

ICT-Investitionen und Arbeitslosigkeit in Wohlfahrtsstaaten

Eine Paneldatenanalyse nach Bildungsniveau in OECD-Ländern

Tobias Achim Rau

26. Februar 2025

Bachelorarbeit

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

Verfasser: Tobias Achim Rau

Matrikelnummer: 6619097

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

Betreuerin: Anna Gerlach

Abgabedatum: 25.03.2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Forschungsgegenstand	7
2.1	Digitalisierung und Industrie 4.0	7
2.2	ICT-Investitionen	8
2.3	Arbeitsmarkt und Bildungsgruppen	8
3	Forschungsstand	10
3.1	Auswirkungen der Digitalisierung auf Arbeitsmärkte	10
3.2	ICT-Investitionen als Treiber der Transformation	12
3.3	Unterschiede zwischen Wohlfahrtsstaaten	13
3.4	Forschungslücken	14
4	Theorie und Hypothesen	16
4.1	Schumpeters „kreative Zerstörung“	16
4.2	Skill-biased technological change	18
4.3	Wohlfahrtsstaaten	19
4.4	Hypothesen	21
5	Daten und Methodik	24
5.1	Datensätze	24
5.2	Operationalisierung	25
5.3	Analytische Methode	26
6	Ergebnisse	28
6.1	Deskriptive Ergebnisse	28
6.2	Multivariate Analysen	40
7	Diskussion und Fazit	46
7.1	Zentrale Ergebnisse der Analyse	46
7.2	Einordnung der Ergebnisse in den theoretischen Kontext	47
7.3	Limitationen und zukünftige Forschung	48
7.4	Gesamtfazit	48
A	Anhang	53
A.1	Projektdateien	53
A.2	Erklärung zur Prüfungsleistung	54

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	Fixed Effects (z. Dt.: <i>feste Effekte</i>)
FE	Random Effects (z. Dt.: <i>zufällige Effekte</i>)
AI	Künstliche Intelligenz (aus d. Engl.: <i>Artificial Intelligence</i>)
IoT	Internet der Dinge (aus d. Engl.: <i>Internet of Things</i>)

Glossar

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

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

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

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

1 Einleitung

Mit der zunehmenden Digitalisierung und Automatisierung der Arbeitswelt erleben viele Länder tiefgreifende strukturelle Veränderungen ihrer Arbeitsmärkte. Eine zentrale Rolle spielen dabei Informations- und Kommunikationstechnologien (aus d. Engl.: *Information and Communication Technologies*) (ICT), deren Einsatz weltweit zu erheblichen Effizienzsteigerungen und Innovationsprozessen führt (vgl. Brynjolfsson & McAfee, 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. Frey und Osborne (2013) schätzen, dass rund 47% der Arbeitsplätze in den USA potenziell automatisierbar sind, wobei vor allem Berufe mit niedriger Qualifikation betroffen sind (vgl. Frey & Osborne, 2013, S. 14–15). 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 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 Folgen der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt beitragen und empirisch untersuchen, in welchem Maße technologische

Investitionen mit der Arbeitslosenquote nach Bildungsniveau korrelieren.

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

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

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

2 Forschungsgegenstand

Der Forschungsgegenstand dieser Arbeit umfasst die Untersuchung der Auswirkungen von Investitionen in ICT auf den Arbeitsmarkt in OECD-Ländern. Im Zentrum steht dabei die Frage, wie sich diese Investitionen auf die Beschäftigungslage, insbesondere die Arbeitslosenquote, in verschiedenen Bildungsgruppen auswirken. Dabei werden sowohl die nationalen Investitionen in digitale Technologien als auch die Auswirkungen auf Arbeitsmärkte und Beschäftigungsstrukturen betrachtet.

2.1 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, Cyber-Physischen Systemen sowie dem Internet der Dinge (aus d. Engl.: *Internet of Things*) (IoT) gekennzeichnet ist (vgl. Kagermann et al., 2013, S. 22).

Diese technologischen Fortschritte ermöglichen eine umfassende Automatisierung von Produktionsabläufen und eine Vernetzung einzelner Prozessschritte. Unternehmen profitieren durch höhere Effizienz, geringere Produktionskosten und eine flexiblere Fertigung. Ein zentraler Faktor ist die Möglichkeit, Daten in Echtzeit zu erfassen, zu analysieren und zur Prozessoptimierung zu nutzen, beispielsweise durch „vorausschauende Wartung“ (*predictive maintenance*), wodurch Maschinenausfälle minimiert werden (vgl. Bartodziej, 2016, S. 85).

Der Wandel durch Industrie 4.0 hat weitreichende Implikationen für den Arbeitsmarkt. Einerseits entstehen neue hochqualifizierte Arbeitsplätze in den Bereichen Softwareentwicklung, Datenanalyse und Automatisierungstechnik. Andererseits führt die Digitalisierung in vielen Sektoren zur Verdrängung traditioneller Routinetätigkeiten, insbesondere in der industriellen Fertigung, im Transportwesen und in administrativen Berufen (vgl. Frey & Osborne, 2013, S. 40). Dadurch entstehen signifikante Unterschiede in der Betroffenheit verschiedener Bildungsgruppen vom technologischen Wandel.

Zudem verändert sich die Arbeitsorganisation durch flexible Arbeitszeitmodelle, Remote Work und Plattformarbeit (vgl. Schwab, 2016, S. 112). Die digitale Vernetzung erfordert neue Kompetenzen und Anpassungsstrategien für Arbeitnehmer*innen, während gleichzeitig Fragen zu Datenschutz, IT-Sicherheit und algorithmengesteuerten Entscheidungsprozessen an Bedeutung gewinnen.

2.2 ICT-Investitionen

Investitionen in ICT umfassen materielle und immaterielle Ressourcen, die zur Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft beitragen. Dazu zählen physische Infrastrukturen wie Glasfasernetze und Rechenzentren sowie immaterielle Investitionen in Software, Cloud-Dienste und digitale Plattformen (vgl. OECD, 2019, S. 15ff). Sie sind ein wesentlicher Indikator für die digitale Transformation eines Landes und beeinflussen maßgeblich die Integration neuer Technologien in Produktions- und Dienstleistungsprozesse.

Der verstärkte Einsatz digitaler Technologien ermöglicht nicht nur Effizienzsteigerungen, sondern auch die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle. Fortschritte in AI und Big Data führen zur Automatisierung vieler Prozesse, wodurch Unternehmen flexibler auf Marktentwicklungen reagieren können (vgl. OECD, 2019, S. 15ff). Gleichzeitig erlaubt der Einsatz von AI eine effizientere Datennutzung, wodurch Entscheidungsprozesse optimiert werden.

ICT-Investitionen sind zudem ein Schlüsselfaktor für wirtschaftliches Wachstum. Studien zeigen eine positive Korrelation zwischen Digitalisierung, Innovationsfähigkeit und der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen (vgl. Brynjolfsson & McAfee, 2014, S. 22). Besonders in digital führenden Ländern wie den USA oder Deutschland sind diese Investitionen ein Treiber von Produktivitätssteigerungen. Gleichzeitig können sie dazu beitragen, strukturelle Ungleichheiten zwischen urbanen und ländlichen Regionen zu verringern.

Allerdings sind die Auswirkungen von ICT-Investitionen auf den Arbeitsmarkt ambivalent. Während neue Arbeitsplätze in zukunftsorientierten Bereichen entstehen, führt die Automatisierung gleichzeitig zur Substitution von Routinetätigkeiten, insbesondere bei Berufen mit mittlerem Qualifikationsniveau (vgl. Frey & Osborne, 2013, S. 40). Dies verstärkt bestehende Arbeitsmarktungleichheiten.

2.3 Arbeitsmarkt und Bildungsgruppen

Der Arbeitsmarkt ist geprägt durch strukturelle Veränderungen infolge technologischer Innovationen. In dieser Arbeit liegt der Fokus auf der Arbeitslosigkeit nach Bildungsniveau, die 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 Arbeitsplatzverdrän-

gung, da ihre Tätigkeiten häufig leicht durch technologische Systeme ersetzt werden können (vgl. Acemoglu, 2002, S. 10).

