

**Beschäftigungseffekte der
Digitalisierung in den Bundesländern
sowie in Stadt und Land**

**Matthias Firgo, Peter Mayerhofer, Michael Peneder,
Philipp Piribauer, Peter Reschenhofer**

Wissenschaftliche Assistenz: Fabian Gabelberger,
Andrea Grabmayer, Birgit Schuster,
Michael Weingärtler

Beschäftigungseffekte der Digitalisierung in den Bundesländern sowie in Stadt und Land

**Matthias Firgo, Peter Mayerhofer, Michael Peneder, Philipp Piribauer,
Peter Reschenhofer**

Dezember 2018

Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

Im Auftrag der Verbindungsstelle der Österreichischen Bundesländer

Begutachtung: Julia Bock-Schappelwein, Klaus S. Friesenbichler •

Wissenschaftliche Assistenz: Fabian Gabelberger, Andrea Grabmayer, Birgit Schuster, Michael Weingärtler

Inhalt

Dem arbeitssparenden Element des Einsatzes digitaler Technologien stehen positive Nachfrageeffekte durch eine Senkung der Produktionskosten und die Schaffung einer Vielzahl neuer Produkte gegenüber. Aufgrund der Komplexität dieser teils gegenläufigen Effekte sind theoretische Vorhersagen der Nettoeffekte des Einsatzes digitaler Technologien auf die Beschäftigung a priori kaum möglich. Ein strukturierter Survey der internationalen Literatur zeigt bisher überwiegend positive Wirkungen. Auch für Österreich liefern die im Rahmen der Studie durchgeführten Analysen vorwiegend positive Befunde: Die Beschäftigung wuchs in hoch digitalisierten Branchen in allen Bundesländern seit 2010 stärker als die Gesamtbeschäftigung. Insgesamt weisen urbane Regionen für hoch digitalisierte Branchen – bei beträchtlicher Heterogenität zwischen unterschiedlichen Indikatoren zur Messung des Digitalisierungsgrades – Standortvorteile gegenüber anderen Regionen auf, die sich in der Vergangenheit auch kaum verringerten. Die Nettoeffekte eines höheren Digitalisierungsgrades der lokalen Wirtschaft auf die Gesamtbeschäftigung vor Ort sind ebenso mehrheitlich positiv, wobei Regionen außerhalb der Zentren – bei entsprechender Ausstattung mit Humankapital – sowie die stärker von der Industrie geprägten Bundesländer besonders von einer hoch digitalisierten lokalen Wirtschaft profitieren dürften. Eine Verbesserung der Breitbandinfrastruktur (Downloadgeschwindigkeit) hat ebenfalls positive Effekte für die Beschäftigungsentwicklung, insbesondere für bevölkerungsarme Gemeinden und für Gemeinden mit anfangs niedriger Bandbreite sowie für die Beschäftigung in wissensintensiven Dienstleistungen. Für die Bevölkerungsentwicklung der Gemeinden scheint die Breitbandqualität hingegen, trotz damit verbundener besserer Möglichkeiten für Teleworking, eine vernachlässigbare Rolle zu spielen.

Rückfragen: regional@wifo.ac.at

2018/387-1/S/WIFO-Projektnummer: 1318

© 2018 Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

Medieninhaber (Verleger), Herausgeber und Hersteller: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung,
1030 Wien, Arsenal, Objekt 20 • Tel. (+43 1) 798 26 01-0 • Fax (+43 1) 798 93 86 • <https://www.wifo.ac.at/> • Verlags- und Herstellungsort: Wien

Verkaufspreis: 50 € • Kostenloser Download: <https://www.wifo.ac.at/www/pubid/61633>

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Übersichten	IV
Verzeichnis der Abbildungen	VI
Kurzfassung	1
1. <i>Motivation</i>	1
2. <i>Was sagt die bisherige Literatur?</i>	2
3. <i>Welche Bedeutung haben hoch digitalisierte Branchen für die einzelnen Regionen in Österreich?</i>	9
4. <i>Positive Beschäftigungseffekte mit deutlicher regionaler Heterogenität</i>	13
5. <i>Eine Verbesserung der Breitbandinfrastruktur begünstigt das Beschäftigungswachstum</i>	18
6. <i>Politische Schlussfolgerungen</i>	21
1. Einleitung	26
2. Digitalisierung und (regionale) Beschäftigungsentwicklung: Erkenntnisse aus der internationalen Literatur	29
2.1 <i>Digitale Technologien als zentraler Einflussfaktor in Wissensgesellschaft und internationaler Arbeitsteilung</i>	29
2.1.1 <i>"Digitalisierung": Was ist das?</i>	29
2.1.2 <i>Digitalisierung: Was müssen und was können wir dazu wissen?</i>	31
2.1.3 <i>Über welche ökonomischen Mechanismen wirkt Digitalisierung?</i>	34
2.1.4 <i>Produktivitätseffekte digitaler Technologien: Wo steht die Debatte?</i>	37
2.1.5 <i>Produktivitätseffekte digitaler Technologien: Was sagt die Empirie?</i>	40
2.2 <i>Beschäftigungswirkungen der digitalen Technologien</i>	45
2.2.1 <i>"Verdrängung" von Jobs – Digitalisierung als Jobkiller?</i>	45
2.2.2 <i>Welche Einflüsse bestimmen die Beschäftigungswirkung digitaler Technologien?</i>	49
2.2.3 <i>Beschäftigungswirkungen digitaler Technologien: Was sagt die Empirie?</i>	56
2.2.4 <i>"Polarisierung" in Beschäftigung und Einkommen durch digitale Technologien?</i>	59
2.3 <i>Digitalisierung und Raum: Unterschiedliche Effekte in städtischen und ländlichen Regionen?</i>	65
2.3.1 <i>Die Fragestellung: Konvergenz oder Divergenz durch digitale Technologien?</i>	65
2.3.2 <i>Was bestimmt die Raumwirkung digitaler Technologien?</i>	67
2.3.3 <i>Digitale Technologien und regionaler Ausgleich: Was sagt die Empirie?</i>	73
2.4 <i>Exkurs: Digitale Technologien und Teleworking – ein Überblick über Größenordnung und Wirkungen</i>	78

2.4.1	Welchen Umfang hat Teleworking derzeit?	79
2.4.2	Warum bleibt Teleworking schwächer als erwartet?	86
2.4.3	Welche Wirkungen hat Teleworking?	88
2.5	<i>Lessons learned: Ausgangshypothesen für die empirische Analyse</i>	92
3.	Die Bedeutung hoch digitalisierter Branchen in den Regionen Österreichs	95
3.1	<i>Einleitung</i>	95
3.2	<i>Neue Branchen-Taxonomien zur Digitalisierungsintensität</i>	95
3.2.1	Die WIFO-Taxonomie der Beschäftigung von IKT-Fachleuten	95
3.2.2	Die OECD Taxonomien zur IKT-Intensität im weiteren Sinn	97
3.2.3	Berechnung des Digitalisierungsgrads der regionalen Wirtschaft	99
3.3	<i>Regionale Dimensionen der Digitalisierung in Österreich</i>	101
3.3.1	IKT-Produzenten	102
3.3.2	IKT-Intensivnutzer	104
3.3.3	IKT-Fachkräfte	106
3.3.4	IKT-Allgemein	109
3.4	<i>Räumliche Konzentration, Konvergenz oder Divergenz?</i>	111
3.5	<i>Zwischenfazit</i>	115
4.	Der Einfluss des Digitalisierungsgrades auf die lokale Beschäftigungsentwicklung	117
4.1	<i>Einleitung</i>	117
4.2	<i>Methodische Beschreibung</i>	117
4.3	<i>Datenbasis und verwendete Variablen</i>	119
4.4	<i>Regressionsergebnisse</i>	124
4.5	<i>Zwischenfazit</i>	132
5.	Beschäftigungswirkungen von Breitbandinternet auf kleinräumiger Ebene	135
5.1	<i>Einleitung</i>	135
5.2	<i>RTR-Netztest und Downloadgeschwindigkeiten auf Gemeindeebene</i>	136
5.2.1	RTR-Netztest auf Gemeindeebene	136
5.3	<i>Ökonometrisches Modell und Daten</i>	140
5.4	<i>Regressionsergebnisse</i>	144
5.4.1	Beschäftigungswachstum	144
5.4.2	Beschäftigungseffekte in wissensintensiven Diensten	150
5.4.3	Effekte auf die Bevölkerungsentwicklung und Wanderungsbewegungen	152
5.5	<i>Zwischenfazit</i>	154
6.	Wirtschaftspolitische Notwendigkeiten zur Begleitung der Digitalisierung	157
6.1	<i>Einleitung</i>	157
6.2	<i>Regionale Struktur- und Innovationspolitik</i>	159

6.3	<i>Räumliche Infrastrukturpolitik</i>	162
6.4	<i>Bildungspolitik</i>	167
6.5	<i>Arbeitsmarktpolitik</i>	169
6.6	<i>Wettbewerbs- und Regulierungspolitik</i>	171
7.	Literaturverzeichnis	173
7.1	<i>Allgemeine Literatur</i>	173
7.2	<i>Literatur im empirischen Review</i>	189
Anhang A	Zum Digitalisierungsgrad der regionalen Wirtschaft	193
A.1	<i>Details zur WIFO-Taxonomie der Beschäftigung von IKT-Fachkräften</i>	193
A.2	<i>Der Digitalisierungsgrad der einzelnen Wirtschaftsbereiche nach WIFO- und OECD-Taxonomien</i>	196
A.3	<i>Weitere Abbildungen zum Digitalisierungsgrad der lokalen Wirtschaft</i>	198
Anhang B	Regressionstabellen zu Kapitel 2	203
B.1	<i>Regressionsergebnisse für alle Regionen</i>	203
B.2	<i>Regressionsergebnisse für städtische und ländliche Regionen</i>	211
B.3	<i>Regressionsergebnisse für die Bundesländer</i>	219
Anhang C	RTR-Netztest und Breitbandatlas: Ein Vergleich	227

Verzeichnis der Übersichten

Übersicht 2.1: Empirische Ergebnisse zum Einfluss digitaler Technologien auf Wachstum und Produktivitätsentwicklung	41
Übersicht 2.2: Empirische Ergebnisse zum Einfluss digitaler Technologien auf die Unternehmensdemographie	44
Übersicht 2.3: Empirische Ergebnisse zur potentiellen Verdrängung von Beschäftigten durch Automatisierung	47
Übersicht 2.4: Empirische Ergebnisse zum Einfluss digitaler Technologien auf den Arbeitsmarkt	57
Übersicht 2.5: "Polarisierung" der Beschäftigtenstruktur? Allgemeine Evidenz aus Länderstudien; Strukturierter Literatursurvey	62
Übersicht 2.6: Empirische Ergebnisse zum Einfluss digitaler Technologien auf unterschiedliche ArbeitnehmerInnengruppen	64
Übersicht 2.7: Empirische Ergebnisse zum Einfluss digitaler Technologien auf ländliche Regionen	74
Übersicht 2.8: Empirische Ergebnisse zum Einfluss digitaler Technologien auf städtische vs. ländliche Regionen	76
Übersicht 2.9: Heimbasierte Arbeit nach persönlichen Charakteristika und Bundesland	84
Übersicht 2.10: Heimbasierte Arbeit nach Job-Charakteristika und Bundesland	85
Übersicht 3.1: Anteil von IKT-Fachkräften nach Wirtschaftszweigen	97
Übersicht 3.2: Streuungsmaße der räumlichen Verteilung hoch digitalisierter Branchen und deren Entwicklung über die Zeit auf Ebene der Arbeitsmarktbezirke	112
Übersicht 3.3: Räumliche Konvergenz von Beschäftigung in hoch digitalisierten Branchen?	114
Übersicht 4.1: Beschäftigungseffekte der Digitalisierung der lokalen Wirtschaft	126
Übersicht 5.1: Regressionsergebnisse: Beschäftigungswachstum nach dem Arbeitsortprinzip	148
Übersicht 5.2: Regressionsergebnisse: Beschäftigungswachstum in urbanen Gemeinden	148
Übersicht 5.3: Regressionsergebnisse: Beschäftigungswachstum in ruralen Gemeinden	149
Übersicht 5.4: Regressionsergebnisse: Beschäftigungswachstum in Gemeinden mit geringer Downloadgeschwindigkeit	149
Übersicht 5.5: Regressionsergebnisse: Beschäftigungswachstum in Gemeinden mit hoher Downloadgeschwindigkeit	150
Übersicht 5.6: Regressionsergebnisse: Beschäftigungswachstum in wissensintensiven Diensten	151
Übersicht 5.7: Regressionsergebnisse: Bevölkerungswachstum	153
Übersicht 5.8: Regressionsergebnisse: Wanderungsbewegungen	154
Übersicht 5.9: Zusammenfassung der Effekte einer Verdoppelung der gemeindespezifischen Downloadgeschwindigkeit	156
Übersicht A.1: Eurostat Definition von IKT-Fachkräften nach Berufsgruppen (ISCO 08)	193
Übersicht A.2: Einteilung der Digitalisierungsintensität der ÖNACE-2-Steller nach OECD- und WIFO-Taxonomien	196
Übersicht A.3: Codes und Namen der österreichischen Arbeitsmarktbezirke	198
Übersicht B.1: Regressionsergebnisse IKT-Produzenten (alle Regionen)	203
Übersicht B.2: Regressionsergebnisse IKT-Intensivnutzer (alle Regionen)	204
Übersicht B.3: Regressionsergebnisse IKT-Fachkräfte (alle Regionen)	205
Übersicht B.4: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an IKT-Einsatz allgemein (alle Regionen)	206
Übersicht B.5: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an IKT-Vorleistungen (Waren; alle Regionen)	207
Übersicht B.6: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an IKT-Vorleistungen (Dienste; alle Regionen)	208
Übersicht B.7: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Einsatz von Robotern (alle Regionen)	209
Übersicht B.8: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an Online-Verkaufserlösen (alle Regionen)	210
Übersicht B.9: Regressionsergebnisse IKT-Produzenten (urbane und nicht-urbane Regionen)	211
Übersicht B.10: Regressionsergebnisse IKT-Intensivnutzer (urbane und nicht-urbane Regionen)	212
Übersicht B.11: Regressionsergebnisse IKT-Fachkräfte (urbane und nicht-urbane Regionen)	213
Übersicht B.12: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an IKT-Einsatz allgemein (urbane und nicht-urbane Regionen)	214
Übersicht B.13: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an IKT-Vorleistungen (Waren; urbane und nicht-urbane Regionen)	215

Übersicht B.14: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an IKT-Vorleistungen (Dienste; urbane und nicht-urbane Regionen)	216
Übersicht B.15: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Einsatz von Robotern (urbane und nicht-urbane Regionen)	217
Übersicht B.16: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an Online-Verkaufserlösen (urbane und nicht-urbane Regionen)	218
Übersicht B.17: Regressionsergebnisse IKT-Produzenten (nach Bundesländern)	219
Übersicht B.18: Regressionsergebnisse IKT-Intensivnutzer (nach Bundesländern)	220
Übersicht B.19: Regressionsergebnisse IKT-Fachkräfte (nach Bundesländern)	221
Übersicht B.20: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an IKT-Einsatz allgemein (nach Bundesländern)	222
Übersicht B.21: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an IKT-Vorleistungen (Waren; nach Bundesländern)	223
Übersicht B.22: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an IKT-Vorleistungen (Dienste; nach Bundesländern)	224
Übersicht B.23: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Einsatz von Robotern (nach Bundesländern)	225
Übersicht B.24: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an Online-Verkaufserlösen (nach Bundesländern)	226
Übersicht C.1: Vergleich zwischen Breitbandatlas und RTR-Netztest (Mobilnetz), Oktober 2015	231
Übersicht C.2: Vergleich zwischen Breitbandatlas und RTR-Netztest (Festnetz), Oktober 2015	232

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 2.1: Ökonomische Effekte der Digitalisierung: Sinkende Transaktionskosten	35
Abbildung 2.2: Beschäftigungswirkung neuer digitaler Technologien: Voraussetzungen und Effekte	50
Abbildung 2.3: Räumliche Effekte neuer digitaler Technologien: Mechanismen und Voraussetzungen	68
Abbildung 2.4: Bedeutung Telerworking in der Europäischen Union	80
Abbildung 2.5: Arbeit von zu Hause aus in der Europäischen Union	82
Abbildung 2.6: Heimbasierte Arbeit und Pendelzeiten in den EU 28	83
Abbildung 2.7: Heimbasierte Arbeit in den Bundesländern	84
Abbildung 3.1: Regionale Beschäftigungsanteile IKT-Produzierender Branchen	103
Abbildung 3.2: Beschäftigungsanteile IKT-Produzierender Branchen nach Arbeitsmarktbezirken	104
Abbildung 3.3: Regionale Beschäftigungsanteile intensiv IKT-nutzender Branchen	105
Abbildung 3.4: Beschäftigungsanteile intensiv IKT-nutzender Branchen nach Arbeitsmarktbezirken	106
Abbildung 3.5: Geschätzte regionale Beschäftigungsanteile von IKT-Fachkräften	107
Abbildung 3.6: Geschätzte Beschäftigungsanteile von IKT-Fachkräften nach Arbeitsmarktbezirken	108
Abbildung 3.7: Beschäftigungsanteile allgemein IKT-intensiver Branchen (OECD)	109
Abbildung 3.8: Beschäftigungsanteile allgemein IKT-intensiver Branchen (OECD) nach Arbeitsmarktbezirken	110
Abbildung 4.1: Beschäftigungsentwicklung im Untersuchungszeitraum	121
Abbildung 4.2: Beschäftigungseffekte in Abhängigkeit des lokalen Humankapitals	132
Abbildung 5.1: Räumliche Verteilung der RTR-Netztest-Messungen im Jahr 2015	137
Abbildung 5.2: Downloadgeschwindigkeiten auf Gemeindeebene, 2013 (logarithmierte Skala)	139
Abbildung 5.3: Wachstumsrate der Downloadgeschwindigkeiten auf Gemeindeebene (in %), 2013-2016	139
Abbildung 5.4: Konvergenz der Download- und Upload-Geschwindigkeiten, 2013-2016	140
Abbildung 6.1: Anteil von Glasfaserverbindungen an den gesamten Breitbandabonnements	165
Abbildung A.1: Cluster Heatmap – IKT-Fachkräfte	194
Abbildung A.2: Landkarte der österreichischen Arbeitsmarktbezirke	198
Abbildung A.3: Beschäftigungsanteile von Branchen mit hohem Einsatz an IKT-Vorleistungen (Waren)	199
Abbildung A.4: Beschäftigungsanteile von Branchen mit hohem Einsatz an IKT-Vorleistungen (Waren) nach Arbeitsmarktbezirken	199
Abbildung A.5: Beschäftigungsanteile von Branchen mit hohem Einsatz an IKT-Vorleistungen (Dienste)	200
Abbildung A.6 Beschäftigungsanteile von Branchen mit hohem Einsatz an IKT-Vorleistungen (Dienste) nach Arbeitsmarktbezirken	200
Abbildung A.7: Beschäftigungsanteile von Branchen mit hohem Einsatz von Robotern	201
Abbildung A.8: Beschäftigungsanteile von Branchen hohem Einsatz von Robotern nach Arbeitsmarktbezirken	201
Abbildung A.9: Beschäftigungsanteile von Branchen mit hohem Anteil an Online-Verkaufserlösen	202
Abbildung A.10: Beschäftigungsanteile von Branchen mit hohen Online-Verkaufserlösen nach Arbeitsmarktbezirken	202
Abbildung C.1: Downloadgeschwindigkeiten Breitbandatlas auf Gemeindeebene (Festnetz), Oktober 2015	229
Abbildung C.2: Downloadgeschwindigkeiten Breitbandatlas auf Gemeindeebene (Mobilnetz), Oktober 2015	229
Abbildung C.3: Vergleich zwischen Breitbandatlas und RTR-Netztest (Mobilnetz), Oktober 2015	231
Abbildung C.4: Vergleich zwischen Breitbandatlas und RTR-Netztest (Festnetz), Oktober 2015	232

Kurzfassung

1. Motivation

Digitale Technologien durchdringen immer mehr Bereiche wirtschaftlicher Aktivitäten. Als Folge dieses Prozesses können Arbeitsplätze durch Automatisierung und den Einsatz digitaler Technologien gänzlich verschwinden oder sich grundlegend im Anforderungsprofil wandeln. Auch ganze Geschäftszweige und Modelle können verschwinden. Zugleich können gänzlich neue Märkte, Unternehmen und Berufsbilder geschaffen werden bzw. können in jedem Unternehmen zusätzliche Arbeitsplätze entstehen, welche die relevante Technologie entwickeln, (ver)kaufen, warten und sichern (Bock-Schappelwein – Famira-Mühlberger – Leoni, 2017).

Tatsächlich ist die Wirkung digitaler Technologien auf die Beschäftigung aufgrund der Vielzahl von Wirkungskanälen äußerst komplex und der gesamte Nettoeffekt aufgrund der teils gegenläufigen partiellen Effekte aus theoretischer Perspektive a priori unklar. Theoretisch offen ist außerdem die räumliche Dimension dieses Wandels, also die Frage, wie sich Digitalisierung auf unterschiedliche Regionen (etwa auf städtische bzw. ländliche Regionen bzw. einzelne Bundesländer) auswirkt. Digitalisierung führt zunehmend zu einer vermeintlich "raumlosen" Welt, in welcher räumliche Distanz für viele Bereiche des Wirtschafts- und Gesellschaftslebens eine immer geringere Rolle spielt. Angebot und Nachfrage sind häufig nicht mehr räumlich aneinander gebunden, immer mehr Leistungen können prinzipiell ortsungebunden erbracht bzw. konsumiert werden.

Diese Entwicklung spricht für eine Aufwertung des ländlichen Raums, weil seine Vorteile in Arbeitskosten und Immobilienpreisen, aber auch sein oft höherer Freizeit- und Erholungswert bei sinkenden Kosten der Distanzüberwindung stärker auf die Standortwahl von Unternehmen und EinwohnerInnen durchschlagen sollten. Allerdings gibt es in der internationalen Literatur viele Hinweise darauf, dass Städte trotz des vermeintlichen Bedeutungsverlusts von Raum und Distanz im Zeitalter digitaler Kommunikation weiter stark an Bedeutung gewinnen. Die bessere Ausstattung mit Infrastruktur, "Humankapital" und technologieorientierten Unternehmen sowie die einfachere Face-to-Face-Kommunikation bei räumlicher Nähe zwischen den unterschiedlichen Akteuren sprechen auch künftig für Standortvorteile (Agglomerationsvorteile) der großen Ballungsräume.

Ziel des vorliegenden Projekts ist deshalb eine erstmalige vertiefende Analyse der Beschäftigungseffekte durch Digitalisierung auf räumlich differenzierter Ebene für Österreich. Durch Unterschiede in der Wirtschaftsstruktur und Infrastruktur, in Technologieniveaus und in der Ausstattung mit digitalen Skills der ansässigen Bevölkerung und Unternehmen waren dabei vorab durchaus unterschiedliche Effekte und Entwicklungen zwischen städtischen und ländlichen Regionen, aber auch zwischen den Bundesländern zu erwarten. Das Projekt untersuchte diese Effekte in verschiedenen Dimensionen und unter Einsatz unterschiedlicher Methoden: Kapitel 2 der Studie widmet sich im Rahmen eines strukturierten Surveys einem ausführlichen Studium der internationalen Literatur zur Beschäftigungswirkung der Digitalisierung. Kapitel 3 stellt den Digi-

talisierungsgrad der regionalen Wirtschaft in Österreich auf regionaler Ebene über die Beschäftigungsanteile hoch digitalisierter Branchen im regionalen Vergleich und deren Entwicklung über die Zeit dar. Kapitel 4 schätzt im Rahmen einer ökonometrischen Analyse auf Ebene der österreichischen Bezirke die Netto-Effekte eines höheren Digitalisierungsgrades der lokalen Wirtschaft auf die Gesamtbeschäftigung vor Ort und untersucht dabei Unterschiede zwischen Typen von Regionen und Bundesländern. Kapitel 5 analysiert den Zusammenhang zwischen Beschäftigung- bzw. Bevölkerungswachstum und der Breitbandinfrastruktur auf Ebene der österreichischen Gemeinden. Kapitel 6 diskutiert politische Handlungsfelder und Ansatzpunkte im Kontext der empirischen Ergebnisse der Studie und der internationalen Literatur.

Zu betonen bleibt allerdings, dass auch eine intensive Befassung mit dem Thema Unsicherheiten über die weitere Technologieentwicklung und deren Konsequenzen nicht beseitigen können wird. Generell ist zu betonen, dass die kurzfristigen Auswirkungen digitaler Technologieentwicklung oft überschätzt werden (weil die notwendigen Umsetzungsvoraussetzungen zu wenig beachtet werden), gleichzeitig aber die langfristigen Folgen unterschätzt werden, weil sie erst nach einer Vielzahl komplementärer Veränderungen vollständig wirksam werden ("Amaras Gesetz"; Mokyr *et al.*, 2015). Vor diesem Hintergrund kann die vorliegende Studie daher nicht das Ziel verfolgen, eine möglichst exakte "Prognose" des zukünftigen Entwicklungspfad digitaler Technologien und seiner Wirkungen zu liefern.

2. Was sagt die bisherige Literatur?

Studien zum Verdrängungspotential durch Automatisierung prägen die öffentliche Debatte

Kapitel 2 der vorliegenden Studie beschäftigt sich intensiv mit der bisherigen Literatur der ökonomischen Wirkung von digitalen Technologien. Die einschlägige Literatur zeigt mittlerweile deutlich signifikante Einflüsse digitaler Technologien auf Produktivität und Wirtschaftswachstum. Damit rückt die Frage nach den damit verbundenen Beschäftigungs- und Arbeitsmarktwirkungen in den Vordergrund. Tatsächlich hat diese Fragestellung in den letzten Jahren in Forschung wie öffentlicher Debatte erheblich an Bedeutung gewonnen, ohne zu einem abschließenden Ergebnis zu führen. Bestimmend für die Grundstimmung in der (öffentlichen) Debatte waren in den letzten Jahren die Ergebnisse von Versuchen, die Arbeitsplatzeffekte verstärkter Automation zu erfassen.

Diese Studien orten auf Basis einer detaillierten Bewertung der einzelnen Tätigkeiten ein doch massives (rein technisches) Verdrängungspotential, wobei sich die Ergebnisse danach unterscheiden, ob bei dieser Bewertung der technologischen Substituierbarkeit (ganze) Berufe oder einzelne Arbeitsinhalte ("tasks", als Teile der beruflichen Tätigkeit) betrachtet werden. Die Aussagekraft letzterer scheint insofern überlegen, als durch die hier tiefere Granulation der Analyse Fehler aus einer pauschalen Einordnung ganzer Berufsgruppen vermieden werden können. Auch diese Studien rechnen allerdings immer noch mit potentiellen Arbeitsplatzverlusten von

9% im OECD-Durchschnitt und Werten zwischen 9% und 12% für Österreich¹⁾). Die OECD (2018) errechnete (auf Basis eines reinen Strukturansatzes) erstmals jüngst auch Werte für die regionale Ebene. Danach dürfte der Anteil von Beschäftigten mit hohem Automationsrisiko in Westösterreich leicht höher sein als in Ostösterreich, was wohl mit dem höheren Anteil an Dienstleistungen im Osten des Landes (v.a. Wien) in Zusammenhang stehen dürfte.

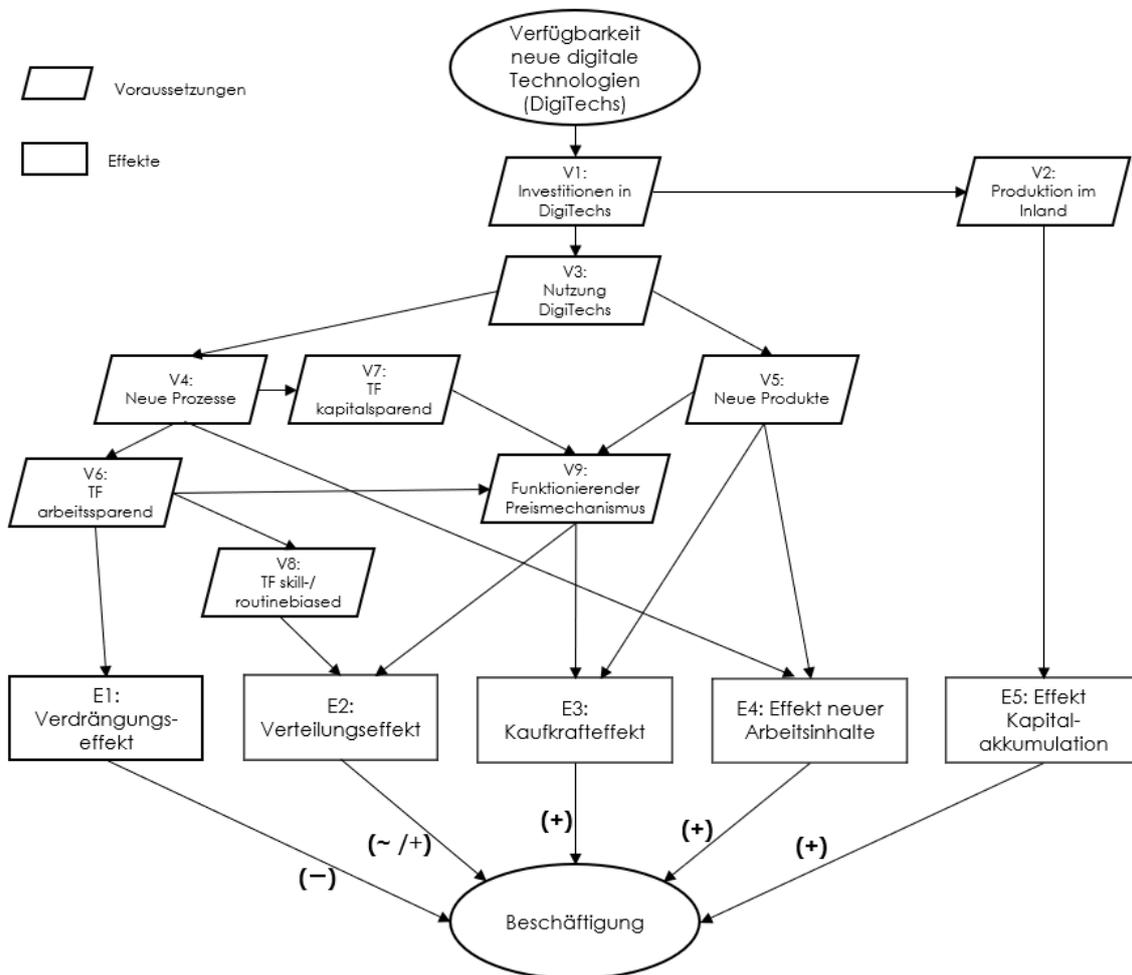
Insgesamt stellen diese Studien zum technologischen Substitutionspotential damit bei allen methoden- und datenbedingten Unterschieden ausnahmslos relevante (und oft auch dramatische) Beschäftigungsverluste in den Raum, was die Einstellung der breiten Öffentlichkeit zu digitalen Technologien ohne Zweifel stark beeinflusst hat. Problematisch ist dies insofern, als diese Studien große Schwächen haben, die sie als Grundlage für eine evidenzbasierte Einschätzung der (gesamten) Arbeitsmarktwirkungen digitaler Technologien weitgehend entwerfen. Das Spektrum von Kritikpunkten ist breit (siehe dazu etwa Tichy, 2016 bzw. Kurz, 2017). Am schwersten wiegt dabei die Tatsache, dass diese Arbeiten ausschließlich die Substituierbarkeit von Arbeit durch digitale Technologien betrachten und deren (potentiell) positive Wirkungen auf (Beschäftigungs-)Nachfrage und Wettbewerbsfähigkeit durch Produktivitätsgewinne, neue Produkte und Märkte gänzlich außer Acht lassen.

Theoretische Vorhersagen sind durch die hohe Komplexität der Wirkungskanäle unmöglich

Wie Abbildung 1 verdeutlicht, sind die Beschäftigungswirkungen digitaler Technologien Ergebnis eines komplexen Zusammenspiels unterschiedlicher Wirkungskanäle und deren Voraussetzungen. Unmittelbar ableitbar aus Abbildung 1 ist zunächst, dass der Zusammenhang zwischen der Verfügbarkeit neuer digitaler Technologien und den letztlich zu erwartenden Beschäftigungseffekten nach den Ergebnissen der neueren Literatur keineswegs eindeutig und linear ist. Vielmehr wirken eine ganze Reihe unterschiedlicher Effekte aus dem Einsatz digitaler Technologien (E1 bis E5) mit unterschiedlicher Wirkungsrichtung auf das Beschäftigungsergebnis ein. Die Existenz dieser Effekte sowie ihre Größenordnung und zeitliches Profil sind wiederum an eine Reihe von Voraussetzungen geknüpft, die den Diffusionspfad der technologischen Neuerung (V1, V3), die Art des dadurch ausgelösten technischen Fortschritts (V4 bis V7) sowie die daraus folgenden Marktreaktionen (V2, V8, V9) betreffen. Dies macht allein auf ökonomischer Theorie basierte Erwartungen zu den gesamten Beschäftigungswirkungen (als Saldo) gänzlich unmöglich.

¹⁾ Rezente Analysen Nedelkoska – Quintini (2018), OECD (2018a) bringen letztlich Verbesserungen in der Bewertung der ausgeübten Tätigkeiten. Gleichzeitig errechnen sie die Anteile betroffener Beschäftigter aber auf Basis breiter Berufsgruppen und fallen damit in der Granulation der Analyse wieder hinter Vorgängerarbeiten zurück. Ihre Ergebnisse liegen daher mit Beschäftigtenanteilen von 14% (hohes Automationsrisiko) bzw. 31,6% (signifikantes Automationsrisiko) für die OECD-Länder bzw. 16,6% und 29,7% für Österreich wieder etwas höher.

Abbildung 1: Beschäftigungswirkung neuer digitaler Technologien



Q: WIFO-Darstellung. – (~) ... Wirkung ex-ante unbestimmt. TF ... Technischer Fortschritt.

Bisherige empirische Befunde zur Beschäftigungswirkung sind überwiegend positiv

Eine strukturierte Sichtung der bisher vorliegenden empirischen Evidenz zu den (gesamten) Arbeitsmarktwirkungen digitaler Technologien lässt zunächst erkennen, dass dazu zwar mittlerweile eine Vielzahl von Analysen vorliegt, nur ein kleiner Teil davon aber Methoden verwendet, die zumindest in rudimentärer Form auch eine kausale Interpretation ihrer Ergebnisse zulassen. Immerhin erfüllen 35 der gesichteten Studien dieses Kriterium. Von diesen Arbeiten evaluiert die große Mehrheit (31) die Wirkungen digitaler Technologien auf das Beschäftigungsniveau. Die Ergebnisse dieser Analysen sind weniger eindeutig als jene zu den Wirkungen auf die Produktivitätsentwicklung oder Unternehmensdemographie. Dennoch zeichnen sie gemessen an den theoretisch unklaren Erwartungen aus teils gegenläufigen (Teil-)Effekten ein überraschend klares Bild: Knapp die Hälfte der Studien (17) stellt signifikant positive (Netto-)Effekte aus dem Einsatz digitaler Technologien auf den Arbeitsmarkt fest, weitere 16 finden differenzierte (6) oder

keine signifikanten (10) Wirkungen. Ergebnisse, die signifikant negative digitalisierungsbedingte Effekte auf den Arbeitsmarkt orten (2), bleiben damit klar in der Minderheit. Auch beide bisher für Österreich durchgeführte Studien (*Firgo, 2016; Zilian et al., 2017*) gelangen zu positiven Ergebnissen.

Insgesamt bieten die vorliegenden – tendenziell kausal interpretierbaren – empirischen Arbeiten für Befürchtungen zu digitalisierungsbedingten Verwerfungen am Arbeitsmarkt bislang keinerlei Grundlage. Gleichzeitig zeigen ihre im Detail heterogenen (wenn auch insgesamt positiven) Resultate freilich, dass pauschale Aussagen zu "dem" Effekt digitaler Technologien auf den Arbeitsmarkt kaum sinnvoll zu treffen sind. So liegt Evidenz für Wirkungsunterschiede in zeitlicher Dimension (kurzfristig negativ vs. langfristig positiv) bzw. nach betrachteter technologischer Generation (mit höherem Effekt "früher" Breitbandversionen) vor. Vorrangig sind es aber Unterschiede nach Regionen, ArbeitnehmerInnengruppen und Sektoren bzw. Branchen, welche die Ergebnisse der vorliegenden Literatur kennzeichnen.

Zunehmende Polarisierung der Beschäftigungsnachfrage zulasten mittlerer Qualifikationen?

Technischer Fortschritt hat daher immer (auch) Veränderungen in der Nachfrage nach unterschiedlichen Beschäftigtengruppen und deren Entlohnung zur Folge, wobei er über weite Strecken des 19. und 20. Jahrhunderts zunehmend höhere Qualifikationen erforderte und vor allem Geringqualifizierte zurückließ ("skill-biased technological change"). Damit verbunden waren klare Konsequenzen für die Ausrichtung der Qualifizierungspolitik (Stichwort "Höherqualifizierung"). Nun deutet neuere Evidenz hier insofern eine Trendwende an, als eine Reihe von Studien für die USA, aber auch für europäische Länder in den letzten Jahren steigende Beschäftigtenanteile von Hoch- und Geringqualifizierten zu Lasten mittlerer Qualifikationen dokumentieren – eine "Polarisierung" (*Goos – Manning, 2003*) in der Beschäftigungsnachfrage. Danach erfordern digitale Technologien nicht generell höhere Fertigkeiten (und damit höhere Qualifikationen) der Arbeitskräfte.

Vielmehr erfordert die Digitalisierung ganz *spezifische* Fertigkeiten, die nicht (mehr) linear mit dem formellen Qualifikationsniveau verknüpft sind. Dies deshalb, weil digitale Technologien (wie Robotik oder Algorithmen) vor allem berufliche *Arbeitsinhalte* ("tasks") substituieren (können), die auf expliziten Regeln basieren (also erhebliche "Routine"-Elemente enthalten), daher leichter in Computer-Codes abbildbar und damit automatisierbar sind ("routine-biased technological change"). Sie sind nicht allein in Berufen mit geringen Qualifikationsanforderungen zu finden, sondern auch in vielen (und großen) Berufsgruppen mittlerer Qualifikation – etwa im Gros der Verwaltungsberufe und der repetitiven (standardisierbaren) Dienstleistungen (etwa im Zahlungsverkehr). Dabei nimmt das Spektrum potentiell durch Robotik bewältigbarer (auch kognitiver) Arbeitsinhalte bei Fortschritten in Maschinenlernen und Künstlicher Intelligenz (KI) laufend zu.

Für Österreich (und auch Deutschland) wird bisher eine vergleichsweise hohe Stabilität mittlerer Qualifikationen beobachtet. Dies wird nicht zuletzt auf das hoch differenzierte System der (dualen, aber auch vollzeitschulischen) Berufsausbildung zurückgeführt (etwa *Bock-Schappel-*

wein, 2016; Tichy, 2018), das sehr vielfältige Ausbildungen und Kompetenzen hervorbringt. Ihre AbsolventInnen sind damit an den unterschiedlichsten Positionen im Unternehmen flexibel einsetzbar, was eine Substituierbarkeit durch Automaten entsprechend einschränkt.

Führt Digitalisierung zu Konvergenz oder Divergenz zwischen Zentrum und Peripherie?

Räumliche Unterschiede in den Beschäftigungseffekten digitaler Technologien sind allein schon aus strukturellen Effekten zu erwarten, weil ihre Wirkungen nach Branchen und Qualifikationen (wie oben beschrieben) unterschiedlich sind. Damit werden auch die einzelnen Regionen je nach ihren strukturellen Voraussetzungen unterschiedlich vom digitalen Wandel betroffen sein. Wesentlicher scheint allerdings, dass digitale Technologien entscheidenden Einfluss darauf haben, wo und wie Güter und Dienste produziert, gehandelt und ausgeliefert werden, auch verändern sie den Marktzugang und die Marktreichweite der Unternehmen (insbesondere von KMU und im Dienstleistungsbereich) und beeinflussen damit grundlegend deren Wettbewerb.

Insgesamt kann von digitalen Technologien also eine erhebliche Raumwirkung erwartet werden, was nicht überraschend eine breite Forschungsliteratur ausgelöst hat. Sie kreist vor allem um die Frage, inwieweit digitale Technologien zu einer Verschiebung ökonomischer Vorteile innerhalb der Länder führen, wobei deren Wirkung auf räumliche Disparitäten und besonders auf die Entwicklungschancen von Zentrum und Peripherie im Vordergrund steht. So erwarteten frühe Ansätze aus (digitalisierungsbedingt) sinkenden Transport-, Kommunikations- und Suchkosten eine dramatische Abnahme der Bedeutung der Distanz für ökonomische Aktivitäten ("death of distance"; Cairncross, 1997), die Partizipation an Arbeitsteilung und Handel werde damit vom Standort unabhängig ("flat world"; Friedman, 2005). Gleichzeitig entfallen mit dem Bedeutungsverlust von Informations-, Kommunikations- und Suchkosten der zentrale Vorteil städtischer Räume, diese Kosten durch die Nähe vieler Akteure zu senken (Gaspar – Glaeser, 1998). Als Folge wurden eine Konvergenz der regionalen Entwicklung und die Auflösung des Zentrum-Peripherie-Gefälles erwartet.

Nun hat sich diese Erwartung eines technologiebedingten Ausgleichs regionaler Unterschiede zumindest bisher kaum erfüllt: Empirische Arbeiten zur regionalen Entwicklung in Europa belegen vielmehr erhebliche und über die Zeit persistente räumliche Disparitäten in Einkommen, Produktivität und Beschäftigung auf allen geographischen Ebenen. Die neuere Literatur identifiziert eine Reihe von Voraussetzungen, die erfüllt sein müssen, damit digitale Technologien auch tatsächlich eine dämpfende Wirkung auf regionale Unterschiede entfalten (können):

- *Substituierbarkeit Offline- durch Online-Kommunikation*: Die implizite Annahme für die Erwartung insgesamt stark sinkender Informations-, Kommunikations- und Suchkosten durch neue digitale Technologien ist, dass diese neuen Kommunikationskanäle bisherige (Offline-)Kanäle (darunter nicht zuletzt die Face-to-face-Kommunikation) ersetzen können.
- *Verfügbarkeit notwendiger komplementärer Inputs*: Voraussetzung für eine räumlich ausgleichende Wirkungen digitaler Technologien ist zudem, dass die für ihre Funktions-

fähigkeit komplementären Inputs (Humanressourcen, Infrastruktur, begleitende Beratungsdienste, etc.) verfügbar sind und die Ausstattung mit diesen Inputs nicht ungleich im Raum verteilt ist.

- *Räumliche Wettbewerbsfähigkeit*: Durch digitale Technologien geht auch die "Schutzfunktion" geographischer Distanz verloren geht, welche peripheren Anbietern gegenüber Wettbewerbern aus den Zentren traditionell ein "räumliches Monopol" (Palander, 1935) bescherte (vgl. Handel, Finanzdienstleistungen, Kinos, etc.). Weisen Anbieter in Zentren Qualitäts- oder Effizienzvorteile gegenüber peripheren Anbietern auf, kann dies mit einer stärkeren räumlichen Konzentration (und nicht mit einer regional gleichmäßigeren Verteilung) einhergehen, mit besonderen Vorteilen für große Städte bzw. Metropolregionen.
- *Keine "digitale Kluft"*: Nicht zuletzt kann für eine Wirkung digitaler Technologien in Richtung regionaler Konvergenz als (notwendige) Bedingung gelten, dass sie flächendeckend und in gleicher Qualität verfügbar sind und auch regional gleichmäßig breit genutzt werden. Allerdings liegt sowohl angebots- als auch nachfrageseitig (auch für Österreich) klare Evidenz für das Bestehen einer "digitalen Kluft" vor.

