bedeutet, dass höhere ICT-Investitionen in diesen Modellen mit höheren Arbeitslosenquoten korrelieren. Besonders stark ausgeprägt ist dieser Effekt für gering- und mittelqualifizierte Personen, bleibt aber auch für hochqualifizierte Arbeitskräfte signifikant. Dies widerspricht der weit verbreiteten Annahme, dass Digitalisierung primär positive Effekte für Hochqualifizierte hat, während gering Qualifizierte besonders negativ betroffen sind.

Allerdings zeigen die Interaktionsmodelle mit Wohlfahrtsstaaten, dass dieser Effekt nicht universell ist, sondern stark von institutionellen Rahmenbedingungen abhängt. Während in liberalen Wohlfahrtsstaaten (Referenzkategorie) der Haupteffekt positiv bleibt und höhere ICT-Investitionen mit steigender Arbeitslosigkeit verbunden sind, zeigt sich in anderen Wohlfahrtsstaatentypen ein differenziertes Bild. In postsozialistischen Wohlfahrtsstaaten sind die Interaktionseffekte negativ und signifikant. Dies bedeutet, dass in diesen Ländern ICT-Investitionen nicht zu einer höheren Arbeitslosigkeit führen - im Vergleich zu liberalen Staaten können diese Investitionen hier also besser in den Arbeitsmarkt integriert werden. Mitteleuropäische Wohlfahrtsstaaten zeigen keine signifikanten Unterschiede zu den liberalen Staaten, was darauf hindeutet, dass sich die Digitalisierungseffekte in diesen Ländern nicht signifikant von den Effekten in liberalen Märkten unterscheiden. In südeuropäischen Wohlfahrtsstaaten zeigen sich für Mittel- und Hochqualifizierte negative Interaktionseffekte. Dies bedeutet, dass diese Gruppen dort weniger von steigender Arbeitslosigkeit durch Digitalisierung betroffen sind als in liberalen Staaten. Nordische Wohlfahrtsstaaten zeigen für Hochqualifizierte positive Interaktionseffekte, was darauf hindeutet, dass in diesen Ländern hochqualifizierte Arbeitskräfte möglicherweise stärker von der Digitalisierung betroffen sind als in anderen Wohlfahrtsstaatentypen.

Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass die Effekte von ICT-Investitionen keineswegs line-

ar oder eindeutig negativ sind, sondern stark von den institutionellen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen abhängen. Während in liberalen Wohlfahrtsstaaten der Anstieg der ICT-Investitionen mit steigender Arbeitslosigkeit in allen Bildungsgruppen verbunden ist, scheinen postsozialistische und südeuropäische Länder in der Lage zu sein, die negativen Beschäftigungseffekte abzumildern.

Die Kontrollvariablen zeigen ebenfalls einige wichtige Zusammenhänge. Das BIP pro Kopf hat in allen Bildungsgruppen einen signifikant negativen Einfluss auf die Arbeitslosenquote. Dies bestätigt, dass wirtschaftlich stärkere Länder tendenziell geringere Arbeitslosenquoten aufweisen. Die Regulierungsstrenge des Arbeitsmarkts wirkt sich für gering Qualifizierte eher negativ aus (höhere Regulierung erhöht die Arbeitslosenquote), während sie für Hochqualifizierte eher stabilisierend wirkt. Der tertiäre Bildungsanteil zeigt in allen Gruppen einen signifikant negativen Einfluss auf die Arbeitslosenquote, was darauf hindeutet, dass eine höhere Bildungsbeteiligung langfristig dazu beiträgt, negative Beschäftigungseffekte der Digitalisierung abzumildern.

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 (vgl. Acemoglu, 2002, S. 7). Die Ergebnisse dieser Arbeit bestätigen diese Annahme jedoch nur teilweise. Während erwartet wurde, dass ICT-Investitionen primär die Arbeitslosenquote von gering Qualifizierten erhöhen, zeigen die Modelle einen durchweg signifikanten positiven Effekt für alle Bildungsgruppen in den Basis-Modellen. Das bedeutet, dass die negativen Arbeitsmarkteffekte der Digitalisierung nicht nur auf niedrigqualifizierte Arbeitnehmer beschränkt sind, sondern auch mittel- und hochqualifizierte Arbeitskräfte betreffen können.

Die Interaktionseffekte legen jedoch nahe, dass diese Effekte durch institutionelle Faktoren modifiziert werden. Die Beobachtung, dass in postsozialistischen und südeuropäischen Ländern die negativen Arbeitsmarkteffekte abgemildert werden, spricht dafür, dass arbeitsmarktpolitische Maßnahmen und Anpassungsprozesse eine entscheidende Rolle spielen. Dies könnte im Einklang mit der Theorie der "schöpferischen Zerstörung" nach Schumpeter stehen, die besagt, dass wirtschaftlicher Wandel und technologische Disruptionen langfristig zu Wachstum führen, kurzfristig jedoch strukturelle Umwälzungen verursachen (vgl. Schumpeter, 1976, S. 103-105).