Frey und Osborne (2013) schätzen, dass rund 47 % der Arbeitsplätze in den USA potenziell automatisierbar sind, wobei insbesondere Berufe mit niedriger Qualifikation betroffen sind (vgl. Frey & Osborne, 2013, S. 14–15). In der Forschung wird daher diskutiert, ob technologischer Fortschritt die Kluft zwischen den Bildungsniveaus vertieft und die Arbeitslosigkeit unter geringer Qualifizierten verstärkt (vgl. Balsmeier & Woerter, 2019, S. 2–4).

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.

3 Forschungsstand

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

3.1 Auswirkungen der Digitalisierung auf Arbeitsmärkte

Die Digitalisierung und insbesondere Investitionen in ICT haben die Arbeitsmärkte weltweit in den letzten Jahrzehnten grundlegend verändert. Empirische Studien zeigen, dass diese Entwicklungen die Beschäftigungsstrukturen in verschiedenen Bildungsgruppen unterschiedlich beeinflussen (vgl. Autor et al., 2013, S. 7). Die Automatisierung technologischer Prozesse sowie der verstärkte Einsatz digitaler Systeme betreffen insbesondere Tätigkeiten, die routinisierbar und standardisierbar sind (vgl. Frey & Osborne, 2013, S. 20). In diesem Zusammenhang haben verschiedene wissenschaftliche Arbeiten untersucht, welche Beschäftigungsgruppen besonders von den digitalen Transformationsprozessen betroffen sind.

Eine der einflussreichsten Arbeiten in diesem Bereich stammt von Autor, Levy und Murnane (2003), die zeigen, dass Tätigkeiten mit einem hohen Anteil an routinemäßigen kognitiven und manuellen Aufgaben besonders anfällig für Automatisierung sind. Die daraus resultierende Theorie des Routine-Biased Technological Change (z. Dt.: *Technologie mit routinespezifischen Effekten*) (RBTC) besagt, dass Digitalisierung insbesondere Arbeitsplätze betrifft, die in klar definierten, sich wiederholenden Mustern ablaufen und daher relativ leicht durch Algorithmen und Maschinen ersetzt werden können (vgl. Autor et al., 2003, S. 1281). Frey und Osborne (2017) erweiterten diese Analyse und quantifizierten das Substitutionsrisiko durch Automatisierung für verschiedene Berufsgruppen. Ihre Untersuchung für den US-amerikanischen Arbeitsmarkt ergab, dass bis zu 47% der Arbeitsplätze potenziell durch Automatisierung ersetzt werden könnten (vgl. Frey & Osborne, 2013, S. 254). Dabei stellten sie fest, dass vor allem Berufe mit niedrigem Qualifikationsniveau gefährdet sind, insbesondere in den Bereichen administrative Tätigkeiten, einfache Produktionstätigkeiten und Transportwesen. Diese Ergebnisse sind auch auf viele OECD-Länder übertragbar, da ähnliche Beschäftigungsstrukturen und Automatisierungs-

trends in entwickelten Volkswirtschaften zu beobachten sind.

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

Die Konsequenzen der Digitalisierung variieren zudem stark nach Branche und Wirtschaftssektor. Während sich einige Sektoren wie die Industrieproduktion oder der Einzelhandel durch die Einführung automatisierter Systeme massiv verändert haben, profitieren andere Sektoren, wie die wissensintensive Dienstleistungsbranche oder das Gesundheitswesen, von den neuen technologischen Möglichkeiten (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 jedoch auch neue Arbeitsplätze, insbesondere in den Bereichen Datenwissenschaft, IT-Entwicklung, Robotik und künstliche Intelligenz (vgl. Goos et al., 2014, S. 2510). In diesen Berufsfeldern wächst die Nachfrage nach spezialisierten Fachkräften, sodass die Digitalisierung nicht nur Verdrängungseffekte auf dem Arbeitsmarkt mit sich bringt, sondern auch neue Qualifikationsanforderungen schafft.

Die Digitalisierung verändert Arbeitsmärkte auf mehreren Ebenen: Einerseits verstärkt sie das Risiko der Automatisierung insbesondere für Berufe mit mittlerem und niedrigem Qualifikationsniveau, andererseits eröffnet sie neue Beschäftigungsmöglichkeiten für Hochqualifizierte (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).

3.2 ICT-Investitionen als Treiber der Transformation

Investitionen in ICT gelten als zentraler Indikator für den Digitalisierungsgrad eines Landes und spielen eine Schlüsselrolle bei der Transformation moderner Arbeitsmärkte. Der verstärkte Einsatz digitaler Technologien verändert Produktions- und Geschäftsprozesse grundlegend und beeinflusst die Nachfrage nach Arbeitskräften in verschiedenen Qualifikationsgruppen. Empirische Studien zeigen, dass Unternehmen, die verstärkt in ICT investieren, effizientere Abläufe entwickeln, ihre Wettbewerbsfähigkeit steigern und tendenziell eine höhere Nachfrage nach qualifizierten Arbeitskräften verzeichnen (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. 15ff). Der Wandel vollzieht sich insbesondere im hohen Bildungssektor, in dem Dienstleistungen zunehmend digitalisiert werden und damit steigende Qualifikationsanforderungen entstehen. Dies betrifft insbesondere Bereiche wie Finanzdienstleistungen, IT-gestützte Geschäftsprozesse, E-Commerce oder digitale Plattformarbeit, bei denen neue Geschäftsmodelle entstehen, die verstärkt auf Automatisierung und datenbasierte Entscheidungsprozesse setzen.

Während ICT-Investitionen also zur Schaffung neuer Arbeitsplätze führen können, zeigen zahlreiche Studien, dass diese Transformation auch polarisierende Effekte mit sich bringt. Hochqualifizierte Arbeitskräfte profitieren von der steigenden Nachfrage nach digitalen und analytischen Fähigkeiten, während geringqualifizierte Beschäftigte einem zunehmenden Risiko der Arbeitsplatzverdrängung ausgesetzt sind (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 künstliche Intelligenz ersetzen lassen. Dazu zählen nicht nur manuelle Produktionsprozesse, sondern auch administrative Tätigkeiten im Bürobereich, die zunehmend durch automatisierte Softwarelösungen abgelöst werden.

Die sich verstärkende Polarisierung des Arbeitsmarktes ist eng mit der Theorie des Skill-Biased Technological Change (z. Dt.: *Technologie mit qualifikationsspezifischen Effekten*) (SBTC) verbunden, die davon ausgeht, dass technologischer Fortschritt die Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften erhöht, während Tätigkeiten mit mittlerem Qualifikationsniveau unter Druck geraten (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 hochqualifizierte Arbeitskräfte schaffen, verstärken sie gleichzeitig das Risiko der Arbeitsplatzverdrängung für geringqualifizierte Arbeitskräfte. Die Digitalisierung des Dienstleistungssektors, die zunehmende Automatisierung administrativer Prozesse und die Integration neuer Technologien in industrielle Produktionsabläufe führen dazu, dass traditionelle Berufsbilder zunehmend hinterfragt und an neue Anforderungen angepasst werden müssen. Diese Entwicklungen unterstreichen die Notwendigkeit arbeitsmarktpolitischer Maßnahmen, um den Wandel sozial abzufedern und die Vorteile der Digitalisierung möglichst breit in der Gesellschaft zu verteilen.

3.3 Unterschiede zwischen Wohlfahrtsstaaten

Empirische Studien zeigen, dass die Auswirkungen von Digitalisierung und ICT-Investitionen auf Arbeitsmärkte stark von den institutionellen Rahmenbedingungen eines Landes abhängen. Regierungen spielen eine zentrale Rolle bei der Förderung digitaler Infrastruktur, der Implementierung von Bildungspolitik und der Regulierung des Arbeitsmarktes (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 Informations- und Kommunikationstechnologie erheblich zwischen Ländern. Skandinavische Staaten und die Niederlande investieren überdurchschnittlich in digitale Bildung und Innovationen, während süd- und osteuropäische Länder vergleichsweise niedrigere Investitionen tätigen (vgl. OECD, 2020,

S. 45).

Länder mit hoher ICT-Investitionsquote (z. B. Schweden, Niederlande) zeigen niedrigere Arbeitslosenquoten unter Hochqualifizierten und profitieren von einer stärkeren Nachfrage nach digitalen Kompetenzen (vgl. Brynjolfsson & McAfee, 2014, S. 78). Länder mit geringeren ICT-Investitionen (z. B. Spanien, Ungarn) sind stärker von Automatisierung betroffen, da ein größerer Anteil der Beschäftigten in Routineberufen mit mittlerem Qualifikationsniveau tätig ist (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 höhere Risiken für Arbeitsplatzverluste durch Automatisierung auf (vgl. Frey & Osborne, 2013, S. 260).