Die bisherige empirische Literatur zeigt tendenziell höhere Effekte für städtische Regionen

Im Rahmen des strukturierten Literatursurveys wurde in Kapitel 2 die bisherige empirische Evidenz zum Einfluss digitaler Technologien auf städtische bzw. ländliche Regionen analysiert (Übersicht 1). Über alle untersuchten Zielindikatoren hinweg fanden von 19 Studien, welche eine einigermaßen kausale Interpretation der Effekte zulassen, insgesamt 14 positive Effekte auf Städte und 12 für ländliche Regionen. Nur jeweils eine Studie findet dabei negative Effekte. 9 Studien finden höhere Effekte in städtischen, 4 Arbeiten höhere Effekte für ländliche Regionen. Unter jenen Studien, welche sich dem Einfluss digitaler Technologien auf die Beschäftigung in ländlichen Regionen widmen, identifiziert immerhin die Hälfte der Ergebnisse (4) einen signifikant positiven Einfluss, wobei auch hier die überwiegende Mehrheit höhere Effekte für städtische Regionen feststellt. Bemerkenswert ist letztlich, dass eine Reihe der vorliegenden Analysen auch deutliche Ergebnisunterschiede innerhalb der analysierten ländlichen Räume findet. Dabei scheinen in der Tendenz ländliche Regionen nahe Zentren eher von digitalen Technologien zu profitieren als ländlich-periphere Gebiete.

Übersicht 1: Empirische Ergebnisse zum Einfluss digitaler Technologien auf städtische vs. ländliche Regionen

Strukturierter Literatursurvey, Anzahl der Studien

Evaluiertes Outcome	Insgesamt	Gesamteffekt			Städtisch			Ländlich			Höhere Effekte in		
		Positiv	Keiner	Negativ	Positiv	Keiner	Negativ	Positiv	Keiner	Negativ	Städtisch	Ländlich	Region mit Qualifikationsvorteil
Alle Indikatoren insgesamt	19	15	3	1	14	3	1	12	5	1	9	4	2
Beschäftigte	9	6	2	1	5	2	1	4	3	1	5	1	2
Bevölkerung	2	2	0	0	2	0	0	2	0	0	0	2	0
Beschäftigungsquote	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
Einkommen	3	2	1	0	2	1	0	1	2	0	1	0	0
Produktivität	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
KIBS-Besatz	2	2	0	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0
Immobilienpreis	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0

Q: WIFO-Zusammenstellung. – Auszählung "Gesamteffekt" erfasst alle Ergebnisse (Summe = insgesamt), Auszählung Teilkategorien erfasst allein getestete und positive Ergebnisse (Summe meist < insgesamt). KIBS ... Wissensintensive Unternehmensdienste ("Knowledge Intensive Business Services").

Potentiale des Teleworking?

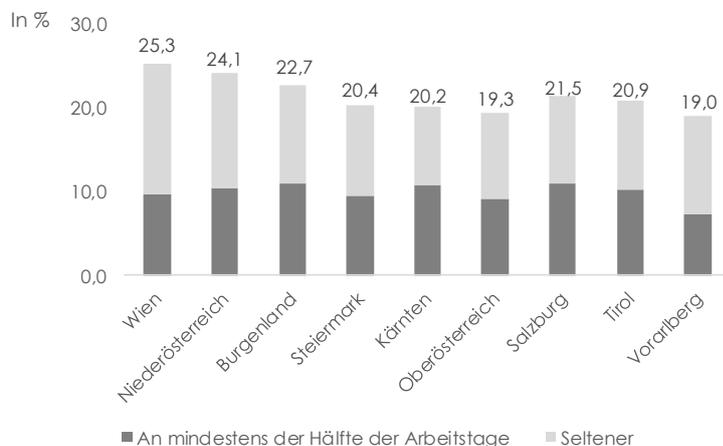
Digitale Technologien sind nicht zuletzt Grundlage für alle Formen des Teleworking, wobei die Möglichkeiten dazu mit schnellem Internet, Smartphone und "Cloud Computing" zuletzt stark zugenommen haben. Vergleichende Analysen zum Umfang und zu den Wirkungen von Telearbeit sind schwierig, weil eine regelmäßige Erhebung zu Umfang und Art dieser Arbeitsform im Rahmen der offiziellen Sekundärstatistik fehlt. Auf regionaler Ebene können für Österreich lediglich Daten aus dem Mikrozensus bzw. der europäischen Arbeitskräfteerhebung Aufschluss bieten, die Informationen zur Arbeit von "zu Hause aus" enthalten (Abbildung 2)²⁾.

Die Wirkung von Teleworking auf Siedlungsstrukturen, Verkehr und Umwelt ist ambivalent, tatsächlich kann das Gros neuerer Arbeiten einen relevanten negativen Zusammenhang zwischen Teleworking und Reisewegen bzw. -zeiten nicht nachweisen. Dies insbesondere, da die durch Heimarbeit erzielte Zeitersparnis wieder andere (potentiell reiseintensive) Aktivitäten verstärkt und Teleworking letztlich auch die Wohnortwahl (in Richtung reiseintensiverer Standorte) beeinflussen kann (Mokhtarian et al., 2004). In Hinblick auf die Wohnortwahl, ist vor allem die Frage nach der Kausalität zwischen Pendeldistanz und Teleworking relevant. Unstrittig ist, dass Teleworking mit längeren Pendelwegen einhergeht (etwa Mokhtarian et al., 2004; Zhu, 2013; De Abreu e Silva – Melo, 2017). Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass Teleworking als Strategie zur Senkung von Pendelkosten gewählt wird (Mokhtarian et al., 2004; Nurul Habib et al., 2012), aber auch daher rühren kann, dass Teleworking eine dezentralere Wohnortwahl ermöglicht bzw. auslöst (Kim et al., 2012).

²⁾ Sie bieten damit Einblicke in Umfang und Charakteristik von "heimbasierter" Arbeit als einer Arbeitsform, die mit Teleworking zwar nicht deckungsgleich ist, aber relevante Teile davon enthält.

Abbildung 2: Heimbasierte Arbeit in den Bundesländern

Mikrozensus; in Prozent der Erwerbstätigen; 2017



Q: Statistik Austria (Mikrozensus); WIFO-Berechnungen.

So konnte gezeigt werden, dass die Wahrscheinlichkeit von Teleworking bei hohen Pendelkosten bzw. -zeiten höher ist. Auch konnte gezeigt werden, dass Personen, welche bereits telearbeiten und in der Folge übersiedeln, mit höherer Wahrscheinlichkeit einen Wohnort näher an der Arbeitsstelle wählen, während solche, die Teleworking nach einer Übersiedlung beginnen, zuvor weiter von ihrer Arbeitsstelle weggezogen sind (Ory – Mokhtarian, 2006). Gleichzeitig zeigen Analysen, welche die Determinanten der Wohnstandortwahl direkt zu testen suchen, in vielen Fällen keinen signifikanten Einfluss von Teleworking (etwa Cleary et al., 2010; Etema, 2010). Zudem liegt klare Evidenz vor, dass auch Personen in Innenstädten Teleworking als Arbeitsform wählen (Hjorthol, 2006). Insgesamt bleibt der Zusammenhang zwischen Teleworking und Reiseverhalten damit ambivalent. Damit können von dieser Arbeitsform auch keine entscheidenden Beiträge zur Lösung der Umwelt- und Klimaproblematik erwartet werden.

3. Welche Bedeutung haben hoch digitalisierte Branchen für die einzelnen Regionen in Österreich?

Neue Branchen-Taxonomien zur Digitalisierung ermöglichen eine vielschichtige regionale Perspektive

Neue Branchen-Taxonomien des WIFO und der OECD erlauben disaggregierte Betrachtungen der regionalen Wirtschaftsstruktur in Hinblick auf ihren Digitalisierungsgrad aus unterschiedlichen Blickwinkeln der Digitalisierung (IKT-Produktion, IKT-Nutzung, IKT-Fachkräfte, Robotik, IKT-Vorleistungen, Online-Vertrieb, IKT-Intensität allgemein). Mithilfe dieser wurde in Kapitel 3 der vorliegenden Studie erstmals umfassend die regionale Bedeutung hoch digitalisierter Branchen auf Ebene der Bundesländer und Bezirke sowie für urbane und nicht-urbane (d. h. industriell und ländlich geprägte) Bezirke analysiert. Die Analysen betrachteten dabei sowohl den Status quo – also die jeweiligen Beschäftigungsanteile hoch digitalisierter Branchen – am aktuellen

Rand (2017), als auch die Veränderung deren Bedeutung für die regionalen Arbeitsmärkte seit 2010.

Laut der OECD-Branchentaxonomie zur allgemeinen IKT-Intensität einer Branche, sind in Österreich etwa 20% der unselbständig Beschäftigten hoch digitalisierten Branchen zuzuordnen, wobei der Anteil in urbanen Regionen mit 25% deutlich höher ist, als in nicht-urbanen (d. h. industriell oder ländlich geprägten) Regionen (15%), wie in Abbildung 3 dargestellt. Während in Wien 30,4% der Beschäftigten hoch digitalisierten Branchen zuzuordnen sind, trifft dies im Burgenland nur auf etwa 14,7% der Beschäftigten zu. Auf kleinräumiger Ebene weist am aktuellen Rand der Arbeitsmarktbezirk Steyr (Stadt und Land) mit 34,5% den höchsten, Jennersdorf mit 7,4% den niedrigsten Beschäftigungsanteil an hoch digitalisierten Branchen auf.

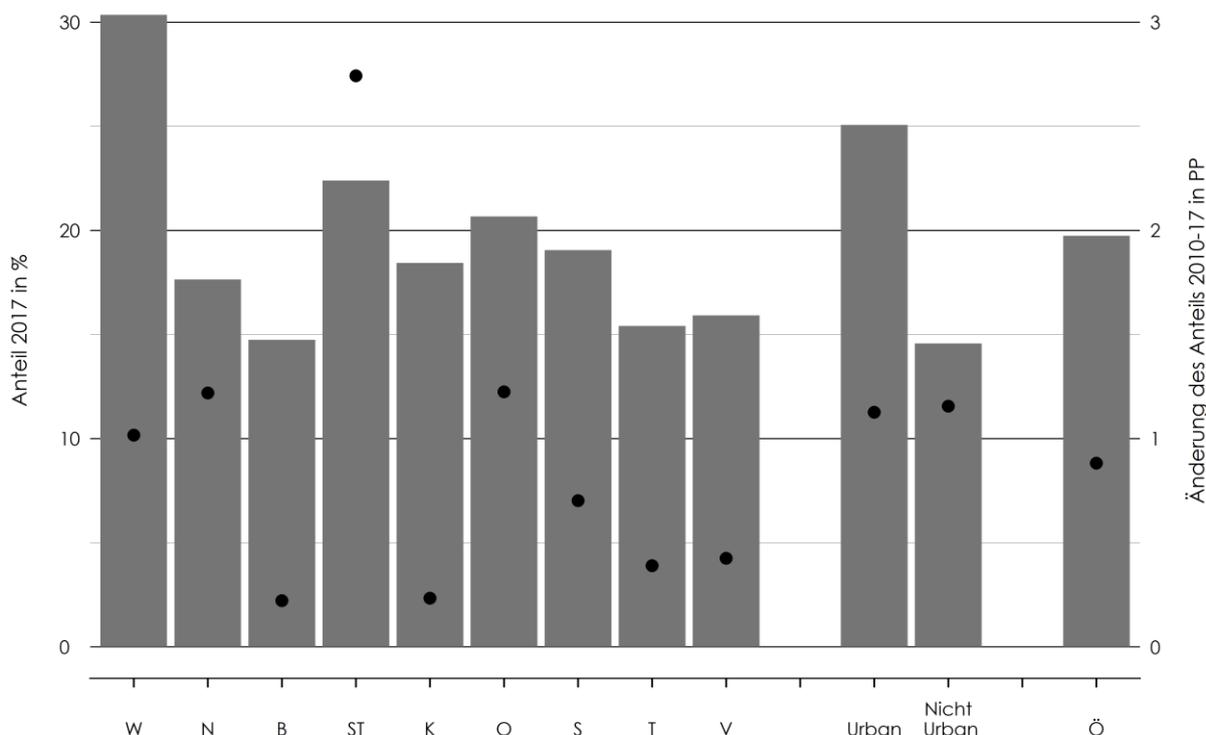
Die Beschäftigung in hoch digitalisierten Branchen ist überdurchschnittlich gewachsen

Hoch digitalisierte Branchen haben seit 2010 in ganz Österreich stark an Bedeutung gewonnen. So ist die Beschäftigung in diesen Branchen insgesamt sowohl in absoluten Zahlen in allen Bundesländern gewachsen, als auch anteilig an der Gesamtbeschäftigung, wie Abbildung 3 verdeutlicht. Den stärksten Bedeutungsgewinn seit 2010 erfuhren diese Branchen in der Steiermark, die geringsten im Burgenland und in Kärnten sowie in den westlichen Bundesländern. Die Bedeutung nahm dabei österreichweit in urbanen wie auch in nicht-urbanen Regionen gleichermaßen zu.

Im Gegensatz zu den Branchen-Taxonomien der OECD erlauben die WIFO-Taxonomien eine Unterteilung der hoch digitalisierten Branchen in jene Branchen, welche digitale Technologien erzeugen (IKT-Produzenten) und solche Branchen, welche in besonders hohem Maße digitale Technologien einsetzen, diese aber nicht zu produzieren (IKT-Intensivnutzer). Zwischen diesen Branchengruppen zeichnen sich interessante, teils gegenläufige Muster und Trends ab:

- Insbesondere in Branchen, welche IKT produzieren, hat die Beschäftigung sowohl absolut (in allen Bundesländern) als auch im Vergleich zur Gesamtbeschäftigung (in allen Bundesländern außer dem Burgenland) stark zugelegt.
- Auch der Anteil an IKT-Fachkräften an der Gesamtbeschäftigung ist in den letzten Jahren in allen Bundesländern sowie in urbanen wie nicht-urbanen Regionen deutlich gestiegen.
- Weniger dynamisch, wenngleich in den meisten Bundesländern dennoch positiv, entwickelte die Beschäftigung in jenen Wirtschaftszweigen, welche nicht selbst IKT produzieren, sondern IKT intensiv einsetzen (IKT-Intensivnutzer). Durch das tendenziell schwächere Beschäftigungswachstum dieser Branchengruppe nahm der Beschäftigungsanteil dieser Branchen in Österreich insgesamt sowie in fast allen Bundesländern ab. Dies gilt auch für die Gesamtheit der urbanen Bezirke, nicht jedoch für die Gruppe der nicht-urbanen (d. h. industriell bzw. ländlich geprägten Bezirke).

Abbildung 3: Beschäftigungsanteile allgemein IKT-intensiver Branchen (OECD)
 Balken: Beschäftigungsanteil 2017 (in %); Punkte: Anteilsveränderung 2010-2017 (in %-Punkten)



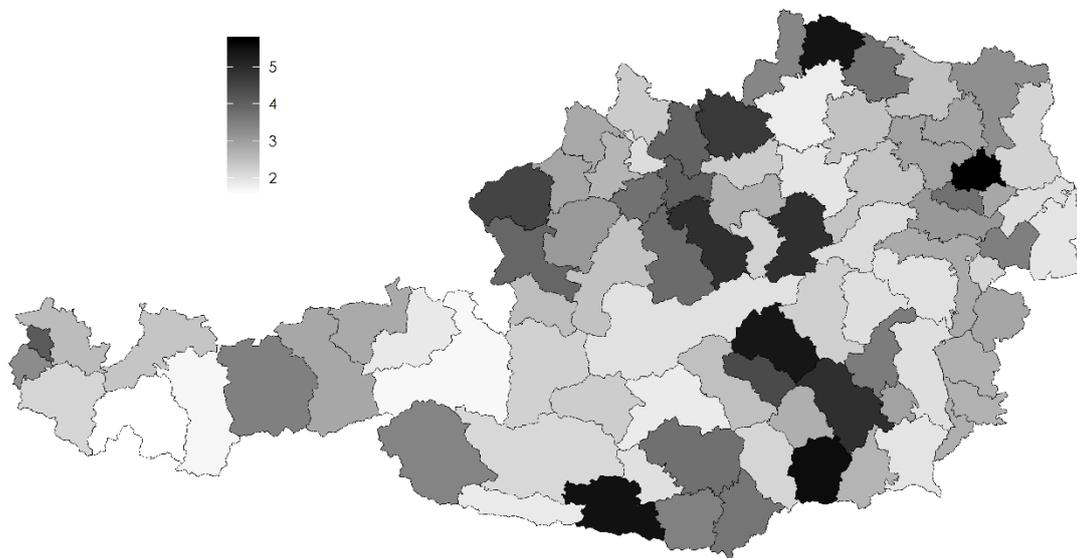
Q: AMS, BMAGSK, OECD, WIFO-Berechnungen. – Österreich-Wert basierend auf einzelnen Bundesländern zuordenbaren Beschäftigten; Werte für urban und nicht urban basierend auf regionalen Arbeitsmarktbezirken zuordenbaren Beschäftigten; berücksichtigte ÖNACE-2-Steller-Wirtschaftsklassen siehe Anhang A2.

Keine Konvergenz zwischen urbanen und nicht-urbanen Regionen festzustellen

IKT-produzierende Branchen und intensiv IKT-nutzende Branchen im Dienstleistungssektor konzentrieren sich vorwiegend in urbanen Räumen, während die entsprechenden Branchen im sekundären Sektor sich stark auf eher wenige, meist zentrumsnahe Industrieregionen konzentrieren. Stärker als das Standortgefälle zwischen den Bundesländern (mit Ausnahme Wiens) in Bezug auf die regionale Spezialisierung in hoch digitalisierte Branchen ist daher das Gefälle innerhalb der einzelnen Bundesländer. Dieses Zentrum-Peripher-Gefälle wird bei den geschätzten Beschäftigungsanteilen von IKT-Fachkräften an der Gesamtbeschäftigung der einzelnen Bezirke gut sichtbar (Abbildung 4). Fast ausnahmslos finden sich in den einzelnen Bundesländern die höchsten Anteile an IKT-Fachkräften (unabhängig von deren Brancheneinsatz) in den Großstädten bzw. deren Umlandbezirken.

Abbildung 4: Geschätzte Beschäftigungsanteile von IKT-Fachkräften nach Arbeitsmarktbezirken

Anteil 2017 in %



Q: AMS, BMAGSK, WIFO-Berechnungen. – Berücksichtigt werden nur Beschäftigte, welche einem regionalen Arbeitsmarktbezirk zuordenbar sind; berücksichtigte ÖNACE-2-Steller-Wirtschaftsklassen Anhang A.2.

In Bezug auf Veränderungen über die Zeit ist festzustellen, dass sich auf Ebene der Arbeitsmarktbezirke kaum Änderungen im Standortgefälle abzeichnen. Für hoch digitalisierte Branchen sind für die Vergangenheit unabhängig vom gewählten Indikator zur Messung des Digitalisierungsgrades weder in absoluten Beschäftigtenzahlen noch in Bezug auf die regionale Spezialisierung (De-)Konzentrationstendenzen ablesbar. Statistische Analysen deuten in Summe weder auf eine stärkere räumliche Konzentration hoch digitalisierter Branchen hin, noch auf eine zunehmende Gleichverteilung im Raum. Bei der Beschäftigung von IKT-Fachkräften insgesamt (unabhängig von deren Branche) zeigt sich sogar eine statistische Divergenz zugunsten urbaner Regionen.

Insgesamt zeigen die Befunde aus Kapitel 3, dass die Beschäftigung in hoch digitalisierten Branchen insgesamt stärker gewachsen ist, als die Gesamtbeschäftigung. Die Beschäftigungseffekte der steigenden Nachfrage nach in hoch digitalisierten Wirtschaftsbereichen produzierten Sachgütern und Dienstleistungen überwiegen damit die potenziell arbeitssparenden Elemente der Digitalisierung in diesen Branchen selbst. Ein genereller Aufholprozess ländlicher Regionen in stark digitalisierten Branchen ist bislang nicht erkennbar.

4. Positive Beschäftigungseffekte mit deutlicher regionaler Heterogenität

Über alle Bezirke hinweg betrachtet durchwegs positive Beschäftigungseffekte

Wie das Literaturstudium in Kapitel 2 verdeutlichte, ist die Gesamtwirkung der teils gegenläufigen Effekte der Digitalisierung für die Entwicklung der Gesamtbeschäftigung nicht theoretisch vorhersehbar, auch die einzelnen partiellen Effekte sind empirisch kaum identifizierbar. Der Nettoeffekt wird jedoch in der Beschäftigungsentwicklung sichtbar, wenn diese Veränderungen im Digitalisierungsgrad der Wirtschaft gegenübergestellt werden und gleichzeitig für andere mögliche Faktoren kontrolliert wird, welche ebenfalls einen Einfluss auf die Beschäftigungsentwicklung haben können. Kapitel 4 der vorliegenden Studie widmete sich ebendieser Frage nach den Netto-Beschäftigungseffekten, die aus einem höheren Digitalisierungsgrad der lokalen Wirtschaft auf Gesamtbeschäftigung in der Region entstehen. Im Gegensatz zu früheren Studien für Österreich (*Firgo, 2016; Zilian et al., 2017*) standen jedoch mögliche regionale Unterschiede zwischen Regionstypen und Bundesländern im Fokus der gegenwärtigen Analyse.

Übersicht 2 fasst die Hauptergebnisse der Analyse zusammen. Dargestellt werden dabei jeweils

- die (*ceteris paribus*) Veränderung der Zahl der Beschäftigten eines Arbeitsmarktbezirks in Prozent,
- die aus einer Erhöhung des Beschäftigungsanteils hoch digitalisierter Branchen an der Gesamtbeschäftigung eines Bezirks um 1 Prozentpunkt resultiert,
- für den Fall, dass dieser Effekte zumindest auf 10%-Niveau signifikant ist (andernfalls bleibt die entsprechende Tabellen-Zelle zur Förderung der Lesbarkeit der Tabelle leer).

Detaillierte Beschreibungen des ökonometrischen Modells finden sich in Kapitel 4. Der obere Block in Übersicht 2 stellt die geschätzten Effekte bei Betrachtung über alle Arbeitsmarktbezirke hinweg dar. Der mittlere Block widmet sich den Unterschieden zwischen urbanen und nicht-urbanen (d. h. stärker industriell oder ländlich geprägten) Bezirken. Der dritte Block stellt die Effekte für die Arbeitsmarktbezirke der einzelnen Bundesländer dar. Am unteren Ende der Tabelle wird dargestellt, ob ein höherer Digitalisierungsgrad mit einem Skill-Bias zulasten Niedrigqualifizierter verbunden ist. Zudem weist die Tabelle ganz unten die durchschnittlichen Beschäftigungsanteile der in den einzelnen Indikatoren jeweils berücksichtigten, hoch digitalisierten Branchengruppen an der Gesamtbeschäftigung eines Bezirks auf. Dies soll die Größenordnung, die mit der Erhöhung des Beschäftigungsanteils dieser Branchengruppen um 1 Prozentpunkt verbunden ist, in den Kontext der Größe der jeweiligen Branchengruppe setzen.

Übersicht 2: Beschäftigungseffekte der Digitalisierung der lokalen Wirtschaft

Statistisch signifikante Effekte der Erhöhung des Beschäftigungsanteils hoch digitalisierter Branchen um 1 Prozentpunkt auf die Zahl der Beschäftigten in Prozent

	WIFO-Taxonomie			OECD Taxonomien: Branchen mit hoher Intensität in Bezug auf...					
	IKT Produ- zenten	IKT Intensiv- nutzer	IKT Fach- kräfte	IKT - Allgemein	IKT Vorlei- stungs- güter (Waren)	IKT Vorlei- stungs- güter (Dienste)	Einsatz von Robotern	Online- Verkaufs- erlöse	
Arbeitsmarktbezirke insgesamt									
Gesamt	+1,2%		+4,1%	+0,5%	+0,3%		+0,4%	+0,4%	
Arbeitsmarktbezirke nach Urbanisierungsgrad									
Urban				+0,8%					
Nicht-urban	+1,5%		+6,0%	+0,4%	+0,4%	+0,6%	+0,5%	+0,6%	
Arbeitsmarktbezirke nach Bundesland									
B					+2,0%				
K	+1,9%		+5,2%						
N							+1,0%	+1,0%	
O			+7,4%	+2,0%			+1,0%		+0,6%
S	-3,7%		-6,4%	-0,6%			-0,6%		+1,0%
M	+1,8%		+4,1%	+1,0%	+0,7%				+0,9%
T									+1,7%
V	+2,6%		+12,5%	+1,5%		+0,4%			
W	+4,6%	-2,0%	+9,6%	+2,1%	+1,1%			-2,8%	-2,0%
Skill-Bias		Ja	Ja				Ja		
Ø-Beschäftigungs- anteil	1,7%	8,7%	2,9%	14,8%	17,3%	16,6%	9,7%	17,3%	

Q: AMS, BMAGSK, OECD, WIFO-Berechnungen. – Schätzung basierend auf 81 Arbeitsmarktbezirken und 8 Beobachtungsperioden (2010-2017); dunkelgrau (hellgrau) ... signifikant positiver (negativer) Zusammenhang; leer... kein signifikanter Zusammenhang; Skill-Bias ... Zusammenhang, abhängig von Humankapitalausstattung, mit ungünstigerem Beschäftigungseffekt in Arbeitsmarktbezirken mit höherem Anteil an geringqualifizierten Beschäftigten; Koeffizienten basieren jeweils auf Spezifikation (5) der Regressionstabellen in Anhang B und beinhalten Kontrollvariablen sowie regionsfixe und zeitfixe Effekte.

Bei Betrachtung über alle österreichischen Arbeitsmarktbezirke hinweg wird deutlich, dass für keinen der acht angewendeten Indikatoren zur Messung des Digitalisierungsgrades der lokalen Wirtschaft ein statistisch negativer Zusammenhang mit der Entwicklung der Zahl der Beschäftigten einer Region gefunden wird. Im Gegenteil, für sechs der acht Indikatoren ist der Zusammenhang positiv und statistisch signifikant. Eine Erhöhung des Anteils an IKT-produzierenden Wirtschaftszweigen an der lokalen Beschäftigung um einen Prozentpunkt (PP), ist mit einem

Anstieg der Beschäftigung im Arbeitsmarktbezirk um durchschnittlich 1,2% verbunden. Eine Verdoppelung des Anteils dieser Branchen von durchschnittlich 1,7% auf 3,4% ist somit mit einem Anstieg der Beschäftigung um 2,0% verbunden. Auch von IKT-Fachkräften gehen deutliche, signifikant positive Beschäftigungseffekte für eine Region aus. So ist eine Erhöhung des Anteils an IKT-Fachkräften in einer Region um 1 PP – dies entspricht einer Erhöhung deren Zahl um durchschnittlich etwa ein Drittel – mit einem Anstieg der regionalen Beschäftigung um 4,1% verbunden. Auch unter den Indikatoren, die auf den OECD-Branchentaxonomien basieren, werden die vorwiegend positiven Nettoeffekte eines höheren Digitalisierungsgrades der Wirtschaftsstruktur für die Beschäftigung einer Region sichtbar.

Das Ausmaß der Effekte hängt teils stark von der regionalen Qualifikationsstruktur ab

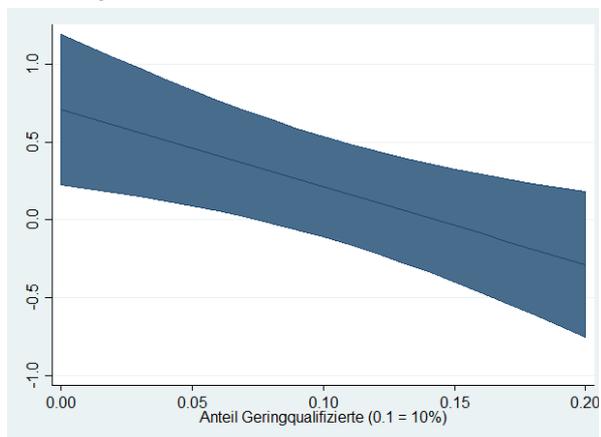
Die positiven Gesamteffekte auf die lokale Beschäftigungsentwicklung sind, ceteris paribus, in Regionen mit besserer Humankapitalausstattung tendenziell höher. Insbesondere bei Branchen, die als IKT-Intensivnutzer klassifiziert werden, in Branchen mit hohem Einsatz an Robotik und bei IKT-Fachkräften (branchenunabhängig) sind die Gesamteffekte für eine Region nur bei entsprechend guter Humankapitalausstattung der Beschäftigten vor Ort positiv (und andernfalls statistisch nicht signifikant), wie Abbildung 5 verdeutlicht. Der nachgewiesene "Bias" der Beschäftigungseffekte folgt dabei weitgehend dem konventionellen Schema des technologischen Wandels mit nachteiligen Entwicklungen für Regionen mit hohen Anteilen an niedrigqualifizierten Beschäftigten³⁾.

³⁾ Für bipolare Effekte mit verhältnismäßig negativen Effekten für hohe Anteile an Beschäftigten im mittleren Qualifikationssegment, die auf einen "Routine-Bias" hindeuten würden, findet die Analyse keinerlei Nachweise. Dies ist konsistent mit früheren Studien zur Polarisierungshypothese für Österreich, die auf der individuellen Ebene ansetzen.

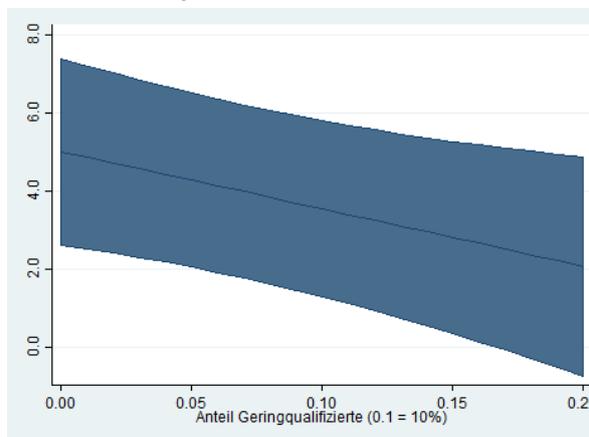
Abbildung 5: Beschäftigungseffekte in Abhängigkeit des lokalen Humankapitals

Effekt auf die Zahl der Beschäftigten eines Arbeitsmarktbezirks in %

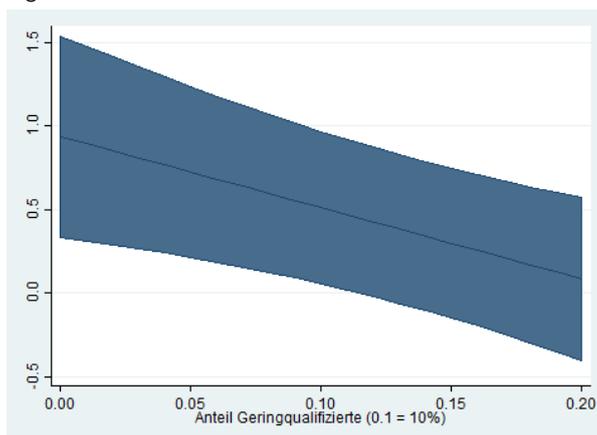
Erhöhung Anteil IKT-intensivnutzende Branchen um 1 PP



Erhöhung Anteil IKT-Fachkräfte um 1 PP



Erhöhung Anteil an Branchen mit hohem Einsatz von Robotern um 1 PP



Q: AMS, BMAGSK, OECD, WIFO-Berechnungen. – PP... Prozentpunkt; Anteil Geringqualifizierte ... Anteil an Beschäftigten, die höchstens über Pflichtschulabschluss verfügen, an der Gesamtbeschäftigung eines Bezirks; Marginale Effekte basierend auf den Schätzergebnissen aus der Spezifikation (5) der korrespondierenden Regressionstabellen in Anhang B.1 für 81 Arbeitsmarktbezirke und 8 Beobachtungsperioden (2010-2017); Minimum (Mittelwert) [Maximum] des Beschäftigungsanteils Geringqualifizierter in den 81 Bezirken im Jahr 2017 beträgt 8,9% (11,6%) [14,9%]; Fläche beschreibt 95% Konfidenzintervall.

Teils beträchtliche Unterschiede nach Bundesländern und nach dem Urbanisierungsgrad

Bei einer tieferen Analyse nach unterschiedlichen Regionstypen werden positiv signifikante Effekte einer höheren Digitalisierung der regionalen Wirtschaft für die Gesamtbeschäftigung einer Region vorwiegend für nicht-urbane (d. h. industriell oder ländlich geprägte Regionen) Regionen identifiziert. Eine hohe regionale Bedeutung hoch digitalisierter Sektoren bringt, bei entsprechend vorhandener Branchen- und Humankapitalstruktur, offensichtlich gerade außer-

halb der Zentren positive Spillovers für die Beschäftigung in anderen Branchen in der Region mit sich. Der Einfluss auf die Beschäftigung in urbanen Bezirken bleibt hingegen unklar (insignifikant).

Auf Ebene der einzelnen Bundesländer wird in Übersicht 2 für die lokalen Beschäftigungseffekte eine beträchtliche Heterogenität sichtbar. Positive Beschäftigungseffekte werden vermehrt in stärker industriell geprägte Bundesländer (insbesondere für Oberösterreich, die Steiermark und Vorarlberg) festgestellt. Für die am stärksten von Dienstleistungen dominierten Bundesländer werden vorwiegend insignifikante Effekte (Burgenland, Tirol) bzw. im Falle Salzburgs sogar überwiegend negative Beschäftigungseffekte in Zusammenhang mit dem Digitalisierungsgrad der lokalen Wirtschaft gemessen. Da die Schätzungen jeweils für den Anteil des sekundären Sektors – und damit für die grobe Wirtschaftsstruktur kontrollieren – dürften für die Effekte jedoch nicht die Bedeutung des sekundären bzw. tertiären Sektors an der regionalen Wirtschaft entscheidend sein, sondern vielmehr die Spezialisierung bzw. Technologieaffinität innerhalb der Sektoren. In den letztgenannten Bundesländern Burgenland, Salzburg und Tirol dürften positive Beschäftigungseffekte hauptsächlich aus hoch digitalisierten Branchen selbst entstehen (vgl. Kapitel 3). Aufgrund der hohen Anteile im Bestand und im Wachstum von Wirtschaftsbereichen mit vergleichsweise niedrigem Technologie- und Digitalisierungsanteil (Bauwirtschaft, Handel, Tourismus, Gesundheits- und Sozialwesen) sind die Möglichkeiten für positive Wachstums- und Beschäftigungs-Spillovers aus hoch digitalisierten Branchen in andere Wirtschaftsbereiche hier hingegen vergleichsweise begrenzt. Wien stellt sich unter den Bundesländern mit hohem Dienstleistungsanteil als Sonderfall dar, da Wien als reine Stadtökonomie einen in Summe wesentlich höheren Technologie- und Innovationsgrad im Dienstleistungssektor mit Spezialisierung in wissensintensiven Marktdienstleistungen aufweist, als die übrigen Bundesländer.

Die statistische Identifikation möglicher Beschäftigungseffekte nach Regionstyp und Bundesland wird durch den Rückgang an Freiheitsgraden aufgrund der erhöhten Zahl an zu schätzenden Parametern und die geringere Fallzahl innerhalb der jeweiligen regionalen "Regimes" jedoch im Vergleich zur Analyse über alle Regionen hinweg deutlich erschwert. Die höheren Anteile an insignifikanten Ergebnissen bei der vergleichsweise kleinen Gruppe an urbanen Regionen und auf Ebene der einzelnen Bundesländer sind zumindest zum Teil auf ebendiese Problematik zurückzuführen. Das Fehlen eines signifikanten Effekts muss daher nicht notwendigerweise bedeuten, dass es in den betroffenen Fällen tatsächlich keinen Nettoeffekt der Digitalisierung auf die lokale Beschäftigung gibt. Vielmehr können die Insignifikanzen auch auf den spezifischen Beobachtungszeitraum und die Einschränkungen, die sich aus den verfügbaren Daten ergeben, zurückzuführen sein.

5. Eine Verbesserung der Breitbandinfrastruktur begünstigt das Beschäftigungswachstum

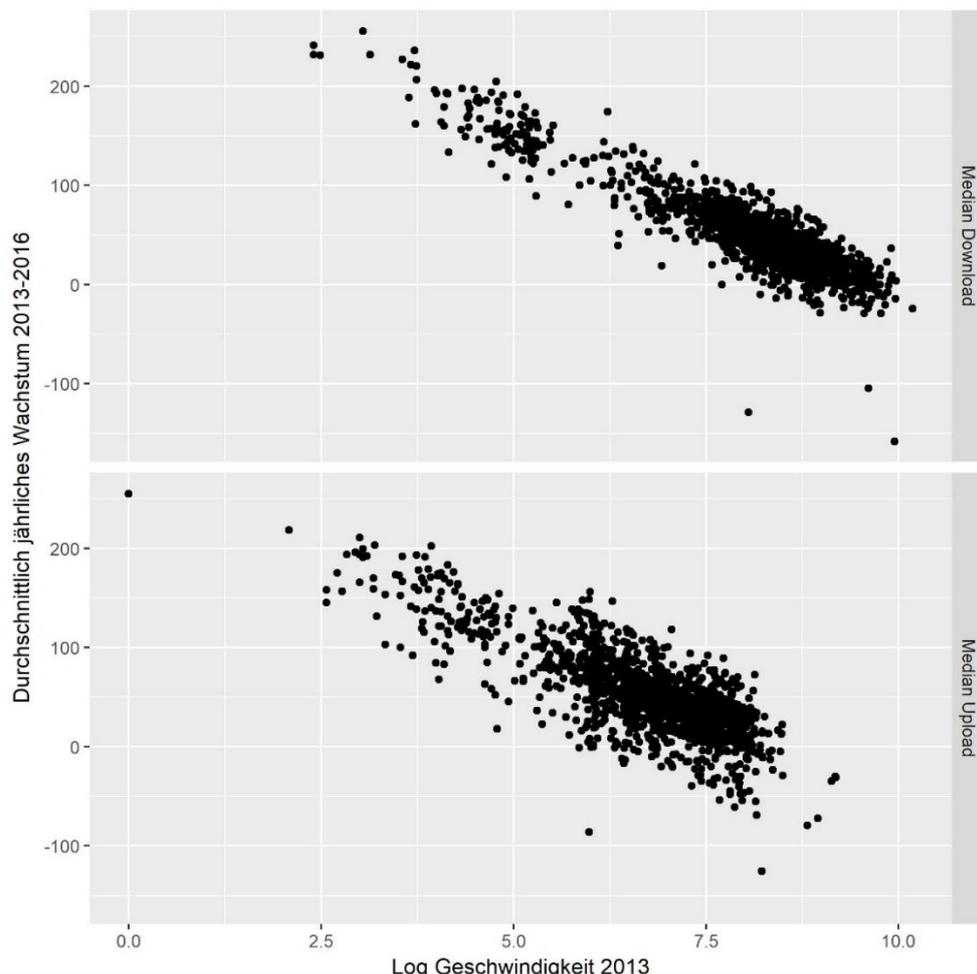
RTR-Netztest zeigt räumliche Konvergenz der Übertragungsgeschwindigkeiten

Kapitel 5 der Studie widmete sich der Frage nach den Beschäftigungs- und Bevölkerungseffekten der Breitbandinfrastruktur für den Zeitraum 2014-2016⁴⁾. Mittels einer ökonometrischen Analyse wurde dabei versucht, die Effekte auf möglichst kleinräumiger Ebene zu quantifizieren. Der Breitbandatlas des BMVIT als zentrale Informationsquelle der Breitbandversorgung in Österreich liefert keine ausreichenden Informationen über die historische Genese der Infrastrukturausstattung. Solche Informationen scheinen jedoch essentiell, um Ursache und Wirkung von Infrastrukturausstattung und wirtschaftlicher Aktivität besser entflechten zu können. Aus diesem Grund wurden Informationen des RTR-Netztest herangezogen, um geeignete Maßzahlen der Breitbandinfrastruktur auf Gemeindeebene zu erstellen. Mittels RTR-Netztest können NutzerInnen die aktuelle Dienstqualität der Internetverbindung testen, wobei wesentliche Messparameter (z.B. Download- und Uploadgeschwindigkeit) sowie Zeitpunkt und Standort der Messung aufgezeichnet und als Open Data zur Verfügung gestellt werden.

Die Messdaten des RTR-Netztests wurden für die Analyse auf Gemeindedaten aggregiert (jährliche mittlere Downloadgeschwindigkeit je Gemeinde). Die Daten zeigen für den verfügbaren Zeitraum (2013-2016) einen deutlich ausgeprägten regionalen Konvergenzprozess in den Bitraten: Werden die gemeindespezifischen Downloadraten des Jahres 2013 den jeweiligen Wachstumsraten (2013-2016) gegenübergestellt (Abbildung 6), zeigen diese einen recht eindrücklich negativen Zusammenhang. Regionen mit einer bereits im Jahr 2013 überdurchschnittlich Ausstattung gingen folglich mit einem unterdurchschnittlichen Wachstum der Downloadraten einher. Umgekehrt scheint in Regionen mit unterdurchschnittlicher Anfangsausstattung ein überdurchschnittlich hohes Wachstum stattgefunden zu haben. Dieser Konvergenzprozess ist dabei – wie abgebildet – sowohl für die gemessenen Download- als auch Uploadraten gleichermaßen zu beobachten. Der Prozess ist insbesondere auf den verstärkten Breitbandausbau außerhalb der urbanen Ballungszentren zurückzuführen, wie detailliertere Betrachtungen der räumlichen Verteilung der hohen Wachstumsraten in Kapitel 5 belegen.

⁴⁾ Die limitierte kleinräumige Datenlage zur Breitbandinfrastruktur lässt keinen längeren Beobachtungszeitraum zu.

Abbildung 6: Konvergenz der Download- und Upload-Raten
Mittlere Geschwindigkeiten auf Gemeinde-Ebene laut RTR-Netztest 2013-2016



Q: RTR-Netztest, WIFO Berechnungen.

Stärkeres Wachstum in Gemeinden mit höheren Übertragungsgeschwindigkeiten

Die auf Gemeindeebene aggregierten, mittleren Downloadgeschwindigkeiten des RTR-Netztests wurden in weiterer Folge, neben einer Reihe von Kontrollvariablen, als erklärende Variable in ökonomische Schätzungen des Beschäftigungswachstums der Gemeinden verwendet (für Details zum ökonomischen Modell siehe Kapitel 5). Dabei ergaben sich für eine Reihe von Modellspezifikationen positive und statistisch signifikante Effekte. Eine Übersicht der geschätzten Effekte der Downloadgeschwindigkeit auf die jeweiligen abhängigen Kerngrößen ist in Übersicht 3 dargestellt. Die Übersicht zeigt in der ersten Spalte die jeweils untersuchte abhängige Variable. Die zweite Spalte zeigt den geschätzten partiellen Effekt einer Verdoppelung der regionalen Downloadgeschwindigkeit auf die jeweilige abhängige Variable. Der ge-

geschätzte Effekt einer Verdoppelung der Downloadgeschwindigkeit wurde grau hinterlegt, wenn dieser statistisch signifikant auf dem 10%-Niveau ist⁵⁾.

Eine Verdoppelung der Bitrate im Download führte im Zeitraum 2014 bis 2016 demnach, ceteris paribus, zu einer Erhöhung des Beschäftigungswachstums um etwa 0,28 Prozentpunkte. Anders ausgedrückt, führt eine flächendeckende Verdoppelung der Downloadgeschwindigkeit im Beobachtungszeitraum zu einem Anstieg der Gesamtbeschäftigung um etwa 11.500 Beschäftigte. Ein Vergleich der geschätzten Effekte zwischen bevölkerungsreichen und bevölkerungsarmen Gemeinden zeigt, dass insbesondere in ländlichen Gebieten ein positiver Effekt gefunden wurde, während jener in urbanen Regionen unklar bleibt (statistisch insignifikant). Diese Ergebnisse stehen in Einklang mit jenen aus Kapitel 4. Darüber hinaus zeigte sich, dass der zu erwartende positive Effekt von Breitbandinfrastruktur auf das Beschäftigungswachstum besonders von Regionen mit einer relativ geringen Anfangsausstattung an Breitbandinfrastruktur getrieben wird. Betrachtet man nur die Beschäftigungseffekte in wissensintensiven Marktdienstleistungen⁶⁾, so ergeben sich etwas stärkere Effekte. Eine Verdoppelung der Downloadgeschwindigkeit führt demnach zu einer Ausweitung des Beschäftigungswachstums in diesen Diensten um etwa 0,80 Prozentpunkte. Gerade für diese, in der Literatur häufig als lokaler Wachstums-Katalysator beschriebenen Dienste (siehe Mayerhofer – Firgo, 2016), scheinen qualitativ hochwertige Breitbandnetze somit essenziell.