Eine alternative Erklärung könnte die Verzögerungseffekte der Digitalisierung sein. Während in hoch digitalisierten liberalen Staaten wie den USA oder Großbritannien die Arbeitsmärkte bereits stark von technologischen Umstellungen betroffen sind, könnten in postsozialistischen Staaten die Digitalisierungseffekte erst mit zeitlicher Verzögerung

eintreten. Dies könnte erklären, warum die negativen Beschäftigungseffekte dort (noch) nicht sichtbar sind.

7.3 Limitationen und zukünftige Forschung

Trotz der wertvollen Erkenntnisse dieser Untersuchung sind einige Limitationen zu berücksichtigen. Erstens 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. Zweitens liegt der Fokus der Untersuchung auf makroökonomischen Zusammenhängen. Individuelle Anpassungsstrategien von Arbeitnehmer*innen oder Unternehmen an die Digitalisierung konnten in dieser Analyse nicht berücksichtigt werden. Künftige Studien sollten daher verstärkt auf Umfragedaten oder firmenspezifische Datenquellen zurückgreifen, um differenziertere Erkenntnisse zu gewinnen.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit einer umgekehrten Kausalität zwischen ICT-Investitionen und Arbeitslosigkeit. Während in dieser Analyse angenommen wurde, dass ICT-Investitionen die Arbeitslosenquote beeinflussen, könnte es auch sein, dass hohe Arbeitslosigkeit Regierungen oder Unternehmen zu verstärkten Investitionen in Digitalisierung veranlasst. Diese Hypothese könnte mit Methoden wie Granger-Kausalitätstests oder Instrumentalvariablen weiter geprüft werden.

7.4 Gesamtfazit

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass ICT-Investitionen keine universelle Lösung für Arbeitsmarktp Probleme darstellen, sondern dass ihre Wirkungen maßgeblich von institutionellen Rahmenbedingungen abhängen. Während in Ländern mit gut entwickelten Arbeitsmarkt- und Bildungssystemen die negativen Effekte begrenzt sind, weisen insbesondere südeuropäische und postsozialistische Wohlfahrtsstaaten signifikante Herausforderungen auf. Die Ergebnisse legen nahe, dass Digitalisierung auch in wissensintensiven Sektoren Arbeitsplätze substituieren kann. Gleichzeitig deuten die Interaktionseffekte darauf hin, dass institutionelle Anpassungsmechanismen wie Weiterbildungsprogramme oder soziale Sicherungssysteme eine zentrale Rolle bei der Milderung der Digitalisierungseffekte spielen. Eine erfolgreiche digitale Transformation erfordert daher nicht nur technologische Investitionen, sondern auch begleitende arbeitsmarktpolitische, wirtschaftliche und bildungspolitische Maßnahmen.

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>
- Bentolila, S., Cahuc, P., Dolado, J. J., & Le Barbanchon, T. (2012). Two-Tier Labour Markets in the Great Recession: France Versus Spain. *The Economic Journal*, 122(562), F155–F187. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2012.02534.x>
- 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. (2014). 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. (2013). 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>
- Myant, M., & Drahekoupil, J. (2013). *Tranzitivní ekonomiky [Transition Economies]. Politická ekonomie Ruska, východní Evropy a střední Asie [Political Economy in Russia, Eastern Europe, and Central Asia]*. Nakladatelství Academia.