3.4 Forschungslücken

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

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

fenden Panelanalyse untersucht.

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

4 Theorie und Hypothesen

Der technologische Wandel und die damit einhergehende Digitalisierung haben tiefgreifende Auswirkungen auf die Arbeitswelt. Die sogenannten „disruptiven Technologien“, darunter auch ICT, verändern nicht nur die Art und Weise, wie Unternehmen arbeiten und Märkte funktionieren, sondern auch die gesamte Struktur der Arbeitsmärkte (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 System, 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. Institutionen, die Weiterbildung und Umschulungen fördern, können den Übergang erleichtern und die negativen Effekte der „schöpferischen Zerstörung“ abmildern. Länder mit aktiven Bildungssystemen und sozialpolitischen Maßnahmen könnten besser in der Lage sein, den Wandel positiv zu gestalten, während weniger flexible Systeme größere Schwierigkeiten haben könnten, die Herausforderungen der Digitalisierung zu bewältigen.

4.2 Skill-biased technological change

Ein zentraler Ansatz in der Debatte über die Folgen der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt ist die Theorie des SBTC. Diese Theorie besagt, dass technologische Innovationen, insbesondere im Bereich der digitalen Technologien, eine Nachfrageverschiebung zugunsten von hochqualifizierten Arbeitskräften verursachen (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 Informations- und Kommunikationstechnologie, 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** (oder „nordisch“, z. B. Schweden): Diese Staaten zeichnen sich durch umfassende soziale Absicherung, hohe Gewerkschaftsdichte und aktive Arbeitsmarktpolitiken aus. Das Konzept der „Flexicurity“ kombiniert flexible Arbeitsmärkte mit starken sozialen Sicherungssystemen, um Arbeitskräfte auf technologische Veränderungen vorzubereiten. Zudem investieren sozialdemokratische Regime stark in Bildung und lebenslanges Lernen, was die Anpassungsfähigkeit der Arbeitskräfte an die Digitalisierung fördert (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 sind nordische Staaten in der Regel besser auf digitale Transformationen vorbereitet und weisen geringere Disparitäten in den Arbeitsmarkteffekten von ICT-Investitionen auf.
2. **Konservativ** (oder „mitteleuropäisch“, z. B. Deutschland): Diese Regime sind durch stark regulierte Arbeitsmärkte und umfassende Tarifvereinbarungen gekennzeichnet, die auf Arbeitsplatzsicherheit abzielen. Gleichzeitig verfügen sie über gut 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. Dennoch ermöglicht das duale Ausbildungssystem eine enge Verzahnung zwischen Bildung und Wirtschaft, was sich positiv auf die Resilienz des Arbeitsmarktes gegenüber Automatisierung und Digitalisierung auswirkt.
3. **Liberal** (oder „angelsächsisch“, z. B. USA): In liberalen Regimen stehen marktorientierte Mechanismen im Vordergrund, während staatliche Eingriffe auf ein Mini-

mum beschränkt sind. Diese Systeme fördern individuelle Verantwortung und weisen geringe Arbeitsmarktregulierungen auf. Während hochqualifizierte Arbeitskräfte in diesen Systemen von Digitalisierung und ICT-Investitionen profitieren, sind geringqualifizierte Arbeitskräfte aufgrund fehlender Schutzmechanismen und Weiterbildungsmöglichkeiten stärker gefährdet (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. Besonders in den USA zeigt sich eine zunehmende Kluft zwischen hochqualifizierten Fachkräften im Technologiesektor und geringer qualifizierten Arbeitskräften, die in prekären Beschäftigungsverhältnissen verbleiben.

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

- **Südeuropäisch** (z. B. Spanien): Diese Regime zeichnen sich durch segmentierte Arbeitsmärkte, starre Arbeitsmarktregulierungen und eine schwache Verknüpfung zwischen Bildungssystemen und Arbeitsmarkt aus. Schwächen in der Weiterbildung und starke Ungleichheiten zwischen regulären und prekären Beschäftigungsverhältnissen machen diese Länder anfälliger für negative Effekte der Digitalisierung (Ferreira, 1996, S. 17–21). 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. Zudem sind öffentliche Investitionen in digitale Infrastruktur und Bildung häufig geringer als in anderen Wohlfahrtsstaaten, was die negativen Effekte von ICT-Investitionen weiter verstärken kann.
- **Postsozialistisch** (z. B. Polen): Postsozialistische Länder befinden sich in einem Übergang von zentral geplanten zu marktwirtschaftlichen Systemen. Sie sind häufig durch geringe Regulierung und unzureichend entwickelte Bildungs- und Weiterbildungsstrukturen gekennzeichnet. Diese Defizite erschweren die Integration von Arbeitskräften in digitale Sektoren und verstärken die regionale Ungleichheit (Cerami, 2006, 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 wach-

senden Kluft zwischen digital integrierten und traditionell geprägten Wirtschaftssektoren führt.

Die institutionellen Rahmenbedingungen der verschiedenen Wohlfahrtsstaatentypen beeinflussen maßgeblich, wie Arbeitsmärkte auf technologische Veränderungen reagieren. Sozialdemokratische Systeme mit umfassenden Bildungs- und Arbeitsmarktprogrammen können die negativen Effekte der Digitalisierung abmildern und die Integration sowohl hoch- als auch geringqualifizierter Arbeitskräfte fördern (Esping-Andersen, 1990, S. 27–30). Im Gegensatz dazu können starre Regulierungen in konservativen und südeuropäischen Regimen die Anpassung an digitale Transformationen verlangsamen (Ferrera, 1996, S. 155), während liberale 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 Bildungsgruppen. Dabei wird berücksichtigt, dass technologische Innovationen nicht nur bestehende Arbeitsplätze verdrängen, sondern auch neue berufliche Chancen eröffnen - abhängig von den Fähigkeiten und Qualifikationen der Arbeitskräfte.

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

Dieser Effekt ist auf die gesteigerte Produktivität und den Bedarf an komplexen, kreativen Fähigkeiten zurückzuführen, die durch digitale Technologien gefördert werden (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 widerspiegelt die These der „schöpferischen Zerstörung“ von Schumpeter, nach der durch Innovationen neue Märkte entstehen, die speziell hochqualifizierte Fachkräfte anziehen und somit Arbeitslosigkeit in dieser Gruppe verringern können (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. Sozialdemokratische 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 liberalisierte 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). Konservative 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 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 Variable ‘PERCENT_EMPLOYEES_TUD’ mittels linearer Interpolation ergänzt.

Die längsschnittliche Struktur der Daten ermöglicht es, sowohl kurzfristige als auch langfristige Entwicklungen zu analysieren und Zusammenhänge zwischen ICT-Investitionen und Arbeitslosigkeit differenziert zu betrachten.

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 Informations- und Kommunikationstechnologien die Arbeitslosenquoten in unterschiedlichen Bildungsgruppen 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.
2. *mittleres Bildungsniveau* (Medium education):: Personen mit Sekundarschulabschluss oder einer abgeschlossenen Berufsausbildung.
3. *hohes Bildungsniveau* (High education):: Personen mit Hochschulabschluss, wie einem Bachelor, Master oder Dokortitel.

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). Zur Sicherstellung einer vollständigen Zeitreihe wurden fehlende Werte dieser Variable mittels linearer Interpolation ergänzt.

- *Wohlfahrtsstaatentyp* (WELFARE_STATE): Die Wohlfahrtsstaatentypologie nach Esping-Andersen (1990) (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 fünf Kategorien unterteilt: *sozialdemokratisch*, *konservativ*, *liberal*, *südeuropäisch* und *postsozialistisch*.
- *Anteil tertiär gebildeter Personen* (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).
- *Regulierungsstrenge des Arbeitsmarkts* (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).

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

Zur Untersuchung der Effekte wurden zwei gängige Modelle der Paneldatenanalyse betrachtet: das Random Effects (z. Dt.: *zufällige Effekte*) (FE)- und das Fixed Effects

(z. Dt.: *feste Effekte*) (RE)-Modell. Während das FE-Modell explizit für zeitinvariante länderspezifische Eigenschaften kontrolliert (Wooldridge, 2010, S. 251–256), geht das RE-Modell davon aus, dass länderspezifische Effekte zufällig verteilt und nicht mit den unabhängigen Variablen korreliert sind (Baltagi, 2008, S. 17–20). Falls diese Annahme verletzt ist, können die Schätzungen im RE-Modell verzerrt sein.