Übersicht 3: Effekte einer Verdoppelung der gemeindespezifischen Downloadgeschwindigkeit

Abhängige Variable	Effekt Verdoppelung Downloadgeschwindigkeit (in PP)
Beschäftigungswachstum nach Arbeitsortprinzip	+0,282
Beschäftigungswachstum in urbanen Gemeinden	-0,129
Beschäftigungswachstum in ruralen Gemeinden	+0,303
Beschäftigungswachstum in Gemeinden mit geringer Downloadgeschwindigkeit	+0,384
Beschäftigungswachstum in Gemeinden mit hoher Downloadgeschwindigkeit	-0,427
Beschäftigungswachstum in wissensintensiven Marktdienstleistungen	+0,801
Bevölkerungswachstum	-0,011
Wanderungssaldo/Bevölkerung, pro Person	+0,0004

Q: WIFO-Berechnungen. – Die Spalte "Effekt Verdoppelung Downloadgeschwindigkeit" bezieht sich auf den geschätzten Effekt einer Verdoppelung der gemeindespezifischen Downloadgeschwindigkeit jener Spezifikation mit dem höchsten Adjusted R². Grau hinterlegt, wenn statistisch signifikant auf dem 10%-Niveau.

Jedoch kaum Einfluss auf die Bevölkerungsentwicklung

Ebenfalls positive – wenngleich sehr schwache – Auswirkungen einer Verbesserung der lokalen Breitbandinfrastruktur konnten auch auf die Wanderungsbewegungen zwischen den Gemeinden ausgemacht werden. Diese Effekte zeigten sich zwar statistisch signifikant, allerdings sind

⁵⁾ Für jede ausgewählte abhängige Variable wurde der Effekt jener Spezifikation mit dem höchsten statistischen Erklärungswert herangezogen.

⁶⁾ Diese Branchen umfassen konkret die ÖNACE-1-Steller Wirtschaftszweige J (Information und Kommunikation), K (Finanz- und Versicherungsdienstleistungen) und M (freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleistungen).

sie von einer vernachlässigbaren ökonomischen Größenordnung: Eine Verdoppelung der Downloadgeschwindigkeit in einer Gemeinde würde demnach pro 10.000 EinwohnerInnen einen Nettowanderungssaldo von lediglich +4 Personen bedeuten. Signifikante Effekte auf die Bevölkerungszahl einer Gemeinde konnten hingegen gar nicht festgestellt werden. Trotz besserer Möglichkeiten zum Teleworking dürfte die Stärkung der Breitbandinfrastruktur allein daher kaum ein geeignetes Instrument zur Dämpfung der Abwanderung im ländlichen Raum sein.

6. Politische Schlussfolgerungen

Sowohl die Ergebnisse des strukturierten Literatursurveys als auch die beiden empirischen Teile der vorliegenden Studie zeigen vorwiegend positive Gesamteffekte aus der fortschreitenden Digitalisierung auf die Beschäftigung. Ängste vor dem massenhaften Verlust von Arbeitsplätzen durch das Rationalisierungspotential aus der Verwendung digitaler Technologien scheinen daher – zumindest aus heutiger Sicht – bislang unbegründet. Allerdings ist natürlich keinesfalls gesichert, dass die verschwindenden Arbeitsplätze durch neue gleichwertige Arbeitsplätze ersetzt werden. Eine Voraussetzung für, auch während der Anpassungsphase an den digitalen Wandel kurz- und mittelfristig stabile Arbeitsmärkte ist eine innovative, wohlüberlegte und vorausschauende Politik, welche sowohl die Bevölkerung als auch die Unternehmen zeitnah in die Lage versetzt, den technologischen Wandel aktiv zu nutzen bzw. zu gestalten. Eine notwendige politische Strategie zur pro-aktiven Steuerung des Prozesses stellt allerdings hohe Anforderungen an alle beteiligten Gruppen dar, sowohl in Bezug auf die räumliche und inhaltliche Mobilität und Flexibilität der Beschäftigten und Jugendlichen, als auch an jene der Unternehmen und der Politik, einschließlich der Aus- und Weiterbildungssysteme (Vogler-Ludwig, 2017). Wie in Kapitel 6 ausführlich diskutiert, ergeben sich in vielen Dimensionen politische Notwendigkeiten.

Struktur- und Innovationspolitik muss auf regionale Stärken und Schwächen abgestimmt sein

Eine auf die Entwicklungsfähigkeit des Standorts zielende Logik wirtschaftspolitischer Intervention erscheint im Lichte des rasanten Fortschritts digitaler Technologien zentral. Das betrifft sowohl die Anpassungsfähigkeit des Systems an Veränderungen, die von außen vorgegeben sind, als auch solche, die man selbst gestalten und vorantreiben möchte. Um ein weiteres Auseinanderklaffen regionaler Entwicklungstrends zu verhindern, ist eine integrative regionale Strukturpolitik vonnöten. Aufgrund der ungleichen Ausstattung in Bezug auf Qualifikationsstruktur und Wirtschaftsstruktur zwischen urbanen, industriell bzw. ländlich geprägten Regionen, ist es daher von zentraler Bedeutung, wirtschafts- und arbeitsmarktpolitische Probleme als regional zu erfassen und anzugehen. Eine auf die jeweiligen Stärken und Schwächen einer Region abgestimmte Strukturpolitik erhöht deren Durchschlagskraft und erleichtert die Umsetzung einer erfolgreichen Digitalisierungsstrategie. Dies erfordert eine stärkere Differenzierung und Dezentralisierung der strukturpolitischen Maßnahmen.

Neben der Förderung von digitalen Skills der ansässigen Bevölkerung und Unternehmen, erscheint es für ländliche Regionen besonders wichtig, die Abwanderung gut qualifizierter junger Menschen im Zuge oder nach deren Ausbildung zu verhindern, damit sich die vorhandenen

regionalen Stärken in neuen Ideen und Strukturen um diese Stärkefelder niederschlagen können ("smart diversification"). Dies erfordert neben hochwertigen Arbeitsplätzen auch umfassende und ganzjährige Kinderbetreuungs- und Altenpflegeangebote, eine gute öffentliche Verkehrsanbindung sowie kulturelle, kulinarische und andere Freizeitangebote in den Regionen. Eine auf den digitalen Wandel abgestimmte regionale Strukturpolitik muss deshalb jedenfalls zusammen mit einem gesamtwirtschaftlichen Konzept zur Stärkung ländlicher Regionen gedacht werden, damit lokale Zentren im digitalen Zeitalter eine Funktion als "Innovations-Hubs" erfüllen können.

Für Österreich zeigt sich, dass insbesondere Klein- und mittlere Unternehmen (KMU) Schwierigkeiten haben, digitale Technologien einzusetzen. Dies gilt für den Einsatz von Industrie-4.0-Technologien (BMFW – BMVIT, 2017) ebenso wie für die Nutzung von Cloud Services und Online-Absatzkanälen. Gleichzeitig zeigt die internationale Literatur eindrucksvoll die große Bedeutung, welche der Einsatz digitaler Technologien, insbesondere der Einstieg in den Online-Verkauf für KMU aufweist. Um digitale Innovationen zu fördern, gilt es daher insbesondere IKT-Kompetenzen in KMU zu stärken. Dies kann etwa über die Förderung bzw. den Ausbau von Beratungsangeboten ("Digitalisierungsschecks") erfolgen. Andererseits muss Innovationspolitik insbesondere auch auf Produktinnovation ausgerichtet sein, um digitale Gründungen und die Entwicklung neuer digitaler Dienste und Anwendungen zu erleichtern. Dies umso mehr als österreichische Unternehmen bislang bei der digitalen Transformation primär auf die Produktionsseite fokussieren und die Entwicklung von neuen digitalen Produkten und Diensten die Minderheit darstellt (Lassnig et al., 2016). Inhaltliche Ausrichtungen sollten sich auf regionaler Ebene einerseits an den bereits vorhandenen regionalen Stärkefeldern orientieren und zur Erweiterung dieser beitragen (Firgo – Mayerhofer, 2015). Andererseits scheinen gezielte technologische Schwerpunkte für neue IKT-Lösungen für gesellschaftliche Herausforderung wie Alterung und Ressourceneffizienz sinnvoll, um möglichst positive externe Effekte aus den Innovationen zu erlangen (Peneder – Firgo – Streicher, 2018).

Räumliche Infrastrukturpolitik: Hochwertiges Breitbandinternet als notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung für regionale Entwicklung

Breitbandinternet gilt als "General-Purpose"-Technologie, Datennetze in adäquater Qualität sind damit Teil der grundlegenden Infrastruktur (Friesenbichler, 2016). Aus ökonomischer Perspektive ist die öffentliche Förderung des Breitbandausbaus im ländlichen Raum sinnvoll, um die Entstehung bzw. Verstärkung dauerhafter Standortnachteile zu verhindern. Eine öffentliche Unterstützung des Ausbaus ist deshalb dort (aber auch nur dort) notwendig, wo der Markt keine entsprechenden adäquaten Netze zur Verfügung stellt. Im Rahmen einer umfassenden Studie unter Beteiligung des WIFO, zur Zwischenevaluierung der Breitbandstrategie 2020 und des Masterplans zur Breitbandförderung, wurde eine Liste von Reformvorschlägen erarbeitet (Neumann et al., 2017). Im Lichte der Ergebnisse der vorliegenden Studie scheinen daraus insbesondere Vorschläge zur stärkeren Berücksichtigung des Ausbaus von Glasfasernetzen und – technologieunabhängig – zur Priorisierung von deutlich über dem derzeitigen politischen Ziel von 100

Mbps liegenden Bandbreiten relevant. Letzteres ist auf lange Sicht besonders wichtig, um der digitalen Beschleunigung und den rasant wachsenden Datenvolumina zur Nutzung von Cloud-basierten Diensten Rechnung zu tragen und um Lock-in-Effekte aus langsameren Technologien zu vermeiden.

Nicht außer Acht gelassen werden sollte jedoch das Verhältnis von Kosten und Nutzen der Förderung, wenn der Ausbau ultraschneller Breitbandinfrastruktur tatsächlich (nahezu) flächendeckend erfolgen soll. *Neumann et al. (2017)* geben Förderkosten von etwa 250 Euro je neu versorgtem Wohnsitz für die Förderperiode 2015/16 an. Eine ähnliche Größenordnung nennen *Duso – Nardotto – Seldeslachts (2018)* mit 290 Euro für Deutschland im Vergleichszeitraum, gleichzeitig mahnen die Autoren zur Besonnenheit bei der Förderung der Netze der neuen Generation, für welche die Förderkosten je Anschluss mehr als das Zehnfache (etwa 3.300 Euro je Wohnsitz) früherer Subventionen für die Grundversorgung ausmachen würden.

Da Grabungsarbeiten mit 70% bis 90% den wesentlichen Teil der Ausbaurkosten ausmachen, kommt auch der Leerrohrinfrastruktur eine essentielle Bedeutung für ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis des Ausbaus zu (*RTR, 2018*). Eine verstärkte Anreizsetzung zur Verlegung von Leerrohren scheint daher notwendig. Dies insbesondere, da laut *Neumann et al. (2017)* in Phase 1 (2015/16) des Subventionsprogrammes der Bundesregierung lediglich 40% der für Leerrohre bereitgestellten Fördermittel vergeben wurden.

Zur Stärkung der Nachfrage nach schnellem Breitbandinternet schlägt das WIFO in einer aktuellen Studie (*Bärenthaler-Sieber et al., 2018*) unter anderem vor, dass sich Bund, Länder und Gemeinden als Lead User für Hochgeschwindigkeitsbreitband etablieren und sowie alle öffentlichen Einrichtungen (sämtliche Unis, FHs, Schulen, Behörden, etc.) flächendeckend mit Hochgeschwindigkeitsbreitbandanschlüssen versorgt werden sollten. Diese Maßnahme würde eine Grundaustattung der Infrastruktur sicherstellen und den Menschen der Zusatznutzen von Hochgeschwindigkeitsbreitband indirekt (über die Interaktion mit öffentlichen Institutionen) näherbringen.

Bildungs- und Arbeitsmarktpolitik muss im Zuge der "digitalen Beschleunigung" die flexible Einsetzbarkeit aller Bevölkerungsgruppen sicherstellen

Der Aus- und Weiterbildung der Bevölkerung kommt neben der digitalen Infrastruktur die entscheidende Rolle für die Entfaltung der positiven Effekte der Digitalisierung auf Arbeitsmarkt und Wirtschaft zu. Das Erlernen digitaler Skills muss für alle Teile der Bevölkerung möglich sein, einerseits für Kinder und Jugendliche, andererseits für Personen, die bereits im Erwerbsleben stehen. Erlernte digitale Kompetenzen tragen künftig erheblich zur Beschäftigungsfähigkeit bei. Zentral ist daher, dass Kinder und Jugendliche über ausreichend Basisqualifikationen verfügen, um digitale Skills erwerben zu können und Erwachsene die Möglichkeit erhalten, im Rahmen der Weiterbildung solche zu erwerben.

Schulstandorte sind mit entsprechender IT-Infrastruktur auszustatten und zudem gilt es, besonderes Augenmerk jenen Kindern und Jugendlichen zu widmen, die Schwierigkeiten haben, die Basisqualifikationen zu erwerben und Schulen mit schwieriger Ausgangssituation oder Proble-

men in der Kompetenzvermittlung mit entsprechend höheren finanziellen Mitteln auszustatten und sie bei deren Verwendung zu unterstützen. Der Ausbau von Online-Plattformen für Open-Online-Kurse in Ausbildungsstätten kann zudem sicherstellen, dass alle SchülerInnen unabhängig vom Standort Zugang zu Ausbildungsinhalten haben. Dies soll nicht substitutiv, sondern komplementär zum Offline-Unterricht erfolgen und ein Online-Tool bieten, das Lehrenden eine stärkere Individualisierung des Unterrichts ermöglicht. Eine Sicherstellung des Zugangs zum Internet für alle Personen in Ausbildung trägt über "learning by doing" unweigerlich zur Akkumulation von IKT-Skills bei. Ebenso müssen digitale Kompetenzen integrale Bestandteile der Weiterbildung von Lehrenden sein.

Wichtig bei der Implementierung digitaler Skills in Lehrplänen und Curricula ist die Anerkennung der Tatsache, dass sich das digitale Umfeld rasant verändert. Diese Geschwindigkeit des digitalen Wandels bringt die Gefahr mit sich, dass erlernte Skills innerhalb kurzer Zeit obsolet werden. Notwendig ist daher zunächst die Vermittlung möglichst umfassender digitaler Basis-Skills über ein möglichst generelles IKT-Training. Neben der steigenden Bedeutung von digitalen Kompetenzen in allen Berufsgruppen und der vermehrten Ausbildung hochqualifizierter IT-Fachkräfte, besteht die größte Herausforderung langfristig darin, soziale Fähigkeiten zu vermitteln wie etwa soziale Kompetenz, Kommunikationsfähigkeit sowie Problemlösungskompetenz und Urteilsvermögen in Bezug auf unstrukturierte Aufgaben.

Auf Ebene der tertiären Bildung ist die finanzielle Ausstattung der Universitäten und Fachhochschulen für die Ausbildung von SpezialistInnen zu erhöhen. Zudem sind Frauen in diesen Fächern im internationalen Vergleich immer noch unterrepräsentiert. Im Zuge des digitalen Wandels benötigt auch die berufsbildende höhere Ausbildung ein neues Leitbild: Beschäftigungsmöglichkeiten für TechnikerInnen finden sich bisher idealtypisch in größeren Unternehmen. Kenntnisse in Bezug auf Entrepreneurship und Gründungskultur sollten daher stärker in diese Ausbildungen integriert werden. Die vorgebrachten Forderungen bedeuten jedoch nicht, dass nicht auch sozial-, rechts- und geisteswissenschaftliche Ausbildungen weiterhin zentral sind. Eine profunde Debatte über ethische und soziale Folgen des Einsatzes digitaler Technologien in zunehmend allen Lebensbereichen macht eine Gesellschaft erst urteilsfähig (Hartung – Schmitt, 2018).

Wegen der bereits jetzt spürbaren Engpässe und des mit der gesellschaftlichen Alterung verbundenen Rückgangs im Arbeitskräftepotential in den kommenden Jahrzehnten, kann die berufliche Erstausbildung den Fachkräftebedarf wohl kaum decken. Eine besondere Bedeutung kommt im Zuge des digitalen Wandels daher Umschulungen zu. Die wesentlichen Instrumente zur Existenzsicherung in Weiterbildungsphasen in Österreich – Bildungskarenz, Bildungsteilzeit, Fachkräftestipendium und Selbsterhalterstipendium – bieten jenen, die insbesondere vom Strukturwandel und der Digitalisierung der Arbeitswelt betroffen sind, nur unzureichende Unterstützung. Es bedarf daher einer Anpassung der vorhandenen Instrumente der existenzgesicherten Weiterbildung (Bock-Schappelwein – Famira-Mühlberger – Huemer, 2017).

Digitalisierung erzwingt eine koordinierte Wettbewerbs- und Regulierungspolitik auf supranationaler Ebene

Die Universalität und Raumunabhängigkeit digitaler Lösungen und Märkte machen zudem wirksame nationale Regulierungen unmöglich. Für die Wahrung von Wettbewerb und die Durchsetzung von Wettbewerbsrechten sind daher supranationale Lösungen (zumindest auf Ebene der EU) vonnöten. Auf nationaler Ebene muss in Österreich in diesem Zusammenhang der Fokus daher vermehrt im Abbau von Markteintrittsbarrieren liegen. Dazu können auf einzelstaatlicher Ebene Anstrengungen zur strengeren Kontrolle der Geschäftspraktiken großer (zunehmend KI-gestützter) Plattformen in Bezug auf Preisgestaltung, die Nutzung persönlicher Daten der KonsumentInnen und das Verhalten gegenüber Mitbewerbern verstärkt werden. Auch die Prüfung arbeits- und abgabenrechtlicher Angelegenheiten in digitalisierten Märkten bietet Ansatzpunkte auch auf (sub-)nationaler Ebene, ebenso wie der Abbau von Asymmetrien in der Regulierung zwischen digitalen (unregulierten) und traditionellen (regulierten) Konkurrenzdiensten (wie etwa die Beispiele AirBnB/ Hotellerie oder Uber/ Taxigewerbe zeigen).

1. Einleitung

Die fortschreitende Digitalisierung leistet in hoch entwickelten Ländern wie Österreich wichtige Beiträge zum Produktivitäts- und Wirtschaftswachstum. Dies zeigt eine Vielzahl an internationalen Studien. Weniger eindeutig gestalten sich zunächst die Befunde zu den Beschäftigungseffekten des vermehrten Einsatzes digitaler Technologien. Internationale (z. B. *Frey – Osborne, 2013*) wie nationale (*Nagl – Titelbach – Valkova, 2017*) Schätzungen zur Zahl der durch Automatisierung und Roboter bedrohten Arbeitsplätze werden in regelmäßigen Abständen durch die Medienlandschaft getragen. Kaum berücksichtigt wird in Studien dieser Art jedoch der tatsächliche Nettoeffekt dieses technologischen Wandels auf den Arbeitsmarkt: So ersetzen digitale Technologien zwar häufig menschliche Arbeit. Allerdings sind in der Vergangenheit häufig gerade die stark von Digitalisierung geprägten Branchen besonders stark gewachsen. Neben diesen direkten Effekten – den in wachsenden, hoch digitalisierten Branchen neu entstehenden Arbeitsplätzen – sind zudem indirekte Effekte für den Gesamteffekt von großer Bedeutung. Diese ergeben sich aus sinkenden Produktionskosten durch den Einsatz digitaler Technologien und aus der Vielzahl an durch Digitalisierung hervorgerufenen, neuen Sachgütern und Dienstleistungen. Dies erzeugt positive Kaufkraft- bzw. Nachfrage-Effekte, welche eine Vielzahl an neuen Arbeitsplätzen entstehen lassen. Insgesamt lässt die internationale Literatur bislang vermehrt auf positive Nettoeffekte der Digitalisierung auf die Beschäftigungsentwicklung schließen, wobei die konkrete Richtung und das Ausmaß der Gesamteffekte a priori nicht eindeutig sind. Deshalb können konkrete Aussagen für ein bestimmtes Land bzw. eine Region lediglich auf Basis empirischer Analysen ermittelt werden.

Theoretisch offen ist außerdem die räumliche Dimension dieses Wandels, also die Frage, wie sich Digitalisierung auf städtische bzw. ländliche Regionen bzw. einzelne Bundesländer auswirkt. Digitalisierung führt zunehmend zu einer vermeintlich "raumlosen" Welt, in welcher räumliche Distanz für viele Bereiche des Wirtschafts- und Gesellschaftslebens eine immer geringere Rolle spielt. Angebot und Nachfrage sind häufig nicht mehr räumlich aneinander gebunden, immer mehr Leistungen können prinzipiell ortsungebunden erbracht bzw. konsumiert werden. Diese Entwicklung spricht zunächst für eine Aufwertung des ländlichen Raums, weil seine Vorteile in Arbeitskosten und Immobilienpreisen, aber auch sein oft höherer Freizeit- und Erholungswert bei sinkenden Kosten der Distanzüberwindung stärker auf die Standortwahl von Unternehmen und Einwohner/innen durchschlagen sollten. Allerdings gibt es in der internationalen Literatur viele Hinweise darauf, dass Städte trotz des vermeintlichen Bedeutungsverlusts von Raum und Distanz im Zeitalter digitaler Kommunikation weiter stark an Bedeutung gewinnen: Produkte werden komplexer und weniger standardisiert. Sie werden vermehrt kundenspezifisch erstellt, die Grenzen zwischen Produkt und damit verbundenen Services verschwimmen⁷⁾. Routine-Tätigkeiten werden zunehmend automatisiert, komplexe Nicht-Routine-Tätigkeiten gewinnen für menschliche Arbeit dagegen an Bedeutung. Bei solchen Tätigkeiten müssen Menschen

⁷⁾ Dies betrifft beispielsweise High-Tech-Maschinen ebenso wie maßgeschneiderte IT-Lösungen oder Consulting-Tätigkeiten.

weiterhin regelmäßig "Face-to-Face" zusammenarbeiten, um zu effizienten und innovativen Lösungen zu kommen. Je komplexer die Arbeit wird, umso mehr gut qualifizierte Arbeitskräfte braucht es deshalb vor Ort, sowohl im eigenen als auch in vor- und nachgelagerten Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette. Die vereinfachte Face-to-Face-Kommunikation bei räumlicher Nähe zwischen den unterschiedlichen Akteuren, die höhere Informationsdichte sowie eine bessere Ausstattung mit Infrastruktur, "Humankapital" und technologieorientierten Unternehmen sprechen auch künftig für Standortvorteile der großen Ballungsräume.

Ziel des vorliegenden Projekts war deshalb eine erstmalige vertiefende Analyse der Beschäftigungseffekte durch Digitalisierung auf räumlich differenzierter Ebene für Österreich, sowohl in Bezug auf unterschiedliche Arten von Regionen (urbane und nicht-urbane Regionen) als auch in Bezug auf die Ebene der Bundesländer. Durch Unterschiede in der Wirtschaftsstruktur und Infrastruktur, in Technologieniveaus und in der Ausstattung mit digitalen Skills der ansässigen Bevölkerung und Unternehmen waren dabei vorab durchaus unterschiedliche Effekte und Entwicklungen zwischen städtischen und ländlichen Regionen, aber auch zwischen den Bundesländern zu erwarten.

Das Projekt untersuchte diese Effekte in verschiedenen Dimensionen und unter Einsatz unterschiedlicher Methoden:

- Kapitel 2 der Studie widmet sich einem ausführlichen Studium der internationalen Literatur und kommt im Rahmen eines strukturierten Surveys zu der Erkenntnis, dass die wissenschaftliche Literatur bislang überwiegend positive Effekte des zunehmenden Einsatzes digitaler Technologien für die Beschäftigungsentwicklung findet. Dabei gestalten sich die Effekte freilich nach Qualifikationsniveau und regionalem Kontext in ihrem Ausmaß teils sehr heterogen.
- Kapitel 3 stellt den Digitalisierungsgrad der regionalen Wirtschaft in Österreich anhand neuer Branchen-Taxonomien des WIFO und der OECD dar. Die deskriptive Analyse zeigt, dass die Beschäftigung in allgemein hoch digitalisierten Branchen seit 2010 in allen Bundesländern stärker gewachsen ist als die Gesamtbeschäftigung. Dies gilt insbesondere für jene Branchen, die selbst Sachgüter und Dienstleistungen der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) produzieren. Eine schwächere Beschäftigungsdynamik zeigt sich lediglich für jene Branchen, die am intensivsten IKT nutzen, aber nicht selbst IKT erzeugen. In Summe zeigen die Analysen (bei beträchtlicher Heterogenität zwischen unterschiedlichen Indikatoren zur Messung des regionalen Digitalisierungsgrades) für hoch digitalisierte Branchen Standortvorteile von urbanen Regionen, die sich in der Vergangenheit auch kaum reduziert haben.
- Kapitel 4 schätzt im Rahmen einer ökonometrischen Analyse auf Ebene der österreichischen Bezirke die Nettoeffekte eines höheren Digitalisierungsgrades der lokalen Wirtschaft auf die Gesamtbeschäftigung vor Ort. Die ermittelten Gesamteffekte sind ebenso mehrheitlich positiv, wobei die Beschäftigung in Regionen abseits der Städte (industriell und ländlich geprägte Bezirke), bei entsprechender Ausstattung mit Humankapital, besonders stark von einer Erhöhung des Anteils hoch digitalisierter Branchen und des

Anteils an IKT-Fachkräften an der Gesamtbeschäftigung der Region profitieren. Auch die stärker industriell geprägten Bundesländer dürften dabei besonders von einer hoch digitalisierten lokalen Wirtschaft profitieren, wie die Ergebnisse verdeutlichen.

- Kapitel 5 analysiert die Effekte der Verbesserung der Breitbandinfrastruktur auf Ebene der österreichischen Gemeinden. Eine Erhöhung der durchschnittlichen Downloadgeschwindigkeit zeigt ebenfalls positive Effekte für die Beschäftigungsentwicklung in den Gemeinden, insbesondere für bevölkerungsarme Gemeinden und für Gemeinden mit anfangs niedriger Bandbreite. Besonders ausgeprägt sind die Effekte höherer Breitbandgeschwindigkeiten dazu für die Beschäftigung in wissensintensiven Dienstleistungen. Für die Bevölkerungsentwicklung der Gemeinden hingegen scheint die Breitbandqualität, trotz damit verbundener besserer Möglichkeiten für Teleworking, nur eine vernachlässigbare Rolle zu spielen.
- Kapitel 6 diskutiert politische Handlungsfelder und Ansatzpunkte im Kontext der empirischen Ergebnisse der Studie und der internationalen Literatur. Das Kapitel plädiert für eine innovative und mutige Politik, welche sowohl die Bevölkerung als auch die Unternehmen in die Lage versetzt, den technologischen Wandel aktiv zu nutzen. Es wird argumentiert, dass für die erfolgreiche Lösung der zentralen Herausforderungen eine integrierte Politik mit umfassender Zusammenarbeit der unterschiedlichen Ressorts (Wirtschaft/Bildung/Soziales/Infrastruktur) und Gebietskörperschaften sowie eine hohe Flexibilität aller beteiligten Gruppen (Bevölkerung, Unternehmen, Politik) notwendig sein wird, um die positiven Effekte des digitalen Wandels in vollem Umfang ausschöpfen zu können. Entscheidend werden eine rasche politische Handlungs- und qualifizierte Anpassungsfähigkeit, die Lösung von Verteilungsfragen sowie eine räumlich differenzierte Politik in allen Bereichen sein. Da Digitalisierung wesentlich mehr als eine technische Herausforderung an die Wirtschaft und Gesellschaft darstellt, kommen der Bildungs- und Arbeitsmarktpolitik die wohl wichtigsten Rollen im Zuge des digitalen Wandels zu.

Zu betonen bleibt allerdings, dass auch eine intensive Befassung mit dem Thema Unsicherheiten über die weitere Technologieentwicklung und deren Konsequenzen nicht wird beseitigen können. Generell ist zu betonen, dass die kurzfristigen Auswirkungen digitaler Technologieentwicklung oft überschätzt werden (weil die notwendigen Umsetzungsvoraussetzungen zu wenig beachtet werden), gleichzeitig aber die langfristigen Folgen unterschätzt werden, weil sie erst nach einer Vielzahl komplementärer Veränderungen vollständig wirksam werden ("Amaras Gesetz"; Mokyr *et al.*, 2015). Vor diesem Hintergrund kann die vorliegende Studie daher nicht das Ziel verfolgen, eine möglichst exakte "Prognose" des zukünftigen Entwicklungspfades digitaler Technologien und seiner Wirkungen zu liefern.

2. Digitalisierung und (regionale) Beschäftigungsentwicklung: Erkenntnisse aus der internationalen Literatur

2.1 Digitale Technologien als zentraler Einflussfaktor in Wissensgesellschaft und internationaler Arbeitsteilung

2.1.1 "Digitalisierung": Was ist das?

Unter "Digitalisierung" verstehen wir in unserem Survey die Anwendung neuer digitaler Technologien in ökonomisch relevanten Aktivitäten. Sie basieren auf Fortschritten in (I) Prozessor-, Speicher- und Übertragungstechnik, (II) Sensorik, Steuerungstechnik und Robotik, (III) Software und künstlicher Intelligenz sowie (IV) Informationsplattformen und Informationsdigitalisierung (Vogler, 2018) und gehen teils auf Entwicklungen schon seit der Mitte des 20. Jahrhunderts zurück. Ökonomisch werden sie allerdings meist erst seit den 1980er-Jahren wirkungsmächtig, was auch den Beobachtungszeitraum unseres Surveys erklärt⁸⁾:

Tatsächlich entstehen zentrale Basisinnovationen für die Abbildung und Verarbeitung von Information in Form von "bits" (als zentraler Charakteristik der Digitalisierung) schon im zweiten Weltkrieg (Computer) bzw. in den frühen 1950er-Jahren (Speichermedien). Auch die Grundlagen für die elektronische Kommunikation zwischen Computern via Internet gehen schon auf Inventionen des US-Militärs in den 1960er- und 1970er-Jahren zurück. Allerdings erlaubte erst die Entwicklung des TCP/IP Protokolls in den 1980er-Jahren das effiziente Management großer Computernetzwerke, was zusammen mit der Privatisierung des Netzes in den 1990er-Jahren den Siegeszug des modernen (kommerziellen) Internets⁹⁾ möglich machte. Erst auf seiner Basis wurden in der Folge vielfältige neue Technologien, Tools und Applikationen (wie Browser, Suchmaschine, Online-Shopping, soziale Netzwerke, elektronische Managementsysteme, digitale Plattformen, Cloud-Computing) und die effiziente Sammlung, Verarbeitung und Analyse von Massendaten (Big Data) möglich – Grundlage letztlich für rezente Entwicklungen in Machine Learning ("cognitive computing", "deep learning") und "künstlicher Intelligenz" (KI), mit massiven Anwendungspotentialen etwa in der KI-gesteuerten Automation, der Vorhersage von Kauf- und Konsumententscheidungen, der Entwicklung "intelligenter" Objekte ("Internet der Dinge") oder von sich selbst steuernden bzw. optimierenden (cyber-physischen) Produktions- und Logistiksystemen ("Industrie 4.0", "Mobilität 4.0" etc.).

Grundsätzlich verliefen Fortschritte in diesem Prozess der "Digitalisierung" dank ständiger Verbesserungen in Rechnerleistung, Speichermöglichkeiten und Übertragungskapazitäten¹⁰⁾

⁸⁾ Für eine detailliertere Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Digitalisierung vgl. etwa Ceruzzi (2003) bzw. Greenstein (2015).

⁹⁾ Zur führenden Rolle der Universitäten in dessen Frühphase vgl. Goldfarb (2006).

¹⁰⁾ So hat sich die Komplexität integrierter Schaltkreise (gemessen an der Anzahl ihrer Komponenten) in den letzten Jahrzehnten bei gegebenen Komponentenkosten alle 12 bis 24 Monate verdoppelt ("Moore's Law"). Folge war eine massive Erhöhung der Speicherkapazität der eingesetzten Mikro-Chips, eine erhebliche Verbilligung der Computer-Hardware kam hinzu (etwa Vogler, 2018). Insgesamt dürfte die verfügbare Rechenleistung damit schon bisher massiv zugenommen haben, rezente Schätzungen (Nordhaus, 2015) gehen – je nach verwendetem Standard – von einer Erhöhung dieser Leistung um einen Faktor von 1,7 bis 76 Milliarden gegenüber einer manuellen Berechnung aus.

schon in den letzten Jahrzehnten rasant. Eine massive Senkung der "Stückkosten" von Informationsverarbeitung bzw. Datenkommunikation (*Kushida, 2015*) und die daraus folgende Mengenreaktion¹¹⁾ waren ebenso zu beobachten wie eine zunehmende Vernetzung der Produktions- und Vertriebsprozesse im Unternehmen und über dieses hinaus (*BMVIT, 2017*). Dennoch verlief die Entwicklung bisher eher evolutionär als disruptiv (*Wolter et al., 2015*), was angesichts massiver technologischer Fortschritte am aktuellen Rand nach Ansicht einer Reihe von Autoren (etwa *Brynjolfsson – McAfee, 2012, 2014; Ford, 2015; Pratt, 2015; Frey – Osborne, 2017; McKinsey Global Institute, 2013, 2018*) freilich keineswegs auch in Zukunft so bleiben muss.

So ermöglicht das Zusammenwirken von immer leistungsfähigeren vernetzten Rechnern, neuen Methoden in der Modellierung neuronaler Netze und einem mittlerweile durchgängig digitalisierten und durch Vernetzung rasant wachsenden Massendatenbestand derzeit eine bemerkenswerte Weiterentwicklung von Machine Learning und künstlicher Intelligenz mit zunehmend auch praktischem Nutzen¹²⁾. Empirische Maße zur Performance von KI-Anwendungen (etwa *Felten et al., 2018*) zeigen massive Fortschritte in zentralen Bereichen KI-basierter Automation wie Bilderkennung, Sensortechnik, Robotik oder Informationsübertragung¹³⁾, auch für hohe Steigerungsraten in der Anwendung KI-basierter Systeme gibt es klare Evidenz¹⁴⁾. Durchbrüche in der Performance wurden dabei nicht nur bei (real-time-)Videospiele und abstrakten Strategiespielen (wie Schach oder Go), sondern etwa auch bei umfassendem Lesen, Sprachübersetzung oder der inhaltlichen Prüfung von Dokumenten erzielt (etwa *Furman – Seamans, 2018*)¹⁵⁾. Auch neue, massentaugliche Anwendungen wie "Chatbots" und virtuelle Assistenten (Alexa, Siri), der Erfolg elektronischer Plattformen auf Güter- (eBay, Amazon, Alibaba) wie Dienstleistungsseite (TaskRabbit, Uber, Upwork), neue Lösungen im Vertrieb (etwa Kassa- und bargeldloses Geschäftslokal und nicht zuletzt das Entstehen intelligenter und damit zumindest teilautonom, automatisierter Produktionssysteme auf Basis von verbesserter Sensorik,

¹¹⁾ Nach Schätzungen von *Floridi* (2014) wurden seit Beginn der 1970er-Jahre etwa 85-Mal so viele (digitale) Daten verarbeitet als im gesamten (analogen) Zeitalter davor.

¹²⁾ Hier zeigen *Cockburn et al.* (2018) in einem Survey der einschlägigen Literatur für die Jahre 2009 bis 2017 eine zunächst sehr enge Konzentration von KI-bezogenen Arbeiten auf den Bereich Computer Sciences, die sich in den letzten Jahren allerdings auflöst und (bei gleichzeitiger Zunahme der Quantität einschlägiger Beiträge) einer eher breiten Aufstellung einschlägiger Beiträge auch in anwendungsnahen Bereichen Platz macht.

¹³⁾ So ist etwa die Fehlerquote KI-basierter Anwendungen in der Bilderkennung in der Periode 2010 bis 2017 von 29% auf 3% zurückgegangen – ein Wert, der mittlerweile unter jenem in der Bilderkennung durch den Menschen liegt (*Furman – Seamans, 2018*).

¹⁴⁾ So hat sich etwa in den USA der Anteil der Beschäftigtenverhältnisse, die KI-bezogene Kenntnisse erfordern, seit 2013 verfünffacht, auch für die Investitionen in KI-basierte Anwendungen und die Zahl einschlägiger Start-ups sind rasante Zuwachsraten belegt (*Furman – Seamans, 2018*). Ähnliches gilt für die Anzahl der Roboter in den entwickelten Industriestaaten – nicht zuletzt in Deutschland, wo sich die Zahl der installierten Industrieroboter seit 1994 auf zuletzt 7,6 je tausend Beschäftigten vervierfacht hat (*Daut et al., 2017*).

¹⁵⁾ So zeigte das Start-up LawGeex 2018 in einem Wettbewerb, dass ein von ihr entwickelter Algorithmus Verträge schneller und genauer auf Schwachstellen prüfen kann als ein durchschnittlicher Rechtsanwalt. Folgerichtig wickeln etwa erste Versicherungen (wie die japanische Fukoku) Schadensfälle Algorithmus-basiert ab, und bei Finanzdienstleistern entscheiden mittlerweile Computer verstärkt über die Gewährung von (kleineren) Krediten und deren Konditionen.

Datenanalyse, Cloud-Computing und dem "Internet der Dinge" in der Industrie¹⁶⁾ gehen auf rezente Neuerungen in verschiedenen Techniken des "deep learning" zurück.

2.1.2 Digitalisierung: Was müssen und was können wir dazu wissen?

Angesichts dieser aktuellen Gemengelage aus Durchbrüchen in "cognitive computing" und künstlicher Intelligenz, aber auch in Sensorik, Cloud-Computing und KI-gestützter Datenanalyse, dem Aufstieg elektronischer Plattformen, den Möglichkeiten zur Sammlung, Bearbeitung und Analyse von Daten in bisher ungeahnter Größenordnung und weiter sinkenden Technologiekosten gehen vielen Autoren von einer "digitalen Beschleunigung" (Brynjolfsson – McAfee, 2012) am aktuellen Rand aus. Die Digitalisierung würde danach zunehmend eine neue Qualität erreichen, mit jetzt durchaus disruptiver Wirkung und einem hohen Potential zur Reorganisation bzw. Transformation von industrieller Produktion, aber auch (und nicht zuletzt) dem Dienstleistungsbereich (etwa Brynjolfsson – McAfee, 2012; Kenney et al., 2015; Pratt, 2015; Zysman – Kenney, 2017; Cockburn et al., 2018).

Erwartet werden daraus enorme Effizienzpotentiale und damit Möglichkeiten zu neuem Wachstum (etwa Kelly, 2012; Autor, 2014), aber auch erhebliche Verwerfungen auf den Arbeitsmärkten (etwa Brynjolfsson – McAfee, 2014, Autor, 2015; Frey – Osborne, 2017), nicht zuletzt aus der zunehmenden Breite von Digitalisierung und Automation sowie der (erwarteten) Geschwindigkeit der Veränderungen¹⁷⁾.

So werden einerseits Produktivitätszuwächse in einer Größenordnung wie zuletzt in der Phase der industriellen Revolution erwartet – im industriell-gewerblichen Bereich durch KI-basierte Robotik, selbstregulierende Produktionssysteme und individualisierter Massenfertigung ("mass customization"), erstmals (und vor allem) aber auch im Dienstleistungsbereich, wo es die Anwendung regelbasierter IKT-Tools im Rahmen digitaler Plattformen erlaubt, die Erbringung von Dienstleistungen zunehmend in kodifizierbare und berechenbare Prozesse mit klaren Regeln in der Ausführung überzuführen, wodurch Produktivitätssteigerungen erst möglich werden (Zysman – Kenney, 2017). Nicht zuletzt steht auch die Vermutung im Raum, dass "deep learning" und KI-basierte Algorithmen nicht nur Produktivitätsgewinne auf sektoral breiter Ebene auslösen, sondern auch die Natur des Innovationsprozesses selbst verändern könnten (Cockburn et al., 2018): Danach würde mit den neuen technologischen Möglichkeiten auch die (derzeit stark

¹⁶⁾ Als Beispiel für den Stand der Dinge kann hier die neue "Factory 56" von Mercedes in Sindelfingen angeführt werden, in welcher eine weitgehend vollständige Vernetzung der Produktion mit Lieferanten und Kunden vorbereitet wird. Hier löst die Wahl der Konfiguration des Fahrzeugs (etwa der Zahl der Speichen an seinem Rad) durch den Kunden am Heimcomputer eine Kaskade vollautomatischer Prozesse aus: Die Software bestellt die Speichen beim Zulieferer, wickelt die Zahlung ab, übernimmt die Buchhaltung und bestellt den (automatisiert fahrenden) LKW, der die Teile beim Lieferanten abholt und in das Transportsystem des Werks einbringt. Hier sorgt der Algorithmus dafür, dass die benötigten Bauteile zeitlich exakt am Fließband eintreffen, wo vorinformierte Maschinen sie in genau jenes Fahrzeug einbauen, das nach Kundenwunsch konfiguriert werden soll. Mittelfristig sollen in dieser Fabrik übrigens autonome Fahrzeuge entstehen, mit Konsequenzen für ein breites Berufsspektrum (Taxi-, Bus-, LKW-, Gabelstaplerfahrer, Chauffeure, Zulieferdienstleister etc.).

¹⁷⁾ Zur Bedeutung der Anpassungsgeschwindigkeit für die Konsequenzen der Digitalisierung vgl. Goolsbee (2018), für eine modelltheoretische Bearbeitung dieses Problems Acemoglu – Restrepo (2016).

arbeitsintensive) Forschung selbst zu einem stärker kapitalintensiven Prozess, in welchem neue Erkenntnisse und Erfindungen vor allem durch die Kombination passiv generierter Datensätze mit verbesserten Vorhersage-Algorithmen entstehen – eine neue Methode zur Schaffung neuer Erkenntnisse ganz im Sinn von *Griliches* ("Invention of a method of invention"; 1957) mit potentiell enormer auch ökonomischer Wirkung¹⁸⁾.

Andererseits sehen vielfältige Debattenbeiträge auch erhebliche Arbeitsmarktverwerfungen durch die digitale Transformation voraus, für deren Größenordnung ebenfalls der Vergleich mit dem Übergang von der Agrar- zur Industriegesellschaft bemüht wird (etwa *Brynjolfsson – McAfee*, 2012, 2014; für einen Überblick etwa *Mokyr et al.*, 2015). Mit Hinweis auf die enorme Auswertung des Spektrums an Aufgaben, die Computer angesichts der rezenten Durchbrüche in KI und adaptiver Robotik zu erfüllen in der Lage sind, wird eine massive Ausweitung von Automatisierungs- und Digitalisierungspotentialen erwartet, die in immer mehr Arbeitsinhalte vordringen – auch in solche, die Flexibilität, Beurteilungsvermögen und Entscheidungen in Nicht-Routine-Situationen erfordern und damit bisher allein dem Menschen vorbehalten schienen (*Autor*, 2015)¹⁹⁾. Damit wird nichts weniger erwartet als eine grundlegende Verschiebung der komparativen Vorteile im Mensch-Maschine-System, mit der Perspektive einer empfindlichen Substitution bestehender Arbeitsplätze (auch kognitiv anspruchsvollen Inhalts) und eines immer kleineren Spektrums von Aktivitäten, in welchen der Faktor Arbeit signifikant zur Wertschöpfung beiträgt (*Autor*, 2003; *Autor – Dorn*, 2013; *Frey – Osborne*, 2017). Dabei bleibt zwar strittig, inwieweit sich dieser "Rückzug der Arbeit aus der Produktion" vorrangig in Beschäftigungseinbußen und/oder einem schrumpfenden Anteil des Faktors Arbeit an Wertschöpfung und Einkommen manifestiert (*Autor – Salomons*, 2018) und welche Arbeitnehmergruppen davon vorrangig betroffen sein werden ("Polarisierungsdebatte", siehe Abschnitt 2.4). Weitgehend unstrittig scheint aber, dass die Weiterentwicklung digitaler Technologien (auch) das Beschäftigungssystem in erheblichem Maße verändern wird.

Nun ist es wohl nicht zuletzt dieser Ambivalenz in den Erwartungen zu den Wachstums- und Beschäftigungswirkungen des Einsatzes neuer digitaler Technologien geschuldet, dass das Thema der Digitalisierung im öffentlichen Diskurs, aber auch Forschung und Wirtschaftspolitik in den letzten Jahren nochmals an Bedeutung gewonnen hat. Allerdings bleibt zu betonen, dass auch eine intensive Befassung mit dem Thema Unsicherheiten über die weitere Technologieentwicklung und deren Konsequenzen nicht wird beseitigen können. Die einschlägige Literatur benennt hierfür eine Reihe von Ursachen:

- Zunächst bestehen digitale Technologien aus einem breiten Bündel von Anwendungen, die sich gegenseitig unterstützen und in ihren Wirkungen vervielfältigen können.

¹⁸⁾ Erste Hinweise dafür finden sich etwa in der Medizinforschung, wo automatisierte Laborarbeit zusammen mit Big-Data-Anwendungen bereits erste Patentierungserfolge hervorgebracht hat.