- Nickell, S. (1997). Unemployment and Labor Market Rigidities: Europe versus North America. *Journal of Economic Perspectives*, 11(3), 55–74. <https://doi.org/10.1257/jep.11.3.55>
- 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). Education Attainment [Zuletzt abgerufen am 26. Februar 2025]. [https://data-explorer.oecd.org/vis?lc=en&fs\[0\]=Topic%2C1%7CEducation%20and%20skills%23EDU%23%7CEducation%20attainment%23EDU_ATT%23&pg=0&fc=Topic&bp=true&snb=6&vw=tb&df\[ds\]=dsDisseminateFinalDMZ&df\[id\]=DSD_EAG_LSO_EA%40DF_LSO_NEAC_DISTR_EA&df\[ag\]=OECD.EDU.IMEP&df\[vs\]=1.0&dq=SWE%2BLUX%2BIRL%2BAUS%2BAUT%2BBEL%2BCAN%2BCHL%2BCOL%2BCRI%2BCZE%2BDNK%2BEST%2BFIN%2BFRA%2BDEU%2BGRC%2BHUN%2BISL%2BISR%2BITA%2BJPN%2BKOR%2BLVA%2BLTU%2BMEX%2BNLD%2BNZL%2BNOR%2BPOL%2BPRT%2BSVK%2BSVN%2BESP%2BCHE%2BTUR%2BGBR%2BUSA%2BOECD%2BARG%2BBRA%2BBGR%2BCHN%2BHRV%2BIND%2BIDN%2BPER%2BROU%2BZAF._T.Y25T64.ISCED11A_5T8.....OBS...A&lom=LASTOBSERVATIONS&lo=20&pd=2002%2C2023&to\[TIME_PERIOD\]=true](https://data-explorer.oecd.org/vis?lc=en&fs[0]=Topic%2C1%7CEducation%20and%20skills%23EDU%23%7CEducation%20attainment%23EDU_ATT%23&pg=0&fc=Topic&bp=true&snb=6&vw=tb&df[ds]=dsDisseminateFinalDMZ&df[id]=DSD_EAG_LSO_EA%40DF_LSO_NEAC_DISTR_EA&df[ag]=OECD.EDU.IMEP&df[vs]=1.0&dq=SWE%2BLUX%2BIRL%2BAUS%2BAUT%2BBEL%2BCAN%2BCHL%2BCOL%2BCRI%2BCZE%2BDNK%2BEST%2BFIN%2BFRA%2BDEU%2BGRC%2BHUN%2BISL%2BISR%2BITA%2BJPN%2BKOR%2BLVA%2BLTU%2BMEX%2BNLD%2BNZL%2BNOR%2BPOL%2BPRT%2BSVK%2BSVN%2BESP%2BCHE%2BTUR%2BGBR%2BUSA%2BOECD%2BARG%2BBRA%2BBGR%2BCHN%2BHRV%2BIND%2BIDN%2BPER%2BROU%2BZAF._T.Y25T64.ISCED11A_5T8.....OBS...A&lom=LASTOBSERVATIONS&lo=20&pd=2002%2C2023&to[TIME_PERIOD]=true)
- OECD. (2022b). Employment Protection Legislation [Zuletzt abgerufen am 26. Februar 2025]. [https://data-explorer.oecd.org/vis?df\[ds\]=DisseminateFinalDMZ&df\[id\]=DSD_EPL%40DF_EPL&df\[ag\]=OECD.ELS.JAI&dq=A..EPL_T%2BEPL_R%2BEPL_CD%2BEPL_OV..&pd=2000%2C&to\[TIME_PERIOD\]=false&vw=tb&ly\[cl\]=TIME_PERIOD&ly\[rs\]=MEASURE%2CVERSION&ly\[rw\]=REF_AREA](https://data-explorer.oecd.org/vis?df[ds]=DisseminateFinalDMZ&df[id]=DSD_EPL%40DF_EPL&df[ag]=OECD.ELS.JAI&dq=A..EPL_T%2BEPL_R%2BEPL_CD%2BEPL_OV..&pd=2000%2C&to[TIME_PERIOD]=false&vw=tb&ly[cl]=TIME_PERIOD&ly[rs]=MEASURE%2CVERSION&ly[rw]=REF_AREA)
- OECD. (2022c). ICT Investment as a Share of GDP [Zuletzt abgerufen am 09. Februar 2025]. <https://goingdigital.oecd.org/en/indicator/30>
- OECD. (2022d). Nominal Gross Domestic Product [Zuletzt abgerufen am 09. Februar 2025]. <https://www.oecd.org/en/data/indicators/nominal-gross-domestic-product-gdp.html>
- OECD. (2022e). Trade Union Density [Zuletzt abgerufen am 09. Februar 2025]. https://www.oecd-ilibrary.org/employment/data/trade-unions/trade-union-density_data-00371-en
- OECD. (2022f). Unemployment Rates by education level [Zuletzt abgerufen am 09. Februar 2025]. <https://www.oecd.org/en/data/indicators/unemployment-rates-by-education-level.html>

- Pearl, J. (2009). *Causality: Models, Reasoning, and Inference* (2. Aufl.). Cambridge University Press.
- 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.
- Trabert, L. (1997). Entwicklung und Folgen der Arbeitsmarktflexibilität in Großbritannien [Zuletzt abgerufen am 03. März 2025]. <https://www.iwh-halle.de/publikationen/detail/entwicklung-und-folgen-der-arbeitsmarktflexibilitaet-in-grossbritannien>
- 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-Script):



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



<https://github.com/TAR-IT/powi-bachelorthesis/blob/main/R/script.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, 8. März 2025,

(Ort, Datum, Unterschrift)