Für diese Analyse wurde das FE-Modell gewählt, da es eine robustere Schätzung der Zusammenhänge zwischen ICT-Investitionen und der Arbeitslosigkeit ermöglicht. Dies ist besonders relevant, da die Untersuchung auf Veränderungen innerhalb eines Landes über die Zeit fokussiert und länderspezifische Eigenschaften nicht als erklärende Variablen modelliert werden. Die Modellwahl basiert auf einem Hausman-Test, dessen Ergebnisse für Fixed Effects sprechen.

Darüber hinaus wird die Analyse durch Interaktionseffekte ergänzt, die es ermöglichen, institutionelle Unterschiede zwischen den Ländern zu berücksichtigen. Die Modelle beinhalten Dummy-Variablen für die Wohlfahrtsstaatentypen, um systematische Unterschiede zwischen den Regimetypen in ihrer Reaktion auf ICT-Investitionen zu identifizieren (Esping-Andersen, 1990). Zusätzlich werden Jahres-Faktor-Dummies integriert, um allgemeine makroökonomische Entwicklungen (z. B. Finanzkrisen oder technologische Schübe) aus den Modellen zu kontrollieren. Die Interaktion zwischen ICT-Investitionen und Wohlfahrtsstaatentypen 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 Arbeitslosigkeit. 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 *ICT-Investitionen*, welche den Anteil der Investitionen in ICT am BIP misst (OECD, 2022c), 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.

Die Variable *Arbeitslosenquote*, welche die Arbeitslosenquote in Prozent angibt (OECD, 2022f), 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.

Das *BIP pro Kopf*, welches das Pro-Kopf-Einkommen in Tausend US-Dollar angibt (OECD, 2022d), 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 können Unterschiede im BIP pro Kopf Einfluss auf die Struktur des Arbeitsmarktes und damit auf die Verteilung der Arbeitslosigkeit nach Bildungsgrad haben.

Die Variable *Gewerkschaftsdichte*, welche die gewerkschaftliche Organisationsrate eines Landes misst (OECD, 2022e), 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. Während einige nordische Länder traditionell hohe Gewerkschaftsdichten aufweisen, sind Gewerkschaften in anderen OECD-Staaten weniger stark in den Arbeitsmarkt integriert. Dies könnte Implikationen für die Verhandlungsmacht von Arbeitnehmern haben, was sich wiederum auf Lohnstrukturen und Beschäftigungssicherheit auswirken kann. Zur Sicherstellung einer vollständigen Zeitreihe wurden fehlende Werte dieser Variable mittels linearer Interpolation ergänzt.

Die Variable *Regulierungsstrenge des Arbeitsmarkts* (REGULATION_STRICTNESS) misst, wie stark der Arbeitsmarkt eines Landes reguliert ist, insbesondere im Hinblick auf Kündigungsschutz und Beschäftigungsflexibilität (OECD, 2022b). Die Werte reichen 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 Variable *Anteil tertiär gebildeter Personen* (PERCENT_TERTIARY_EDUCATION) gibt den Prozentsatz der Bevölkerung an, der einen tertiären Bildungsabschluss besitzt (OECD, 2022a). Der Wert variiert zwischen 12,87% und 59,96%, mit einem Mit-

telwert 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.

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

Die Variable *Wohlfahrtsstaatentyp* klassifiziert die OECD-Länder nach ihrem Wohlfahrtsstaatsmodell in fünf Kategorien: angelsächsisch, nordisch, mitteleuropäisch, südeuropäisch und postsozialistisch. Diese Einteilung basiert auf institutionellen und wirtschaftlichen Merkmalen, die sich auf Arbeitsmarktstrukturen, soziale Sicherungssysteme und Bildungszugänge auswirken (vgl. Esping-Andersen, 1990, S. 56).

Die Verteilung der Wohlfahrtsstaatentypen 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.

Diese Klassifikation ist insbesondere für die spätere Analyse der Interaktionseffekte relevant, da sie Aufschluss darüber geben kann, inwiefern institutionelle Rahmenbedingungen den Einfluss von *ICT-Investitionen* auf die Arbeitslosenquote moderieren. Die Ergebnisse der multivariaten Analysen zeigen, dass die Effekte von *ICT-Investitionen* auf die Arbeitslosigkeit stark von der Wohlfahrtsstaatsstruktur eines Landes abhängen. Besonders in postsozialistischen und südeuropäischen Wohlfahrtsstaaten sind negative Interaktionseffekte zu beobachten, während sich in nordischen Ländern ein ausgeglicheneres Muster zeigt.

Die deskriptiven Statistiken zeigen, dass die betrachteten Variablen eine erhebliche Heterogenität aufweisen, die sowohl auf länderspezifische Unterschiede als auch auf strukturelle und wirtschaftliche Faktoren zurückgeführt werden kann. Besonders auffällig sind die Unterschiede in den ICT-Investitionen, die je nach wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit und

politischen Rahmenbedingungen stark variieren. Auch die Arbeitslosenquoten zeigen eine hohe Streuung, die möglicherweise mit den unterschiedlichen Bildungsniveaus, Arbeitsmarktinstitutionen und Wirtschaftsentwicklungen der Länder zusammenhängt. Die hohe Varianz im BIP pro Kopf unterstreicht die unterschiedlichen wirtschaftlichen Ausgangsbedingungen der Länder, was sich sowohl auf die Höhe der ICT-Investitionen als auch auf die Struktur der Arbeitsmärkte auswirken könnte. Schließlich zeigt die Gewerkschaftsdichte ebenfalls starke Unterschiede zwischen den OECD-Ländern, was für die Analyse der institutionellen Faktoren relevant ist, die möglicherweise als Moderatoren der Auswirkungen von ICT-Investitionen auf den Arbeitsmarkt fungieren.

Diese deskriptive Analyse der Variablen bildet die Grundlage für die nachfolgenden 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 Arbeitslosenquoten, 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 umbenannt. 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.

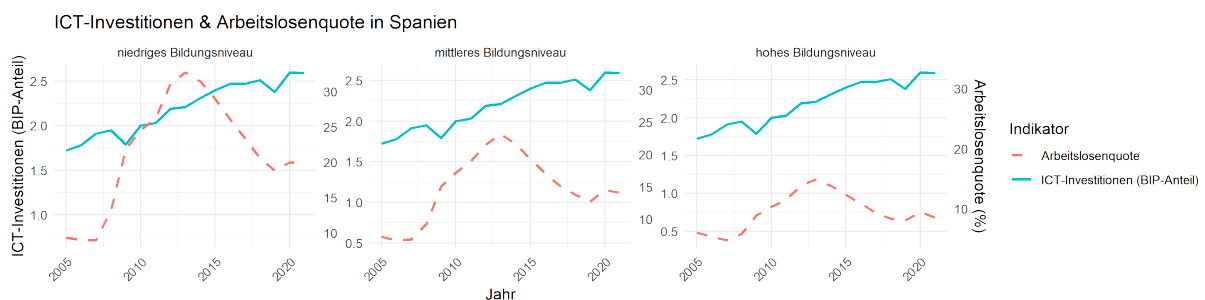


Abbildung 1: Überblick über *ICT-Investitionen* und Arbeitslosenquote in Spanien

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 Quote auf etwa 5% zurück. Im Gegensatz zu den anderen Bildungsgruppen scheinen sich hier die *ICT-Investitionen* und die Arbeitslosenquote teilweise gegenläufig zu entwickeln. Während die *ICT-Investitionen* nach 2010 eine stetige Steigerung zeigen und nach 2015 stabil auf etwa 2,5% des BIP bleiben, geht die Arbeitslosenquote in derselben Phase zurück. Dies könnte darauf hindeuten, dass hochqualifizierte Arbeitskräfte in Spanien stärker von der Digitalisierung profitieren konnten als Personen mit niedrigerem Bildungsstand.

Spanien als südeuropäischer Wohlfahrtsstaat ist durch einen stark segmentierten Arbeitsmarkt gekennzeichnet, der sich durch hohe Anteile an befristeten Beschäftigungsverhältnissen sowie eine geringere Arbeitsplatzsicherheit auszeichnet. Dies könnte eine Erklärung für die starken Schwankungen der Arbeitslosenquote im Zuge der Finanzkrise sein, da insbesondere gering und mittel Qualifizierte von Entlassungen betroffen waren.