¹⁹⁾ Dabei scheint Substitution von Arbeit durch intelligente Automation sowohl in kognitiven als auch in manuellen Tätigkeitsbereichen zunehmend möglich, mit der Vervielfachung der Kapazitäten in der Mustererkennung auf Basis von Big-Data-Applikationen im kognitiven, und Fortschritten moderner Roboter in Sensorik, Gewandtheit und Empfindlichkeit im manuellen Bereich als zentralen Ursachen.

Schon dies schränkt die Chancen für eine valide Prognose der Entwicklung erheblich ein (OECD, 2017).

- Dies wird noch dadurch verstärkt, dass einer Reihe dieser Anwendungen (etwa digitalen Plattformen in Hinblick auf traditionelle Dienstleistungsmärkte) durchaus erhebliches disruptives Potential zugeschrieben wird, gleichzeitig aber erst seit einigen Jahren in der Praxis wirkungsmächtig werden, sodass evidenzbasierte Wirkungsanalysen noch keine validen Ergebnisse liefern können (Ciriani – Perin, 2015).
- Generell verlaufen Entwicklung wie Einführung technologischer Innovationen oft erratisch und/oder "wellenförmig" in einer Abfolge von Phasen rapider Entwicklung und solcher mit geringen oder keinen Fortschritten (Raja – Ampah, 2016). Vorhersagen zu den zeitlichen Entwicklungs- und Diffusionspfaden digitaler Technologien bleiben daher in der Praxis sehr oft unzutreffend²⁰⁾, ebenso wie Einschätzungen zu deren letztlich erreichbarem Entwicklungspotential²¹⁾ (Armstrong et al., 2014).
- Zudem zieht gerade bei digitalen Technologien ihre Verfügbarkeit noch nicht notwendig eine Nutzung nach sich (Tichy, 2016): Die kommerzielle Rentabilität ihres Einsatzes hat oft komplementäre Investitionen auf Betriebsebene (etwa in neue Qualifikationen oder Organisationsstrukturen) und/oder begleitende Maßnahmen der Wirtschaftspolitik zur Voraussetzung. Dies erschwert Prognosen zu deren Umsetzungspfad und führt dazu, dass die kurzfristigen Auswirkungen digitaler Technologieentwicklung oft überschätzt werden (weil die notwendigen Umsetzungsvoraussetzungen zu wenig beachtet werden), gleichzeitig aber die langfristigen Folgen unterschätzt werden, weil sie erst nach einer Vielzahl komplementärer Veränderungen vollständig wirksam werden ("Amaras Gesetz"; Mokyr et al., 2015). Die Abhängigkeit des Diffusionstempos von strukturellen Parametern wie der Flexibilität von Güter- und Arbeitsmärkten oder der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen kommt hinzu (OECD, 2017).
- Auch bei gegebener Umsetzung sind die Wirkungen digitaler Technologien von einem breiten Spektrum ökonomischer, sozialer, politischer und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen mitbestimmt. So sind die Beschäftigungs- oder Einkommenswirkungen von den Entscheidungen einer Vielzahl von Unternehmen und Individuen, aber auch der wirtschaftspolitischen Entscheidungsträger abhängig, was deren Voraussage entsprechend schwierig macht (Raja – Ampah, 2016).
- Nicht zuletzt hat auch die Komplexität der zu erwartenden Effekte erhebliche Unsicherheiten in deren Vorausschau zur Folge: So können sich die Wirkungen digitaler Technologien etwa danach unterscheiden, ob sie Prozess- oder Produktinnovationen betreffen (Edquist et al., 2001), welche Branche betrachtet wird (Autor – Salomons, 2018) und in

²⁰⁾ So wurde das Mobiltelefon noch in den 1980er-Jahren mehrheitlich als Nischenprodukt oder Spielzeug eingeschätzt, heute ist es zentrales Kommunikationsinstrument für deutlich mehr als die Hälfte der Weltpopulation. Im Gegensatz dazu wird das bereits 1903 erfundene Elektroauto auch heute erst in Ansätzen kommerziell genutzt.

²¹⁾ So war noch vor einigen Jahren nicht erwartet worden, dass sich das Smartphone für eine Reihe von Produktionsbereichen – etwa von Notebooks und Organizern, aber auch von Landkarten, Metronomen, Vergrößerungsgläsern, Kompassen oder Taschenlampen – als disruptive Technologie erweisen würde.

welchem regionalen Umfeld die Neuerung getätigt wird (*Forman, 2013*). Dabei können in jedem Fall gegenläufige (Verdrängungs- wie Nachfrage-)Effekte auftreten, die – wegen vielfältiger Rückkopplungen – auch selbst wiederum nicht eindeutig positiv oder negativ sein können (*Vogler-Ludwig, 2017*). Vielfältige (und unterschiedliche) Anpassungsreaktionen auf den Güter- und Arbeitsmärkten kommen hinzu.

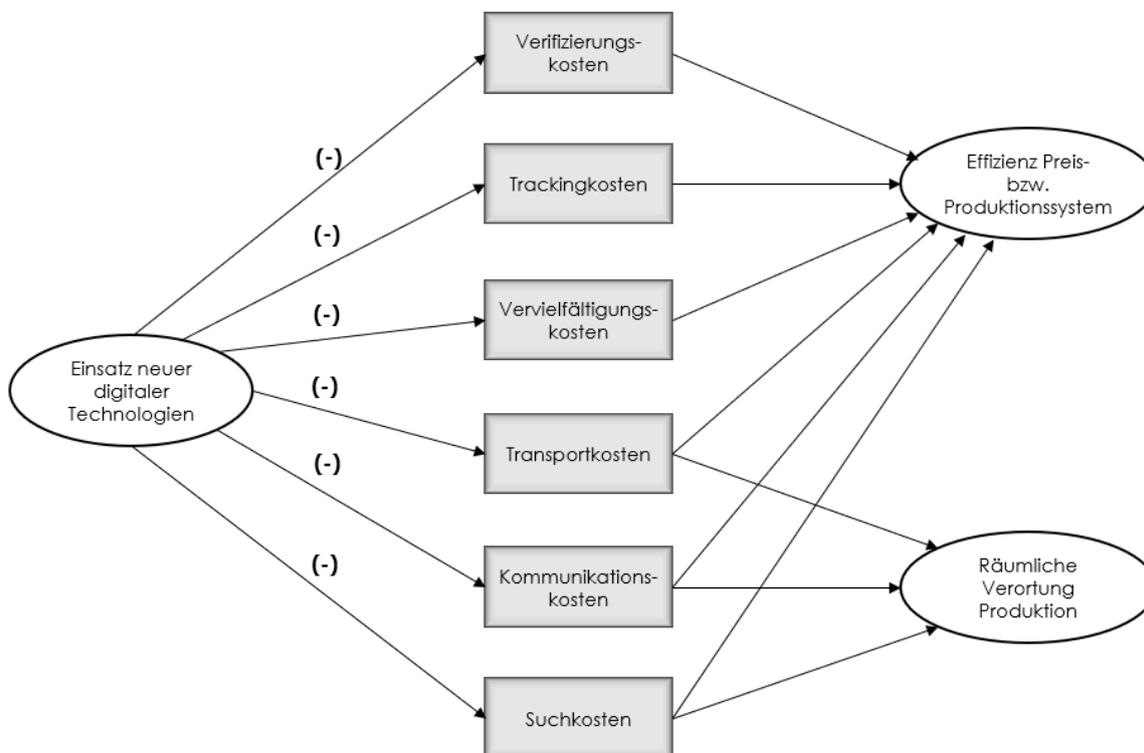
Vor diesem Hintergrund kann auch unser Literaturüberblick nicht das Ziel verfolgen, eine möglichst exakte "Prognose" des Entwicklungspfads digitaler Technologien und seiner Wirkungen zu liefern. Angestrebt wird allerdings eine, durch die bisherige theoretische und empirische Evidenz fundierte Abschätzung der Grundtendenzen der weiteren Entwicklung und ihrer Wirkungszusammenhänge sowie ein strukturierter Überblick über bisherige Erkenntnisse zu den (regionalen) Beschäftigungswirkungen eines Einsatzes digitaler Technologien. Die Ergebnisse sollen evidenzbasierte Grundlagen für die Bildung von Hypothesen zur folgenden empirischen Analyse für Österreich liefern, aber auch Hinweise zu den drängendsten Herausforderungen, welchen die (regionale) Wirtschaftspolitik im Zuge des digitalen Wandels bereits heute gegenübersteht bzw. künftig gegenüberstehen wird.

2.1.3 Über welche ökonomischen Mechanismen wirkt Digitalisierung?

In übergeordneter Betrachtung führt die einschlägige Literatur (etwa *Goldfarb – Tucker, 2017*) die umfassende Wirkung digitaler Technologien auf ökonomische Aktivitäten und Zusammenhänge vorrangig auf deren kostensenkende Effekte zurück, die ihrerseits wieder die Effizienz der Ressourcenallokation beeinflussen. Tatsächlich können durch den Einsatz digitaler Technologien eine ganze Reihe von Kostenkategorien gesenkt (oder sogar beseitigt) werden, die bisher ökonomische Transaktionen verteuerten. Konkret wurden in der Literatur kostensenkende Effekte in 6 (Transaktions-)Kostenkategorien nachgewiesen, wobei alle zu Effizienzsteigerungen in Preis- und/oder Produktionssystem (und daraus abgeleitet zu Beschäftigungs- und Einkommenseffekten) führen, einige aber auch Verteilungswirkungen im Raum auslösen – und damit die Erwartung regional differenzierter Wirkungen der digitalen Technologien begründen (Abbildung 2.1)²².

²²) Auf Sicht wird diese Liste von Kostensenkungskategorien, die in der bisherigen Literatur im Vordergrund stehen, wohl um "Entwicklungs- bzw. Innovationskosten" zu ergänzen sein. Sie dürften sich bei weiteren Fortschritten in der KI-basierten Forschung ebenfalls deutlich reduzieren.

Abbildung 2.1: Ökonomische Effekte der Digitalisierung: Sinkende Transaktionskosten



Q: Goldfarb-Tucker (2017), WIFO-Darstellung.

- a) **Verifizierungskosten sinken:** Zunächst machen digitale Technologien die Reputation und Glaubwürdigkeit von Individuen, Unternehmen und Institutionen am Markt leichter überprüfbar. Der (teure) Aufbau von Marken zur Bildung und Sicherung von Reputation kann damit in vielen Fällen entfallen (Tadelis, 1999; Waldfogel – Chen, 2006), Online-Rating-Systeme auf Basis der Erfahrungen früherer Käufer bzw. Verkäufer übernehmen diese Funktion²³).
- b) **Trackingkosten sinken:** Digitale Aktivitäten sind ungleich leichter aufzuzeichnen und zu speichern, was das Nachverfolgen individuellen Verhaltens vereinfacht (Villas – Boas, 2004). Dies schafft gänzlich neue Möglichkeiten der Personalisierung von Werbung (Goldfarb – Tucker, 2017), aber auch der digitalen Preisdiskriminierung und der Bildung von One-to-one-Märkten (Shapiro – Varian, 1998).
- c) **Vervielfältigungskosten sinken:** Kopierkosten gehen bei digitalen Gütern gegen Null, was ihnen Eigenschaften öffentlicher Güter (Nicht-Rivalität) verleiht und – ohne gesetzliche oder technologische Vorkehrungen – deren unbeschränkte Reproduktion ermöglicht (Varian, 2005)²⁴. Damit geht theoretisch auch der Preis solcher Güter gegen Null,

²³) Für empirische Belege zur Effektivität solcher Systeme für die Preisbildung vgl. etwa Lucking-Reiley et al. (2007).

²⁴) Varian schreibt dazu: " ... the internet can be seen as a giant, out of control copying machine".

Profitabilität kann allerdings (bei nicht-rivalen Produkten) durch Preisbündelung (Bakos, 1999) oder (bei Open-Source-Lösungen) durch den Verkauf komplementärer Dienstleistungen erzielt werden (Lerner – Tirole, 2002).

Wirken diese Kostensenkungen allein auf die Effizienz von Preis- und Produktionssystem ein, so lassen Kostenreduktionen in den weiteren genannten Kategorien neben solchen Effizienzwirkungen auch räumliche Effekte erwarten:

- d) **Transportkosten sinken:** Vom Entfall der Vervielfältigungskosten nicht unabhängig gehen bei digitalen Produkten auch die Kosten der (geographischen) Distanzüberwindung gegen Null, was ceteris paribus einen gleichen Zugang zu digitalen Gütern und Diensten im Raum ermöglicht. Auch die Transportkosten physischer Produkte gehen durch digitale (Verkaufs-)Technologien zurück (vor allem dort, wo der Offline-Kauf für den Konsumenten schwierig und/oder kostenintensiv ist; Brynjolfsson et al., 2009; Forman et al., 2009), und viele Reisebewegungen (etwa für die Produktbestellung) können durch die Möglichkeit einer Online-Interaktion gänzlich entfallen (Forman et al., 2018). All dies reduziert räumliche Friktionen in ökonomischen Transaktionen und erleichtert den Unternehmen den Einstieg in die Arbeitsteilung unabhängig von ihrem Standort, ohne aber die Bedeutung räumlicher Nähe für solche (auch digitale) Transaktionen gänzlich zu beseitigen, wie dies in frühen Beiträgen (etwa "Flat World", Friedman, 2005; "Death of Distance", Cairncross, 1997) oft erwartet worden war²⁵).
- e) **Kommunikationskosten sinken:** Ähnlich senken neue digitale Technologien die Kosten von Information und Kommunikation, digitale Interaktion (etwa über E-mail oder soziale Medien) wird stärker entfernungsunabhängig. Dies lässt eine Verstärkung von (räumlichen) Wissens-Spillovers (etwa Tranos, 2016), aber auch eine Zunahme großräumiger Personalsuche und von Sourcing-Systemen auf Basis digitaler Plattformen (Goldfarb – Tucker, 2017) erwarten sowie generell strukturelle Veränderungen in der Unternehmensorganisation, deren räumliche Konsequenzen noch nicht gänzlich geklärt sind²⁶).
- f) **Suchkosten sinken:** Rückläufige Informations- und Kommunikationskosten bedeuten letztlich wieder sinkende Suchkosten und damit, ceteris paribus, erhebliche Effizienzgewinne aus breiteren und qualitätsvolleren Suchprozessen. Erstens sollten intensivere Preisvergleiche hier zu niedrigeren Preisen und einer geringeren Preisdispersion führen, eine Erwartung, die empirisch zwar in Hinsicht auf preisdämpfende Effekte (etwa Brown – Goolsbee, 2002, Zettelmeyer – Silva-Risso, 2001; Orlov, 2011), nicht aber in Hinblick auf

²⁵ So zeigen Lendle et al. (2016) empirisch, dass Distanz als Handelshemmnis zwar im elektronischen Handel eine geringere Rolle spielt als im physischen Handel, aber auch hier wirkungsmächtig bleibt. Auch liegt etwa Evidenz vor, dass Websites in räumlicher Nähe systematisch stärker genutzt werden (etwa Blum – Goldfarb, 2006; Alaveras – Martens, 2015) und Internet-Empfehlungen von lokalen Peers stärker rezipiert werden (etwa Hortascu et al., 2009).

²⁶ Theoretisch können sinkende Kommunikationskosten zu einer stärkeren Zentralisierung im Unternehmen führen, weil die Steuerung dislozierter Unternehmensteile von einem zentralen Headquarter aus leichter möglich wird. Gleichzeitig können sie aber auch die Dezentralisierung verstärken, weil Informationen, die früher dem Headquarter vorbehalten waren, nun auch dezentral leichter verfügbar sind (Garicano, 2000). Empirisch scheinen digitale Informationsinstrumente eher zentralisierend, digitale Kommunikationstechnologien eher dezentralisierend zu wirken (Bloom et al., 2014).

einen Abbau von Preisunterschieden bestätigt werden konnte (Brynjolfsson – Smith, 2000; Waldfogel – Chen, 2006; Ellison – Ellison, 2009)²⁷⁾. Zweitens sind erhebliche (wenngleich theoretisch ambivalente) Einflüsse auf Nachfragestruktur und Produktpalette zu erwarten, weil niedrigere Suchkosten das Auffinden seltener (Nischen-)Produkte erleichtern (Yang, 2013) und so die Nachfrage danach erhöhen können ("Long Tale", Anderson, 2006), aber unter bestimmten Bedingungen²⁸⁾ auch eine Konzentration der Nachfrage auf wenige Produkte auslösen können (Superstar-Effekte; Goldmanis et al., 2010). Letztlich versprechen geringere Suchkosten etwa über digitale Plattformen ein besseres Matching im Marktprozess, wofür auch hier mittlerweile breite empirische Evidenz für Güter- (etwa Dana – Orlov, 2014; Ellison et al., 2014) wie Arbeitsmärkte (etwa Kuhn – Mansour, 2014) vorliegt.

Insgesamt sprechen alle diese ökonomischen Mechanismen für erhebliche Einflüsse digitaler Technologien auf die Effizienz des Produktionsprozesses, aber auch seine räumliche Aufstellung. Die Erwartung deutlicher (und regional unterschiedlicher) Beschäftigungseffekte digitaler Technologien scheint damit – in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit ihrer Einführung – nicht unberechtigt. Voraussetzung für solche Arbeitsplatzwirkungen ist freilich, dass der Einsatz dieser Technologien auch tatsächlich Effizienzsteigerungen auslöst – eine Grundannahme, die in der einschlägigen Literatur überraschend kontrovers diskutiert wird. Der nächste Abschnitt soll hier, soweit möglich, Klarheit schaffen.

2.1.4 Produktivitätseffekte digitaler Technologien: Wo steht die Debatte?

Hohe Produktivitätssteigerungen sind aus dem Einsatz digitaler Technologien insofern zu erwarten, als sie durch ihre dämpfenden Effekte auf eine Reihe von Kostenkategorien (siehe oben) die Rahmenbedingungen für eine effizientere Produktion und steigende Innovationsaktivitäten in einem breiten Set wirtschaftlicher Aktivitäten verbessern können (Hernandez et al., 2016; Falck, 2017; Stockinger, 2017). Dies macht sie zu einer prototypisch "generischen" (Schlüssel-)Technologie ("general purpose technology"; Bresnahan – Trajtenberg, 1995)²⁹⁾, mit sektoral breitem Anwendungsfeld und vielfältigen Potentialen zur Effizienzsteigerung in den jeweils anwendenden, aber auch dazu vor- und nachgelagerten Bereichen (Helpman, 1998; Malecki, 2002, Tranos, 2013; Cockburn et al., 2017).

²⁷⁾ Letzteres wegen der breiten Möglichkeiten der Unternehmen, auf den Suchprozess Einfluss zu nehmen, wofür die genannten Arbeiten ebenfalls Belege liefern.

²⁸⁾ Superstar-Effekte treten vor allem dort auf, wo vertikal differenzierte Produkte mit Grenzkosten nahe Null zusammentreffen (etwa bei Online-Bookstores oder Reisebüros; Goldmanis et al., 2010), aber auch dort, wo personalisiertes Marketing und/oder gesteuerte Suche die Wahrnehmung der Konsumenten auf ein enges Produktspektrum einengt (Bolotaeva – Cata, 2010). Die Ausgestaltung des verwendeten Suchalgorithmus ist daher für das Marktergebnis (mit)entscheidend (Fleder – Hosanagar, 2009).

²⁹⁾ Solche Technologien haben nach Bresnahan – Trajtenberg (1995) (a) ein breites Anwendungsfeld, womit sie fast alle Branchen beeinflussen, (b) ein hohes Potential für weitere Verbesserungen und damit für weitere Kostensenkungen bei deren Nutzern sowie (c) eine umfassende Kombinierbarkeit mit anderen Technologien, was Innovation und deren Umsetzung in neuen Produkten und Prozessen erleichtert.

Zu nennen wären hier etwa neue Möglichkeiten in der Automation und der Koordination von Fertigungsketten im Produktionsbereich (OECD, 2017), ein positiver Einfluss auf Informationszugang und Wissens-Spillovers und damit die Technologiediffusion (World Bank, 2016), ein positiver Einfluss auf die Nutzung unternehmerischer Größenvorteile (Brynjolfsson – McAfee, 2014), den Zugang zu Finanzkapital (Deloitte, 2014), den Strukturwandel und die "Verjüngung" traditioneller Branchen (Yousefi, 2011), sowie generell auf die Qualität von Entscheidungsprozessen und Ressourcenallokation (Vu, 2011) und damit die Funktionsfähigkeit der Märkte (Hernandez et al., 2016). Dazu kommen dämpfende Effekte auf die Transaktionskosten bei Direktinvestitionen und im internationalen Handel (Meijers, 2012), ein dämpfender Einfluss auf Informations-Asymmetrien zwischen Käufern und Verkäufern und der Entfall der Notwendigkeit von Intermediären (Smith – Zentner, 2015) sowie potentielle Effekte auf die gesellschaftliche Inklusion (OECD, 2015) und die Akkumulation von "Sozialkapital" (Tranos, 2016)³⁰ – die Liste ließe sich fortsetzen.

Gleichzeitig haben solche generischen Schlüsseltechnologien freilich auch die Eigenschaft, ihr ökonomisches Potential erst allmählich bzw. erst dann in vollem Umfang zu entfalten, wenn sie breit angewendet werden (Bresnahan – Trajtenberg, 1995; Mokyr et al., 2015)³¹. Dies wird damit begründet, dass gerade für die Rentabilität von Schlüsseltechnologien oft komplementäre Investitionen (etwa in die dazu notwendige Qualifikation der Mitarbeiter/innen oder die Anpassung der Unternehmensstruktur) notwendig sind, was den Zeitraum zwischen Invention und Kommerzialisierung verlängert (Brynjolfsson et al., 2017). Gleichzeitig sichert erst eine "kritische Masse" von Nutzern solcher Technologien jene Netzwerkeffekte, die für deren hohe (und progressive) Effizienzwirkungen letztlich ausschlaggebend sind (Czernich et al., 2011).

Dies mag erklären, warum theoretisch zu erwartende Produktivitätseffekte von Schlüsseltechnologien in vielen Fällen zunächst kaum nachweisbar sind. Als klassisches Beispiel können etwa die zunächst über rund zwei Jahrzehnte vergeblichen Bemühungen gelten, die Effizienzeffekte von Computerisierung und IKT-Anwendung auch empirisch zu belegen ("Solow-Paradox")³². Dies gelang erst (dann aber eindeutig) seit den 1990er-Jahren, als die fragliche Technologie breit diffundiert, adoptiert und in den Regelprozess überführt werden konnte (Cairncross, 2001; Jorgenson et al., 2008; Van Reenen et al., 2010).

³⁰ So konnte empirisch gezeigt werden (etwa Ellison et al., 2007; Bauernschuster et al., 2014), dass es digitale soziale Netzwerke erlauben, existierende Sozialkontakte zu halten bzw. zu erweitern ("bonding links"), aber auch neue Sozialkontakte aufzubauen ("bridging links"). Ähnlich wie traditionelle Sozialkontakte (Putnam et al., 1993) können die durch digitale Technologien ermöglichten neuen Medien also zur Bildung von Vertrauen beitragen und damit die Transaktionskosten von Kooperationen und dem Austausch von Information senken (Beugelsdijk – Van Schaik, 2005; Tranos, 2016).

³¹ So lassen etwa die empirischen Arbeiten von Koutroumpis (2009) bzw. Czernich et al. (2011) erkennen, dass für signifikante ökonomische Effekte der Verfügbarkeit von Breitband-Internet eine "kritische Masse" von Nutzern notwendig ist.

³² Noch Ende der 1980er-Jahre schreibt Solow (1987): "You can see the computer age everywhere but in the productivity statistics". Ähnliches war auch bei anderen "großen" Erfindungen zu beobachten, etwa der Elektrifizierung oder der Einführung von Schaltkreisen (Brynjolfsson et al., 2017).

Das Wissen darüber scheint auch zur besseren Einordnung der durchaus kontroversen Debatte geeignet, die in den letzten Jahren angesichts des offensichtlichen Widerspruchs zwischen der rasanten technologischen Entwicklung in KI und Digitalisierung einerseits und einer seit Mitte der 2000er-Jahre im Gros der entwickelten Länder kaum befriedigenden gesamtwirtschaftlichen Produktivitätsentwicklung andererseits entstanden ist. Tatsächlich lassen rezente Daten der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung in Hinblick auf Zuwächse in der Effizienz keineswegs eine "digitale Beschleunigung", sondern eher eine Abschwächung erkennen (für einen Überblick etwa *Tichy*, 2016). So lag das Produktivitätswachstum in der Periode 2006-2016 in 36 von 37 entwickelten Volkswirtschaften unter jenem der Dekade davor, im Durchschnitt reduzierte es sich im Vergleich zur Periode 1996-2006 um fast zwei Drittel (*Furman*, 2017).

Dies wird in der laufenden Kontroverse von Autoren, welche die besonderen Effizienzpotentiale digitaler Technologien betonen (etwa *Jorgenson et al.*, 2008, *Oliner et al.*, 2008; *Brynjolfsson – McAfee*, 2012, 2014), vorrangig mit Messproblemen aus der mangelnden Berücksichtigung bzw. Unterbewertung digitaler Produkte bzw. Dienste in der Produktivitätsstatistik begründet (siehe dazu *Syverson*, 2017). Andere Autoren (etwa *Gordon*, 2012, 2014 oder *Keen*, 2015; allgemeiner *Bloom et al.*, 2017) schließen daraus freilich auf ein, im Vergleich zu früheren Technologiezyklen grundsätzlich geringeres Potential zur Effizienzsteigerung bei digitalen Technologien³³). Eine Mittelposition nehmen letztlich Autoren ein (etwa *Brynjolfsson – Hitt*, 2003; *Bloom et al.*, 2012), welche die Existenz erheblicher Produktivitätspotentiale durch Digitalisierung nicht in Frage stellen, aber die Bedeutung relevanter Vorbedingungen (etwa in Humanressourcen, Hardware oder Infrastrukturausstattung) betonen, um diesen Potentialen auch zum Durchbruch zu verhelfen. Schließt man sich dieser Position an – was auch vor dem Hintergrund der historischen Erfahrungen mit anderen zentralen Technologieentwicklungen gerechtfertigt scheint³⁴), so stellt sich weniger die Frage, ob neue digitale Technologien überhaupt produktivitätssteigernd wirken, sondern ob digitalisierungs- und automationsbedingte Produktivitätsgewinne zum jetzigen Zeitpunkt (und der aktuellen Verfasstheit der genannten Vorbedingungen) bereits empirisch nachweisbar (und damit praktisch relevant) sind. Antwort darauf kann ein Überblick über die bisherigen Ergebnisse der einschlägigen empirischen Literatur liefern.

³³) *Gordon* (2012) argumentiert dies damit, dass die von ihm so genannte "Dritte industrielle Revolution" (mit IKT, Internet und anderen digitalen Technologien) zwar erheblichen Konsumnutzen nach sich ziehe, ihr Einfluss auf die Produktionsfunktion aber deutlich geringer sei als jene ihrer beiden Vorgängerinnen (mit Dampfmaschine, Eisenbahn und Spinnmaschine 1750-1830 bzw. Elektrizität, Verbrennungsmotor und Innenverrohrung 1870-1900). *Jones* (2012) bzw. *Bloom et al.* (2017) verweisen dagegen allgemeiner auf steigende Kosten für Produkt- und Prozessinnovationen bei Verschiebung der technologischen Grenze im Zuge des technischen Fortschritts.

³⁴) Wie *Furman – Seamans* (2018) betonen, waren technologische Entwicklungen mit Einfluss auf die Automation von Produktionsprozessen historisch immer mit relevanten Produktivitätszuwächsen auf mittlere Frist verbunden. Siehe dazu empirisch etwa *Crafts* (2004) zu den Produktivitätswirkungen der Dampfmaschine im Großbritannien des 19. Jahrhunderts, *Schurr et al.* (1983) zu den Effekten der Elektrifizierung auf die Industrieproduktion des frühen 20. Jahrhunderts, oder *Jorgenson et al.* (2008) zu den Produktivitätseffekten von IKT in der jüngeren Vergangenheit.

2.1.5 Produktivitätseffekte digitaler Technologien: Was sagt die Empirie?

Schwierig ist die Ableitung gesicherter Evidenz zu den Effekten digitaler Technologien aus empirischen Analysen insofern, als mittlerweile zwar eine Vielzahl von empirischen Arbeiten zum Thema vorliegt, nur ein kleiner Teil davon aber Methoden anwendet, die Aussagen zu den Wirkungen dieser Technologien auch in zumindest rudimentär "kausaler" Interpretation zulassen. Dafür reicht der Nachweis eines positiven Zusammenhangs zwischen Ergebnis- und Interventionsvariable im Längsschnitt (also etwa eines höheren Produktivitätswachstums in einer Region nach Versorgung mit schneller Breitbandinfrastruktur als zuvor) oder auch im Querschnitt (also eines höheren Produktivitätswachstums von Regionen mit schneller Breitbandanbindung im Vergleich zu solchen ohne eine solche) nicht aus, weil das Ergebnis (ein höheres Produktivitätswachstum) auch auf andere, nicht mit der BB-Verfügbarkeit in Zusammenhang stehende Einflussfaktoren zurückgehen kann. Überdies kann Evidenz für einen positiven Zusammenhang tatsächlich (kausal) auf einen positiven Einfluss der Infrastruktur auf die Effizienzentwicklung hindeuten, oder aber auch darauf, dass höher entwickelte (und damit produktivere) Regionen aus Rentabilitätskalkülen der Anbieter früher oder häufiger mit solchen Infrastrukturen versorgt werden ("reverse causality").

Der folgende strukturierte Literatursurvey zu den Produktivitätswirkungen digitaler Technologien schließt daher – wie jene zu den Beschäftigungseffekten bzw. räumlichen Effekten dieser Technologien in weiterer Folge (Abschnitte 2.3 und 3.3) – Arbeiten aus der Betrachtung aus, deren Wirkungsaussagen allein auf Querschnittsvergleichen zwischen Gruppen mit und ohne Einsatz digitaler Technologien (als Kontrollgruppe) oder Vorher-Nachher-Vergleichen innerhalb einer Gruppe (ohne Kontrollgruppe) basieren, auch wenn sie dabei für andere Einflüsse kontrollieren. Berücksichtigt werden damit allein

- a) die Ergebnisse von Gleichgewichtsansätzen (etwa Modellsimulationen), die – bei freilich verbleibender Unsicherheit in Hinblick auf die Ausgestaltung der Modellinputs – einen hypothetischen Vergleich zwischen alternativen Technologie-Szenarien bei sonst gleichen Modellparametern zulassen sowie
- b) die Resultate von Regressionsansätzen, die moderne Verfahren der empirischen Wirkungsanalyse³⁵⁾ nutzen und damit zumindest in Ansätzen auch kausal interpretiert werden können³⁶⁾.

Ein solches Vorgehen reduziert die Zahl der im Survey zu berücksichtigenden Studien erheblich, stellt aber sicher, dass allein relevante Ergebnisse in die Betrachtung eingehen.

³⁵⁾ Für eine nähere Darstellung moderner Methoden der Wirkungsanalyse vgl. etwa *Blundell – Costa-Dias*, 2008 oder *Combes – Van Ypersele* (2013).

³⁶⁾ Zudem fokussiert unsere Zusammenstellung – auch wegen der hier leichteren Umsetzbarkeit moderner Verfahren der Wirkungsanalyse – auf Arbeiten, denen Individualdaten (Unternehmensebene) oder (klein-)regionale Daten zugrunde liegen. Studien auf Basis von Länderdaten (etwa *Koutroumpis*, 2009; *Arvin – Pradhan*, 2014 oder *Gruber et al.*, 2014; in Panelstruktur etwa *Evangelista et al.*, 2014; *Falk – Biagi*, 2015, *Biagi – Falk*, 2017) finden in Hinblick auf die Wirkungen digitaler Technologien vor allem für die Verfügbarkeit von Breitband-Internet meist positive oder heterogene Einflüsse. Dabei werden größere Effekte gefunden als für Mobiltelefon oder frühere Internet-Formen (*Quiang et al.*, 2009).

Übersicht 2.1: Empirische Ergebnisse zum Einfluss digitaler Technologien auf Wachstum und Produktivitätsentwicklung

Strukturierter Literatursurvey, Anzahl der Studien (fett) und Referenznummer im Literaturverzeichnis

Evaluiertes Outcome	Insgesamt	Impact-Indikator	Gesamteffekt			Heterogenität Effekt nach				Komplementäre Voraussetzungen
			Positiv	Keiner	Negativ	Region/Land	Sektor/Branche	AN-Gruppe	Nutzungsart	
Wirtschaftswachstum										
Insgesamt	6		6	0	0	1	2	0	0	1
BIP/Kopf	3	Breitband-Verfügbarkeit	(23),(73),(58)							(73)
	1	Mehrere	[59]				[59]			
BIP	2	Mehrere	[75],[54]			[54]	[75]			
Produktivitätsentwicklung										
Insgesamt	13		9	4	0	1	3	1	1	4
	5	Breitband-Verfügbarkeit	(4),(60),(21)	(32),(29)			(4)	(4)		(60),(29)
	5	Breitband-Nutzung	(26),(15),(12)	(48),(13)		(15)	(15)		(26)	(26),(15)
	2	Anzahl Roboter	[46],[34]							
	1	Mehrere	[75]				[75]			

Q: WIFO-Zusammenstellung. – Referenznummer in Klammer mit () = Regressionsansatz, [] = Gleichgewichtsansatz. AN-Gruppe = ArbeitnehmerInnengruppe – Komplementäre Voraussetzungen im Humankapital: (73), (60), (29); in der Organisationsstruktur: (26), (15). Auszählung "Gesamteffekt" erfasst alle Ergebnisse (Summe = insgesamt), Auszählung "Heterogenität" erfasst allein getestete und positive Ergebnisse (Summe meist < insgesamt).

Auf Basis dieser Einschränkung³⁷⁾ können wir die Ergebnisse von insgesamt 13 Arbeiten aus der internationalen Literatur verwerten, welche den (in Ansätzen kausal interpretierbaren) Einfluss digitaler Technologien auf die Produktivitätsentwicklung analysieren, ergänzt um weitere 6, welche die darauf gründenden Effekte auf das Wirtschaftswachstum bzw. das Wachstum des BIP/Kopf in den Vordergrund der Betrachtung stellen.

Übersicht 2.1 fasst die hierbei erzielten Ergebnisse zusammen. Dabei ist aus der Übersicht neben der betrachteten Outcome-Variable und der Zahl der jeweils gefundenen Ergebnisse zunächst der ("Treatment"-)Indikator ersichtlich, über welchen der Einsatz digitaler Technologien im konkreten Fall approximiert wird – meist Daten zu Breitbandverfügbarkeit oder -nutzung bzw. dem Grad der Automation (Anzahl der Roboter), in weiteren Analysen teils auch andere Informationsgrundlagen wie die Höhe der IKT-Investitionen, der Anteil von Branchen mit intensivem IKT-Einsatz oder die Upload-/Download-Geschwindigkeit im verfügbaren Netz sowie – vorrangig bei Gleichgewichtsansätzen – die Kombination mehrerer Indikatoren. Die weiteren Spalten der Übersicht lassen den gefundenen (Gesamt-)Effekt auf die jeweilige Outcome-Variable und eine allfällige Heterogenität in den Ergebnissen erkennen. Dabei gibt die Spalte "Gesamteffekt" das volle Spektrum möglicher Ausprägungen (positiv, keiner, negativ) wieder (sodass die Summe der Auszählungen hier der Gesamtsumme der Ergebnisse notwendig entsprechen).

³⁷⁾ Für ein ähnliches Vorgehen mit allerdings strikterem Auswahlkriterium vgl. etwa *What Works Centre for Local Economic Growth* (2015).

Dagegen wird Heterogenität in den Ergebnissen in der abschließenden Spalte nur dann angezeigt, wenn in der betrachteten Arbeit nach einer solchen Heterogenität gesucht und diese auch gefunden wurde (was jeweils nur für einen Teil der Studien der Fall sein wird). Dabei repräsentieren die Zahlen die Anzahl der Arbeiten mit dem jeweiligen Ergebnis, die Zahlen in Klammern sind Referenznummern (RN) zur Identifikation der das jeweilige Ergebnis generierenden Arbeit. Diese Referenznummer findet sich in gleicher Form auch im Literaturverzeichnis³⁸). Insgesamt sprechen die Ergebnisse dieser Studien recht deutlich für signifikante Einflüsse digitaler Technologien auf Produktivität und Wachstum, wobei schon hier erkennbar wird, dass die (insgesamt meist positiven) Effekte sektoral und regional nicht gleichförmig sind und auch nicht bedingungslos auftreten.

Von den insgesamt 13 Arbeiten zum Einfluss solcher Technologien auf die Produktivitätsentwicklung (Übersicht 2.1; unteres Panel) – die übrigens in ihrer Mehrzahl auf Breitband-Verfügbarkeit (5) oder -Nutzung (5) als Impact-Indikator abzielen und auf Unternehmens- wie regionalen Daten basieren – ermitteln 9 positive und 4 keine (signifikanten) Produktivitätseffekte digitaler Technologien. Keine einzige dieser Studien lässt negative Einflüsse solcher Technologien auf die Effizienzentwicklung erkennen. Methodisch zeigen alle Analysen auf Basis von Gleichgewichtsansätzen (RN75, RN46) und die Mehrheit der Regressionsanalysen signifikant positive Produktivitätseffekte, wobei es ausschließlich Wirkungsanalysen im Breitband-Zusammenhang und solche auf Unternehmensebene sind, die signifikante Ergebnisse vermissen lassen (RN32, RN29, RN48, RN13). Dabei bleiben freilich auch in den Studien auf Basis von Breitband-Indikatoren positive Effekte in der Mehrheit, wobei sich Analysen zum Effekt von Breitband-Verfügbarkeit und Breitband-Nutzung hier nicht unterscheiden, was nur bedingt den theoretischen Erwartungen entspricht³⁹).

Immerhin 6 der 13 Studien identifizieren dagegen unterschiedliche Produktivitätseffekte in einer Differenzierung des Beobachtungssamples nach Gruppen, wobei die Hälfte davon Ergebnisunterschiede nach Branchen identifiziert (RN4, RN15, RN75), aber auch Indizien für unterschiedliche Ergebnisse nach Ländern (RN15), Arbeitnehmergruppen (RN4) und technologischen Anwendungen (allgemeine vs. fortgeschrittene; RN26) vorliegen. Auch zeigen sich bereits hier deutliche Hinweise auf notwendige komplementäre Voraussetzungen für Produktivitätseffekte von digitaler Technologie (4 Studien), vorrangig in Hinblick auf zu diesen Technologien kompatiblen Humanressourcen (RN60, RN29) und Organisationsstrukturen (RN26, RN15) in den Unternehmen. Bemerkenswert scheint letztlich, dass alle Studien, die heterogene Ergebnisse oder komplementäre Voraussetzungen von Produktivitätssteigerungen durch digitale Technologien

³⁸) Dabei lässt die Art der Klammer (rund oder eckig) noch eine Unterscheidung zwischen Gleichgewichts- und Regressionsanalysen zu, um allfällige Ergebnisunterschiede nach der verwendeten Methodik identifizieren zu können.

³⁹) Überraschend ist dies insofern, als die Breitband-Verfügbarkeit nur über die Möglichkeit einer Nutzung digitaler Technologien Aufschluss gibt (und damit einen nur indirekten Indikator darstellt). Dagegen geht in die Breitband-Nutzung (als engerem Indikator) auch ein, inwieweit die handelnden Akteure diese Möglichkeit auch ergreifen, was letztlich Effekte im Produktionssystem erst hervorrufen kann. Die Ergebnisse zum Einfluss digitaler Technologien auf die Beschäftigungsentwicklung (Abschnitt 2) werden dies in weiterer Folge – anders als jene zur Produktivitätsentwicklung – übrigens durchaus widerspiegeln.

orten, insgesamt positive Effekte dieser Technologien auf die Effizienzentwicklung feststellen. Der Nachweis von räumlich oder sektoral unterschiedlichen oder an Voraussetzungen geknüpften Wirkungen stellt das Gesamtergebnis tendenziell positiver Produktivitätseffekte aus digitalen Technologien also nicht in Frage.

Indirekt unterstützt wird dieses Ergebnis tendenziell positiver Produktivitätseffekte letztlich durch die (wenigen) in Ansätzen kausal interpretierbaren Analysen, welche den Einfluss digitaler Technologien auf das Wachstum von Bruttoinlandsprodukt (2) bzw. BIP/Kopf (4) identifizieren (Übersicht 2.1, oberes Panel). Sie nutzen ausschließlich regionale Daten und stellen unabhängig von Methodik (Gleichgewichts- bzw. Regressionsanalyse) und verwendetem Impact-Indikator ohne Ausnahme signifikant positive Effekte digitaler Technologien auf das Wachstum fest. Dabei findet sich auch hier Evidenz für Unterschiede in den Ergebnissen nach Regionen (RN54), Branchen (RN59, RN75) und der Verfügbarkeit adäquater Humanressourcen (RN73), auch hier bleiben positive Wachstumswirkungen digitaler Technologien auf gesamtwirtschaftlicher Ebene freilich dadurch letztlich unbeeinflusst.

Insgesamt scheint es daher auch unter Berücksichtigung verbliebener Schwächen solcher empirischer Wirkungsanalysen⁴⁰⁾ gerechtfertigt, die eingangs gestellte Frage nach bereits zum jetzigen Zeitpunkt (und unter den derzeitigen Rahmenbedingungen) nachweisbaren Produktivitätsgewinnen aus der Digitalisierung auf Basis der bisher vorgelegten (rudimentär kausal interpretierbaren) Arbeiten mit Ja zu beantworten. Damit scheinen auch Beschäftigungseffekte aus dem Aufstieg digitaler Technologien wahrscheinlich. Ihre Größenordnung wird freilich wiederum nicht unabhängig davon sein, inwieweit digitalisierungs- und automationsbedingte Effizienzgewinne in den bestehenden Unternehmen entstehen, oder aber durch strukturelle Wandlungsprozesse, indem etwa auf Basis neuer Technologien neue Produkte (und damit Unternehmen) entstehen, und/oder ineffiziente Unternehmen verstärkt aus dem Markt ausscheiden (Hall, 2011).

Zumindest einige Indizien dazu lassen sich aus dem (kleinen) Kreis zumindest ansatzweise kausaler Analysen gewinnen, welche die Wirkungen digitaler Technologien auf Kenngrößen aus dem Bereich der Unternehmensdemographie betrachten (Übersicht 2.2).

⁴⁰⁾ Hier ist zunächst das Problem zu nennen, dass das alle Lebensbereiche durchdringende Phänomen der "Digitalisierung" nicht durch einzelne oder wenige (Impact-)Indikatoren approximiert werden kann, eine solche Beschränkung in empirischen Analysen aber unabdingbar ist. Zudem nutzen regressionsbasierte Wirkungsanalysen zur Identifikation von Effekten regelmäßig Unterschiede in der Verfügbarkeit bzw. Nutzung digitaler Technologien als Identifikationsstrategie, was wenig Aufschluss auf deren langfristige Wirkungen (bei vollständiger Penetrationsrate) zulässt. Letztlich beziehen sich die Analysen auf unterschiedliche (und oft auch ältere) "Vintages" der jeweils betrachteten digitalen Technologie, was einen Vergleich erschwert und angesichts der beständigen Weiterentwicklung dieser Technologien (siehe etwa Breitband-Internet) zudem nur die Effekte des jeweiligen inkrementellen Fortschritts sichtbar macht. Für eine weiterführende Diskussion vgl. etwa *What Works Centre for Local Economic Growth* (2015).

Übersicht 2.2: Empirische Ergebnisse zum Einfluss digitaler Technologien auf die Unternehmensdemographie

Strukturierter Literatursurvey, Anzahl der Studien (fett) und Referenznummer im Literaturverzeichnis

Evaluiertes Outcome	Insgesamt	Impact-Indikator	Gesamteffekt			Heterogenität Effekt nach			Komplementäre Voraussetzungen
			Positiv	Keiner	Negativ	Region/Land	Sektor/Branche	Zeitlich/ IT-Generation	
Unternehmensdynamik									
Insgesamt	8		7	1	0	3	3	2	1
Gründungen	4		4	0	0	2	3	1	1
		Breitband-Verfügbarkeit	(56),(36), (61),(65)			(56),(36)	(36),(61), (65)	(65)	(65)
Schließungen	1		0	1	0	0	0	0	0
		Breitband-Verfügbarkeit		(32)					
Zahl Unternehmen	3		3	0	0	1	0	1	0
		Breitband-Verfügbarkeit	(53),(41)					(53)	
		Breitband-Nutzung	(76)			(76)			

Q: WIFO-Zusammenstellung. – Referenznummer in Klammer mit () = Regressionsansatz. – Komplementäre Voraussetzungen im Humankapital: (65). Auszählung "Gesamteffekt" erfasst alle Ergebnisse (Summe = insgesamt), Auszählung "Heterogenität" erfasst allein getestete und positive Ergebnisse (Summe meist < insgesamt).