Die *ICT-Investitionen* scheinen langfristig zwar leicht anzusteigen, doch zeigt sich kein direkter Zusammenhang zwischen diesen Investitionen und der Arbeitslosenquote in den jeweiligen Bildungsgruppen. Vielmehr deutet die Entwicklung darauf hin, dass der Arbeitsmarkt in Spanien stark konjunkturabhängig ist und die wirtschaftliche Erholung nach 2013 die wichtigste Triebkraft für die Reduktion der Arbeitslosigkeit war.

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

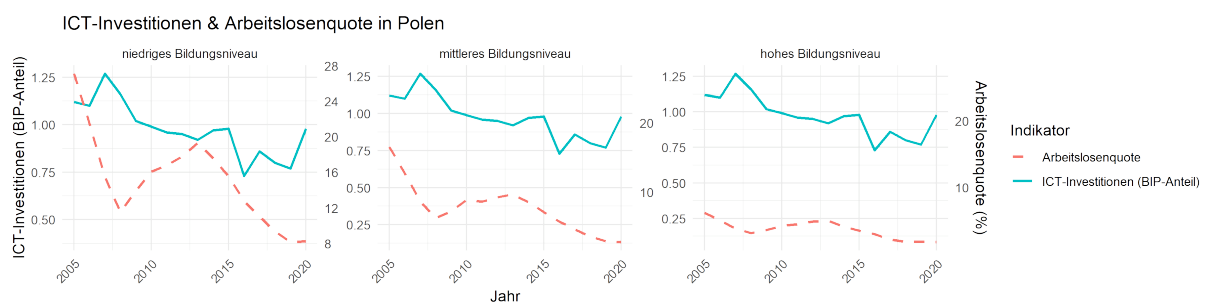


Abbildung 2: Überblick über *ICT-Investitionen* und Arbeitslosenquote in Polen

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 tendenziell anstiegen. Dies könnte darauf hindeuten, dass der polnische Arbeitsmarkt mit steigendem ICT-Investitionsanteil zunehmend hochqualifizierte Beschäftigungsmöglichkeiten geschaffen hat. Dennoch bleibt die Kausalität unklar, da die Arbeitslosenquote in dieser Gruppe bereits gefallen war, bevor der leichte Anstieg der *ICT-Investitionen* einsetzte.

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

Insgesamt zeigt die Abbildung, dass die Arbeitslosenquote in allen Bildungsgruppen stark gesunken ist, während die *ICT-Investitionen* nur moderate Schwankungen aufweisen. Dies deutet darauf hin, dass die Haupttreiber der Beschäftigungsentwicklung in Polen eher in wirtschaftlichen und arbeitsmarktpolitischen Veränderungen zu suchen sind als in

den direkten Auswirkungen von *ICT-Investitionen*. Dennoch könnte die leichte Zunahme der *ICT-Investitionen* im späteren Beobachtungszeitraum darauf hinweisen, dass sich der polnische Arbeitsmarkt allmählich in Richtung einer wissensbasierten Wirtschaft entwickelt, in der besonders Hochqualifizierte profitieren.

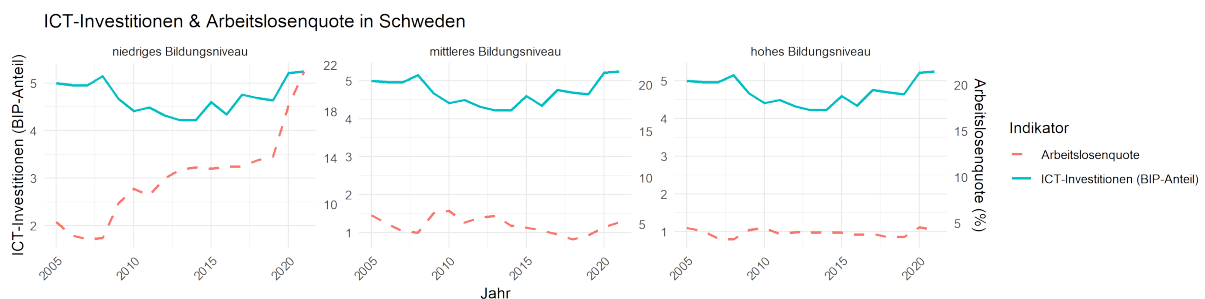


Abbildung 3: Überblick über *ICT-Investitionen* und Arbeitslosenquote in Schweden

Die Abbildung zeigt die Entwicklung der *ICT-Investitionen* als Anteil am BIP sowie die Arbeitslosenquote in Schweden zwischen 2005 und 2022, differenziert nach 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 Schwankungen zeigen, bleibt ihr Niveau ab 2010 weitgehend konstant und steigt gegen Ende des Betrachtungszeitraums leicht an.

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

Für Personen mit einem mittleren Bildungsniveau zeigt sich ein stabiles Muster, mit einer weitgehend konstanten Arbeitslosenquote zwischen 2005 und 2018. Während die Arbeitslosigkeit 2005 bei unter 5% lag, gab es bis 2015 eine leichte Abwärtsbewegung, gefolgt von einer weitgehenden Stabilisierung. Nach 2018 zeigt sich eine leicht steigende Tendenz

der Arbeitslosenquote, wenn auch weniger ausgeprägt als bei den gering Qualifizierten. Die *ICT-Investitionen* sind in dieser Gruppe durchgängig hoch und zeigen eine stabile Entwicklung mit leichten Schwankungen. Anders als bei den gering Qualifizierten ist hier keine klare gegenläufige Entwicklung zwischen *ICT-Investitionen* und Arbeitslosigkeit zu erkennen, was darauf hindeutet, dass mittlere Qualifikationen in Schweden weniger stark von den technologischen Veränderungen betroffen sind.

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

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

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

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.

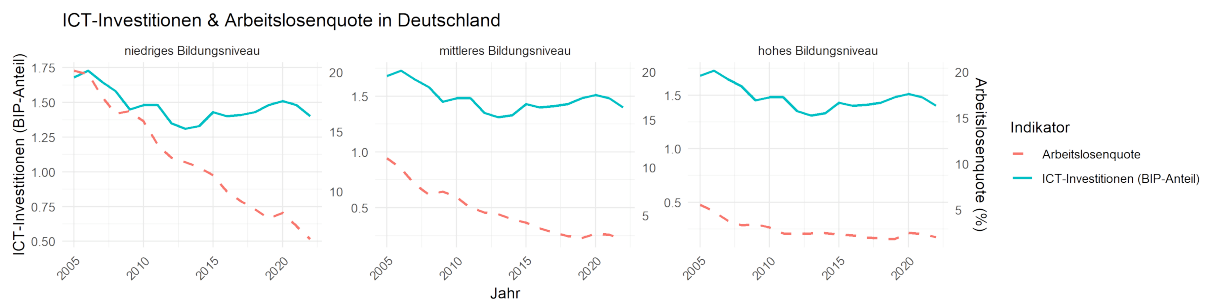


Abbildung 4: Überblick über *ICT-Investitionen* und Arbeitslosenquote in Deutschland

Dabei lassen sich klare Unterschiede zwischen den drei betrachteten Gruppen - niedriges, mittleres und hohes Bildungsniveau - sowohl hinsichtlich des Niveaus als auch der Veränderung der Arbeitslosenquoten erkennen. Insgesamt zeigen sich über den gesamten Zeitraum hinweg deutliche Rückgänge in der Arbeitslosenquote, während die *ICT-Investitionen* eine weitgehend stabile Entwicklung aufweisen.

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

Die Abbildung verdeutlicht insgesamt, dass die Arbeitslosenquoten in allen Bildungsgruppen über die Jahre hinweg gesunken sind, während die *ICT-Investitionen* vergleichsweise stabil geblieben sind. Dies lässt darauf schließen, dass der Rückgang der Arbeitslosigkeit nicht direkt durch *ICT-Investitionen* getrieben wurde, sondern eher mit makroökonomischen Entwicklungen und strukturellen Veränderungen auf dem deutschen Arbeitsmarkt zusammenhängt.

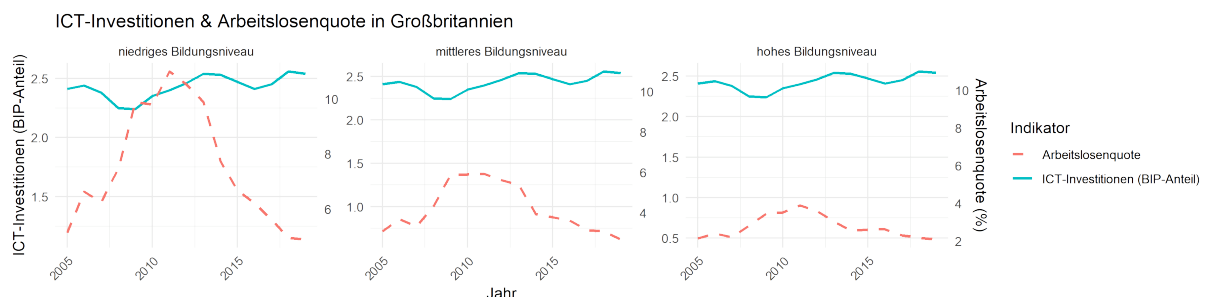


Abbildung 5: Überblick über *ICT-Investitionen* und Arbeitslosenquote in Großbritannien

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

Bei Personen mit einem niedrigen Bildungsniveau lag die Arbeitslosenquote im Jahr 2005 bei etwa 8% und sank bis 2020 auf unter 4%. Anders als in Ländern mit stärker regulierten Arbeitsmärkten zeigt sich hier kein abrupter Rückgang, sondern eine schrittweise Anpassung über den Zeitraum hinweg. Gleichzeitig zeigen die *ICT-Investitionen* einen

leicht steigenden Trend, bleiben jedoch im Bereich von etwa 1,5% des BIP. Ein klarer Zusammenhang zwischen *ICT-Investitionen* und der Arbeitslosenquote lässt sich nicht unmittelbar erkennen, was darauf hindeuten könnte, dass andere arbeitsmarktpolitische oder wirtschaftliche Faktoren maßgeblicher für die Reduktion der Arbeitslosigkeit sind.

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

Für Personen mit hohem Bildungsniveau zeigt sich über den gesamten Zeitraum hinweg eine sehr niedrige Arbeitslosenquote. Bereits 2005 lag sie unter 3% und blieb über den gesamten Zeitraum weitgehend stabil, mit nur minimalen Schwankungen. Die *ICT-Investitionen* zeigen auch hier eine relativ konstante Entwicklung, liegen jedoch ebenfalls im Bereich von 1,5% bis 2% des BIP. Dies deutet darauf hin, dass Hochqualifizierte kaum von negativen Beschäftigungseffekten durch Digitalisierung betroffen sind. Vielmehr könnte der flexible britische Arbeitsmarkt es dieser Gruppe erleichtert haben, sich an technologische Veränderungen anzupassen.

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

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

6.2 Multivariate Analysen

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

Tabelle 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
R2	0.304	0.308	0.281
R2 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 Koeffizient für *ICT-Investitionen* einen positiven Wert von 2,302*** ($p < 0,001$), was auf einen signifikanten positiven Zusammenhang zwischen ICT-Investitionen und der Arbeitslosenquote dieser Gruppe hindeutet. Dies bedeutet, dass in Ländern mit höheren ICT-Investitionen die Arbeitslosigkeit unter geringqualifizierten Personen tendenziell ansteigt.

Das *BIP pro Kopf* zeigt mit einem Koeffizienten von -0,194*** ($p < 0,001$) einen stark negativen und signifikanten Einfluss. Dies weist darauf hin, dass in wohlhabenderen Ländern die Arbeitslosenquote für geringqualifizierte Personen tendenziell niedriger ist, möglicherweise aufgrund eines breiteren Angebots an Beschäftigungsmöglichkeiten oder arbeitsmarktpolitischer Maßnahmen.

Der *Anteil tertiär gebildeter Personen* hat einen signifikanten positiven Effekt von 0,606** ($p < 0,01$), was darauf hindeutet, dass eine höhere Bildungsbeteiligung in der Gesamtbevölkerung zu strukturellen Veränderungen des Arbeitsmarktes führt, die auch auf geringqualifizierte Arbeitskräfte Auswirkungen haben könnten.

Die *Gewerkschaftsdichte* weist mit einem Koeffizienten von 0,128** ($p < 0,01$) einen signifikanten positiven Zusammenhang auf, was darauf hindeutet, dass eine höhere ge-

werkschaftliche Organisationsrate mit einer leicht höheren Arbeitslosenquote für diese Gruppe einhergeht.

Die *Regulierungsstrenge des Arbeitsmarkts* zeigt keinen signifikanten Effekt für diese Gruppe.

Für das mittlere Bildungsniveau ergibt sich ebenfalls ein signifikanter positiver Zusammenhang zwischen *ICT-Investitionen* und Arbeitslosigkeit. Der geschätzte Koeffizient beträgt 1,157*** ($p < 0,001$), was darauf hindeutet, dass höhere ICT-Investitionen mit einer steigenden Arbeitslosigkeit in dieser Gruppe verbunden sind.

Das *BIP pro Kopf* zeigt mit einem Koeffizienten von -0,153*** ($p < 0,001$) einen signifikanten negativen Zusammenhang. Dies deutet darauf hin, dass eine höhere Wirtschaftsleistung mit einer geringeren Arbeitslosenquote für mittelqualifizierte Personen verbunden ist.

Der *Anteil tertiär gebildeter Personen* weist einen signifikanten positiven Effekt von 0,282** ($p < 0,01$) auf, was darauf hindeutet, dass eine höhere tertiäre Bildungsbeteiligung mit strukturellen Arbeitsmarktveränderungen einhergeht.

Die *Gewerkschaftsdichte* zeigt mit einem Koeffizienten von 0,106*** ($p < 0,001$) eine signifikante positive Korrelation mit der Arbeitslosenquote.

Die *Regulierungsstrenge des Arbeitsmarkts* hat einen signifikant negativen Effekt von -0,118* ($p < 0,05$), was darauf hindeutet, dass strengere Arbeitsmarktregulierungen für diese Gruppe stabilisierend wirken könnten.

Für das hohe Bildungsniveau zeigt das Modell einen signifikanten, aber kleineren positiven Zusammenhang zwischen *ICT-Investitionen* und Arbeitslosigkeit. Der Koeffizient beträgt 0,455*** ($p < 0,001$), was darauf hindeutet, dass auch hochqualifizierte Personen in Ländern mit höheren ICT-Investitionen von einem leichten Anstieg der Arbeitslosenquote betroffen sein könnten.

Das *BIP pro Kopf* zeigt mit einem Koeffizienten von -0,083*** ($p < 0,001$) weiterhin einen signifikant negativen Zusammenhang.

Der *Anteil tertiär gebildeter Personen* hat mit 0,140*** ($p < 0,001$) ebenfalls einen signifikant positiven Zusammenhang.

Die *Gewerkschaftsdichte* hat in dieser Gruppe mit 0,025+ ($p < 0,1$) einen nur schwach signifikanten positiven Effekt.

Die *Regulierungsstrenge des Arbeitsmarkts* zeigt mit einem Koeffizienten von -0,085* ($p < 0,05$) einen signifikant negativen Zusammenhang, was darauf hindeutet, dass striktere Arbeitsmarktregulierungen möglicherweise schützend für hochqualifizierte Arbeitnehmer wirken.

Die Modellgüte variiert zwischen den Bildungsgruppen, wobei die erklärten Varianzen (R^2 -Werte) relativ hoch sind. Im Modell für das niedrige Bildungsniveau beträgt der

R²-Wert 0,304, für das mittlere Bildungsniveau 0,308 und für das hohe Bildungsniveau 0,272. Diese Werte zeigen, dass die Modelle einen relevanten Teil der Variation in der Arbeitslosenquote erklären können.

Der adjustierte R²-Wert liegt bei 0,295 (niedriges Bildungsniveau), 0,299 (mittleres Bildungsniveau) und 0,262 (hohes Bildungsniveau). Diese Werte zeigen, dass die Modelle stabil sind, aber weiterhin zusätzliche Erklärungsfaktoren notwendig wären.

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 zu einem Anstieg der Arbeitslosigkeit führen.