Die hier vorliegenden (8) Studien analysieren ausnahmslos die regionale Ebene und nutzen zur Identifikation digitalisierungsbedingter Effekte (allein) Breitbandindikatoren, wobei Wirkungen auf Unternehmensgründungen (4 Studien), Schließungen (1) und die Zahl der Unternehmen (3) gemessen werden. Die Ergebnisse sind grosso modo ermutigend.

So messen alle (4) Arbeiten mit einschlägiger Fragestellung einen signifikant positiven Einfluss erhöhter Breitbandverfügbarkeit auf die Zahl der Unternehmensgründungen, wobei dies auch für elaborierte Studien (etwa RN65) gilt, die auch den Einfluss aller anderer Infrastrukturen und mehrerer technologischer Phasen des Breitbandausbaus (DSL, Glasfaser) berücksichtigen, und aufgrund ihrer Aktualität einen vergleichsweise langen Zeitraum der Breitband-Entwicklung beobachten können. Vor diesem Hintergrund dürften Verfügbarkeit (RN53, RN41) wie Nutzung (RN76) solcher Technologien auch die Zahl der Unternehmen signifikant erhöhen (3 Studien), während signifikante Hinweise auf einen Effekt auch auf die Unternehmensschließungen (allerdings auch kaum untersucht) bisher fehlen. Die Wirkung digitaler Technologien auf Unternehmensgründungen wie Unternehmensbestand dürften also (gemessen an Breitband-Indikatoren) positiv sein, wobei freilich auch hier heterogene Ergebnisse in räumlicher wie sektoraler Dimension sowie nach Ausbaustufe auftreten. Letztlich zeigen sich auch hier einmal mehr Indizien für die Bedeutung komplementärer Voraussetzungen in den verfügbaren Humanressourcen für die Wirkung digitaler Technologien, was bereits auf unterschiedliche Effekte ihres Einsatzes nach Arbeitnehmer/innengruppen verweist. Wir werden darauf noch zurückkommen.

2.2 Beschäftigungswirkungen der digitalen Technologien

2.2.1 "Verdrängung" von Jobs – Digitalisierung als Jobkiller?

Insgesamt hat unsere Sichtung der vorliegenden (zumindest tendenziell kausal interpretierbaren) internationalen Literatur also gezeigt, dass produktivitätssteigernde Wirkungen eines Einsatzes digitaler Technologien (vorwiegend gemessen an Breitband- und Robotik-Indikatoren, in Teilen aber auch an einem breiteren Set von Einflussfaktoren) schon derzeit nachweisbar sind. Die Effekte sind nicht in allen Fällen groß und können auch von komplementären Investitionen (etwa in Qualifizierung und/oder die Anpassung von Organisations- und Produktionsstrukturen) abhängig sein. Auch legen branchen- und regionsspezifische Unterschiede in den Effizienzwirkungen eine differenzierte Betrachtung des Phänomens nahe. Dennoch können Produktivitätsgewinne aus digitalen Technologien auf dieser Basis als gesichert gelten, womit die Frage nach den damit verbundenen Beschäftigungs- und Arbeitsmarktwirkungen in den Vordergrund rückt. Tatsächlich hat diese Fragestellung in den letzten Jahren in Forschung wie öffentlicher Debatte erheblich an Bedeutung gewonnen, ohne zu einem abschließenden Ergebnis oder (in letzterer) auch nur zu einer differenzierten Betrachtung zu führen.

Dies auch, weil Analogieschlüsse aus historischen technologischen Umbrüchen, wie sie in Zusammenhang mit der behaupteten "digitalen Beschleunigung" immer wieder bemüht werden, durchaus ambivalente Einschätzungen rechtfertigen. So ist kaum strittig, dass etwa die Mechanisierung von Landwirtschaft (*Rasmussen, 1982*) und Textilindustrie (*Mokyr, 1990*) im Zuge der "industriellen Revolution des 19. Jahrhunderts⁴¹⁾, aber auch die Einführung des Fließbands im frühen bzw. von numerisch gesteuerten Maschinen im späten 20. Jahrhundert KonsumentInnen wie Beschäftigten langfristig zugutekamen, obwohl sie ganze Berufsgruppen obsolet machten. Gleichzeitig dauerten die dadurch ausgelösten Anpassungsreaktionen am Arbeitsmarkt in einer Reihe von Fällen allerdings mehr als eine Generation und waren etwa im Zuge der industriellen Revolution mit individueller Armut und teils erheblichen sozialen Verwerfungen verbunden (*Allen, 2009; Mokyr et al., 2015*) – Friktionen, die in späterer Folge angesichts sozialer Absicherung, aber auch einer geringeren Diffusionsgeschwindigkeit und produktivitätsgetriebenen Kaufkräfteeffekten vermieden werden konnten (*Tichy, 2016*).

Auch empirische Analysen zum makroökonomischen Zusammenhang zwischen Produktivitätswachstum und Beschäftigung bieten zwar einerseits kaum Anhaltspunkte für technologische Arbeitslosigkeit auf lange Frist⁴²⁾, schließen andererseits aber eine kurz- und mittelfristige Gefährdung von Arbeitsplätzen durch technologische Neuerungen, aber auch markante strukturelle

⁴¹⁾ Die dadurch ausgelösten Arbeitsmarkteffekte waren durchaus massiv: Noch Ende des 18. Jahrhunderts waren rund 90% der Erwerbstätigen in Europa in der Landwirtschaft tätig, im Vergleich zu noch 3% am aktuellen Rand (*Tichy, 2016*). Auch die europäische Textilindustrie bot noch in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts hunderttausende Arbeitskräfte, das Gros davon fiel in der Folge neuen Spinn- und Webtechnologien zum Opfer.

⁴²⁾ Langfristig nahm die Beschäftigung in den entwickelten Industrieländern trotz erheblichem technischen Fortschritt deutlich zu, wobei dies nicht nur auf Bevölkerungswachstum, sondern auch eine auf steigende Erwerbsbeteiligung zurückging, im Durchschnitt der entwickelten OECD-Länder lag die Zahl der Erwerbstätigen 2015 rund doppelt so hoch wie noch 1870 (*Tichy, 2016*).

Wandlungsprozesse und Veränderungen in der Einkommensverteilung nicht aus (*Ciriani – Peri, 2015*). So zeigen *Van Ark et al. (2004)* in einem Querschnittsvergleich über 66 Länder und 20 Jahre, dass über die gesamte Beobachtungsperiode 1980-2000 in mehr als zwei Dritteln der Fälle Produktivitäts- und Beschäftigungsgewinne Hand in Hand gehen, kurz- und mittelfristige Phasen einer gegenläufigen Entwicklung aber häufig sind. Auch ein extensiver Literatursurvey zum Thema (*Atkinson – Miller, 2013*) findet für langfristige negative Effekte von Produktivitätsgewinnen auf die Beschäftigung keine Evidenz, allerdings dürften sie kurzfristig die Arbeitslosigkeit erhöhen – ein Ergebnis, das *Ju (2014)* für die OECD-Länder anhand neuerer Daten bestätigt. In sektoraler Dimension finden *Autor – Salomons (2018)* für 23 hoch entwickelte Länder und die Periode 1970-2007 einen signifikant negativen Zusammenhang zwischen sektoralem Produktivitätswachstum und der Entwicklung der jeweiligen Branchenbeschäftigung, wobei die Beschäftigung insgesamt im Untersuchungszeitraum aber zugenommen hat⁴³). Letztlich wird auch die in neuerer Zeit vermutete stärkere "Entkopplung" von Produktivität und Beschäftigungsnachfrage ("great decoupling"; *Brynjolfsson – McAfee, 2012*) mit dem Aufstieg digitaler Technologien in Verbindung gebracht (etwa *Freeman, 2015*). Sie äußert sich in einem deutlichen Rückgang der Lohnquote, die sich in den 2000er-Jahren noch verschärft hat und mittlerweile in fast allen entwickelten Ländern sichtbar ist (*Piketty, 2014; Autor et al., 2017a, 2017b; Dao et al., 2017; Schwellnus et al., 2017*). Nach Analysen der *OECD (2014)* scheint dieses Phänomen nicht zuletzt einer steigenden Kapitalintensität (also der Substitution von Arbeit durch Kapital in der Produktion) geschuldet, wobei diese wiederum (relativ) sinkende Preisen für Investitionsgüter aufgrund des digitalen technischen Fortschritts zur Ursache haben dürfte (*Karabounis – Neiman, 2014*)⁴⁴).

Insgesamt scheint diese allgemeine Evidenz zu den Beschäftigungswirkungen von Produktivitätswachstum bzw. technischem Fortschritt damit geeignet, in der Diskussion über die Arbeitsmarktwirkungen der Digitalisierung je nach betrachtetem Teilaspekt sowohl optimistische wie pessimistische Einschätzungen zu rechtfertigen. Bestimmend für die Grundstimmung in der (öffentlichen) Debatte waren in den letzten Jahren freilich die Ergebnisse von Versuchen, die Arbeitsplatzeffekte verstärkter Automation im Zuge der "digitalen Beschleunigung" zu erfassen. Grundlegend ist hier die Annahme, dass angesichts der rezenten Fortschritte in Machine Learning und sensitiver Robotik mittelfristig alle Berufe bzw. Arbeitsinhalte, deren Aufgaben in Form kodifizierbarer Regeln und damit Algorithmen formulierbar sind, durch Maschinen ausgeführt

⁴³ Sie bestätigen damit theoretische Erkenntnisse (*Foster et al., 2017*), wonach die Entwicklung von Produktivität und Arbeitsnachfrage auf Branchenebene mit jener im Aggregat nicht deckungsgleich ist. In Ansätzen geht dies schon auf *Baumol (1967)* zurück, der in einem 2-Sektoren-Modell gezeigt hat, dass der Faktor Arbeit vom "technologisch progressiven" (hoch produktiven) zum "stagnierenden" (wenig produktiven) Sektor wandert, wenn die Outputs der beiden Sektoren keine engen Substitute darstellen.

⁴⁴ Unterstützt wird diese Hypothese durch *Eden – Gaggli (2018)*, die für die USA zeigen, dass ein Teil des sinkenden Einkommensanteils des Faktors Arbeit mit einem steigenden Anteil von IKT-Kapital am Einkommen einhergeht.

werden können⁴⁵). Unter diesen Prämissen orten diese Studien auf Basis einer detaillierten Bewertung der einzelnen Tätigkeiten ein doch massives (rein technisches) "Verdrängungspotential", wobei sich die Ergebnisse danach unterscheiden, ob bei dieser Bewertung der technologischen Substituierbarkeit (ganze) Berufe oder einzelne Arbeitsinhalte ("tasks", als Teile der beruflichen Tätigkeit) betrachtet werden (Übersicht 2.3).

Übersicht 2.3: Empirische Ergebnisse zur potentiellen Verdrängung von Beschäftigten durch Automatisierung

Strukturierter Literatursurvey

Studie	Nummer	Analysegrundlage	Gültig für	Anteil potentiell betroffene Beschäftigte
Frey – Osborne ([2013], 2017)	(40)	Berufe	USA	47%
Bowles (2014)	(18)	Berufe	EU-Staaten	45% bis 60% (AT: 54%; D: 51%)
Pajarinen – Rouvinen (2014)	(71)	Berufe	Finnland	36%
Brzeski - Burk (2015)	(20)	Berufe	Deutschland	59%
World Bank (2016)	(79)	Berufe	USA	50%
Blinder (2009)	(14)	Tätigkeiten	USA	22% bis 29%
Dengler – Matthes (2015)	(31)	Tätigkeiten	Deutschland	15%
Arntz et al. (2017)	(5)	Tätigkeiten	OECD-Länder	Ø 9% (AT: 12%; D: 12%)
Bonin et al. (2015)	(17)	Tätigkeiten	Deutschland	12%
Nagl et al. (2017)	(67)	Tätigkeiten	Österreich	9%
Nedelkoska – Quintini (2018)	(81)	Tätigkeiten	OECD-Länder	Ø hohes Risiko 14%, sign. Risiko 31,6% (AT: 16,6% bzw. 29,7%)
OECD (2018)	(82)	Tätigkeiten	OECD-Regionen	AT: hohes Risiko Ostösterreich 15,5%, Westösterreich 17,9%

Q: WIFO-Zusammenstellung. – Referenznummern in Klammer.

So bewerten Frey – Osborne (2017) aufbauend auf theoretischen Arbeiten (etwa Autor et al., 2003) in ihrer wegweisenden⁴⁶ Studie (RN40) 702 Berufsgruppen in den USA und stellen ein Gefährdungspotential aus KI-gestützter Automation von immerhin 47% aller US-Beschäftigten fest – nicht zuletzt in Dienstleistungsberufen mit noch erheblichen Zuwächsen in den letzten Jahrzehnten. Dieses Ergebnis löste eine Reihe von Folgestudien mit gleicher Methodik und ähnlich gravierenden Resultaten aus, mit geschätzten "Gefährdungspotentialen" zwischen 36% (RN71) und 60% (RN18) für einzelne EU-Länder und immerhin 54% (RN18) für Österreich.

Spätere Arbeiten, die nach dem Vorbild einer Studie zum "Offshoring-Potential" in den USA (RN14) in verbesserter Methodik nicht das Tätigkeitsprofil ganzer Berufsgruppen, sondern von Arbeitsinhalten *innerhalb* der Berufsgruppen bewerten, finden durchgängig geringere "Verdrängungspotentiale" aus digitalisierungsbedingter Automation. Ihre Aussagekraft scheint insofern überlegen, als durch die hier tiefere Granulation der Analyse Fehler aus einer pauschalen Einordnung ganzer Berufsgruppen vermieden werden können. Auch diese Studien rechnen allerdings immer noch mit potentiellen Arbeitsplatzverlusten von 9% im OECD-Durchschnitt (RN5)

⁴⁵ Über komparative Vorteile verfügt der Mensch im Produktionsprozess damit nur noch dort, wo Tätigkeiten eine Orientierung in komplexen Situationen erfordern, eine flexible Reaktion auf Fehler notwendig ist oder die Lösung unstrukturierter Probleme im Vordergrund steht. Routine-Tätigkeiten scheinen dagegen weitgehend durch KI-basierte Automation ersetzbar.

⁴⁶ Das Arbeitspapier zur 2017 publizierten Studie erschien bereits 2013.

und Werten zwischen 12% und 15% für Deutschland (RN17 bzw. RN 31) bzw. zwischen 9% und 12% für Österreich (RN67 bzw. RN5)⁴⁷⁾. Rezente Analysen der OECD (RN81, RN82) bringen letztlich Verbesserungen in der Bewertung der ausgeübten Tätigkeiten, indem sie dazu auf empirische Ergebnisse des OECD Survey of Adult Skills (PIAAC) zurückgreifen und Beschäftigtengruppen mit "hohem" und "signifikantem" Automations-Risiko unterscheiden. Gleichzeitig errechnen sie die Anteile betroffener Beschäftigter aber auf Basis breiter Berufsgruppen und fallen damit in der Granulation der Analyse wieder hinter Vorgängerarbeiten zurück. Ihre Ergebnisse liegen daher mit Beschäftigtenanteilen von 14% (hohes Automationsrisiko) bzw. 31,6% (signifikantes Automationsrisiko) für die OECD-Länder bzw. 16,6% und 29,7% für Österreich wieder etwas höher, wobei sie auf Basis eines reinen Strukturansatzes erstmals auch Werte für die regionale Ebene generieren (RN82)⁴⁸⁾. Danach dürfte der Anteil von Beschäftigten mit hohem Automationsrisiko in Westösterreich leicht höher sein als in Ostösterreich, was wohl mit dem höheren Anteil an Dienstleistungen im Osten des Landes (v.a. Wien) in Zusammenhang stehen dürfte.

Insgesamt stellen diese Studien zum technologischen Substitutionspotential damit bei allen methoden- und datenbedingten Unterschieden ausnahmslos relevante (und oft auch dramatische) Beschäftigungsverluste in den Raum, was die Einstellung der breiten Öffentlichkeit zu digitalen Technologien ohne Zweifel beeinflusst hat (und beeinflusst). Problematisch ist dies insofern, als diese Studien große Schwächen haben, die sie als Grundlage für eine evidenzbasierte Einschätzung der (gesamten) Arbeitsmarktwirkungen digitaler Technologien weitgehend entwerten. Das Spektrum von Kritikpunkten ist breit (siehe dazu etwa *Tichy, 2016* bzw. *Kurz, 2017*) und lässt sich grosso modo in drei zentralen Problemlinien zusammenfassen:

- (1) Schätzungen zur Zahl (potentiell) betroffener Arbeitsplätze durch digitalisierungsbedingte Automation sind ohne Angabe zum zeitlichen Profil der erwarteten Freisetzungprozesse wenig aussagekräftig. Dies umso mehr, als sich die Geschwindigkeit, mit der sich neu auftretende (disruptive) Technologien in der Praxis durchsetzen, in historischer Erfahrung immer wieder als zentraler Parameter dafür erwiesen hat, ob die dadurch ausgelösten Anpassungsnotwendigkeiten ohne ökonomische und/oder soziale Verwerfungen und hohe (individuelle wie gesellschaftliche) Kosten bewältigt werden können (*Kurz, 2017; Goolsby, 2018*).
- (2) Solche Schätzungen sind insofern unvollständig und werden der Komplexität der Zusammenhänge nicht gerecht, als sie nur die Wirkungen digitaler Technologien auf die

⁴⁷⁾ Das von Autoren der OECD (RN5) für Österreich errechnete leicht überdurchschnittliche Verdrängungspotential gegenüber dem OECD-Schnitt wird mit einem höheren Anteil von (verstärkt betroffenen) Gering- und Mittelqualifizierten in Österreich argumentiert. Dies trotz der Tatsache, dass solche Arbeitskräfte in Österreich wegen der hier dominierenden Kleinserienproduktion vielfach schwierig zu automatisierende Tätigkeiten ausüben, und vor allem im mittleren Qualifikationssegment aufgrund seiner starken Ausdifferenzierung als Ausfluss des dualen Systems eine höhere Resilienz gegenüber KI-basierter Automation erwartet werden kann (*Bock-Schappelwein, 2016*).

⁴⁸⁾ Zu diesem Zweck wird eine Berufs(gruppen)typologie zum Automatisierungsrisiko über die regionale Beschäftigtenstruktur "regionalisiert". Dies schließt regionale Unterschiede in der Automation (und damit im Automationsrisiko) innerhalb der unterschiedenen (2-Steller)-Berufsgruppen aus. Für Österreich stammen die dazu notwendigen Informationen zur regionalen Berufsstruktur mangels anderer Datenbasen zudem aus dem Mikrozensus, der wegen seiner beschränkten Stichprobe nur Aussagen zu den (NUTS-1-)Großregionen des Landes zulässt.

Substituierbarkeit von Arbeit betrachten. Dagegen lassen sie deren (potentiell) positive Wirkungen auf (Beschäftigungs-)Nachfrage und Wettbewerbsfähigkeit – etwa durch kostengünstigere Produktion, neue Vertriebsmethoden, und/oder die Möglichkeit zu neuen oder besseren Produkten – gänzlich außer Acht (Vogler-Ludwig, 2018). Verdrängungseffekte gehen bei technologischen Neuerungen aber praktisch immer auch mit positiven Wachstums- und Beschäftigungswirkungen aus Errichtungsinvestitionen, aber auch (produktivitätsgetriebenen) Kaufkraft- und damit Nachfrageeffekten einher (etwa Acemoglu – Restrepo, 2016, 2018), womit ihre Nettowirkung als Zusammenspiel von Effekten unterschiedlicher Wirkungsrichtung entsteht⁴⁹⁾. Wir werden im nächsten Abschnitt noch darauf zurückkommen.

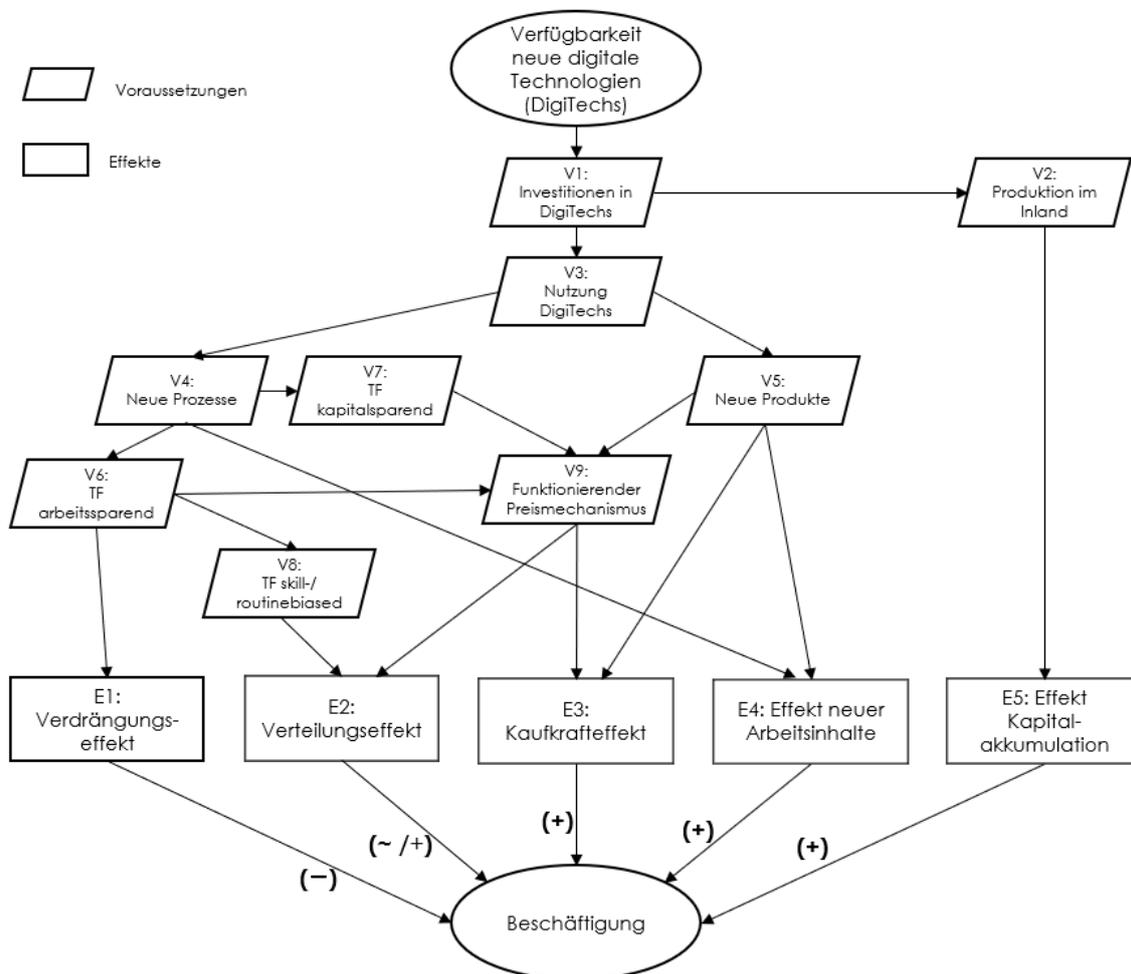
- (3) Ob, wie stark und in welchem Zeitraum die einzelnen (Teil-)Effekte auf die Beschäftigung wirken, ist wiederum von einer Vielzahl unterschiedlicher Voraussetzungen abhängig, was die referierten Arbeiten ebenfalls vernachlässigen. Letztlich sind die Gesamteffekte digitaler Technologien damit auch von den vorfindlichen Markt- und Produktionsbedingungen sowie den Präferenzen und Entscheidungen der handelnden Akteure abhängig, was auch erwarten lässt, dass die Beschäftigungswirkungen digitaler Technologien (auch) vom jeweiligen sektoralen und regionalen Kontext determiniert sein werden.

2.2.2 Welche Einflüsse bestimmen die Beschäftigungswirkung digitaler Technologien?

Insgesamt sind die Beschäftigungswirkungen digitaler Technologien damit Ergebnis eines komplexen Zusammenspiels unterschiedlicher Wirkungskanäle und deren Voraussetzungen. Belege dafür liefert eine mittlerweile breite und verästelte Literatur, deren Ergebnisse wegen ihres mittlerweile hohen Ausdifferenzierungsgrads kaum zu überblicken sind. Abbildung 2.2 versucht daher, die hier gewonnenen Erkenntnisse zu den zentralen Einflussgrößen und Bedingungen digitalisierungsbedingter Beschäftigungseffekte zu systematisieren und in kompakter und schematischer Form darzustellen.

⁴⁹⁾ Als Beispiel kann die Einführung arbeitssparender Elemente der Massenproduktion bei der Produktion des Ford T-Modells gelten (Blién – Ludewig, 2016). Allein zwischen 1909 und 1916 konnte der Preis dieses Automobils dadurch von 950 auf 360 US-\$ gesenkt werden, was eine Absatzsteigerung von 12.000 auf 577.000 Stück zur Folge hatte.

Abbildung 2.2: Beschäftigungswirkung neuer digitaler Technologien: Voraussetzungen und Effekte



Q: WIFO-Darstellung. (~) ... Wirkung ex-ante unbestimmt. TF ... Technischer Fortschritt. Zur Unterscheidung von skill-biased vs. routine-biased technological change vgl. Abschnitt 2.4.

Unmittelbar ableitbar ist aus Abbildung 2.2 zunächst, dass der Zusammenhang zwischen der Verfügbarkeit neuer digitaler Technologien und den letztlich zu erwartenden Beschäftigungseffekten nach den Ergebnissen der neueren Literatur keineswegs eindeutig und linear ist: Vielmehr wirken eine ganze Reihe unterschiedlicher Effekte aus dem Einsatz digitaler Technologien (E1 bis E5) mit unterschiedlicher Wirkungsrichtung auf das Beschäftigungsergebnis ein. Die Existenz dieser Effekte sowie ihre Größenordnung und zeitliches Profil sind wiederum an eine Reihe von Voraussetzungen geknüpft, die den Diffusionspfad der technologischen Neuerung (V1, V3), die Art des dadurch ausgelösten technischen Fortschritts (V4 bis V7) sowie die daraus folgenden Marktreaktionen (V2, V8, V9) betreffen.

Die bisher identifizierten **Effekte digitaler Technologien auf die Beschäftigung** (vgl. hierzu etwa *Acemoglu – Restrepo, 2016, 2018, Furman – Seamons, 2018* und die dort angegebene Literatur) lassen sich dabei in 5 Gruppen zusammenfassen:

- **Verdrängungseffekt (E1):** Zunächst ersetzen digitale Technologien (und hier v.a. digitalisierungsbasierte Automation) Arbeitskräfte bei Arbeitsinhalten, die sie günstiger ausführen können. Arbeit wird im Produktionsprozess durch (IKT-)Kapital substituiert, was notwendig einen negativen Einfluss auf Beschäftigungs- und/oder Lohnentwicklung auslöst. Dies ist im Zuge technologischer Neuerungen regelmäßig zu beobachten⁵⁰), dürfte im Fall KI-basierter Automation aber verstärkt auch Arbeitskräfte höherer Qualifikationsstufen (vgl. Abschnitt 2.4) und solche im Dienstleistungsbereich betreffen (*Brynjolfsson – McAfee, 2012*)⁵¹). Die oben zitierten Studien (Übersicht 2.3) bilden allein diesen Effekt ab und lassen damit – wie Abbildung 2.2 verdeutlicht – eine Reihe weiterer (auch positiver) Effekte digitaler Technologien außer Acht.
- **Verteilungseffekt (E2):** Hier ist zunächst ein Effekt auf die funktionale bzw. personelle Einkommensverteilung zu nennen. Er kann je nach den durch die technologische Neuerung ausgelösten Veränderungen in Faktormix und den davon betroffenen Arbeitsmarktgruppen unterschiedlich sein und löst bei (gruppenspezifisch) unterschiedlichen Sparquoten in weiterer Folge wieder Wirkungen auf die gesamtwirtschaftliche Nachfrage und damit die Beschäftigung aus (etwa *Böheim et al., 2017*). Im vorliegenden Fall dürfte (auch) dieser Effekt negativ sein, weil digitale Technologien (a) die Investitionspreise senken und damit die Kapitalintensität der Produktion erhöhen (etwa *Karabarbounis – Neiman, 2014* bzw. *IMF, 2017*) und (b) mit ihrem Einsatz in der Tendenz eine (relative) Verschiebung der Beschäftigungsnachfrage von Gering- und/oder Mittelqualifizierten (mit höherer Konsumquote) zu Hochqualifizierten (mit niedriger Konsumquote) einhergeht (etwa *Autor et al., 2003, 2017b; Autor, 2015*). Mögliche Einflüsse digitaler Technologien auf die Marktkonzentration wirken ähnlich⁵²).
- **Kaufkrafteffekt (E3):** Dem stehen freilich eine Reihe positiver Effekte gegenüber, die der Einsatz neuer (digitaler) Technologien ebenfalls auslöst. So ist bei funktionierendem Preismechanismus zu erwarten, dass die daraus folgenden Produktivitätsgewinne in den betroffenen Branchen auch zu Preissenkungen führen und damit Kaufkraftgewinne

⁵⁰) Beispiele reichen von der Mechanisierung der Landwirtschaft (*Rasmussen, 1982*) und der Einführung erster mechanischer Tools ab der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts (mit Substitutionseffekten v.a. bei qualifizierten Handwerkern; *Mokyr, 1990*) über die großen Substitutionswellen von Arbeit durch Kapital, durch Dampfkraft und später Elektrizität im 19. Jahrhundert bis zur Einführung Lochkarten- und später numerisch gesteuerter Maschinen ab den 1940er- bzw. der breiten Anwendung von CNC-Maschinen und einfachen Industrierobotern ab den späten 1980er-Jahren (*Graetz – Michaels, 2015*).

⁵¹) So können neue KI-basierte Technologien zunehmend Informationen sammeln und verarbeiten, die Logistik koordinieren, Lager optimieren, Steuererklärungen vorbereiten, Finanzdienste abwickeln, Dokumente übersetzen, Unternehmensberichte schreiben, Krankheiten diagnostizieren etc. Weitere Fortschritte werden laufend erzielt.

⁵²) So erwarten *Autor et al. (2017b)* aus digitalen Technologien einen Rückgang der Lohnquote, weil "Superstar-Firmen" vor allem im Bereich der Plattform-Ökonomie wegen Netzwerkeffekten und Grenzkosten von digitalen Produkten nahe Null höhere Gewinnmargen durchsetzen können, was ihre Dominanz noch weiter erhöht.

der privaten Haushalte auslösen. Sie sollten wiederum die Nachfrage nach Gütern und Diensten (in den betroffenen, aber auch allen anderen Branchen⁵³) erhöhen und damit Beschäftigungszuwächse anstoßen (Autor, 2015; Acemoglu – Restrepo, 2016; Vogler-Ludwig, 2017). Dies umso mehr, als effizienzsteigernde Effekte digitaler Technologien nicht nur am extensiven Rand (durch die Substitution von früher durch Arbeit erbrachte Tätigkeiten), sondern auch am intensiven Rand (durch die Erhöhung der Maschinenproduktivität in bereits automatisierten Tätigkeiten) auftreten ("Vertiefungseffekt"; Tichy, 2016; Acemoglu – Restrepo, 2018). In diesem Fall sind (positive) Kaufkrafteffekte auch ohne (negative) Verdrängungseffekte möglich⁵⁴).

- *Effekt neuer Arbeitsinhalte (E4)*: Zentral scheint weiters, dass digitale Technologien auch unabhängig von dieser Kaufkraftwirkung neue Aufgaben, Funktionen und Arbeitsinhalte hervorbringen, die zur digitalen Robotik komplementär sind und innerhalb der durch Automation betroffenen Branche, aber auch darüber hinaus entstehen können⁵⁵). So können digitale Technologien quasi automatisch Anreize für neue arbeitsintensive Tätigkeiten schaffen, wenn ihr Einsatz zu einem Rückgang der Lohnquote führt, weil dadurch der Anreiz für weitere (arbeitssparende) Automatisierungsschritte reduziert wird (Acemoglu – Restrepo, 2016). Zudem erfordert die Einführung digitaler Technologien selbst eine Vielzahl neuer Arbeitsinhalte, etwa im "Training" und in der Überwachung von KI-Systemen, in der Datenanalyse und -aufbereitung etc. (Tichy, 2016; Felten et al., 2018). Vor allem aber sind digitale Technologien Grundlage für eine Vielzahl neuer Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle. Sie verbessern damit Vielfalt und Qualität des Angebots (Brynjolfsson – Hitt, 2003; Brynjolfsson – McAfee, 2014; Chun et al., 2015), was ebenso zu neuen Arbeitsinhalten und damit Beschäftigung führen sollte wie die Rolle digitaler Technologien in der internationalen Arbeitsteilung. Hier reduzieren sie die Bedeutung von Distanz⁵⁶) und erleichtern damit Außenhandel und Direktinvestitionen (Freund – Weinhold, 2004; Friedman, 2005; Riker, 2014; Lin, 2015; Lendle et al., 2016; Hui, 2017), vor allem aber machen sie den Handel mit (gebundenen) Dienstleistungen (etwa Blinder, 2006; Blum – Goldfarb, 2006; Mayerhofer – Firgo, 2015;

⁵³) Als historisches Beispiel wird hier immer wieder die Mechanisierung der Landwirtschaft genannt, wodurch Nachfragesteigerungen bei Nicht-Agrargütern als Grundlage des Aufstiegs der Industriegesellschaft erst möglich wurden (etwa Rasmussen, 1982; Herrendorf et al., 2013).

⁵⁴) Als historisches Beispiel kann hier die Ablöse lochkartengesteuerter Maschinen durch CNC-Maschinen seit den 1980er-Jahren gelten. Sie erhöhte die totale Faktorproduktivität, ohne zu einer (weiteren) Substitution von Beschäftigten zu führen.

⁵⁵) Zwischen 1980 und 2010 war immerhin die Hälfte des US-Beschäftigungswachstum auf das Entstehen von neuen Arbeitsinhalten und zurückzuführen (Acemoglu – Restrepo, 2016), und mehr als 1.500 neue Berufsbezeichnungen sind in dieser Phase entstanden (Berger – Frey, 2017). Tatsächlich waren heute gängige Berufsbilder wie etwa "Social Media Marketing" oder "Big Data Science" etwa zur Jahrtausendwende noch gänzlich unbekannt. Ersteres liefert bei Abfragen über Google Trends erst ab 2007 positive Treffer, letztere sogar erst ab 2011.

⁵⁶) Nach Schätzungen von USITC (2014) für die USA verringert der Einsatz digitaler Technologien die Handelskosten im Durchschnitt um 26%. Dies reduziert den (negativen) Effekt räumlicher Distanz im internationalen Handel nach neueren Arbeiten (etwa Lendle et al., 2016) um bis zu zwei Drittel, während andere Faktoren (etwa Sprachkenntnisse) an Bedeutung gewinnen.

Gnangnon – Iyer, 2018), aber auch die verstärkte Arbeit in grenzüberschreitenden Wertschöpfungsketten (etwa Tambe – Hitt, 2012; Baldwin, 2016; Fort, 2017; Rasel, 2017) oft erst möglich, insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen.

- *Effekt aus Kapitalakkumulation (E5)*: Nicht zu unterschätzen ist letztlich, dass die Einführung digitaler Technologien selbst Investitionen erfordert, deren Produktion wieder zu Beschäftigungsnachfrage führt. Im vorliegenden Fall dürfte dieser Effekt wegen der breiten Anwendbarkeit digitaler Technologien erheblich sein – mit besonderen Potentialen etwa im Maschinenbau als relativer Stärke der österreichischen Industrie.

Noch erhöht wird die Komplexität dadurch, dass die genannten (Teil-)Effekte digitaler Technologien wiederum an eine Reihe von **Wirkungsvoraussetzungen** geknüpft sind, was (allein theoretische) Erwartungen zu den gesamten Beschäftigungswirkungen (als Saldo) gänzlich unmöglich macht:

Ob (und in welchem zeitlichen Profil) Beschäftigungseffekte überhaupt auftreten, ist zunächst naturgemäß davon abhängig, inwieweit prinzipiell verfügbare technologische Neuerungen auch angewandt werden, ob es also auf Basis neuer Möglichkeiten tatsächlich zu *Investitionen in digitale Technologien (V1)* und darauf aufbauend zum *Einsatz digitaler Technologien (V3)* kommt. So werden öffentliche Investitionen (etwa die Breitbandinfrastruktur) durch die Ziele und das Problembewusstsein politischer Akteure bestimmt sein, unternehmerische Investitionen von ihrer betriebswirtschaftlichen Rentabilität und deren Einflussfaktoren⁵⁷⁾. Werden solche Investitionen tatsächlich getätigt, lösen sie (positive) Effekte aus Kapitalakkumulation (E5) aus – allerdings nur dann, wenn deren *Produktion im Inland (V2)* erfolgt. Zudem sind sie notwendige (aber nicht hinreichende!) Bedingung auch für die Nutzung solcher Technologien⁵⁸⁾, welche allein alle weiteren Effekte auslösen kann.

Wichtig erscheint hier zunächst, inwieweit diese Nutzung (vorrangig) zu *neuen Prozessen (V4)* oder *neuen Produkten (V5)* führt. In der Literatur (etwa Edquist et al., 2001; Peters et al., 2014; Vogler-Ludwig, 2017) werden von Produktinnovationen typischerweise Beschäftigungsgewinne (*Effekt neuer Arbeitsinhalte; E4*) erwartet, während neue Prozesse oft arbeitssparend sind und daher verstärkt mit negativen Beschäftigungswirkungen (*Verdrängungseffekt E1* und/oder *Verteilungseffekt E2*) assoziiert werden. Allerdings kann dies nur als grobe Annäherung gelten: So schaffen neue Produkte zwar neue Nachfrage, können aber auch bestehende Produkte im eigenen Unternehmen ("Kannibalisierungseffekt") bzw. in anderen Unternehmen ("Business-Stealing-Effekt") verdrängen (Chancy – Tellis, 1998). Indirekt kann dies wieder negative Verdrängungs- und Verteilungseffekte nach sich ziehen (hier nicht abgebildet), gleichzeitig können

⁵⁷⁾ Zu nennen sind hier neben den relativen Faktorkosten und rechtlichen Bestimmungen vor allem Aspekte der betrieblichen Organisationsstruktur (Wirkung auf Arbeitsklima; Umfang notwendiger Lernprozesse) und des einsetzenden Sektors (etwa notwendige Flexibilität; Wettbewerb) etc. Diese vielfältigen Voraussetzungen sind mögliche Ursache dafür, dass effizienzsteigernde digitale Technologien zunächst oft auf Spitzenunternehmen beschränkt bleiben und nur sehr langsam in die übrige Wirtschaft diffundieren (etwa OECD, 2016).

⁵⁸⁾ Vgl. dazu die Ausführungen zur "digitalen Kluft" in Abschnitt 3.2.

daraus (bei *funktionierendem Preismechanismus*; V9) auch Preissenkungen aus verstärktem Wettbewerb und damit (positive) *Kaufkrafteffekte* (E3) folgen.

Neue Prozesse lösen wiederum nur dann (notwendig) negative Verdrängungs- bzw. Verteilungseffekte (E1 bzw. E2) aus, wenn der durch die digitalen Technologien ausgelöste *Technische Fortschritt arbeitssparend* (V6) ist, also Arbeit durch Kapital substituiert wird. Ist dies nicht der Fall (*Technischer Fortschritt kapitalsparend*; V7), bleiben solche (negativen) Beschäftigungseffekte aus und (positive) Kaufkrafteffekte aus produktivitätsgetriebenen Preiseffekten werden (wiederum: nur bei *funktionierendem Preismechanismus*; V9) auch hier dominieren. Solche (positiven) Kaufkrafteffekte sind bei gleicher Voraussetzung (*funktionierender Wettbewerb*; V9) auch bei arbeitssparendem technischen Fortschritt zu erwarten und können negativen Verdrängungseffekten aus neuen (arbeitssparenden) Prozessen entgegenwirken. Zudem ist es in diesem Fall (mit)entscheidend, welche ArbeitnehmerInnengruppen von Substitution betroffen sind (*Technischer Fortschritt skill- oder routine-biased*; V8). Erst dies entscheidet darüber, ob Veränderungen in der Einkommensverteilung im Verein mit gruppenspezifischen Sparquoten (Verteilungseffekt; E2) beschäftigungssenkende Wirkungen aus dem Verdrängungseffekt arbeitssparender Prozessinnovationen verstärken oder ihnen entgegenwirken.

Mehrere Schlussfolgerungen können aus dieser Systematisierung der vorliegenden Literatur gezogen werden:

- (1) Als Ergebnis mehrerer Einflussfaktoren mit unterschiedlicher Wirkungsrichtung sind die Beschäftigungseffekte des Einsatzes digitaler Technologien allein auf Basis theoretischer Überlegungen (*ex-ante*) nicht abgrenzbar. Erforderlich ist vielmehr ein empirischer Zugang, wobei Arbeiten, die allein die technologischen Möglichkeiten einer Substitution von Arbeit durch (digitales) Kapital analysieren, als Anhaltspunkt für die Beschäftigungswirkung insgesamt in die Irre führen. Der folgende Abschnitt wird daher eine systematische Aufarbeitung zumindest in Ansätzen kausal interpretierbarer empirischer Arbeiten bieten, welche die gesamten Beschäftigungswirkungen digitaler Technologien (als Saldo der identifizierten Teileffekte) zu identifizieren suchen.
- (2) *Grosso modo* ist für (netto) positive Arbeitsmarktwirkungen solcher Technologien bestimmend, inwieweit sie neben negativen (Verdrängungs- und gegebenenfalls Verteilungs-)Effekten auch positive Nachfrageeffekte hervorbringen. Hilfreich dazu ist einerseits, dass ihr Einsatz nicht nur zu produktiveren Prozessen, sondern auch zu neuen Produkten und Geschäftsmodellen führt, was im Design innovationspolitischer Maßnahmen zu berücksichtigen sein wird. Vor allem aber scheint für positive Wirkungen entscheidend, dass digitalisierungsbedingte Produktivitätsgewinne auch zu Preissenkungen führen und damit Kaufkrafteffekte bei den privaten Haushalten auslösen. Angesichts ambivalenter Effekte digitaler Technologien auf Wettbewerb und Marktstruktur und dem Fehlen "traditioneller" Bezahlformen bei vielen digitalen Produkten scheint dies

a priori keineswegs gesichert⁵⁹⁾. Zentrale Voraussetzung (auch) für positive Arbeitmarkteffekte ist damit eine moderne und konsequente Wettbewerbs- und Regulierungspolitik, welche Wettbewerb und bestreitbare Märkte auch unter neuen Rahmenbedingungen (mit für Marktkonzentration anfälligen Plattformmärkten) sicherstellt.