Makroökonomische Faktoren, insbesondere das *BIP pro Kopf*, haben in allen Modellen einen signifikanten negativen Einfluss auf die Arbeitslosenquote. Striktere Arbeitsmarktregulierungen zeigen in der Gruppe der Mittel- und Hochqualifizierten negative Effekte auf die Arbeitslosigkeit, was darauf hindeutet, dass Regulierung möglicherweise Schutz für diese Gruppen bietet. Eine höhere Bildungsbeteiligung zeigt in allen Gruppen einen positiven Zusammenhang mit der Arbeitslosenquote, was darauf hindeutet, dass eine verstärkte Tertiärbildung allein nicht ausreicht, um Digitalisierungseffekte am Arbeitsmarkt auszugleichen.

Die Erklärungswerte (R²) der Modelle sind moderat bis hoch (zwischen 0,272 und 0,308), was darauf hindeutet, dass wesentliche strukturelle und institutionelle Einflussfaktoren erfasst wurden. Dies zeigt die Notwendigkeit einer differenzierteren Untersuchung 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 dem Wohlfahrtsstaatentyp.

Der geschätzte Haupteffekt von *ICT-Investitionen* ist in allen drei Bildungsgruppen positiv und signifikant. Für das niedrige Bildungsniveau zeigt sich mit einem Koeffizienten von 4,671* ($p < 0,001$) ein deutlicher Anstieg der Arbeitslosenquote bei höheren ICT-Investitionen. Auch für das mittlere Bildungsniveau ist der Effekt mit 3,246* ($p < 0,001$) signifikant positiv. Beim hohen Bildungsniveau ist der Effekt mit 1,259* ($p < 0,001$) zwar schwächer ausgeprägt, aber weiterhin signifikant.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass höhere ICT-Investitionen in angelsächsischen Wohlfahrtsstaaten (Referenzkategorie) mit einer höheren Arbeitslosenquote in allen Bildungsgruppen verbunden sind. Dies könnte darauf hinweisen, dass die Flexibilität des liberalen Arbeitsmarktes allein nicht ausreicht, um negative Beschäftigungseffekte durch die Digitalisierung abzufedern. Während Digitalisierung häufig mit Effizienzsteigerungen verbunden wird, könnten Automatisierung und technologische Substitution insbesondere niedrig- und mittelqualifizierte Arbeitskräfte stärker betreffen.

Die Interaktionseffekte zwischen *ICT-Investitionen* und den Wohlfahrtsstaaten liefern wichtige Erkenntnisse über die Rolle institutioneller Rahmenbedingungen. Die Referenzkategorie ist der angelsächsische Wohlfahrtsstaat, sodass die Interaktionseffekte relativ zu diesem Typ interpretiert werden müssen.

- **Postsozialistische Wohlfahrtsstaaten:** Hier zeigen sich die stärksten negativen Effekte. 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 deuten darauf hin, dass ICT-Investitionen in diesen Ländern keine positiven Effekte auf die Arbeitsmarktsituation haben, sondern möglicherweise bestehende strukturelle Schwächen verschärfen. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass die Digitalisierung in diesen Ländern schneller voranschreitet als die institutionellen Anpassungen im Bildungssystem und am Arbeitsmarkt.
- **Mitteuropäische Wohlfahrtsstaaten:** Der Interaktionseffekt ist für alle Bildungsgruppen negativ, aber nicht signifikant. Dies deutet darauf hin, dass ICT-Investitionen hier keinen starken moderierenden Einfluss auf die Arbeitslosigkeit haben. Mitteleuropäische Länder wie Deutschland oder Frankreich verfügen über duale Bildungssysteme und relativ stabile Arbeitsmarktstrukturen, die mögliche negative Effekte von ICT-Investitionen abmildern könnten.
- **Nordische Wohlfahrtsstaaten:** Der Interaktionseffekt ist im niedrigen und mittleren Bildungsniveau nicht signifikant, während er für das hohe Bildungsniveau mit $0,639$ ($p < 0,05$) signifikant positiv ist. Dies deutet darauf hin, dass in nordischen Ländern hochqualifizierte Arbeitskräfte möglicherweise stärker von der Digitalisierung betroffen sind als in anderen Wohlfahrtsstaatentypen.
- **Südeuropäische Wohlfahrtsstaaten:** Für das mittlere und hohe Bildungsniveau sind die Interaktionseffekte signifikant negativ. Im mittleren Bildungsniveau beträgt der Effekt $-3,066^*$ ($p < 0,001$) und im hohen Bildungsniveau $-2,880^*$ ($p < 0,001$). Dies deutet darauf hin, dass hochqualifizierte Arbeitskräfte in diesen Ländern durch strukturelle Arbeitsmarktprobleme benachteiligt sind und ICT-Investitionen hier eher bestehende Ungleichheiten verstärken, anstatt sie zu verringern.

Die zusätzlichen Kontrollvariablen liefern weitere wichtige Erkenntnisse:

- **BIP pro Kopf:** In allen Bildungsgruppen zeigt sich ein signifikanter negativer Zusammenhang zwischen BIP pro Kopf und Arbeitslosenquote ($p < 0,001$). Dies bestätigt, dass wirtschaftlich stärkere Länder niedrigere Arbeitslosenquoten aufweisen, unabhängig von der Wohlfahrtsstaatenklassifikation.
- **Gewerkschaftsdichte:** Die Gewerkschaftsdichte hat in den Gruppen mit niedrigem und mittlerem Bildungsniveau einen positiven, signifikanten Effekt auf die Arbeitslosenquote. Dies deutet darauf hin, dass stärkere Gewerkschaften die Arbeitsmarkt-

dynamik beeinflussen können, indem sie Kündigungsschutz und Lohnverhandlungen beeinflussen.

- **Regulierungsstrenge des Arbeitsmarkts:** Der Koeffizient für die Arbeitsmarktregulierung ist für das niedrige und mittlere Bildungsniveau negativ, jedoch nur für das niedrige Bildungsniveau signifikant ($p < 0,1$). Dies deutet darauf hin, dass strengere Arbeitsmarktregulierungen in einigen Ländern die Arbeitslosigkeit für geringqualifizierte Arbeitnehmer erhöhen können. Beim hohen Bildungsniveau ist der Effekt mit $-0,091$ ($p < 0,01$) ebenfalls signifikant negativ, was darauf hinweist, dass Hochqualifizierte in stark regulierten Arbeitsmärkten besser geschützt sein könnten.
- **Anteil tertiär gebildeter Personen:** Der Koeffizient für den Anteil tertiär gebildeter Personen ist in allen Gruppen negativ und signifikant ($p < 0,01$), was darauf hindeutet, dass eine höhere Bildungsbeteiligung negative Beschäftigungseffekte der Digitalisierung abmildern kann.

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 0,289 und 0,321 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 erheblich verbessern.

Der adjustierte R^2 -Wert bleibt mit 0,327–0,297 weiterhin moderat, aber deutlich höher als in den Kontrollmodellen. Dies unterstreicht, dass die reine Betrachtung von ICT-Investitionen ohne Berücksichtigung institutioneller Faktoren keine adäquate Erklärung für Unterschiede in den Arbeitslosenquoten liefert.

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

Die Kombination aus ICT-Investitionen, institutionellen Rahmenbedingungen und makroökonomischen Faktoren bestimmt maßgeblich, wie sich die Digitalisierung auf Arbeitsmärkte auswirkt. Besonders in Ländern mit weniger flexiblen Arbeitsmärkten (z. B. Südeuropa, Postsozialistische Staaten) sind signifikante Herausforderungen erkennbar.

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 über alle Bildungsgruppen hinweg einen signifikant positiven Effekt auf die Arbeitslosenquote haben. Dieser Effekt ist für gering- und mittelqualifizierte Personen besonders stark ausgeprägt, 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.

Das überraschende Ergebnis, dass selbst Hochqualifizierte von steigender Arbeitslosigkeit betroffen sind, könnte darauf hindeuten, dass ****Automatisierung und Digitalisierung auch Arbeitsplätze in hochqualifizierten Sektoren substituieren****. Während früher angenommen wurde, dass technologischer Wandel hauptsächlich Routineaufgaben verdrängt, zeigen neuere Untersuchungen, dass auch wissensintensive Tätigkeiten betroffen sein können, insbesondere durch den verstärkten Einsatz von Künstlicher Intelligenz, maschinellem Lernen und automatisierten Entscheidungsprozessen (**brynjolfsson2014secondmachineage**).