- (3) Inwieweit der Einsatz digitaler Technologien Anpassungsprobleme am Arbeitsmarkt hervorruft, ist nicht allein eine Frage von Vorzeichen und Größenordnung ihrer Beschäftigungseffekte, sondern auch der Geschwindigkeit, mit der sich diese Technologien entfalten und zu Effekten führen. Dies ist wiederum von den technologischen Möglichkeiten, aber auch einigen der oben genannten Voraussetzungen abhängig. Aus beiden Perspektiven spricht eher wenig für eine rasche und massive Diffusion im Sinne einer "digitalen Beschleunigung"⁶⁰⁾. Jedenfalls scheint es auch aus Gründen der Wettbewerbsfähigkeit wenig zielführend, potentielle Anpassungsprobleme durch eine Dämpfung des digitalen Wandels – etwa durch Verzögerung von Investitionen in solche Technologien (V1) und/oder Hemmnisse zu deren Nutzung (V3) – vermeiden zu wollen. Dies umso mehr, als sich digitale Technologien rasch weiterentwickeln, sodass ein einmal entstandener Rückstand gegenüber Wettbewerbern schwer wieder aufzuholen ist.
- (4) Sinnvolle Strategien können vor diesem Hintergrund nur gezielte Hilfen bei der Anpassung an diesen Wandel sein, namentlich in Hinblick auf komplementäre Voraussetzungen in den (regionalen) Humanressourcen. Dies setzt allerdings Klarheit über die Wirkungen digitaler Technologien nicht nur auf das Beschäftigungsniveau, sondern auch auf

⁵⁹⁾ Eine Darstellung der dazu vielfältigen Literatur ist hier nicht möglich (vgl. für einen Überblick etwa *Hözl – Kügler*, 2017; für KI-spezifische Aspekte etwa *Khan*, 2017 bzw. *Goolsbee*, 2018). Einerseits dürfte danach die durch digitale Technologien ausgelöste Senkung von Informations- und Suchkosten (vgl. Abschnitt 1.3) den Wettbewerb eher stärken. Gleiches gilt für dadurch sinkende Markteintrittskosten, aber auch von Kosten der Distanzüberwindung, weil dadurch räumliche Monopole schwieriger zu verteidigen sind (vgl. auch Abschnitt 3.2). Andererseits wirken mehrere Aspekte digitaler Technologien wettbewerbsdämpfend und stellen (ausreichende) produktivitätsinduzierte Preissenkungen in Frage: So sind die im digitalen Bereich vorherrschenden Intermediäre als zweiseitige Plattformmärkte durch hohe Netzwerkeffekte geprägt (*Rochet – Tirole*, 2006), was Markteintritte behindern und damit Marktkonzentration und Monopolbildung befördern kann (*Autor et al.*, 2017b; *Forman – Seamans*, 2018). Ähnlich wirken steigende Skalenerträge aus Datenbesitz, welche "Superstar-Unternehmen" (wie etwa Google, Facebook oder Amazon) entstehen lassen (etwa *Goldmanis et al.*, 2010) und Unterschiede in der Produktivitäts- wie Ertragsentwicklung zwischen (wenigen) Spitzenunternehmen und dem breiten Unternehmensbestand befördern (etwa *McGowan et al.*, 2015; *OECD*, 2016). Ähnlich dürften Big-Data-Anwendungen Informations-Asymmetrien zwischen Anbietern und Nachfragern (zugunsten Ersteren) hervorruhen, was individuelle Preisdiskriminierung und damit ein Abschöpfen der Konsumentenrente ermöglicht (etwa *Günther*, 2017). Letztlich gehen die Grenzkosten der Produktion bei vielen "digitalen" Gütern gegen Null, wodurch keine kostenbasierte Preisbildung erfolgt (sondern etwa mit Daten "bezahlt" wird). In diesem Fall sind Kaufkratteffekte aus Preissenkungen damit kaum möglich.

⁶⁰⁾ Technologisch ergibt sich die Erwartung einer eher moderaten Diffusionsgeschwindigkeit digitaler Technologien schon aus ihrem "generischen" Charakter, der Erfolge nur bei gleichzeitigen Investitionen in vielen – in ihren Entscheidungen unkoordinierten – Bereichen wahrscheinlich macht (siehe dazu schon Abschnitt 1.4). Auch haben Formen des "deep learning" und von "Big Data" bisher allein zu Fortschritten bei KI-Systemen mit engen Anwendungsinhalten geführt (*Nilsson*, 2009), was kaum eine "digitale Beschleunigung" darstellt und von frühen Zukunftsvisionen weit entfernt ist (etwa *Simon* im Jahr 1965: "machines will be capable, within twenty years, of doing any work a man can do"; oder *Minsky* im Jahr 1966: "within a generation ... few compartments of intellect will remain outside the machine's realm"). Betriebswirtschaftlich bremsen schon der, bei KI-Innovationen meist hohe notwendige Kapitaleinsatz, deren rasche Umsetzung, die Notwendigkeit komplementärer (und langwieriger) Investitionen in Humanressourcen und Organisationskapital kommt dazu. Widerstände und Beharrungstendenzen in den Unternehmen tun oft ein Übriges (etwa *Tichy*, 2016).

deren Struktur voraus. Damit ist die Frage, welche Arbeitsinhalte (und damit Arbeitsmarktgruppen) zu digitalen Technologien substitutiv bzw. komplementär sind, nicht nur für die Abschätzung allfälliger Verteilungseffekte auf die Beschäftigung (E2), sondern auch für eine optimale Begleitung des laufenden Wandels durch die Wirtschaftspolitik von eminenter Bedeutung. Eine strukturierte Sichtung der dazu vorliegenden Ergebnisse der empirischen Literatur scheint damit auch hier notwendig, sie wird in Abschnitt 2.4 erfolgen.

- (5) Letztlich scheint es augenscheinlich, dass sich die in Abbildung 2.2 identifizierten Voraussetzungen für digitalisierungsbedingte Beschäftigungseffekte – und damit diese Effekte selbst – aufgrund heterogener Rahmenbedingungen in den einzelnen Branchen und Regionen sowohl sektoral als auch räumlich unterscheiden werden. Dies lässt einerseits einen Fokus auf potentielle Wirkungsunterschiede nach Regionstypen geboten erscheinen (was in Abschnitt 3 im Vordergrund stehen wird). Andererseits macht es sichtbar, dass internationale Erkenntnisse zwar den Erwartungshorizont werden eingen können, valide Erkenntnisse zu den Effekten in Österreich und seinen Regionen aber eigenständige empirische Analysen erfordern. Sie werden der Inhalt der Kapitel 3 und 4 sein.

2.2.3 Beschäftigungswirkungen digitaler Technologien: Was sagt die Empirie?

Eine strukturierte Sichtung der bisher vorliegenden empirischen Evidenz zu den (gesamten) Arbeitsmarktwirkungen digitaler Technologien auf Basis der oben getroffenen Schlussfolgerung (1) lässt zunächst erkennen, dass dazu zwar mittlerweile eine Vielzahl von Analysen vorliegt⁶¹⁾, nur ein kleiner Teil davon aber Methoden verwendet, die zumindest in rudimentärer Form auch eine kausale Interpretation ihrer Ergebnisse zulassen. Immerhin erfüllen 35 der gesichteten Studien dieses Kriterium, ihre (letztlich ermutigenden) Ergebnisse sind in Übersicht 2.4 zusammenfassend dargestellt.

Von diesen insgesamt 35 relevanten Arbeiten evaluiert die große Mehrheit (31) die Wirkungen digitaler Technologien auf das Beschäftigungsniveau, während je 2 Effekte auf Beschäftigungs- bzw. Arbeitslosenquote in den Vordergrund stellen. Dabei herrschen auch hier Regressionsansätze auf Basis von Breitbandindikatoren (14 zur Verfügbarkeit, 3 zur Nutzung) vor, auch Kenngrößen zur breiteren IKT-Nutzung (5) bzw. zum Einsatz KI-basierter Robotik (5) sind als Impact-Indikatoren nicht unüblich.

⁶¹⁾ Die im ersten Schritt vorgenommene Sammlung der Literatur profitierte von bereits existierenden Literaturüberblicken, vor allem Ciriani – Peri (2015), What Works Centre for Local Economic Growth (2015), Bertsek et al., 2016 bzw. Falck (2017).

Übersicht 2.4: Empirische Ergebnisse zum Einfluss digitaler Technologien auf den Arbeitsmarkt
Strukturierter Literatursurvey, Anzahl der Studien (fett) und Referenznummer im Literaturverzeichnis

Evaluiertes Outcome	Insgesamt	Impact-Indikator	Gesamteffekt				Heterogenität Effekt nach				
			Positiv	Keiner	Differenziert	Negativ	Region/Land	Sektor/Branche	AN-Gruppe	Nutzungsart	Zeitlich/ IT-Generation
Arbeitsmarkt-Indikatoren											
Insgesamt	35		17	10	6	2	11	10	7	1	3
Beschäftigte	31		17	7	5	2	11	10	6	1	3
		IKT-Investitionen	(39),(80)		[68]		(39)	(80)			[68]
		IKT-Intensität	(37),(63)				[63]				
		Anzahl Roboter	[47]	[46],[8]	(30)	(2)		(30)	[46],[30]		
		BB-Verfügbarkeit	(38),(42), (57),(35), (6),(52), (53)	(21),(32), (77),(51), (19)	(72),(60)		(38),(42), (53),(35), (6),(51), (72)	(57),(35), (51),(21), (72)	(6),(60)		(53)
		BB-Nutzung Mehrere	(76),(7) (57),(78), [54]		[75]	(50)	(50)	(50)		(7)	[75]
Beschäftigungsquote	2		0	1	1	0	0	0	1	0	0
		BB-Verfügbarkeit		(57)	(4)				(4)		
Arbeitslosenquote	2		0	2	0	0	0	1	0	0	0
		BB-Verfügbarkeit		(53),(22)				(53)			

Q: WIFO-Zusammenstellung. – Referenznummer in Klammer mit () = Regressionsansatz, [] = Gleichgewichtsansatz. Auszählung "Gesamteffekt" erfasst alle Ergebnisse (Summe = insgesamt), Auszählung "Heterogenität" erfasst allein getestete und positive Ergebnisse (Summe meist < insgesamt).

Die Ergebnisse dieser Analysen sind – erwartungsgemäß – weniger eindeutig als jene zu den Wirkungen auf Produktivitätsentwicklung (Übersicht 2.1) oder Unternehmensdemographie (Übersicht 2.2). Dennoch zeichnen sie gemessen an den theoretisch unklaren Erwartungen aus teils gegenläufigen (Teil-)Effekten ein überraschend klares Bild: Knapp die Hälfte der ansatzweise kausal interpretierbaren Studien (17) stellt signifikant positive (Netto-)Effekte aus dem Einsatz digitaler Technologien auf den Arbeitsmarkt fest, weitere 16 finden differenzierte (6) oder keine signifikanten (10) Wirkungen. Ergebnisse, die signifikant negative digitalisierungsbedingte Effekte auf den Arbeitsmarkt orten (2), bleiben damit klar in der Minderheit⁶². Bei Differenzierung nach dem betrachteten Outcome sind positive Effekte bei den (insgesamt 31) Studien mit Fokus auf die Beschäftigungsentwicklung sogar knapp in der Mehrheit (17), auch beide bisher für Österreich durchgeführte Studien gelangen zu positiven Ergebnissen (RN37, RN80).

⁶² Hier findet RN2 in einer Analyse der Effekte KI-basierter Automation in den USA, dass Verdrängungseffekte in den Jahren 1993-2014 kompensierende Kaufkräfteffekte (auch verteilungsbedingt) überwogen haben. RN50 finden negative Beschäftigungseffekte der Breitbandnutzung für französische Gemeinden (und die Jahre 2009-2013), weil digitalisierungsbedingte Arbeitsplatzverluste in der Industrie größer waren als Beschäftigungsgewinne im Dienstleistungsbe- reich.

Dagegen herrschen bei den wenigen Analysen zur Beschäftigungs- bzw. Arbeitslosenquote nicht signifikante (3) bzw. differenzierte (1) Ergebnisse vor, weil sich regional (RN53) oder nach Arbeitsmarktgruppen (RN4) unterschiedliche Wirkungen ausgleichen oder aber sowohl Beschäftigungs- als auch Bevölkerungszuwächse ausgelöst werden, was Zähler wie Nenner dieser (Outcome-)Kenngößen beeinflusst (RN22, RN57).

Bei Analysen zur Beschäftigungsentwicklung beschränken sich ambivalente Ergebnisse nicht unerwartet auf solche, die digitale Technologien durch die Zahl eingesetzter Roboter approximieren und damit jenen Impact-Indikator wählen, der wohl auch theoretisch am stärksten mit Verdrängungseffekten zu assoziieren ist. Selbst hier bleiben Ergebnisse, die netto Freisetzungseffekte identifizieren, aber in der Minderheit (RN2), weil zusätzliche Nachfrage Verdrängungseffekte überkompensiert (RN47) oder gegenläufige Effekte nach Arbeitsmarktgruppen (RN46, RN30) oder Branchen (RN30) vorherrschen. Evaluierungen zur Breitband-Verfügbarkeit oder dessen Nutzung zeitigen dagegen ebenso wie solche zur (breiteren) IKT-Nutzung mehrheitlich positive oder zumindest differenzierte Resultate. Allerdings wird hier auch sichtbar, dass ein Ausbau der Netzwerkinfrastruktur allein (auch bei neueren Vintages mit hoher Upload-/Download-Geschwindigkeit; RN21) nicht notwendig signifikante Effekte auslöst (7 Arbeiten), während dies bei der Nutzung von Breitband-Internet in höherem Maße der Fall ist⁶³).

Insgesamt bieten die vorliegenden – tendenziell kausal interpretierbaren – empirischen Arbeiten für Befürchtungen zu digitalisierungsbedingten Verwerfungen am Arbeitsmarkt keinerlei Grundlage. Gleichzeitig zeigen ihre im Detail heterogenen (wenn auch insgesamt positiven) Resultate freilich, dass pauschale Aussagen zu "dem" Effekt digitaler Technologien auf den Arbeitsmarkt kaum sinnvoll zu treffen sind.

So liegt (allerdings noch spärliche) Evidenz für Wirkungsunterschiede in zeitlicher Dimension (kurzfristig negativ vs. langfristig positiv; RN78 bzw. RN68) bzw. nach betrachteter technologischer Generation (RN53; mit höherem Effekt "früher" Breitband-Versionen) vor, auch dürfte die Art der implementierten Applikation die Ergebnisse beeinflussen (größere Effekte bei unternehmensweiten gegenüber spezifischen Lösungen; RN7). Vorrangig sind es aber Unterschiede nach Regionen (12 Studien), ArbeitnehmerInnengruppen (7) und Sektoren bzw. Branchen (10), welche die Ergebnisse der vorliegenden Literatur regelmäßig kennzeichnen. Hier werden wir die Ergebnisheterogenität nach Regionen und Arbeitsmarktgruppen in der Folge noch genauer unter die Lupe nehmen. In sektoraler Dimension stehen in vielen Studienergebnissen (RN30, RN35, RN51, RN72, RN50) positive Beschäftigungseffekte im Dienstleistungsbereich negativen (oder insignifikanten) Effekten in der Sachgütererzeugung gegenüber⁶⁴). Dabei dürfte das positive Ergebnis für den Tertiärbereich vorrangig auf wissensintensive Bereiche und den IKT-Sektor zurückgehen (RN51, RN21, RN75), und durch Einzelhandel, Druckereien und öffentliche

⁶³) Als Beispiel finden *Whitacre et al.* in RN77 keine Effekte der Breitband-Verfügbarkeit auf die Beschäftigung in ländlichen US-Counties, während sie in RN76 für dasselbe Sample positive Effekte aus dessen Nutzung identifizieren.

⁶⁴) In der Literatur wird dies unter anderem auf den Einfluss von Marktsättigung in Teilen der Warenproduktion zurückgeführt (*Bessen*, 2018). Die in diesem Bereich ungleich stärkere Betonung von (digitalen) Prozess- gegenüber Produktinnovationen dürfte eine weitere Erklärung sein.

Verwaltung gedämpft werden (RN75). Dagegen ist das (negative) Ergebnis in der Industrie vorwiegend traditionellen Bereichen geschuldet, während technologieorientierte Bereiche (RN57) und Produzenten von Investitionsgütern (RN75) eher positiv tangiert sein dürften. Die heimische Stärke in den beiden letztgenannten Bereichen könnte damit auch eine Erklärung dafür sein, dass für Österreich entgegen dem allgemeinen Trend auch positive Effekte aus digitalen Technologien für die Industrie identifiziert werden (RN80). Für den heimischen Dienstleistungsbereich finden dieselben Autoren dagegen marginal negative Effekte, welche positive Beschäftigungswirkungen insgesamt aber nicht verhindern.

Nicht auszuschließen ist auf Basis dieser Ergebnisse freilich, dass die eigentliche Herausforderung digitaler Technologien nicht so sehr in der Stabilisierung der Gesamtbeschäftigung, sondern auf der Verteilungsseite liegt (Tichy, 2016). Dies lässt die Heterogenität der Beschäftigungsergebnisse nach ArbeitnehmerInnengruppen ebenso vermuten wie Evidenz für eine rückläufige Lohnquote oder Verschiebungen in der Lohnstruktur, die selbst einige der hier referierten Studien mit Schwerpunkt auf die Beschäftigungsentwicklung beibringen (etwa RN2, RN30, RN6, RN4). Der folgende Abschnitt wird sich dieser Frage in der gebotenen Kürze widmen.

2.2.4 "Polarisierung" in Beschäftigung und Einkommen durch digitale Technologien?

Effekte digitaler Technologien auf Beschäftigungs- und Einkommensstruktur sind insofern zu erwarten, als jede technologische Neuerung mit Einfluss auf den Fertigungsprozess den (optimalen) Faktormix in der Produktion, aber auch die konkreten Anforderungen an die einzelnen Produktionsfaktoren verändert, was wiederum deren relative Knappheiten und damit (in der Marktwirtschaft) die Primärverteilung der Einkommen beeinflusst (Autor, 2015). Technischer Fortschritt hat daher immer (auch) Veränderungen in der Nachfrage nach unterschiedlichen Beschäftigtengruppen und deren Entlohnung zur Folge, wobei er über weite Strecken des 19. und 20. Jahrhunderts zunehmend höhere Qualifikationen erforderte und vor allem Geringqualifizierte zurückließ⁶⁵) – mit klaren Konsequenzen auch für die Ausrichtung der Qualifizierungspolitik. Nun deutet neuere Evidenz hier insofern eine Trendwende an, als eine Reihe von Studien für die USA, aber auch für europäische Länder in den letzten Jahren steigende Beschäftigtenanteile von Hoch- und Geringqualifizierten zu Lasten mittlerer Qualifikationen dokumentieren (vgl. später Übersicht 2.5) – eine "Polarisierung" (Goos – Manning, 2003) in der Beschäftigungsnachfrage, die bei den Einkommen mit sinkenden Anteilen Gering- und Mittelqualifizierter in modifizierter Form ihre Entsprechung findet. Ökonomisch wurde dieses Phänomen, das bei Proponenten der "digitalen Beschleunigung" (etwa Brynjolfsson – McAfee, 2014) zu weitreichenden

⁶⁵) Dies war historisch freilich nicht immer der Fall. So wurden im Zuge der Mechanisierung in der Frühphase der "industriellen Revolution" nicht zuletzt qualifizierte Arbeitskräfte mit erheblichen handwerklichen Kompetenzen durch gering qualifizierte Hilfskräfte (nicht zuletzt aus der Landwirtschaft) ersetzt (Mokyr et al., 2015).

Schlussfolgerungen über veränderte Arbeits- und Einkommensregime geführt hat⁶⁶) – erstmals von *Autor et al.* (2003) in den Kontext der Digitalisierung gestellt⁶⁷).

Danach erfordern digitale Technologien nicht generell höhere Fertigkeiten (und damit Qualifikationen) der Arbeitskräfte und ersetzen vorrangig einfache (gering qualifizierte) Arbeit, wie dies in der technologischen Entwicklung lange zu beobachten war ("skill-biased technological change"). Vielmehr erfordert die Digitalisierung ganz spezifische Fertigkeiten, die nicht (mehr) linear mit dem formellen Qualifikationsniveau verknüpft sind. Dies deshalb, weil digitale Technologien (wie Robotik oder Algorithmen) vor allem berufliche Arbeitsinhalte ("tasks") substituieren (können), die auf expliziten Regeln basieren (also erhebliche "Routine"-Elemente enthalten) und daher leichter in Computer-Codes abbildbar und damit automatisierbar sind. Sie sind nicht allein in Berufen mit geringen Qualifikationsanforderungen zu finden, sondern auch und nicht zuletzt in vielen (und großen) Berufsgruppen mittlerer Qualifikation – etwa im Gros der Verwaltungsberufe (von Bestandsführung bis Buchhaltung) und der repetitiven (standardisierbaren) Dienstleistungen (etwa im Zahlungsverkehr). Dabei nimmt das Spektrum potentiell durch Robotik bewältigbarer (auch kognitiver) Arbeitsinhalte bei Fortschritten in Machine Learning und KI laufend zu⁶⁸). Gleichzeitig entsteht durch digitale Technologien auch neue Nachfrage nach Arbeitsinhalten, die zu diesen Technologien komplementär sind (etwa Datengenerierung und -analyse) und/oder Nicht-Routine-Inhalte betreffen und damit von Algorithmen bzw. Robotern schwer zu erfüllen sind (etwa Verstehen, Koordinieren, das Lösen unstrukturierter Aufgaben, aber auch die Durchführung nicht-repetitiver manueller Aufgaben)⁶⁹). Neue Nachfrage von Hochqualifizierten (etwa nach haushaltsnahen Dienstleistungen) kommt hinzu.

Insgesamt befinden wir uns also nach dieser These in einem "task-biased (bzw. routine-biased) technological change", weil digitale Technologien den ökonomischen Wert von Nicht-Routine-Tätigkeiten (wie komplexes Problemlösen oder Aktivitäten der Analyse und Koordination) relativ zu routine-basierten (manuellen wie kognitiven) Arbeitsinhalten erhöhen (*Levy – Murnane*, 2012). Betroffen sind davon vor allem (und zunehmend) Arbeitskräfte mittlerer Qualifikation

⁶⁶) Erwartet wird als Folge digitaler Technologien eine stark unterschiedliche Beschäftigungs- und Lohnentwicklung mit Aushöhlung der Mittelklasse, eine generelle Entkopplung von Produktivität und Löhnen, und eine Veränderung der Verteilung der (persönlichen) Einkommen von einer Normalverteilung (mit dem Gros "durchschnittlicher" Verdienere in der Mitte der Verteilung und einer gleichmäßigen Abnahme der Zahl der Verdienere nach oben und unten) zur Pareto-Verteilung (mit einem Großteil der Verdienere am unteren Ende der Verteilung).

⁶⁷) Für eine genauere Diskussion der bisher vorliegenden Arbeiten zur "Polarisierungsthese" vgl. den hervorragenden Überblick von *Tichy* (2018), von dem auch unser kurzer Abriss profitiert.

⁶⁸) Bei zunehmender Anwendung KI-basierter Applikationen wird daher ein immer größerer Anteil der Arbeitsinhalte einem Verdrängungsrisiko ausgesetzt sein. Nach *Bessen* (2016) wäre dies allerdings dann vermeidbar, wenn digitale Kompetenzen über learning by doing ansteigen, weil damit die Komplementarität von Arbeitsinput und digitalem Kapital erhöht wird.

⁶⁹) *Bock-Schappelwein* (2016) sieht damit für Chancen am Arbeitsmarkt neben Fachwissen und formaler Qualifikation zunehmend auch Erfahrungswissen und vernetztes Denken in Kombination mit digitaler Kompetenz als wesentlich an, dazu kommen soziale Kompetenz, Kommunikationsfähigkeit und Empathie. Grundlage bleiben freilich solide Basiskompetenzen (v.a. Lesekompetenz) als Basis für jede weiterführende Ausbildung bzw. die Aneignung berufsspezifischen wie berufsübergreifenden Wissens (*Bock-Schappelwein – Huemer*, 2017).

(und mittleren Einkommens), nicht zuletzt in breiten Dienstleistungsbereichen (Levy – Murnane, 2012)⁷⁰⁾.

Modelltechnisch berücksichtigen Autor et al. (2003) und die folgende Literatur (Autor et al., 2006; Acemoglu – Autor, 2011) diese zentrale Bedeutung von Arbeitsinhalten, die einen Beruf ausmachen, gegenüber ganzen Berufen und/oder Qualifikationen für digitalisierungsbedingte Substitutionsprozesse, indem sie die einfache (und bis dahin übliche) Unterscheidung nach formalem Qualifikationsniveau ("hoch-mittel-niedrig") durch eine zweidimensionale Differenzierung nach Arbeitsinhalt ("Routine vs. Nicht-Routine") und Tätigkeitsfeld ("manuell vs. kognitiv bzw. analytisch-interaktiv") ersetzen und diese letztlich wiederum (bei Acemoglu – Autor, 2011 auch modellendogen) mit der Qualifikationsebene verknüpfen.

Damit gelingt es, teilweise empirisch sichtbare Polarisierungstendenzen mit verstärkten Folgen für mittlere Qualifikationen und Routinetätigkeiten nachzubilden. Kernproblem bleibt aber – neben der Tatsache, dass sich Arbeitsplätze typischerweise durch ein Bündel von Arbeitsinhalten auszeichnen – die stringente Unterscheidung von Routine- und Nicht-Routine-Tätigkeiten (also der Arbeitsinhalte) als nicht in der Primärstatistik erfasst, aber für die Ergebnisse zentraler Dimension. Sie wird in der empirischen Praxis typischerweise aus der Berufsstatistik erschlossen, indem Berufe und/oder charakterisierende Tätigkeiten nach ihrem Routineanteil klassifiziert werden. Dabei entstehen Spielräume in Hinblick auf Methodik wie Detaillierungsgrad, die wiederum für die letztlich erzielten Ergebnisse nicht unwesentlich sind, Unwägbarkeiten in der Verknüpfung von Arbeitsinhalten und Kompetenzen (und damit Qualifikationen) kommen hinzu⁷¹⁾. Vor diesem Hintergrund erzielen selbst Studien, welche allein die Stylized Facts der Entwicklung in Hinblick auf die Polarisierungsthese in makroökonomischer Perspektive analysieren und nicht den Anspruch erheben, den Effekt digitaler Technologien auf die Beschäftigungsstruktur in kausaler Perspektive zu identifizieren, erstaunlich heterogene Ergebnisse. Übersicht 2.5 lässt dies im Überblick der wesentlichen Ergebnisse erkennen.

⁷⁰⁾ Dies deshalb, weil der größte Teil (vorwiegend manueller) Routine-Tätigkeiten mit geringen Qualifikationsanforderungen in der Sachgütererzeugung bereits in den vergangenen Jahrzehnten automatisiert wurde – was nicht zuletzt zu der in allen entwickelten Ländern sichtbaren "De-Industrialisierung" der Beschäftigtenstruktur beigetragen hat. Verbliebene Arbeitsinhalte mit geringen Qualifikationsanforderungen sind dagegen oft wenig repetitiv (etwa Reinigungsdienste) und damit schwer (gänzlich) automatisierbar (Acemoglu – Autor, 2011).

⁷¹⁾ Für eine detailliertere Sichtung der hier gewählten Vorgangsweise in zentralen Studien und ihren Einfluss auf die damit erzielten Ergebnisse vgl. Tichy (2018).

Übersicht 2.5: "Polarisierung" der Beschäftigtenstruktur?

Allgemeine Evidenz aus Länderstudien; Strukturierter Literatursurvey

Studie	Untersuchungsgebiet	Ergebnisse
RN01	USA	1970er-/1980er-Jahre monotoner Anstieg Beschäftigungs-/Lohnwachstum mit der Qualifikation; seit 1990er-Jahren geringstes Lohnwachstum bei mittleren Qualifikationen, auch Beschäftigtenanteil mittlere (und niedrige) Qualifikationen rückläufig.
RN10	USA	Seit Jahrtausendwende Verdrängung geringe durch mittlere sowie mittlere durch hohe Qualifikationen.
RN11	US-Städte	Vor 1980 Beschäftigungszuwächse v.a. in Berufen/Tätigkeiten mit Routine-Anforderungen; nach 1980 steigende Zuwächse bei abstrakten Skills.
RN69	OECD	U-Form (Polarisierung) in den USA; dagegen kaum Polarisierung in Europa und keine Polarisierung in Japan.
RN70	OECD	Ergebnisse zur Polarisierung in europäischen Ländern stark heterogen; insgesamt geringer als in den USA.
RN43	UK	Deutliche Polarisierung mit Ausdünnung der Mitte auch in der Beschäftigung.
RN64	9 EU-Ld., J, USA	Polarisierung und Ausdünnung der Mitte; nach Ländern differenziert.
RN66	9 EU-Ld., J, USA	Leichte Aushöhlung der Mitte gemessen an der Lohnsumme.
RN45	Europa (16 Ld.)	Polarisierung im Aggregat, aber nur in der Hälfte der EU-Länder.
RN44	Europa (16 Ld.)	Polarisierung in allen untersuchten europäischen Ländern; Beschäftigung in Bereichen mit Nicht-Routine-Anforderungen nimmt zu.
RN25	Zentraleuropa	Mäßige Polarisierung im Dienstleistungsbereich; generell höhere Anforderungen nach Arbeitsinhalten in der Produktion.
RN24	Zentraleuropa	Rückgang der Beschäftigung im gering qualifizierten Bereich; Anstieg in allen anderen Qualifikationsstufen.
Evidenz	für Österreich	
RN45	Europa (16 Ld.)	Beschäftigtenanteil sinkt in Österreich nur in den 5 Berufsgruppen mit den niedrigsten Löhnen (keine Polarisierung).
RN44	Europa (16 Ld.)	5 Jahre später auch in Österreich rückläufiger Beschäftigtenanteil bei mittleren Einkommen; im Ländervergleich aber gering.
RN66	EU, J, USA	Gemessen an Lohnsumme steigt Mitte sogar überdurchschnittlich; deutliche Verluste im unteren Einkommensviertel.
RN33	AUT, D	Stabiler Beschäftigtenanteil bei mittleren Qualifikationen; Beschäftigtenanteil Geringqualifizierter sinkt.
RN69	OECD	Leichte Polarisierung; Umfang ähnlich Deutschland bzw. Ø EU.
RN70	OECD	Polarisierung (U-Form) in Österreich im OECD-Vergleich besonders ausgeprägt.
RN49	AUT	Keine klassische Polarisierung; aber Anteilsverluste bei unteren und mittleren Einkommen.
RN16	AUT	Keine Polarisierung; Anteil mittlere Qualifikationen weitgehend stabil. Tertiärisierung treibt Entwicklung mit klarem Entwicklungsgefälle nach Qualifikationen.

Q: WIFO-Zusammenstellung.

Danach ist zwar ein rückläufiger Anteil mittlerer Qualifikationen ein oft repliziertes Ergebnis solcher Studien, eine Polarisierung im Sinne eines gleichzeitigen Anstiegs des Anteils (auch) geringer Qualifikationen ist aber keineswegs durchgängig. Sichtbar sind deutliche Unterschiede nach Untersuchungsgebiet und betrachtetem Zeitraum. Hier ist in zeitlicher Dimension allenfalls eine leicht höhere Tendenz zu Polarisierungsergebnissen in jüngeren Studien (etwa RN69 vs. RN70, RN45 vs. RN44) erkennbar, ein stabiles Muster ist dies aber nicht (etwa RN01 vs. RN10). Klarer scheint der Einfluss der jeweiligen Abgrenzung der Arbeitsinhalte und Kompetenzen auf das Ergebnis: So finden Studien, die viele Länder analysieren und diese Abgrenzung daher notwendig auf Basis stärker aggregierter Daten treffen (etwa RN69, RN70, RN64, RN66, RN45, RN44), häufiger eine pointierte "Polarisierung" als solche, die sich auf einzelne oder wenige Länder konzentrieren (etwa RN24, RN45, RN33, RN49, RN16; allerdings RN43) und daher detailliertere bzw. länderspezifische Informationen nutzen (können).

Dies mag letztlich (mit)erklären, warum für Österreich allein die Studien der OECD (RN69, RN70) – als breit angelegte Mehr-Länder-Analysen mit einer Abgrenzung der Arbeitsinhalte lediglich auf Basis der (vergleichsweise hoch aggregierten) ISCO-Berufshauptgruppen – eine klare (und in RN70 sogar besonders ausgeprägte) Polarisierungstendenz identifizieren⁷²). Alle anderen Analysen finden dagegen – neben einer generellen Verschiebung von manuellen zu kognitiven Tätigkeiten – zwar steigende Anteile Hochqualifizierter und eine deutlich schrumpfende Bedeutung Geringqualifizierter in Beschäftigung und Einkommen, lassen aber keinen (RN45, RN66, RN33, RN16) oder zumindest einen relativ zu den Geringqualifizierten nur kleineren (RN44, RN49) Anteilsverlust mittlerer Qualifikationen erkennen. Diese in Österreich vergleichsweise hohe Stabilität mittlerer Qualifikationen wird nicht zuletzt auf das hoch differenzierte System der (dualen, aber auch vollzeitschulischen) Berufsausbildung in Österreich zurückgeführt (etwa *Bock-Schappelwein, 2016; Tichy, 2018*), das sehr vielfältige Ausbildungen und Kompetenzen hervorbringt. Ihre AbsolventInnen sind damit an den unterschiedlichsten Positionen im Unternehmen flexibel einsetzbar, was eine Substituierbarkeit durch Automaten entsprechend einschränkt.

Spricht diese makroökonomische Evidenz damit im Fall von Österreich bisher kaum für eine Ablöse des traditionellen ("skill-biased") Wirkungsmusters des technologischen Fortschritts durch eine stark polarisierte (U-förmige) Entwicklung, so ist die Evidenz auf internationaler Ebene dazu durchaus heterogen. Dies nicht zuletzt auch in jenen (wenigen) Studien, welche bei Verwendung elaborierter Methodik zumindest in der Tendenz auch kausale Aussagen zu den Wirkungen digitaler Technologien auf die Beschäftigung und/oder die Einkommen der unterschiedlichen Arbeitsmarktgruppen ermöglichen. Übersicht 2.6 fasst die Ergebnisse solcher Studien, die sämtlich nur auf Wirkungsunterschiede nach formalen Qualifikationsniveaus (und nicht nach Arbeitsinhalten) abstellen, in der bereits bekannten Form zusammen.

⁷²) Kern ist dabei, dass die OECD technische und (gleichrangige) nicht-technische Berufe in breiter Abgrenzung dem hochqualifizierten Bereich zuordnet. Bei (alternativer) Zuordnung dieser Berufe zum mittelqualifizierten Segment wäre keine Polarisierung erkennbar.

Übersicht 2.6: Empirische Ergebnisse zum Einfluss digitaler Technologien auf unterschiedliche ArbeitnehmerInnengruppen

Strukturierter Literatursurvey, Anzahl der Studien (fett) und Referenznummer im Literaturverzeichnis

Evaluierter Outcome	Insgesamt	Impact-Indikator	Hohe Qualifikation			Mittlere Qualifikation			Niedrige Qualifikation			Technischer Fortschritt tendenziell ...	
			Positiv	Keiner	Negativ	Positiv	Keiner	Negativ	Positiv	Keiner	Negativ	"skill-biased"	"routine-biased"
AM-Indikatoren													
Insgesamt	10		9	1	0	0	6	4	0	1	9	6	4
Beschäftigte	7		6	1	0	0	4	3	0	1	6	4	3
		Computer-Einsatz	(9)					(9)		(9)			(9)
		BB-Verfügbarkeit	(6),(4),(60)				(6),(4),(60)				(6),(4),(60)	(6),(4),(60)	
		Zahl Roboter Mehrere	(30) [75]	[46]				[46],[30]			[46],[30]		[46],[30]
Einkommen	3		3	0	0	0	2	1	0	0	3	2	1
	1	BB-Verfügbarkeit	(6)				(6)				(6)	(6)	
	1	Zahl Roboter	(30)					(30)			(30)		(30)
	1	Mehrere	[75]				[75]				[75]	[75]	

Q: WIFO-Zusammenstellung. – Referenznummer in Klammer mit () = Regressionsansatz, [] = Gleichgewichtsansatz.

Zunächst stellen 6 der 7 nach Arbeitsmarktgruppen differenzierten Studien zu den Beschäftigungswirkungen digitaler Technologien sowie alle 3 Studien, welche in differenzierter Form Einflüsse auf die Einkommen messen, einen positiven (und statistisch signifikanten) Effekt solcher Technologien auf die Gruppe hochqualifizierter Arbeitskräfte fest. Dies ist wenig überraschend, weil die zu digitalen Technologien komplementären Arbeitsinhalte sehr oft hohe Qualifikationen erfordern (OECD, 2014; Hirsch-Kreinsen, 2014) und gleiches auch für das Gros jener Unternehmen gilt, die (etwa im Einzelhandel) auf Basis digitaler Geschäftsmodelle stark wachsen, und traditionelle ("analoge") Unternehmen – mit Arbeitskräften vorwiegend mittlerer Qualifikation – zunehmend einem (Verdrängungs-)Wettbewerb aussetzen (etwa Brynjolfsson – McAfee, 2014; Smith – Zentner, 2015). Nahezu spiegelbildlich die Evidenz zur Betroffenheit Niedrigqualifizierter: Hier stellen 6 der 7 Studien einen (signifikant) negativen Einfluss digitaler Technologien auf deren Beschäftigung fest, während alle (3) Studien mit dieser Fragestellung einen dämpfenden Einfluss auf das Einkommen dieser Gruppe orten.

Dennoch ist diese durchaus klare Evidenz für die Beantwortung der Frage nach der Charakteristik des digitalen Fortschritts ("skill-biased" versus "task-(routine-)biased") nicht hinreichend, weil beide Hypothesen Gewinne für Hochqualifizierte und Verluste für Geringqualifizierte erwarten. Unterschiedliche theoretische Erwartungen hegen sie allein in Hinblick auf die Betroffenheit von Arbeitskräften mittlerer Qualifikation, und gerade hier sind die Studienergebnisse wenig eindeutig: So stellt eine knappe Mehrheit der Studien gemessen an Beschäftigung (RN4, RN6, RN60, RN75) wie Einkommen (RN6, RN75) keine signifikanten Einflüsse auf mittlere Qualifikationen fest, was der Hypothese einer weiter klar nach Qualifikationen differenzierten Wirkung ("skill-bias")

auch des digitalen Wandels entgegenkommt. Gleichzeitig findet eine fast ebenso große Zahl von Arbeiten (RN9, RN30, RN46 für die Beschäftigung; RN30 für das Einkommen) aber – bei gänzlichem Fehlen positiver Ergebnisse – signifikant negative Effekte auf diese ArbeitnehmerInnengruppe, was wiederum die Hypothese einer digitalisierungsbedingt stärkeren Polarisierung der Effekte mit Beeinträchtigung v.a. mittlerer Qualifikationen ("task- bzw. routine-bias") stützt. Damit ist ein klares Urteil zugunsten einer der beiden Hypothesen kaum möglich, zumal Ergebnisse zugunsten eines (unveränderten) "skill-bias" zwar leicht in der Mehrheit sind, aber vor allem aus Studien stammen, die mit der Verfügbarkeit von Breitbandanschlüssen einen eindimensionalen und gleichzeitig sehr indirekten Indikator für den Einsatz digitaler Technologien wählen (RN4, RN6, RN60). Dagegen erzielen Studien, die (direkte) Nutzungsindikatoren verwenden (RN9, RN46, RN30), ausschließlich Ergebnisse, die eher mit der These eines "task- bzw. routine-bias" des digitalen Fortschritts vereinbar sind.

Dies spricht jedenfalls dafür, im Bereich der Aus- und Weiterbildung dem Primat einer generellen Höherqualifizierung verstärkt auch Ansätze zur Seite zu stellen, welche eine Weiterentwicklung und gegebenenfalls Umqualifizierung breiter mittlerer (berufsbezogener) Qualifikationen in Richtung digitaler Kenntnisse und der verstärkten Ausbildung von Kompetenzen (wie Kommunikationsfähigkeit, Flexibilität, Anpassungsfähigkeit und die Fähigkeit zur Problemlösung) anstreben, die zu digitalen Technologien "komplementär" sind. Grosso modo ist es daher eine Kombination von Fachqualifikation und IT-Kompetenzen, welche als Grundlage für eine Optimierung der Arbeitsmarktchancen durch Digitalisierung vordringlich scheint (Bock-Schappelwein et al., 2017).

Jedenfalls lassen die analysierten Studienergebnisse mit ihrem klaren Hinweis auf Unterschiede in den digitalisierungsbedingten Beschäftigungswirkungen nach Qualifikationen auch regional eine differenzierende Wirkung digitaler Technologien erwarten, weil die Qualifikationsstruktur auf räumlicher Ebene sehr unterschiedlich ist und grosso modo einem Zentrum-Peripherie-Muster folgt. Zusammen mit den bereits in Abschnitt 2.2.3 gefundenen Ergebnisunterschieden nach Branchen bzw. Sektoren dürfte dies auch erhebliche Unterschiede in den Arbeitsmarktwirkungen nach Regionen bzw. Regionstypen nach sich ziehen – eine Frage, welcher sich der abschließende Teil 3 unserer Literaturrecherche widmen wird.

2.3 Digitalisierung und Raum: Unterschiedliche Effekte in städtischen und ländlichen Regionen?

2.3.1 Die Fragestellung: Konvergenz oder Divergenz durch digitale Technologien?

Räumliche Unterschiede in den Beschäftigungseffekten digitaler Technologien sind also schon aus strukturellen Effekten zu erwarten, weil ihre Wirkungen nach Branchen und Qualifikationen (wie gezeigt) unterschiedlich sind, womit auch die einzelnen Regionen je nach ihren strukturellen Voraussetzungen unterschiedlich vom digitalen Wandel betroffen sein werden. Wesentlicher scheint allerdings, dass digitale Technologien eine Reihe raumrelevanter Kostenkategorien (v.a. Transport-, Informations-/Kommunikations-, Suchkosten; vgl. Abschnitt 1.3) senken,

und damit die Bedeutung von Raum bzw. Distanz für ökonomische (und soziale) Aktivitäten ganz grundlegend verändern (etwa *Foreman et al.*, 2018). Konkret erhöhen sie die Möglichkeiten einer Leistungserbringung über Distanz und senken damit die Bedeutung räumlicher Nähe von Produktion und Konsum bzw. Weiterverwendung, was neue Chancen zum Handel und zur Arbeitsteilung vor allem im Dienstleistungsbereich bzw. zwischen den Stufen des Produktionsprozesses schafft (etwa *Evangelista*, 2000; *Van Ark et al.*, 2003; *Rodríguez-Pose – Crescenzi*, 2008; bzw. *Blinder*, 2006; *OECD*, 2018). Damit haben digitale Technologien Einfluss darauf, wo und wie Güter und Dienste produziert, gehandelt und ausgeliefert werden, auch verändern sie den Marktzugang und die Marktreichweite der Unternehmen (insbesondere von KMU und im Dienstleistungsbereich) und beeinflussen damit deren Wettbewerb.

Insgesamt kann von digitalen Technologien also eine erhebliche Raumwirkung erwartet werden, was nicht überraschend eine breite Forschungsliteratur ausgelöst hat. Sie kreist vor allem um die Frage, inwieweit digitale Technologien zu einer Verschiebung ökonomischer Vorteile innerhalb der Länder führen, wobei deren Wirkung auf räumliche Disparitäten und besonders auf die Entwicklungschancen von Zentrum und Peripherie im Vordergrund steht. Dabei machen zunächst klare Erwartungen mit fortschreitendem Forschungsstand einer zunehmend differenzierten Sichtweise Platz.

So erwarten frühe Ansätze aus (digitalisierungsbedingt) sinkenden Transport-, Kommunikations- und Suchkosten eine dramatische Abnahme der Bedeutung der Distanz für ökonomische Aktivitäten ("death of distance"; *Cairncross*, 1997), die Partizipation an Arbeitsteilung und Handel werde damit vom Standort unabhängig ("flat world"; *Friedman*, 2005). Digitale Technologien hätten vor diesem Hintergrund klar "zentrifugale" Wirkung, weil sie Nachteile peripherer Räume im Marktzugang beseitigten und ihnen damit den Anschluss an ökonomische Aktivitäten an anderen Standorten ermöglichten. Gleichzeitig entfallen mit dem Bedeutungsverlust von Informations-, Kommunikations- und Suchkosten der zentrale Vorteil städtischer Räume, diese Kosten durch die Nähe vieler Akteure zu senken (*Gaspar – Glaeser*, 1998)⁷³. Als Folge werden eine Konvergenz der regionalen Entwicklung und die Auflösung des Zentrum-Peripherie-Gefälles erwartet.

Nun hat sich diese Erwartung eines technologiebedingten Ausgleichs regionaler Unterschiede zumindest bisher kaum erfüllt: Empirische Arbeiten zur regionalen Entwicklung in Europa belegen vielmehr erhebliche und über die Zeit persistente räumliche Disparitäten in Einkommen,

⁷³ Tatsächlich wurden Vorteile von Städten in Innovation und Wachstum in der ökonomischen Theorie immer (auch) mit geringeren Informations- und Kommunikationskosten und damit vermehrter Wissensübertragung begründet. So sieht schon *Marshall* (1890) Vorteile bei Wissens-Spillovers aufgrund eines in Städten größeren "Marktes für Ideen" – zusammen mit verstärkten Input-Output-Verflechtungen und Externalitäten aus Arbeitsmarkt-Pooling – als zentrale Quelle von Agglomerationsvorteilen an. *Duranton – Puga* (2004) betonen später – neben Vorteilen der Ressourcenteilung ("sharing") – geringere Transaktionskosten aus der größeren Wahrscheinlichkeit und Qualität von "Matches" zwischen den Marktteilnehmern in verdichteten Strukturen ("matching") sowie verstärkte Möglichkeiten zu Lernprozessen bei höherer Informationsdichte ("learning").

Produktivität und Beschäftigung auf allen geographischen Ebenen⁷⁴). Sofern regionale Konvergenzprozesse überhaupt nachweisbar sind, verlaufen sie sehr langsam und scheinen zumindest in neuerer Zeit ausschließlich durch die nationale Ebene getrieben. So liegt erhebliche Evidenz vor (etwa *Gardiner et al.*, 2004; *Cappelen et al.*, 2003; *Corrado et al.*, 2005; *Meliciani*, 2006), dass die Einkommensunterschiede zwischen den EU-Ländern nach deutlicher Konvergenz noch in den 1980er-Jahren gerade in den 1990er- und frühen 2000er-Jahren als der Phase des Aufstiegs digitaler Technologien nur noch marginal abgenommen, jene innerhalb der Länder aber zugenommen haben. In der Folge dürfte der Abbau von Disparitäten überhaupt zum Erliegen gekommen sein, weil schwächere Länder und Regionen in der Tendenz stärker von der Finanzmarkt- und Wirtschaftskrise und ihren Folgen betroffen waren (etwa *Gardiner et al.*, 2013). Erst in der rezenten Hochkonjunktur scheinen wieder Spielräume für Aufholprozesse ländlicher Räume entstanden zu sein (*Europäische Kommission*, 2017), dies aber selektiv und ohne grundlegende Trendwende zu verstärkten Konvergenzprozessen⁷⁵).

2.3.2 Was bestimmt die Raumwirkung digitaler Technologien?

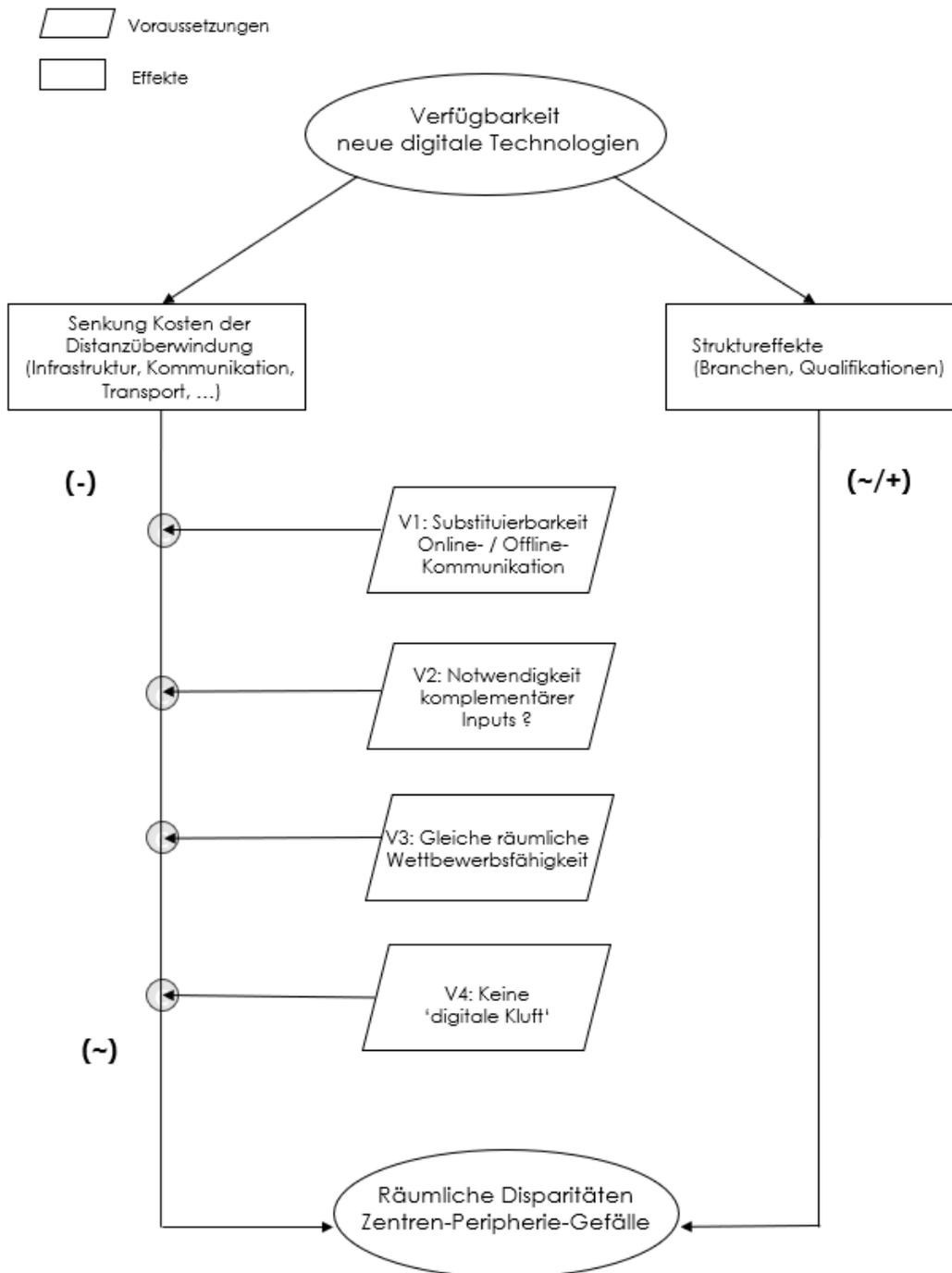
Tatsächlich zeigen die Ergebnisse der neueren theoretischen und empirischen Literatur, dass zwischen der Verfügbarkeit neuer digitaler Technologien und den dadurch ausgelösten Raumwirkungen deutlich komplexere Zusammenhänge bestehen, als dies frühe Beiträge mit ihrer alleinigen Betonung von digitalisierungsbedingten Konvergenzwirkungen aus sinkenden Transaktionskosten nahelegten. Abbildung 2.3 fasst den aktuellen Wissensstand zu dieser Frage in schematischer Form zusammen.

Hier ist zum einen zu berücksichtigen, dass die räumlichen Wirkungen digitaler Technologien eben nicht nur von ihrem Einfluss auf die Kosten der Distanzüberwindung ausgehen (links), sondern auch von strukturellen Effekten (rechts), die entstehen, weil sich Branchen- wie Qualifikationsstrukturen regional unterscheiden (dazu etwa schon *Jorgenson et al.*, 2005). Damit werden die in den Abschnitten 2.2.3 und 2.2.4 festgestellten Wirkungsunterschiede des digitalen Wandels nach Sektoren und Qualifikationsgruppen die einzelnen Regionen unterschiedlich tangieren. Theoretisch ist die Wirkungsrichtung solcher Struktureffekte auf die räumlichen Disparitäten offen. Die empirische Evidenz lässt daraus allerdings eher eine Verstärkung regionaler Unterschiede erwarten, weil Hochqualifizierte und Dienstleistungsbereiche bzw. technologieorientierte Branchen als potentiell begünstigte Teilgruppen in städtischen Strukturen überrepräsentiert sind. Dagegen dominieren in ländlich-peripheren Regionen mittlere bzw. geringe Qualifikationen sowie in sektoraler Hinsicht traditionelle Branchen, die sich in den gesichteten (zumindest in Ansätzen kausalen) Wirkungsanalysen tendenziell durch ungünstigere Ergebnisse auszeichnen.

⁷⁴) Unterschiede im BIP/Kopf zu Kaufkraftparitäten als Kernindikator des ökonomischen Entwicklungsniveaus streuen innerhalb der NUTS-2-Regionen der EU 28 mit Werten zwischen 20% (Severozapaden, Bulgarien) und 611% (Inner London, UK) des EU-Schnitts auch am aktuellen Rand massiv.

⁷⁵) Für eine rezente Darstellung der regionalen Entwicklung in Europa und der dabei wirkenden Mechanismen vgl. etwa *Iammarino et al.* (2018).

Abbildung 2.3: Räumliche Effekte neuer digitaler Technologien: Mechanismen und Voraussetzungen



Q: WIFO-Darstellung. - (~) ... Wirkung ex ante unbestimmt.

Macht schon dies die Gesamteffekte digitaler Technologien auf die Raumstruktur – als Ergebnis potentiell widerstreitender (Kosten- bzw. Struktur-)Effekte – unbestimmt, so gilt dies umso mehr, als die neuere Literatur eine Reihe von Voraussetzungen identifiziert, die erfüllt sein müssen, damit die erwarteten Kostensenkungseffekte digitaler Technologien auch tatsächlich eine dämpfende Wirkung auf regionale Unterschiede entfalten (können). Sie seien in der Folge kurz diskutiert.

- *Substituierbarkeit Offline- durch Online-Kommunikation (V1)*: Implizite Annahme für die Erwartung insgesamt stark sinkender Informations-, Kommunikations- und Suchkosten durch neue digitale Technologien (wie Internet, digitale soziale Medien etc.) ist zunächst, dass diese neuen Kommunikationskanäle bisherige (Offline-)Kanäle (darunter nicht zuletzt die Face-to-face-Kommunikation; F2F) ersetzen können. Nur in diesem Fall werden fallende Kosten und steigende Qualität elektronischer Kanäle eine Substitution von Offline- durch Online-Kommunikation auslösen und damit die Kommunikationskosten insgesamt massiv senken. Nur in diesem Fall ist damit auch ein Bedeutungsverlust von Städten zu erwarten, deren Vorteil ja nicht zuletzt auf geringeren Kosten in der Offline- (und vor allem F2F-)Kommunikation beruht. Nun liegt beginnend mit *Polanyi* (1966) mittlerweile eine breite Literatur vor, welche die spezifischen Vorteile von F2F-Interaktion vor allem in der Übertragung von (in Personen) gebundenem Wissen ("tacit knowledge") nachweist (etwa *Von Hippel*, 1998; *Forman et al.*, 2009)⁷⁶ – eine Eigenschaft, die durch elektronische Medien mit ihren Vorteilen in der Übertragung von Information kaum reproduziert werden kann (etwa *Glaeser – Ponzetto*, 2007). Damit können die neuen elektronischen Medien aber auch komplementär (und nicht substitutiv) zur F2F-Kommunikation sein, indem ihr Aufstieg die Nachfrage nach letzterer erhöht. Ist dies der Fall – wofür die empirische Literatur einige Evidenz beigebracht hat⁷⁷ – werden die Vorteile der Stadt durch Internet und neue soziale Medien nicht etwa abnehmen, sondern sogar noch an Bedeutung gewinnen (*Gaspar – Glaeser*, 1998). Ein Abbau von Disparitäten aus dem Niedergang der Distanzkosten scheint damit nicht mehr gesichert, im

⁷⁶ So zeigen etwa *Charlot – Duranton* (2006), dass elektronische Kommunikationskanäle ein gutes Instrument darstellen, um Information zu diffundieren und etwa Projekte und Kooperationen zu koordinieren, dass sie aber kaum dabei helfen können, neue Partnerschaften und Kooperationen zu erschließen.

⁷⁷ So zeigen *Wellman et al.* (2001), dass die Frequenz des E-mail-Verkehrs zwischen Individuen ceteris paribus positiv mit ihren Face-to-face- (F2F-) und Telefonkontakten korreliert ist; *Charlot – Duranton* (2006) zeigen für die unterschiedlichen Kanäle in der Arbeitsplatzkommunikation Ähnliches. *Mok et al.* (2010) finden im Vergleich des Kommunikationsverhaltens von KanadierInnen in den Jahren 1978 und 2006, dass das Internet als neues Kommunikationsinstrument weder Frequenz noch Distanzgradienten von F2F- wie Telefon-Kommunikation (signifikant) verändert hat. Wirkung des Internet war allein eine deutliche Zunahme von Kontakten über große Distanzen (vor allem im transatlantischen Maßstab).

Gegenteil können digitale Technologien räumliche Unterschiede in sektoraler bzw. funktionaler Hinsicht sogar verstärken⁷⁸⁾.

- *Einfluss notwendiger komplementärer Inputs (V2)*: Voraussetzung für räumlich ausgleichende Wirkungen digitaler Technologien ist zudem, dass sie für ihre Funktionsfähigkeit keine komplementären Inputs benötigen, die wiederum ungleich im Raum verteilt sind. Die empirische Evidenz spricht klar gegen diese Bedingung: So konnte vielfach nachgewiesen werden (etwa schon *Bresnahan – Greenstein, 1996; Brynjolfsson – Hitt, 2003; Bloom et al., 2012; Tranos, 2011*), dass der Ertrag solcher Technologien vom Einsatz komplementärer Inputs nicht unabhängig ist, wobei die Ausstattung mit hochqualifizierten Humanressourcen eine Schlüsselrolle einnimmt, aber auch andere Inputs wie notwendige Infrastrukturen oder begleitende (IKT- bzw. Beratungs-)Dienste wesentlich sind⁷⁹⁾. Und weil das Angebot vieler dieser komplementären Inputs (auch von Hochqualifizierten) in Städten konzentriert ist, wird auch der Ertrag digitaler Technologien hier größer sein (etwa *Beaudry et al., 2010; Forman et al., 2012*)⁸⁰⁾. Dies kann letztlich wiederum ihre Adoption im Raum beeinflussen (siehe unten "digitale Kluff") und letztlich "zentripetale" (statt zentrifugale) Wirkungen hervorrufen (etwa *Tranos, 2013*).
- *Räumliche Wettbewerbsfähigkeit (V3)*: Voraussetzung für ausgleichende Wirkungen digitaler Technologien ist weiters, dass die dadurch verbesserte Marktakzessibilität ländlicher Räume von deren Unternehmen auch genutzt werden kann. So reduzieren diese Technologien vor allem im Dienstleistungsbereich die Notwendigkeit der räumlichen Nähe von Produktion und Konsum und machen so die Bearbeitung urbaner Märkte (auch) aus der Peripherie möglich (*Rodriguez-Pose – Crescenzi, 2008*). Allerdings kann diesem "zentrifugalen" Effekt auch hier ein gegenläufiger "zentripetaler" Effekt gegenüberüberstehen, weil durch digitale Technologien auch die "Schutzfunktion" geographischer Distanz verloren geht, welche peripheren Anbietern gegenüber Wettbewerbern

⁷⁸⁾ Da die Beziehung zwischen Online- und Offline-Kommunikationskanälen sektoral unterschiedlich ist, schaffen digitale Technologien in eher traditionellen Branchengruppen (etwa der Industrie) verstärkt Möglichkeiten, die Stadt zur Minimierung von Fertigungskosten zu verlassen. Dagegen bleiben innovations- bzw. technologieorientierte Branchen, die auf den Austausch komplexen Wissens (und damit F2F-Kommunikation) angewiesen sind, weiter in Städten agglomeriert (*Glaeser – Ponzetto, 2007*). Ähnliche Spezialisierungstendenzen zeigen sich in funktionaler Hinsicht (*Duranton – Puga, 2005*): So sind die Kosten von Headquarter- und dispositiven Funktionen in Städten niedriger, weil hier (dazu komplementäre wissensintensive Dienste geballt zu finden sind (*Aarland et al., 2007; Firgo – Mayerhofer, 2016*)). Dagegen können produzierende Funktionen dank digitaler Technologien verstärkt an nicht-städtische Standorte wandern, weil die Koordinationskosten für Management und Steuerung multipler Firmenstandorte durch internet-basierte Kommunikation gesunken sind.

⁷⁹⁾ Qualifizierte Humanressourcen sind nach *BMVIT (2017)* deshalb (komplementäre) Grundlage für digitale Technologien, weil a) Effizienzgewinne aus Datenerfassung und -bearbeitung nur mit einschlägig qualifizierten MitarbeiterInnen erzielbar sind, b) Assistenzsysteme nur auf Basis der Fähigkeiten (und der Akzeptanz) der MitarbeiterInnen sinnvoll eingesetzt werden können, c) eine Dezentralisierung von Prozessverantwortung und Steuerungsaufgaben als Merkmal von zu digitalen Technologien komplementären Organisationsstrukturen nur bei hoher Flexibilität der MitarbeiterInnen gelingen wird und d) für die Optimierung von Automatisierungsprozessen komplementäre menschliche Fähigkeiten benötigt werden, über die Maschinen nicht verfügen (vgl. dazu auch Abschnitt 2.4).

⁸⁰⁾ Dabei nimmt der Einfluss komplementärer Inputs auf das Ergebnis digitaler Technologien (und damit auch der Vorteil städtischer Regionen bei deren Nutzung) mit der Komplexität der jeweiligen digitalen Technologie zu (*Goldfarb – Tucker, 2017*).

aus den Zentren traditionell ein "räumliches Monopol" (*Palander, 1935*) bescherte. Anbieter aus den Zentren (mit Vorteilen etwa in Informationsdichte oder Standortausstattung und damit verbundenen Qualitäts- und/oder Effizienzvorteilen) können sich damit nun auch in der Peripherie zunehmend durchsetzen (*Glaeser, 2011; Shearmur – Dolo-reux, 2008*)⁸¹. Anbieter in lokalen Zentren werden damit "übersprungen" und die Nachfrage durch Anbieter besserer Qualität in höherrangigen Zentren erfüllt. Tatsächlich deuten einige empirische Arbeiten (etwa *Polèse – Shearmur, 2004; Daniels – Bryson, 2005; Vence – González, 2008*) darauf hin, dass mit der digitalisierungsbedingten Ausweitung der geographischen Marktradien insbesondere im (unternehmensnahen) Dienstleistungsbereich tendenziell eine stärkere räumliche Konzentration (und nicht eine regional gleichmäßigere Verteilung) einhergeht, mit besonderen Vorteilen für große Städte bzw. Metropolregionen⁸². Digitale Technologien können also in ländlichen Räumen fehlende "städtische" Qualitäten (Informationsdichte, Vielfalt, Marktzugang) in Teilen kompensieren und damit innovativen Unternehmen (auch) in der Peripherie neue Möglichkeiten eröffnen⁸³. Gleichzeitig können sie aber die externe Konkurrenz für lokale Anbieter erhöhen und damit bestehende Angebote destabilisieren (*Cumming – Johan, 2010*). Eine bessere Versorgung der ländlichen Bevölkerung kann also mit einer Reduktion des lokalen Angebots einhergehen (*Günther, 2017*).

- *Keine "digitale Kluft" (V4)*: Nicht zuletzt kann für eine Wirkung digitaler Technologien in Richtung regionaler Konvergenz als (notwendige) Bedingung gelten, dass sie flächendeckend und in gleicher Qualität verfügbar sind und auch regional breit genutzt werden⁸⁴. Auch hier lässt die neuere Literatur Zweifel aufkommen. So liegt angebotsseitig klare Evidenz vor, dass leistungsstarke⁸⁵ Datenübertragungsnetze als Voraussetzung für die Nutzung digitaler Technologien nicht überall und in gleicher Qualität vorhanden sind, sondern einem Zentrum-Peripherie-Gefälle folgen (etwa *Rutherford et al., 2004; Dewan – Riggins, 2005; Tranos, 2011, 2016; Grubestic, 2012; Girard et al., 2018*). Dabei

⁸¹) Entwicklungen wie diese werden etwa in der zunehmenden Verdrängung lokaler, stationärer Anbieter durch Internetgiganten im Einzelhandel sichtbar, aber auch im Banken-, Versicherungs- und Unterhaltungsbereich.

⁸²) *Firgo – Mayerhofer (2016)* zeigen auch für Österreich ein vergleichsweise steiles Standortmuster (wissensintensiver) Unternehmensdienste. Als Determinanten für dieses im Zeitablauf persistente Muster mit nur leichten De-Konzentrations-tendenzen im Zeitablauf identifizieren sie eine Reihe von Standortfaktoren, die sämtlich in größeren Agglomerationsräumen verstärkt zu finden sind.

⁸³) Grundsätzlich besteht für benachteiligte Regionen auch die Möglichkeit zu sprunghaften Aufholprozessen durch die frühe Nutzung solcher Technologien (*Steinmueller, 2001*). Die Voraussetzungen für ein solches "leapfrogging" in der Adoptionsfähigkeit der Unternehmen, dem Zugang zu notwendiger Infrastruktur, der Verfügbarkeit komplementären Wissens und notwendiger Infrastruktur sowie der Fähigkeit, Nutzer vom Wert der neuen Technologie zu überzeugen, sind allerdings sehr hoch.

⁸⁴) Tatsächlich ist ein Beitrag dieser Technologien zur regionalen Konvergenz nur denkbar, wenn ihr Wachstumsimpuls in benachteiligten Regionen bei gleicher Nutzungsintensität höher ist oder sie bei gleicher Wirkung in benachteiligten Regionen stärker genutzt werden (*Salemink et al., 2017*).

⁸⁵) Empirisch ist eine schnelle flächendeckende Versorgung mit Internet-Netzinfrastrukturen nur für frühe (Dial-up)-Technologien nachweisbar, weil hier die Fixkosten des Markteintritts gering waren (*Greenstein, 2015*). Für alle folgenden (Breitband-)Technologien zeigen sich dagegen klare Hinweise einer "digitalen Kluft" in der Verfügbarkeit (etwa schon *Zook, 2005; später Grubestic, 2012*).

liegt diese "digitale Kluft" in der Verfügbarkeit, die übrigens auch in Deutschland und Österreich nachweisbar ist⁸⁶), in der Marktlogik begründet (etwa *Malecki, 2002; Saleminik et al., 2017*): Für die Anbieter ist das Ausrollen leistungsfähiger Infrastrukturen in ländlichen Regionen weniger rentabel, weil hier Verbindungen über große Distanzen in Gebieten mit geringer Nachfrage und geringem Potential für Größenvorteile aufgebaut werden müssen (*Grubestic, 2010*). Neue Netzinfrastrukturen werden daher typischerweise zunächst in (ertragreicheren) städtischen Regionen angeboten, was angesichts der rasanten Weiterentwicklung der Technologie auch bei intakten technologischen "catching-up"-Prozessen einen persistenten (oder sogar wachsenden) Standortnachteil für ländliche Räume begründen kann (*Grubestic, 2008; Townsend et al., 2013*)⁸⁷). Auch wenn dies wohlfahrtstheoretisch kein klassisches "Marktversagen" darstellt⁸⁸), scheinen wegen der zunehmenden Bedeutung breitbandbasierter Anwendungen für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen, aber auch generell die Teilhabe am gesellschaftlichen Leben öffentliche Eingriffe in die Marktallokation (in Form von Anbieterverpflichtungen und/oder Netzförderungen) zugunsten der Peripherie damit gerechtfertigt.

Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass eine "digitale Kluft" nach aller empirischen Evidenz nicht nur in der Verfügbarkeit, sondern auch in der Nutzung von leistungsfähigen Netzen besteht⁸⁹), wobei dies nicht zuletzt auch für Deutschland und Österreich gilt⁹⁰). Auch dies ist aus den gegebenen Kosten-/Nutzenrelationen ökonomisch durchaus begründbar (*Forman et al., 2005, 2018*). So sind auf Unternehmensebene die größten Erträge beim Einsatz digitaler (Kommunikations-)Technologien in ländlichen Regionen zu erwarten, weil hier die Nachteile ökonomischer Marktferne besonders hoch sind. Gleichzeitig sind hier aber auch die Kosten eines Einsatzes solcher Technologien am höchsten, weil komplementäre Inputs wie spezialisierte Humanressourcen oder wissensintensive Dienstleistungen fehlen. Zu erwarten ist damit, dass der Nettonutzen eines solchen Einsatzes für das Unternehmen bei einfachen Technologien mit der Standortgröße

⁸⁶) Für Deutschland zeigen *Girard et al. (2018)*, dass Ballungsräume meist sehr gut mit schnellen Breitbandanbindungen versorgt sind, während im gering besiedelten Raum weniger als der Hälfte der Haushalte eine Anbindung > 16 Mbit/s zur Verfügung steht. Auch dokumentieren sie innerhalb der Städte erstaunlich unterschiedliche Bandbreiten für benachbarte Straßenzüge. Für Österreich liefert etwa die rezente Evaluierung der "Breitbandmilliarde" (*Neumann et al., 2017*) Evidenz für schlecht versorgte Gebiete, nicht zuletzt in zersiedelten ländlichen Räumen. Auch hier sind die verfügbaren Bandbreiten in den letzten Jahren vor allem in den Ballungszentren stark gestiegen, nicht aber in ländlich-peripheren Regionen (etwa *Friesenbichler, 2016b; RTR, 2017*).

⁸⁷) Surveys über bisherige empirische Ergebnisse zu den Determinanten des Breitbandausbaus bieten etwa *Vicente – López (2011)* bzw. *Garcia et al. (2014)*.

⁸⁸) Tatsächlich stellt der Markt eine effiziente Allokation der Ressourcen im Sinne Ihres Einsatzes am profitabelsten Markt durchaus her, nicht aber ein gleiches Angebot auf regionaler Ebene.

⁸⁹) Für die Unternehmensebene vgl. dazu schon *Kolko (2000)* und eine breite darauf aufbauende Literatur.

⁹⁰) So zeigen *Girard et al. (2018)* für Deutschland, dass 2017 von rund 2,4 Mio. Glasfaseranschlüssen nur rund 747.000 vermarktet waren. Österreich lag nach den Informationen der OECD Broadband Datenbank 2017 gemessen an der durchschnittlich nachgefragten Breitband-Geschwindigkeit mit unter 15 Mbit/s (Ø OECD 15,5) nur auf Rang 20 unter 32 OECD-Ländern. Noch 2016 hatte der Anteil von FTTH/B-Anschlüssen am gesamten Breitbandmarkt in Österreich (und Deutschland) danach nur 2% betragen, bei immerhin 21% im Durchschnitt der OECD (*Duso et al., 2018*).

abnimmt, bei fortgeschrittenen Technologien, die auch größere organisatorische Anpassungen benötigen ("co-invention"; *Bresnahan – Greenstein, 1996*)⁹¹⁾, aber zunimmt. Damit werden die unternehmerischen Nettoerträge gerade von Infrastrukturen und Anwendungen an der "technologischen Grenze" in urbanen Regionen höher sein. Ähnliches gilt auch für die individuelle Ebene (etwa *Mills – Whitacre, 2003; Agrawal et al., 2009; Schleife, 2010*), wo ebenfalls Anreize zugunsten einer stärkeren Nutzung solcher Technologien in der Peripherie (etwa aus der Möglichkeit zu Telearbeit und damit der geringeren Notwendigkeit einer Nähe von Wohn- und Arbeitsort; etwa *Autor, 2001* bzw. *Gaspar – Glaeser, 1998*) bestehen (siehe dazu "Exkurs: Wirkungen des Telearbeit" unten), aber auch die beschriebenen "zentripetalen" Kräfte wirksam sind. Hier dürften für die Nutzung einerseits Determinanten eine Rolle spielen, die wiederum mit dem Standort korreliert sind (wie persönliches Einkommen, Ausbildung oder Alter, etwa *Vicente – López, 2011*). Andererseits wurden auch Netzwerkeffekte (schon früh etwa *Goolsbee – Klenow, 2002*; später etwa *Agrawal et al., 2009*) als Grund für ein Zentrum-Peripherie-Gefälle (auch) in der Nutzung solcher Technologien nachgewiesen. Bei rezenten (KI-basierten) Anwendungen könnten zudem technologische Spezifika der neuen Technologie eine Rolle spielen⁹²⁾. Jedenfalls sollten vor diesem Hintergrund Fördermaßnahmen zugunsten des Ausbaus digitaler Kommunikationsnetze in benachteiligten Räumen mit Hilfen und/oder Anreizen auch zur stärkeren Nutzung solcher Technologien Hand in Hand gehen.

Insgesamt scheint damit klar, dass auch in Hinblick auf die regionalen Effekte digitaler Technologien unterschiedliche Einflussfaktoren zu berücksichtigen sind, was Aussagen zu ihrer räumlichen Wirkung auf allein theoretischer Basis ausschließt. Auch hier kann also allein die empirische Literatur relevante Erkenntnisse beibringen, sie seien daher in weiterer Folge zusammengefasst.

2.3.3 *Digitale Technologien und regionaler Ausgleich: Was sagt die Empirie?*

Hier sollen zunächst jene (wenigen) Studien im Vordergrund stehen, die sich in (auch kausal interpretierbaren) Analysen mit den Wirkungen digitaler Technologien *allein* auf ländliche Regionen beziehen. Dies scheint einerseits sinnvoll, weil die empirische Evidenz zu den oben identifizierten Voraussetzungen für eine räumlich ausgleichende Wirkung digitaler Technologien durchaus die Frage rechtfertigt, ob der Einsatz solcher Technologien überhaupt positiv zur Entwicklung benachteiligter Regionen beiträgt. Andererseits bieten die Ergebnisse solcher

⁹¹⁾ Besonders deutlich dürfte dies bei kleinen und mittleren Unternehmen zum Tragen kommen, die über IKT-Wissen und andere komplementäre Inputs zum Einsatz komplexer digitaler Technologien kaum verfügen (*Forman et al., 2008*).

⁹²⁾ So weist *Goolsby (2018)* darauf hin, dass KI-basierte Anwendungen, die ihre Funktionalität anhand von Machine Learning und Big Data" selbständig weiterentwickeln, die digitale Kluft vergrößern, weil das "Trainings-Sample" für ihre Lernprozesse notwendig aus frühen Anwendern besteht, deren Präferenzen damit die weitere Optimierung bestimmen. Dies senkt den Nutzen einer Anwendung für Gruppen, die vom Trainings-Sample stark abweichen. Als Beispiel führt der Autor das "Autonome Fahren" an, dessen Anwendung vor allem auf Massendaten zum Fahren in urbanen Regionen und auf Autobahnen (von frühen Anwendern) basierten, was deren Funktionsfähigkeit in ländlichen Räumen beeinträchtigt.

Analysen interessante Erkenntnisse über Wirkungsdifferenzierungen auch innerhalb der ländlichen Räume, die bei größerer Granulation der Beobachtungsebene nicht erzielbar sind.

Übersicht 2.7: Empirische Ergebnisse zum Einfluss digitaler Technologien auf ländliche Regionen

Strukturierter Literatursurvey, Anzahl der Studien (fett) und Referenznummer im Literaturverzeichnis

Evaluiertes Outcome	Insgesamt	Impact-Indikator	Gesamteffekt			Regionale Differenzierung
			Positiv	Keiner	Negativ	
Alle Indikatoren insgesamt	8		4	4	0	
Beschäftigte	3		1	2	0	
		BB-Verfügbarkeit		(77),(72)		72: Positiv in West- (v.a. Industrie), kein Effekt in Ostdeutschland
		BB-Nutzung	(76)			76: Größere Effekte bei regional höherer Nutzungsrate
Beschäftigte je Unternehmen	1		0	1	0	
		BB-Verfügbarkeit		(21)		
Einkommen	2		1	1	0	
		BB-Verfügbarkeit		(77)		77: Positiv in ländlichen Regionen nahe Zentren, sonst negativ
		BB-Nutzung	(76)			
Gründungen	1		1	0	0	
		BB-Verfügbarkeit	(56)			56: Größerer Effekt in ländlichen Regionen nahe Zentren
Umsatz/WS	1		1	0	0	
		BB-Verfügbarkeit	(21)			

Q: WIFO-Zusammenstellung. – Referenznummer in Klammer mit () = Regressionsansatz, [] = Gleichgewichtsansatz.

Insgesamt finden sich in der Literatur nach unserer strukturierten Sichtung insgesamt 8 Ergebnisse, die aus Analysen (nur) zum ländlichen Raum stammen und für unsere Zwecke brauchbare (weil zumindest in Ansätzen kausal interpretierbare) Resultate liefern. Sie bewerten den Einfluss digitaler Technologien auf ein breites Spektrum von Outcome-Indikatoren, wobei sie als Proxy zur Abbildung dieser Technologien allein Breitband-Indikatoren verwenden. Ihre Ergebnisse lassen tendenziell eine vorsichtig optimistische Einschätzung der Wirkungen solcher Technologien auf die Entwicklung (auch) ländlicher Räume zu. So findet sich keine einzige Studie, welche signifikant negative Effekte solcher Technologien auf relevante Outcome-Variable ausweist. Immerhin die Hälfte der Ergebnisse (4) identifiziert einen signifikant positiven Einfluss, wobei dieses Ergebnis bei Gründungsverhalten und Umsatz eher zu erwarten ist als bei Beschäftigungs- oder Einkommensgrößengrößen, weshalb in diesen Fällen auch insignifikante Ergebnisse zu finden (Einkommen) oder in der Mehrheit (Beschäftigte, Beschäftigte je Unternehmen) sind. Dabei scheint die Verwendung von (direkten) Indikatoren zur Nutzung der Technologie tendenziell positivere Ergebnisse zu liefern als die Nutzung (indirekter) Verfügbarkeitsindikatoren, wobei dies interessanterweise auch bei gleichem Untersuchungsgebiet (RN76 vs. RN77) zu gelten scheint.

Bemerkenswert ist letztlich, dass eine Reihe der vorliegenden Analysen auch deutliche Ergebnisunterschiede innerhalb der analysierten ländlichen Räume findet, sodass immerhin die Hälfte der insignifikanten Ergebnisse (RN72, RN77) auf gegenläufige Effekte in Teilen der betrachteten ländlichen Räume zurückgeführt werden kann. Dabei scheinen in der Tendenz ländliche Regionen nahe Zentren eher von digitalen Technologien zu profitieren als ländlich-periphere Gebiete (RN77; RN56), auch für den Einfluss übergeordneter makroökonomischer Unterschiede (RN72) sowie von Netzwerkeffekten (RN76) auf die Ergebnisse des ländlichen Raums findet sich (vereinzelte) Evidenz.

Nun können diese auf den ländlichen Raum fokussierten Analysen zwar eine Einschätzung zu den Effekten digitaler Technologien auf diesen Regionstyp und ihre Differenzierungen bieten. Für Aussagen zu grundlegenden raumstrukturellen Wirkungen des digitalen Wandels in Hinblick auf regionale Unterschiede und/oder das Zentrum-Peripherie-Gefälle sind Ergebnisse für den ländlichen Raum allerdings vergleichend in den Kontext der Resultate für städtische Regionen zu stellen. Übersicht 2.8 bietet daher einen Überblick über die Ergebnisse jener (kausal interpretierbarer) Studien, welche die Wirkungen digitaler Technologien in einem breiten Untersuchungsraum (also etwa auf nationaler oder supra-nationaler Ebene) analysieren und dabei nach städtischen und ländlichen (Teil-)Räumen differenzieren. Dabei ist die Zahl der gefundenen Wirkungen auf die analysierten Outcome-Variablen insgesamt sowie getrennt nach städtischen und ländlichen Regionen ausgewiesen, ergänzt um eine Auszählung der Ergebnisse, welche höhere Effekte in städtischen oder ländlichen Regionen (oder einem anderen Regionstyp) nahelegen. Dabei ist von einer Stärkung von Konvergenzprozessen durch digitale Technologien allein bei höheren (positiven) Effekten im ländlichen Raum auszugehen.

Übersicht 2.8: Empirische Ergebnisse zum Einfluss digitaler Technologien auf städtische vs. ländliche Regionen
Strukturierter Literatursurvey, Anzahl der Studien (fett) und Referenznummer im Literaturverzeichnis

Evaluierter Outcome	insgesamt	Impact-Indikator	Gesamteffekt				Städtisch		Ländlich		Höhere Effekte in		Region mit Qualifikations- vorteil	
			Positiv	Keiner	Negativ	(Referenznummer)	Positiv	Keiner	Negativ	Städtisch	Ländlich			
Alle Indikatoren insgesamt	19		15	3	1	14	3	1	12	5	1	9	4	2
Beschäftigte	9	IKT-INV	6	2	1	5	2	1	4	3	1	5	1	2
		BB-Verfügbarkeit	(39)	(51),(19)	(53),(38),(42)	(39)	(51),(19)	(51),(38),(42)	(51),(38),(42)	(39)	(53),(19)	(39),(38)	(51)	(6)
		BB-Nutzung	(57)	(50)	(50)	(57)	(50)	(50)	(57)	(50)	(50)	(57)	(2)	(50)
Bevölkerung	2	BB-Verfügbarkeit	2	0	0	2	0	0	2	0	0	0	2	0
		BB-Verfügbarkeit	(19)	(19)	(19)	(19)	(19)	(19)	(19)	(19)	(19)	(19)	(19)	(19)
		BB-Nutzung	(57)	(57)	(57)	(57)	(57)	(57)	(57)	(57)	(57)	(57)	(57)	(57)
Beschäftigungsquote	1	BB-Verfügbarkeit	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
		BB-Verfügbarkeit	(35)	(35)	(35)	(35)	(35)	(35)	(35)	(35)	(35)	(35)	(35)	(35)
Einkommen	3	BB-Verfügbarkeit	2	1	0	2	1	0	1	2	0	1	0	0
		BB-Verfügbarkeit	(53),(51)	(19)	(53),(51)	(53),(51)	(19)	(19)	(51)	(53),(19)	(53)	(53)	(0)	(0)
		BB-Verfügbarkeit	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)
Produktivität	1	BB-Verfügbarkeit	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
		BB-Verfügbarkeit	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)
KIBS-Besatz	2	BB-Verfügbarkeit	2	0	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0
		BB-Verfügbarkeit	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)	(62),(73)
Immobilienpreis	1	BB-Geschwindigkeit	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
		BB-Geschwindigkeit	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)

Q: WIFO-Zusammenstellung; Referenznummer in Klammer mit () = Regressionsansatz. Auszählung "Gesamteffekt" erfasst alle Ergebnisse (Summe = insgesamt), Auszählung Teilkategorien erfasst allein getestete und positive Ergebnisse (Summe meist < insgesamt).

Grosso modo bieten die in Übersicht 2.8 gesammelten Ergebnisse für die in der frühen Literatur vorherrschende Sicht einer Rolle digitaler Technologien als Treiber regionaler Konvergenzprozesse keine Grundlage. Gleichzeitig sind sie aber auch kaum geeignet, bestehenden Ängsten in Hinblick auf eine deutliche Verstärkung räumlicher Disparitäten im digitalen Wandel neue Nahrung zu geben.

Übergeordnet bestätigt die Sichtung zunächst die bisherigen Ergebnisse, wonach die Nutzung digitaler Technologien zumindest bisher eher mit positiven ökonomischen Wirkungen verbunden war (Übersicht 2.8; linkes Ergebnispanel). So identifizieren auch die hier gesichteten 19 Arbeiten, die einmal mehr vorrangig auf die Verfügbarkeit (14) oder Nutzung (3) von Breitband-Internet als Impact-Indikatoren abstellen, in ihrer großen Mehrheit positive Effekte auf die jeweils untersuchte Outcome-Variable. Dagegen findet nur eine Arbeit (RN50)⁹³⁾ einen negativen (Beschäftigungs-)Effekt aus der Nutzung neuer digitaler (Kommunikations-)Technologien, auch Analysen, die daraus keinen signifikanten (Gesamt-)Effekt feststellen (RN51 für die Beschäftigung; RN19 für Einkommen und Beschäftigung), bleiben (mit 3) klar in der Minderheit.

Bemerkenswert für unsere Fragestellung ist zunächst, dass dieses letztlich positive (Gesamt-)Ergebnis bei Differenzierung nach Regionstyp sowohl für städtische als auch für ländliche Regionen gilt (Übersicht 2.8; zweites und drittes Ergebnispanel): Für beide Gebietstypen finden die gesichteten Arbeiten in ihrer großen Mehrheit (signifikant) positive Effekte neuer digitaler Technologien. Dabei sind die erzielten Ergebnisse für deren Einfluss auf Bevölkerung, Beschäftigungsquote, Produktivität, Immobilienpreise und den Besitz mit wissensintensiven Diensten auch intraregional völlig einhellig. Zu den Wirkungen auf Einkommen und Beschäftigung finden die gesichteten Studien auch insignifikante Ergebnisse, in etwas größerer Zahl für ländliche Regionen. Allerdings identifizieren nur 2 dieser Studien in Hinblick auf die Wirkungsrichtung für städtische und ländliche Regionen unterschiedliche Resultate (RN39 bzw. RN53; letztere für Beschäftigung und Einkommen), die grundlegende Wirkungscharakteristik digitaler Technologien dürfte sich also in urbanen und weniger verdichteten Räumen nicht wesentlich unterscheiden. Eine klarere regionale Differenzierung wird allerdings sichtbar, wenn ein Vergleich der Größenordnung der jeweiligen Effekte in den betrachteten Regionen im Vordergrund steht (Übersicht 2.8; rechtes Ergebnispanel). Immerhin finden sich hier 9 Studien, die im direkten Vergleich günstigere Ergebnisse für städtische Regionen identifizieren, dazu finden 2 Arbeiten eine Ergebnisdifferenzierung nach der regionalen Qualifikationsstruktur, was ebenfalls Vorteile in den Effekten für städtische Regionen nahelegt. Stärker positive Digitalisierungseffekte im ländlichen Raum finden sich in einer deutlich geringeren Zahl von (insgesamt 4) Studienergebnissen. Sie identifizieren zum einen eine digitalisierungsbedingt günstigere Bevölkerungsentwicklung im ländlichen Raum, weil digitale Technologien offenbar Abwanderungstendenzen dämpfen (RN19, RN57). Zum anderen finden sie vereinzelt auch höhere Beschäftigungseffekte in nicht-

⁹³⁾ Ein negativer Gesamteffekt auf die Beschäftigung in französischen Gemeinden und die Jahre 2009-2014 ergibt sich in RN50 daraus, dass negative Effekte in der Industrie durch positive Wirkungen im Dienstleistungsbereich nicht kompensiert werden können. Dabei nimmt der negative Effekt mit höherem regionalen Qualifikationsniveau (in urbanen Regionen) und höherer Verfügbarkeit mobiler Breitband-Infrastruktur (in ländlichen Regionen) ab.

verdichteten Regionen (RN35, RN51), wobei sie in beiden Fällen aus dem Dienstleistungsbereich stammen und auf Gewinne aus der technologiebedingten Ausweitung traditionell enger Marktradien schließen lassen.

Insgesamt lässt die hier gesichtete Literatur damit darauf schließen, dass sich grundsätzlich positive Effekte digitaler Technologien in den Zentren wie im ländlichen Raum finden lassen, wobei jedoch die jeweilige Größenordnung dieser Effekte nicht für eine "Konvergenzwirkung" solcher Technologien im Sinne des Ausgleichs regionaler Unterschiede spricht. Vielmehr dürften positive Effekte des digitalen Wandels in der Tendenz (und zumindest bisher) verdichtete Regionen stärker begünstigt haben, wobei dies freilich von unterschiedlichen Voraussetzungen abhängig ist (siehe Abschnitt 3.2), deren Erfüllungsgrad wiederum nach Ländern unterschiedlich sein kann. Insofern ersetzt die hier gebotene Sichtung eine eigenständige empirische Analyse für Österreich auch in der Frage nach systematischen regionalen Unterschieden in den Effekten digitaler Technologien nicht, kann aber dazu auch hier relevante Ausgangshypothesen liefern.

2.4 Exkurs: Digitale Technologien und Teleworking – ein Überblick über Größenordnung und Wirkungen

Im Bereich der Arbeitswelt lassen IKT-Lösungen und digitale (Kommunikations-)Technologien die stärkere Trennung von Arbeit und Kapital im Produktionsprozess zu. Damit wird es möglich, Arbeitsleistungen flexibel weitgehend unabhängig von Zeit und Ort zu erbringen (Blount, 2015a). Digitale Technologien sind also nicht zuletzt Grundlage für alle Formen des Teleworking⁹⁴), wobei die Möglichkeiten dazu mit schnellem Internet, Smartphone und zuletzt "Cloud Computing" zuletzt nochmals zugenommen haben. Tatsächlich wurden seit der Jahrtausendwende traditionelle Formen der Telearbeit zunehmend durch neue, mobile Formen ergänzt (Gschwind, 2016), und der Anteil von Teleworking an der gesamten Arbeitsleistung ist in den meisten entwickelten Ländern spürbar gestiegen⁹⁵). Neben rein technologischen Faktoren dürften dazu auch der allgemeine Trend zu flexibleren Arbeitszeitarrangements (BMFSFJ, 2013), abnehmende Vorbehalte der Arbeitgeber (Vihelmson – Thulin, 2016) und nicht zuletzt die fortschreitende Tertiärisierung (vor allem der Berufsstruktur; Blount, 2015a) beigetragen haben.

Dennoch bleibt die Bedeutung von Telearbeit in den meisten Ländern noch immer klar hinter frühen Erwartungen zurück (dazu etwa Rasmussen – Gareth, 2008; Da Silva – Meghna, 2010) –

⁹⁴) In der Literatur finden sich für Telearbeit (synonym auch Teleworking oder Telecommuting) unterschiedliche Definitionen. Dies erschwert eine vergleichende Sichtung ihrer Größenordnung, ist aber wegen der Charakteristik von Teleworking als (im Zeitablauf wandelbares) sozio-technologisches Phänomen kaum vermeidbar (Mokhtarian et al., 2005). Eine gängige Definition der EU (Welz – Wolf, 2010) versteht Teleworking als "... a form of organising and/or performing work using information technology, in the context of an employment contract/relationship, where work, which could also be performed at the employer's premises, is carried out away from those premises on a regular basis". Problematisch bleibt in dieser Definition die Beschränkung auf unselbständige Beschäftigungsverhältnisse (und damit der Ausschluss von Selbständigen, Studierenden etc.), vor allem aber die fehlende Konkretisierung des Terms "regular basis", was harmonisierte Vergleiche zum Thema erschwert.