Ein weiteres mögliches Erklärungsmodell ist ****reversed causality****: Es wäre denkbar, dass Länder, die von hoher Arbeitslosigkeit betroffen sind, verstärkt in Digitalisierung und technologische Infrastruktur investieren, um langfristig die Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. In diesem Fall wären die beobachteten Zusammenhänge nicht kausal, sondern eine Folge strategischer wirtschaftspolitischer Entscheidungen. Diese Hypothese könnte durch eine vertiefte Analyse mit Instrumentalvariablen oder Granger-Kausalitätstests weiter untersucht werden.

Die Interaktionsmodelle liefern zusätzliche wichtige Erkenntnisse über die Moderationseffekte institutioneller Rahmenbedingungen. Besonders in postsozialistischen und südeuropäischen Wohlfahrtsstaaten sind die negativen Beschäftigungseffekte von ICT-Investitionen am stärksten ausgeprägt. Dies deutet darauf hin, dass diese Länder strukturelle Herausforderungen bei der Anpassung an technologische Entwicklungen haben, insbesondere in Bezug auf Weiterbildungsangebote und arbeitsmarktpolitische Schutzme-

chanismen.

Die Regulierungsstrenge des Arbeitsmarkts zeigt differenzierte Effekte: Während sie für Geringqualifizierte tendenziell negativ wirkt (d. h. strengere Regulierung erhöht die Arbeitslosenquote), hat sie für Hochqualifizierte eher stabilisierende Effekte. Der Anteil tertiär gebildeter Personen hat in allen Bildungsgruppen einen signifikant negativen Einfluss auf die Arbeitslosenquote. Dies deutet darauf hin, dass eine höhere Bildungsbeteiligung langfristig dazu beiträgt, negative Beschäftigungseffekte der Digitalisierung abzumildern.

Zusammenfassend legen die Ergebnisse nahe, dass die Auswirkungen von Investitionen in ICT nicht nur durch technologische Faktoren bestimmt werden, sondern maßgeblich von wirtschaftlichen, politischen und institutionellen Rahmenbedingungen abhängen. In Ländern mit flexibleren Arbeitsmarktstrukturen und besser ausgebauten Weiterbildungssystemen fallen die negativen Effekte deutlich schwächer aus als in Ländern mit rigiden Strukturen.

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. Das bedeutet, dass die negativen Arbeitsmarkteffekte der Digitalisierung nicht nur auf niedrigqualifizierte Arbeitnehmer beschränkt sind, sondern auch mittel- und hochqualifizierte Arbeitskräfte betreffen können.

Ein alternativer Erklärungsansatz ist, dass durch Digitalisierung zunehmend auch hochqualifizierte Tätigkeiten automatisiert werden. Während in früheren Phasen der technologischen Entwicklung vor allem Routinearbeiten ersetzt wurden, könnten neuere technologische Fortschritte zunehmend auch komplexere kognitive Aufgaben übernehmen (**frey2017futuree**). Beispiele hierfür sind automatisierte Finanzanalysen, medizinische Diagnostik oder juristische Bewertungen durch Algorithmen.

Die Ergebnisse zeigen zudem, dass institutionelle Rahmenbedingungen eine zentrale Rolle für die Anpassung an digitale Transformationsprozesse spielen. Besonders in postsozialistischen und südeuropäischen Wohlfahrtsstaaten sind ICT-Investitionen mit stärkeren negativen Beschäftigungseffekten verbunden. Dies deutet darauf hin, dass diese Länder größere Schwierigkeiten haben, die digitalen Transformationsprozesse in ihre Arbeitsmarkt- und Bildungssysteme zu integrieren. In nordischen und mitteleuropäischen Wohlfahrtsstaaten sind diese Effekte hingegen schwächer ausgeprägt, was darauf hindeu-

tet, dass eine stärkere arbeitsmarktpolitische Absicherung und bessere Weiterbildungsangebote die negativen Effekte der Digitalisierung abfedern können (vgl. Esping-Andersen, 1990, S. 27-30).

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 Arbeitsmarktprobleme 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 unerwarteten negativen Beschäftigungseffekte für Hochqualifizierte werfen neue Fragen auf und legen nahe, dass Digitalisierung auch in wissensintensiven Sektoren Arbeitsplätze substituieren kann. Darüber hinaus ist es möglich, dass ICT-Investitionen nicht die Ursache, sondern die Folge von Arbeitslosigkeit sind, was die Notwendigkeit einer weiterführenden kausalen Analyse unterstreicht.

Diese Befunde verdeutlichen, dass eine erfolgreiche digitale Transformation nicht nur von technologischen Investitionen abhängt, sondern auch von arbeitsmarktpolitischen, wirtschaftlichen und bildungspolitischen Maßnahmen begleitet werden muss.

Literatur

- Acemoglu, D. (2002). Technical Change, Inequality, and the Labor Market. *Journal of Economic Literature*, 40(1), 7–72. <https://doi.org/10.1257/0022051026976>
- Acemoglu, D., & Autor, D. (2011). Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. In O. Ashenfelter & D. Card (Hrsg.), *Handbook of Labor Economics* (S. 1043–1171, Bd. 4). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(11\)02410-5](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(11)02410-5)
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. *Journal of Political Economy*, 128(6), 2188–2244. <https://doi.org/10.1086/705716>
- Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A., Stoica, I., & Zaharia, M. (2010). A View of Cloud Computing. *Communications of the ACM*, 53(4), 50–58. <https://doi.org/10.1145/1721654.1721672>
- Arntz, M., Gregory, T., & Zierahn, U. (2016). The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, (189), 1–35. <https://doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>
- Autor, D. H. (2015). Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3–30. <https://doi.org/10.1257/jep.29.3.3>
- Autor, D. H., Dorn, D., & Hanson, G. H. (2013). The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market. *American Economic Review*, 103(5), 1553–1597. <https://doi.org/10.1257/aer.103.5.1553>
- Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, 118(4), 1279–1333. <https://doi.org/10.1162/003355303322552801>
- Balsmeier, B., & Woerter, M. (2019). Is this time different? How digitalization influences job creation and destruction. *Research Policy*, 48(8), 103765. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.03.010>
- Baltagi, B. H. (2008). *Econometric Analysis of Panel Data*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-53953-5>
- Bartodziej, P. C. (2016). *The Concept Industry 4.0*. Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-16502-4>
- Brennen, J. S., & Kreiss, D. (2016). Digitalization. In *The International Encyclopedia of Communication Theory and Philosophy* (S. 1–11). <https://doi.org/10.1002/9781118766804.wbiect111>

- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (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>

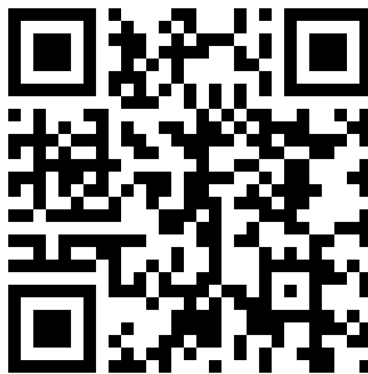
- Nickell, S. (1997). Unemployment and Labor Market Rigidities: Europe versus North America. *Journal of Economic Perspectives*, 11(3), 55–74. <https://doi.org/10.1257/jep.11.3.55>
- OECD. (2019). *Measuring the Digital Transformation: A Roadmap for the Future*. <https://doi.org/10.1787/9789264311992-en>
- OECD. (2020). *OECD Digital Economy Outlook 2020*. <https://doi.org/10.1787/bb167041-en>
- OECD. (2022a). Education Attainment Data Explorer [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 (EPL) Database [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>
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th) [Zuletzt abgerufen am 09. Februar 2025]. Pearson. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3614787>
- Schumpeter, J. A. (1976). *Capitalism, socialism and democracy*. Psychology Press.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum.
- Vu, K. M. (2011). ICT as a Source of Economic Growth in the Information Age: Empirical Evidence from the 1996–2005 Period. *Telecommunications Policy*, 35(4), 357–372. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2011.02.008>
- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data* (2nd). MIT Press.

A Anhang

A.1 Projektdaten

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



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



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

A.2 Erklärung zur Prüfungsleistung

Name, Vorname: Rau, Tobias Achim

Matrikelnummer: 6619097

Studiengang: Politikwissenschaften BA

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

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

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

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

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

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

Rödermark, 26. Februar 2025, _____
(Ort, Datum, Unterschrift)