⁹⁵) So stieg dieser Anteil in Frankreich zwischen 2007 und 2012 um 5,4 Prozentpunkte (Greenworking, 2012), in Schweden zwischen 2003 und 2014 um 15 PP (Statistics Sweden, 2015) und in den USA zwischen 2000 und 2013 um 15 PP (Kane – Tomer, 2015).

mit massiven Diskrepanzen sowohl in rein quantitativer Hinsicht⁹⁶), als auch in Hinblick auf das Lösungspotential dieser Arbeitsform etwa für Probleme in der Raumstruktur, der Vereinbarkeit von Familie und Beruf oder in Verkehrsentwicklung und Umweltschutz⁹⁷). In der Folge wird daher ein kompakter Überblick darüber geboten, welche Bedeutung Teleworking in Europa und Österreich erreicht hat und was wir auf Basis der vorliegenden empirischen Literatur zu den Wirkungen dieser Arbeitsform auf die beteiligten Akteure (Arbeitnehmer/in, Unternehmen) sowie die regionale Ebene wissen.

2.4.1 Welchen Umfang hat Teleworking derzeit?

Vergleichende Analysen zum Umfang und zu den Wirkungen von Telearbeit sind schwierig, weil eine regelmäßige Erhebung zu Umfang und Art dieser Arbeitsform im Rahmen der offiziellen Sekundärstatistik fehlt. Damit fehlen Datengrundlagen für die empirische Analyse, was mit auch daher rührt, dass Teleworking in sehr unterschiedlichen Ausprägungen auftritt⁹⁸). Eine harmonisierte Messung wird dadurch ebenso erschwert wie durch die Tatsache, dass Informationen zum Teleworking selbst in Unternehmen, die Teleworking als Option anbieten, oft nicht strukturiert gesammelt werden⁹⁹). Einige Erkenntnisse über die Bedeutung von Telearbeit in ihren unterschiedlichen Formen in Europa lassen sich allerdings aus einer rezenten Arbeit der International Labour Organisation (*ILO – Eurofound*, 2017) gewinnen, in welcher Daten aus der jüngsten

⁹⁶) Frühe Arbeiten (etwa *Stonier*, 1980) rechneten mit einer raschen Ablösung bürobasierter Beschäftigung als häufigster Arbeitsform durch Teleworking. Noch Ende der 1980er-Jahre gingen Schätzungen für die USA von einem Teleworking-Anteil von 40% der Beschäftigten im Jahr 2000 aus, für Großbritannien wurden bis zum Jahr 1995 3 Millionen TelearbeiterInnen erwartet (*Huws*, 1991; *Korte – Wynne*, 1996).

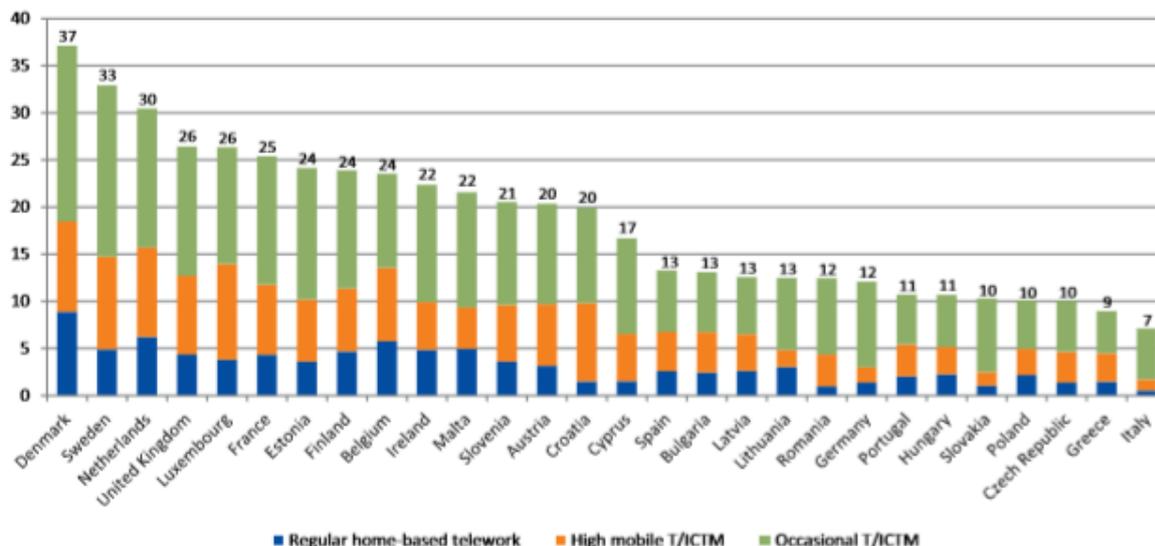
⁹⁷) Räumlich wurden eine massive Veränderung der Stadtform in Richtung polyzentrischer Strukturen (*Stonier*, 1980) und gänzlich neue Möglichkeiten zur Attrahierung ökonomischer Aktivitäten für ländliche Räume (*Nilles*, 1975) durch Teleworking erwartet. Dies bewahrheitete sich in der Folge nicht (etwa *Pérez et al.*, 2004), ebenso wenig wie die Erwartung massiver (positiver) Effekte von (heimbasierter) Telearbeit auf das Zusammenleben in Familie und Gemeinde ("elektronisches Dorf"; *Toffler*, 1980). Nicht zuletzt wurde Teleworking in den 1970er-Jahren als Lösung für das Problem schrumpfender Ölreserven und steigender Transportkosten (*Nilles*, 1975), aber auch von Verkehrsüberlastung und Umweltverschmutzung (*Nilles et al.*, 1976) ins Spiel gebracht. Im Gegensatz dazu können neuere Analysen zum Einfluss von Teleworking auf das Reiseverhalten sogar in Hinblick auf die Wirkungsrichtung keine klare Aussage treffen (siehe dazu unten).

⁹⁸) Teleworking reicht von der – dauerhaften oder gelegentlichen – heimbasierten Arbeit unselbständiger Erwerbstätiger bis zur mobilen Arbeit von Selbständigen oder TechnikerInnen von beliebigen Standorten aus (*Bailey – Kurland*, 2002). Die dabei erbrachten Arbeitsinhalte können standardisierter Industriearbeit sehr ähnlich sein (etwa Call Centre), aber auch stark wissensintensiv sein, etwa mit einer Abfolge von Face-to-face-Meetings im Büro, ruhiger Arbeit zu Hause, und elektronischer Kommunikation von jedem beliebigen Ort aus (*Hall*, 2003).

⁹⁹) In den Unternehmen liegen oft keine gesonderten Daten zu den Kosten und Erträgen von Teleworking-Arbeitsverhältnissen vor (*Weijers et al.*, 1992). In vielen Unternehmen ist dem leitenden Management nicht einmal bekannt, wie viele ihrer Beschäftigten zu Teleworking Zugang haben und wie Telearbeit im Unternehmen konkret umgesetzt wird (*Peters – van der Lippe*, 2007).

Europäischen Erhebung über die Arbeitsbedingungen in den EU 28 (EWCS; Eurofound, 2016)¹⁰⁰ zu harmonisierten Indikatoren zur Telearbeit verknüpft worden sind (Abbildung 2.4)¹⁰¹.

Abbildung 2.4: Bedeutung Teleworking in der Europäischen Union
Anteil an den Beschäftigten nach Teleworking-Form in %; 2015



Q: ILO – Eurofound (2017).

Danach arbeiteten im Jahr 2015 – bei erheblichen Unterschieden nach Branchen und Berufen – in den EU-Mitgliedsländern zwischen 7% und 37% der Beschäftigten zumindest gelegentlich IKT-basiert nicht am Unternehmensstandort, im Durchschnitt der EU 28 waren es rund 17%. Davon entfällt europaweit der Großteil (rund 10 Prozentpunkte) auf gelegentliches Teleworking, nur 3 PP steuern ständige heimbasierte Telearbeit, rund 5 PP hoch mobile Teleworking-Formen bei¹⁰²). In Österreich liegt der (breite) Telearbeitsanteil mit rund 20% leicht über dem europäischen Durchschnitt, wofür bei durchschnittlichen Werten gelegentlicher (10 PP) und heimbasierter (3,1 PP) Telearbeit vor allem ein höherer Anteil mobiler Telearbeitsformen (knapp 7 PP) verantwortlich zeichnet. Mit Rang 13 unter den EU 28 bleibt Österreich im (breiten) Teleworking-Anteil klar hinter den (nordwesteuropäischen) Spitzenreitern (Dänemark 37%, Schweden 33%,

¹⁰⁰) In dieser Erhebung wurden rund 30.000 Erwerbspersonen in den EU 28 auf Basis einer mehrstufigen, geschichteten Zufallsstichprobe ausgewählt und in persönlichen Interviews zu einem breiten Spektrum ihrer Arbeitsbedingungen befragt. Die Erhebungswelle 2015 folgte ähnlichen Befragungen in den Jahren 2005 und 2010.

¹⁰¹) Im EWCS wurden RespondentInnen unter anderem gefragt, ob und wie oft ihre Haupttätigkeit "den Einsatz von Computern, Laptops, Smartphones etc." erfordert und zu welchem Anteil ihre Haupttätigkeit eine Arbeit an der Arbeitsstätte des Arbeitgebers, beim Kunden, in einem Fahrzeug, zu Hause oder im öffentlichen Raum erfordert. Als TeleworkerInnen wurden Personen eingestuft, die a) "immer" oder "fast immer" mit IKT-Tools arbeiten und b) "zumindest einige Male im Monat" nicht an der Arbeitsstätte des Arbeitgebers arbeiten.

¹⁰²) Auch hier ist die Heterogenität groß. So arbeiten in Deutschland immerhin 21% der TeleworkerInnen jeden Tag in dieser Arbeitsform, rund 10% mindestens einmal die Woche (Pfisterer et al., 2013). Dagegen arbeitet in Finnland der mit Abstand größte Teil der TeleworkerInnen (rund 41%) auf wöchentlicher Basis (Perkiö-Mäkelä – Hirvonen, 2013), in Schweden (mit 24%) nur wenige Stunden in der Woche (Statistics Sweden, 2015).

Holland 30%, Großbritannien 26%) zurück, liegt aber deutlich vor den neuen Mitgliedstaaten, aber auch vor Deutschland (12%) und Italien (7%).

Einige rudimentäre Informationen liegen aus der genannten Arbeit, aber auch aus weiterer (nationaler) Evidenz zu den TeleworkerInnen selbst vor. Danach sind europaweit verstärkt Männer in dieser Arbeitsform tätig, wobei Frauen aber häufiger regelmäßig und heimbasiert telearbeiten (Luukinen, 1995; ILO – Eurofound, 2017)¹⁰³). Sektorale sind TeleworkerInnen am häufigsten in IKT-Branchen, im Finanzsektor und in wissensintensiven Dienstleistungen zu finden (Eurofound, 2016; Vilhelmson – Thulin, 2016), wobei die individuelle Teleworking-Intensität mit der Qualifikation (und damit dem Einkommen) zunimmt. Die größten Telearbeits-Anteile finden sich vor diesem Hintergrund in Management- und Expertenberufen sowie unter Selbständigen, aber auch bei Büroangestellten und Verkaufspersonal ist Teleworking aber zunehmend anzutreffen (Eurofound, 2016; Ruiz – Walling, 2005).

Für Österreich und vor allem seine Regionen liegen dazu keine Ergebnisse vor. In Ansätzen können hier allerdings Daten aus dem Mikrozensus bzw. der europäischen Arbeitskräfteerhebung Aufschluss bieten, die Informationen zur Arbeit von "zu Hause aus" enthalten. Sie bieten damit Einblicke in Umfang und Charakteristik von "heimbasierter" Arbeit als einer Arbeitsform, die mit Teleworking zwar nicht deckungsgleich ist, aber relevante Teile davon enthält¹⁰⁴). Dabei nehmen die folgenden Übersichten (weil auf dieser Datenbasis möglich) auf die Bedeutung dieser Arbeitsform für alle erwerbstätigen Personen Bezug, wodurch die oft kritisierte Einschränkung der Analyse in traditionellen Teleworking-Studien auf unselbständig Beschäftigte (siehe Fußnote 94) vermieden werden kann.

Abbildung 2.5 lässt auf dieser Basis den Anteil der Erwerbstätigen mit zumindest gelegentlicher heimbasierter Arbeit in den EU 15 sowie dem Durchschnitt der EU 28 erkennen. Danach arbeitet zuletzt (2017) immerhin rund ein Sechstel der europäischen Erwerbstätigen zumindest manchmal von zu Hause aus, wobei diese Arbeitsform in den alten Mitgliedsländern etwa stärker verbreitet ist (EU 15 16,3%; EU 28 14,6%)¹⁰⁵). Seit 2010 hat die Bedeutung von Teleworking leicht zugenommen (EU 15 +2,0 PP, EU 28 +1,7 PP), was aber nicht für einige große Länder wie Deutschland, Italien oder Großbritannien, aber ebenso auch nicht für Österreich gilt. Hierzu lande arbeiten zuletzt laut dieser Datengrundlage 21,8% der Erwerbstätigen zumindest manchmal heimbasiert, wobei gelegentliche Heimarbeit (12,2 PP) dabei häufiger ist als überwiegende Arbeit von zu Hause (an mindestens der Hälfte der Arbeitstage; 9,8 PP). Damit nimmt Österreich auch in dieser Statistik, die Teleworking nur grob approximieren kann, einen Platz im

¹⁰³) Unterschiede spiegeln hier länderspezifische Geschlechterrollen und Familienmodelle. So liegen in Deutschland Männer wie Frauen im Teleworking-Anteil nahezu gleichauf (Pfisterer et al., 2013), während in Finnland (Perpiö, 2013), Großbritannien (Ruiz – Walling, 2005), Frankreich (Greenworking, 2012) und Schweden (Statistics Sweden, 2015) deutlich mehr Männer über Distanz arbeiten als Frauen.

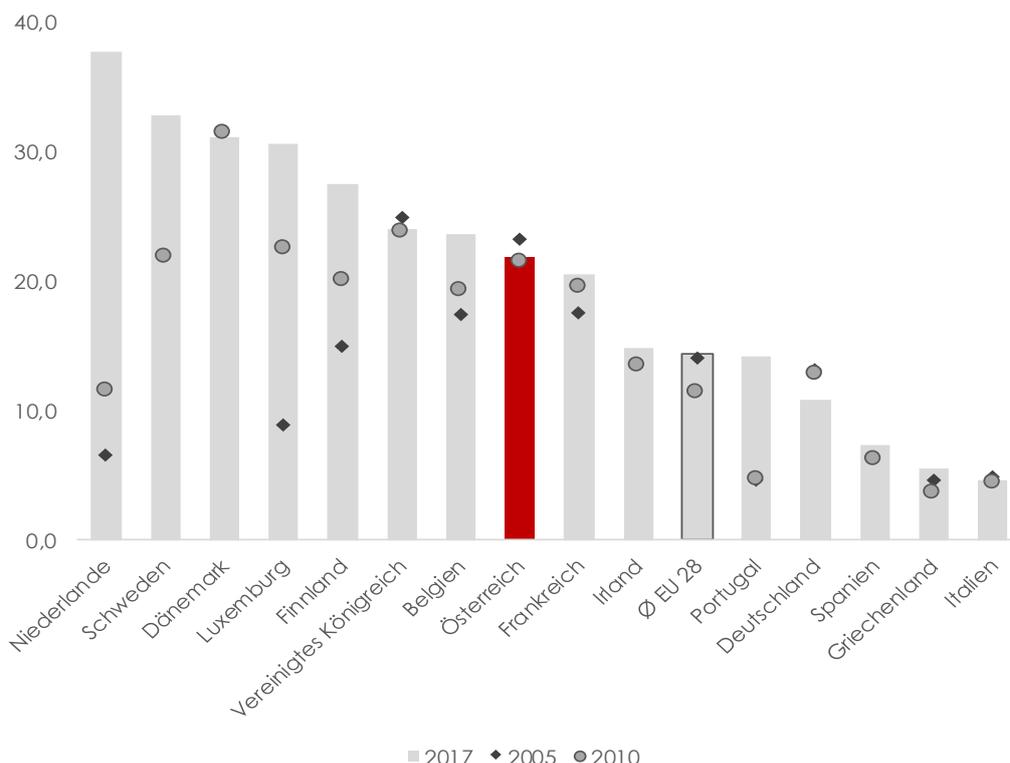
¹⁰⁴) Arbeit von zu Hause erfasst einerseits auch heimbasierte Erwerbsarbeit, die nicht IKT-basiert in ein Unternehmen integriert ist. Andererseits fehlen hier (mobile) Teleworking-Formen, die nicht von zu Hause aus durchgeführt werden (ILO – Eurofound, 2017).

¹⁰⁵) Konkret wird gefragt, wie oft in der Referenzwoche sowie den drei Wochen davor zu Hause gearbeitet wurde. Die Antwortalternativen sind "hauptsächlich", "manchmal" und "nie".

Mittelfeld der alten EU-Länder (Rang 8) ein, im Vergleich aller (28) EU-Länder liegt Österreich im vorderen Drittel.

Abbildung 2.5: Arbeit von zu Hause aus in der Europäischen Union

Anteil an den Erwerbstätigen, die zumindest manchmal heimbasiert arbeiten, in %

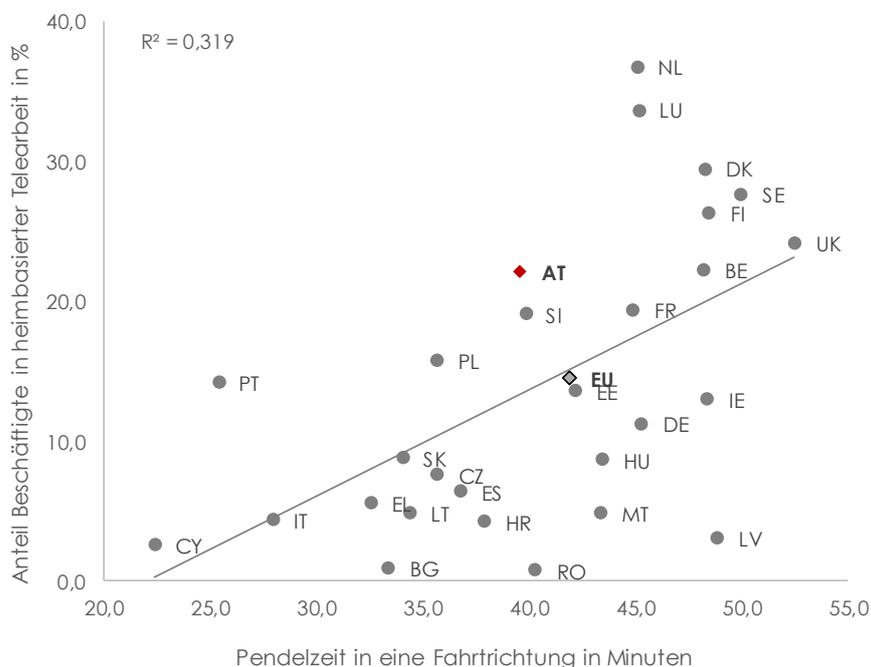


Q: Eurostat (Arbeitskräfteerhebung); WIFO-Berechnungen.

Dabei fällt auf, dass zwischen heimbasierter Arbeit und Pendelzeiten in den EU-Ländern im Querschnitt (wie zu erwarten) ein positiver Zusammenhang besteht (Abbildung 2.6). Allerdings ist die Heterogenität der Ergebnisse nach Ländern hoch, was auf andere wesentliche Einflussfaktoren auf die Häufigkeit heimbasierter Arbeit (etwa Wirtschaftsstruktur, demographische Struktur etc.) hinweist.

Dennoch kann in der Tendenz gesagt werden, dass in Ländern mit langen Pendelzeiten mehr Erwerbstätige zumindest teilweise von zu Hause aus arbeiten. In Österreich ist dieses Phänomen gemessen an den hier üblichen Pendelzeiten offenbar vergleichsweise weit verbreitet (Lage deutlich über der Regressionsgerade), was bei genauerer Betrachtung allerdings für das Gros der alten EU-Mitgliedsländer (mit Ausnahme von Deutschland, Irland und Spanien) gilt.

Abbildung 2.6: Heimbasierte Arbeit und Pendelzeiten in den EU 28
EU-Länder im Querschnitt, Pendelzeiten in Minuten in eine Richtung, 2017

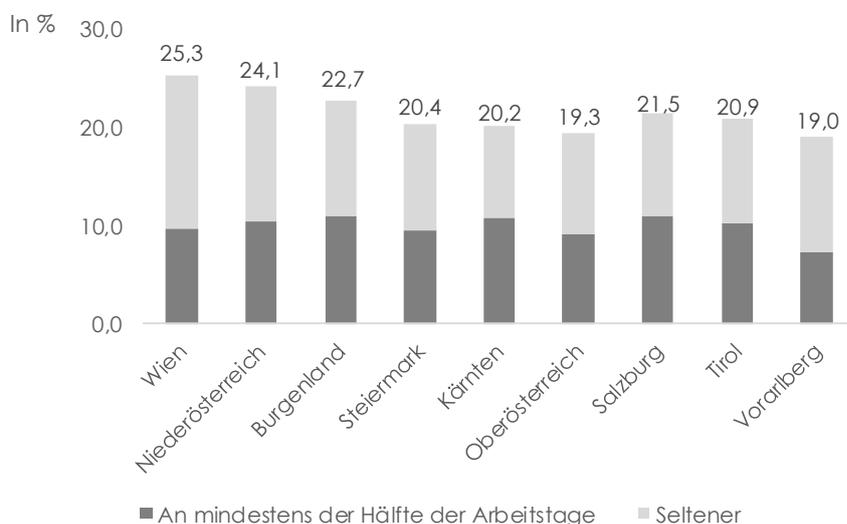


Q: Eurostat (Arbeitskräfteerhebung); WIFO-Berechnungen.

Dennoch kann in der Tendenz gesagt werden, dass in Ländern mit langen Pendelzeiten mehr Erwerbstätige zumindest teilweise von zu Hause aus arbeiten. In Österreich ist dieses Phänomen gemessen an den hier üblichen Pendelzeiten offenbar vergleichsweise weit verbreitet (Lage deutlich über der Regressionsgerade), was bei genauerer Betrachtung allerdings für das Gros der alten EU-Mitgliedsländer (mit Ausnahme von Deutschland, Irland und Spanien) gilt.

Interessant sind die Daten des heimischen Mikrozensus nicht zuletzt insofern, als sie zumindest rudimentär auch eine Auswertung auf regionaler Ebene zulassen (Abbildung 2.7). Dabei zeigen sich für Österreich nur moderate Unterschiede in der Intensität heimbasierter Arbeit nach Bundesländern, mit potentiellen Einflussfaktoren auf regionaler wie sektoraler Ebene.

Abbildung 2.7: Heimbasierte Arbeit in den Bundesländern
Mikrozensus; in % der Erwerbstätigen; 2017



Q: Statistik Austria (Mikrozensus); WIFO-Berechnungen.

Danach schwankt der Anteil zumindest gelegentlicher HeimarbeiterInnen an den österreichischen Erwerbstätigen zwischen einem guten Viertel in Wien und weniger als einem Fünftel in Oberösterreich und Vorarlberg, wobei höhere Anteile in Ostösterreich und vergleichsweise geringe Intensitäten vor allem in intensiven Industrieregionen West- und Südösterreichs gemessen werden. Regionale Unterschiede werden dabei allerdings vor allem von jenen Erwerbstätigen getrieben, die nur manchmal von zu Hause arbeiten (mit höherer Bedeutung vor allem in der Ostregion und in Vorarlberg). Dagegen ist die überwiegende heimbasierte Arbeit regional gleichmäßiger verteilt, mit etwas größerer Bedeutung im Burgenland, in Salzburg und in Kärnten.

Übersicht 2.9: Heimbasierte Arbeit nach persönlichen Charakteristika und Bundesland
Mikrozensus, zumindest gelegentliche Arbeit zu Hause in %; 2017

	Geschlecht		Qualifikation			
	Männlich	Weiblich	Gering	Mittel	Höher	Hoch
Wien	27,0	23,6	6,6	11,9	22,4	45,6
Niederösterreich	25,6	22,5	11,5	18,3	25,9	50,1
Burgenland	23,1	22,2	10,3	15,5	25,4	55,4
Steiermark	20,9	19,8	9,8	14,9	22,8	44,5
Kärnten	21,5	18,7	8,7	15,9	19,3	42,2
Oberösterreich	20,0	18,5	7,6	14,0	22,3	49,0
Salzburg	23,8	18,9	6,6	15,2	24,6	46,5
Tirol	21,3	20,3	11,5	15,4	21,5	47,2
Vorarlberg	19,7	18,1	6,2	13,5	23,4	46,9
Österreich	23,1	20,8	9,3	13,2	23,5	47,6

Q: Statistik Austria (Mikrozensus); WIFO-Berechnungen.

Ähnlich wie im übrigen Europa (EU 28 14,8% vs. 14,5%) arbeiten dabei auch in Österreich Männer (23,1%) öfter als Frauen (20,8%) zumindest manchmal von zu Hause (Übersicht 2.9; links)¹⁰⁶⁾. Dabei gilt dies für alle Bundesländer, tritt aber in Salzburg, Kärnten, Wien und Niederösterreich deutlicher zu Tage. Ungleich stärker als das Geschlecht diskriminiert in der Frage heimbasierter Arbeit freilich das Ausbildungsniveau der Erwerbstätigen (Übersicht 2.9; rechts): So arbeitet österreichweit fast die Hälfte der hochqualifizierten Erwerbstätigen (rd. 48%) zumindest manchmal von zu Hause aus, ein fast doppelt so hoher Anteil wie unter den Erwerbstätigen höherer Qualifikation (23,5%), die wiederum fast doppelt so oft heimbasiert arbeiten wie jene mittlerer (13,2%) und geringer Qualifikation (9,3%). Regional zeigt sich dieses steile qualifikationsbasierte Gefälle in der Wahrscheinlichkeit heimbasierter Arbeit in allen Bundesländern, mit deutlichen regionalen Unterschieden freilich in den Anteilen Gering- und (abgeschwächt) Mittelqualifizierter, die zumindest manchmal von zu Hause arbeiten. Dennoch sind die in Abbildung 2.7 dokumentierten regionalen Unterschiede im Anteil heimbasierter Arbeit weniger durch Unterschiede in den qualifikationsspezifischen Heimarbeitsraten als durch solche in den regionalen Qualifikationsstrukturen selbst getrieben, wie etwa der Spitzenplatz Wiens im Anteil heimbasierter Arbeit insgesamt trotz unterdurchschnittlicher Anteile in allen Qualifikationsstufen zeigt.

Übersicht 2.10: Heimbasierte Arbeit nach Job-Charakteristika und Bundesland

Mikrozensus, zumindest gelegentliche Arbeit zu Hause in %; 2017

	Führungs- kräfte	Akademiker/ Techniker/ -innen	Bürokräfte/ Dienstleistungs- berufe	Handwerk	Maschinen- bedienung/ Hilfsarbeitskräfte
Wien	49,6	32,1	11,9	7,2	2,5
Niederösterreich	51,8	35,4	12,0	7,8	5,0
Burgenland	46,2	37,6	10,4	10,1	3,7
Steiermark	43,7	34,1	10,5	8,4	3,6
Kärnten	36,0	30,2	9,8	9,1	4,9
Oberösterreich	41,9	30,5	9,1	8,4	2,9
Salzburg	40,1	34,6	10,9	10,5	3,6
Tirol	43,8	31,8	10,7	12,2	3,8
Vorarlberg	44,2	32,6	12,2	7,7	3,9
Österreich	45,8	39,9	11,2	8,7	2,7

Q: Statistik Austria (Mikrozensus); WIFO-Berechnungen.

Spiegelbildlich kommen diese Qualifikationsunterschiede in der (zumindest teilweise) heimbasierten Arbeit letztlich auch in einem klaren Gefälle dieser Arbeitsform nach Berufsgruppen zum Ausdruck, wobei die klare Trennung hier zwischen Führungskräften (österreichweit fast 46%

¹⁰⁶⁾ Gleichzeitig erhöht das Vorhandensein von Kindern die Wahrscheinlichkeit heimbasierter Arbeit nur schwach: Während alle Erwerbstätigen in Österreich zu 21,8% zumindest gelegentlich von zu Hause arbeiten, sind es unter den Erwerbstätigen ohne Kinder 20,2% (EU 28 14,6% vs. 13,6%). Ähnlich wie in Europa ist dabei der Anteil heimbasierter Arbeit unter österreichischen Erwerbstätigen mit älteren Kindern (6 bis 11 Jahre; 25,3%) höher als unter jenen mit kleineren Kindern (bis 6 Jahre; 21,3%), was durch Karenzregelungen in den Ländern erklärbar ist. Anders als in Europa nimmt der Heimarbeitsanteil in Österreich allerdings bei Erwerbstätigen mit Jugendlichen (12 Jahre und älter) noch weiter zu (25,4%), während er in der Union und in 13 der 15 der "alten" EU-Mitgliedsländer wieder deutlich niedriger liegt.

zumindest manchmal heimbasiert) und wissenschaftlich-technischen Berufen (knapp 40%) einerseits, und produktionsnahen (HandwerkerInnen kleiner 9%; Produktions(hilfs)berufe kleiner 3%) sowie Dienstleistungsberufen bzw. Bürokräften (etwas mehr als 11%) andererseits verläuft. Trotz regionaler Unterschiede in einzelnen Berufsgruppen ist auch dieses Grundmuster in allen Bundesländern klar sichtbar, wobei der geringe Anteil heimbasierter Arbeit in produktionsnahen Berufen weniger überrascht als jener im Gros der Büro- und Dienstleistungsberufe, für die eine geringere Eignung für heimbasierte Arbeit etwa im Vergleich zu Führungskräften zumindest nicht unmittelbar erkennbar ist.

2.4.2 Warum bleibt Teleworking schwächer als erwartet?

Insgesamt scheint damit also vor allem im breiten Bereich mittelqualifizierter Dienstleistungsberufe ein erhebliches Potential zur Umsetzung von Teleworking bisher ungenutzt geblieben zu sein, wobei dies für Österreich, aber auch die internationale Ebene gilt¹⁰⁷). Der Grund dafür war zunächst vor allem technischer Natur (*Pliskin, 1997*). Zwar datieren erste Versuche von elektronisch unterstützter Heimarbeit schon aus den 1940er- und 1950er-Jahren (*Huws, 1991; Tayyaran – Khan, 2003*), und spätestens in den 1970er-Jahren wurden international auch große Pilotprojekte zur Telearbeit auf den Weg gebracht (*Blount, 2015a*). Allerdings blieb die dazu notwendige Ausstattung zunächst teuer und wenig effizient, womit Umsetzungserfolge auf wenige Beispiele in (wissensintensiven) IT-Bereichen beschränkt blieben und in der Form (wenige) institutionalisierte Telezentren (als mit moderner IKT ausgestattete dezentrale Büroeinheiten oder Nachbarschaftszentren) dominierten (*Bibby, 1995*). In den 1980er-Jahren brachten Weiterentwicklungen bei Mikroprozessoren und Laptops sowie der Aufbau von "long area networks" (LAN) zwar neue Möglichkeiten, ein Durchbruch der neuen Arbeitsform (vor allem auch in ihrer heimbasierten Form) blieb wegen der hohen Kosten von LANs und weiter begrenzten Übertragungsgeschwindigkeiten aber aus. Erst die 1990er-Jahre ermöglichten client server, neue Peripheriegeräte (Farbdrucker, Kameras, Mikrophone) und vor allem der Zugang zum World Wide Web (Internet) eine neue Qualität in die Zusammenarbeit über Distanz, womit erstmals auch Formen des heimbasierten Teleworking gegenüber Telezentren die Oberhand gewannen¹⁰⁸). In den 2000er-Jahren fielen letztlich auch verbliebene technische Hindernisse aus limitierten Internet-Bandbreiten und fehlender groupware weg, flexibles Arbeiten und Datenzugang von überall aus sind damit – unter der Bedingung entsprechender infrastruktureller Ausstattung – mittlerweile weitgehend unbeschränkt möglich (*Bilbao-Orosio et al., 2013*).

Sind technologische Barrieren für Teleworking damit in den letzten Jahren in den Hintergrund getreten, so dürften solche auf Seiten des Managements und der ArbeitnehmerInnen weiterhin

¹⁰⁷) Brenke (2016) schätzt etwa das Teleworking-Potential in Deutschland auf Basis der vorhandenen Job-Charakteristika auf rund 40% aller bestehenden Arbeitsplätze, bei einem Anteil von 12% der Beschäftigten, der tatsächlich (zumindest gelegentlich) Telearbeit praktiziert.

¹⁰⁸) Derzeit erfährt das Telezentrum in der Form von "Co-Working-Spaces" als Räumen für die Zusammenarbeit von FreelancerInnen, Start-up-UnternehmerInnen und/oder spezialisiertem Fachpersonal vor allem in Städten eine Renaissance. Inwieweit diese "third spaced" allerdings auch kommerziell erfolgreich sein werden, ist noch offen (*Kojo – Nenonen, 2014*).

wirkungsmächtig sein. So lassen einschlägige Studien schon früh Bedenken der Führungsebene als (Haupt-)Grund¹⁰⁹⁾ für die oft zögerliche Adoption bzw. Diffusion von Telearbeit in den Unternehmen erkennen, wobei Befürchtungen vor allem den erwarteten Koordinationsaufwand (*Huws et al.*, 1990), die Datensicherheit (*Lafferty*, 2000) sowie die Gefahr eines Kontrollverlusts (*Harrington – Ruppel*, 1999) bzw. einer geringeren Bindung der MitarbeiterInnen an das Unternehmen (*Sardeshumukh et al.*, 2012) betrafen. In den letzten Jahren dürften solche Vorbehalte tendenziell kleiner geworden sein, sieht man von einer weiter zögerlichen Haltung vor allem gegenüber partiellen Abwesenheiten von MitarbeiterInnen der mittleren und höheren Führungsebene (*Michielsens et al.*, 2013) sowie negativen Anreizen aus traditionellen Arbeitsplatznormen (positive Bewertung von Anwesenheit und langen Arbeitszeiten; *Lee – Hong*, 2011) ab. Tatsächlich schafft die erfolgreiche Umsetzung von Teleworking im Unternehmen neue Managementaufgaben (etwa in der Definition von Arbeitsinhalten oder der Integration disloziert erbrachter Arbeitsleistungen in den übergeordneten Produktionsprozess) und erfordert Veränderungen in der Unternehmensorganisation, die nicht immer leicht zu implementieren sind (*Mahler*, 2012). Die Kompetenz des Managements im Umgang mit flexiblen und räumlich dislozierten ArbeitnehmerInnen bleibt damit ein kritischer Faktor (*Blount*, 2015b).

Weitere Hemmnisse für eine stärkere Umsetzung von Teleworking bestehen auf Seiten der betroffenen ArbeitnehmerInnen. Hier dürfte vor allem der Bedarf nach Sozialkontakten und direkter (Face-to-face-) Kommunikation einen Teleworking-Wunsch begrenzen (*Vilhemson – Thulin*, 2016), weil elektronische Kommunikationsmedien in Hinblick auf die Qualität der dadurch möglichen Kontakte noch immer als unzureichend empfunden werden (*Rhoads*, 2010). Tatsächlich wird eine Teleworking-Option üblicherweise von einem erheblichen Teil der Belegschaft nicht als individuell vorteilhaft empfunden (*Baker et al.*, 2013), weil ein adäquater Arbeitsplatz zu Hause fehlt (*Lee – Hong*, 2011), oder die Vorteile eines Büros für die Entwicklung von Beziehungen und Teamwork höher eingeschätzt werden als die potentiellen Vorteile von Telearbeit (*Blount*, 2015a). Befragungen zeigen hier Befürchtungen in Hinblick auf den mangelnden Zugang zu betriebsinternem Wissen (und damit Karriereperspektiven) sowie zu Schulungen, aber auch Mängel an Selbstdisziplin – sowohl in Richtung Ablenkung als auch hinsichtlich extensiver Arbeit – die Unfähigkeit zu effizientem Zeitmanagement und zur Trennung von Arbeit und Freizeit, Vereinsamung und professionelle Isolation, aber auch Familienprobleme und verstärkten Stress (*Sardeshumukh et al.*, 2012). Zentral für die individuelle Einstellung zu Teleworking dürfte letztlich nicht zuletzt die "Freiwilligkeit" dieser Option sowie das Ausmaß der dadurch realisierbaren Job-Autonomie (als Freiheit, Entscheidungen über die Arbeit selbst zu treffen) sein (*Felstead – Jewson*, 2000). Damit könnten sich technologische Lösungen, die Teleworking für das Management im Detail überprüfbar machen (etwa remote desktop viewing, activity logs etc.), als kontraproduktiv erweisen, zumal Studien zu den Motiven von Teleworking auch auf Seiten der ArbeitnehmerInnen arbeitsplatzbezogene Faktoren als mit Abstand wichtigste Determinanten finden. Dabei erweisen sich weniger generelle Arbeitsplatz-Charakteristika als

¹⁰⁹⁾ Schon *Duxbury et al.* (1987) finden in den Unternehmensführungen deutlich größere Bedenken gegen Formen des Teleworking als bei potentiell betroffenen ArbeitnehmerInnen.

idiosynkratische Details des jeweiligen Jobs (Mokhtarian, 1998) und nicht zuletzt die Selbstwahrnehmung der Jobeignung (Baruch – Nicholson, 1997; Mokhtarian – Salomon, 1997) für die Wahl von Teleworking als ausschlaggebend. Daneben wird die individuelle Entscheidung auch durch persönliche bzw. Haushaltsattribute (wie Geschlecht, Haushaltskonstellation oder Präferenz für Teamwork) sowie technologische Faktoren beeinflusst (Bailey – Kurland, 2002). Dabei wird die Möglichkeit einer Verbindung von Arbeit und Familienpflichten in früheren Analysen kaum als wesentlicher Grund für Teleworking identifiziert (etwa Yap – Tng, 1990), ihre Bedeutung dürfte aber zugenommen haben (Eurofound, 2016). Ähnliches gilt für verkehrsbezogene Faktoren: Frühe Studien konnten hier allenfalls schwache Evidenz beibringen (etwa Baruch – Nicholson, 1997), dass Beschäftigte aufgrund von Teleworking längere Pendelzeiten zum Arbeitsplatz in Kauf nehmen, auch konnte empirisch kein Einfluss verkehrsbezogener Motive auf die individuelle Teleworking-Präferenz (Mokhtarian – Salomon, 1997) oder auch die Frequenz von Telearbeit (Mannering – Mokhtarian, 1995) festgestellt werden.

2.4.3 Welche Wirkungen hat Teleworking?

Keineswegs eindeutig ist die vorliegende Evidenz auch nach 40 Jahren Teleworking-Forschung (zunächst etwa Nilles, 1975; zusammenfassend etwa Blount, 2015a) letztlich in der Frage ihrer Wirkungen auf ArbeitnehmerInnen, Unternehmen und Regionen.

Auf Seiten der **Unternehmen** mehren sich einerseits die Hinweise, dass durch Telearbeit signifikante Produktivitätssteigerungen erzielbar sind. Andererseits wurden Möglichkeiten zum Teleworking auch in großen IKT-Unternehmen (wie HP oder Yahoo) mit dem Hinweis auf negative Folgen für innerbetriebliche Zusammenarbeit und MitarbeiterInnen-Bindung wieder abgeschafft bzw. reduziert (Cairns, 2013). Dennoch scheint eine effizienzsteigernde Wirkung von Teleworking (unter Nebenbedingungen) empirisch zunehmend gesichert. Belege dafür stammten zunächst zwar nur aus Befragungen (also einem Selbst-Reporting der Beschäftigten; etwa Frolick et al., 1993; Baruch – Nicholson, 1997; Bélanger, 1999), wobei hier geringere Ablenkung und freiere Arbeitseinteilung, aber auch längere Arbeitszeiten (als Nutzung der entfallenden Pendelzeit) und eine höhere Arbeitsintensität als Gründe für Effizienzgewinne angeführt wurden (Montreuil – Lippel, 2003). Später entstanden allerdings zunehmend auch datengetriebene Analysen¹¹⁰), deren Ergebnisse durchaus heterogen sind, in ihrer Mehrheit aber eine produktivitätssteigernde Wirkung von Teleworking nahelegen (für eine Metastudie über insgesamt 22 einschlägige Arbeiten vgl. Martin – McDonnell, 2012). Zuletzt deuten auch Studien, die ein modernes, quasi-experimentelles Forschungsdesign verwenden (etwa Bentley et al., 2013; Bloom – Berinato, 2014; Bloom et al., 2015) in Richtung positive Produktivitätseffekte von Tele-

¹¹⁰) Hier zeigte eine Pilotstudie bei IBM (Hill et al., 2003) eine geringere Produktivität von TeleworkerInnen, obwohl deren Selbst-Reporting eine höhere Produktivität nahegelegt hatte.

working¹¹¹⁾), wobei zunehmend klar wird, dass für deren Realisierung auch komplementäre Faktoren notwendig sind. Identifiziert wurden hier die Entwicklung notwendiger IKT-Kompetenzen, Anpassungen in der Unternehmensorganisation und ein stringentes Performance-Monitoring (Neufeld – Fang, 2005), auch scheinen Effizienzgewinne mit der Interdependenz der Arbeitsinhalte im Team abzunehmen (Turetken et al., 2011), mit dem Umfang der Interaktion mit ArbeitskollegInnen auch in der Teilzeit-Position bei gegebenen Arbeitsinhalten aber zuzunehmen (Neufeld – Fang, 2005). Letztlich dürften Produktivitätseffekte von Telearbeit nach den vorliegenden Ergebnissen auch von der Art des Teleworking-Arrangements abhängig sein. So finden Bentley et al. (2013) höhere Produktivitätseffekte bei "hybriden" Teleworking-Formen (mit geteilter Arbeit zu Hause und im Büro), während Gajendran – Harrison (2007) für hoch intensive Teleworking-Formen (mit mehr als 2,5 Tagen Teleworking pro Woche) zwar Vorteile für die Familienbeziehung, aber Nachteile für die innerbetriebliche Zusammenarbeit und damit die Produktivität finden.

Durchaus ambivalent scheinen die Wirkungen von Teleworking auch auf die **ArbeitnehmerInnen**. Die Teleworking-Literatur erwartet positive Effekte aus geringerem (Pendel-)Stress, einer erhöhten Vereinbarkeit von Arbeit und Familienpflichten, höherer Job-Autonomie und Vorteile für Behinderte, Ältere und Personen mit Mobilitätsbeschränkungen (etwa Bailey – Kurland, 2002). Gleichzeitig werden negative Effekte aus sozialer/professioneller Isolation, der mangelnden Trennung von Arbeit und Freizeit, verringerten Karrierechancen und zunehmender Arbeitsintensität thematisiert (Robertson et al., 2012). Tatsächlich berichten die Betroffenen auch in einer aktuellen europaweiten Befragung (ILO – Eurofound, 2017) einerseits von reduzierten Pendelzeiten, mehr Zeit für die Familie und generell einer gefühlt günstigeren Work-Life-Balance. Andererseits geben sie aber auch höhere Arbeitszeiten, eine steigende Arbeitsintensität sowie eine Aufweichung der Grenze zwischen Arbeit und Freizeit als Konsequenz von Teleworking an¹¹²⁾. Dabei zeigen sich auch hier deutliche Unterschiede nach der Art des Teleworking (dazu etwa auch Shieh – Searle, 2013), mit Vorteilen etwa von Telecenters gegenüber heimbasierter Telearbeit in der Frage sozialer bzw. professioneller Isolation und von heimbasierter Telearbeit gegenüber hoch mobilen Arbeitsformen etwa in Hinblick auf Stresssymptome oder Arbeitsintensität. Da erstere verstärkt Frauen und letztere ganz überwiegend Männer ausüben, geben Frauen in der Tendenz leicht günstigere Wirkungen von Teleworking auf die Work-Life-Balance an. Bestätigt werden diese Befragungsergebnisse zur potentiellen Aufweichung der Grenze zwischen Arbeit und Privatleben bei Telearbeit übrigens durch Evidenz zu einer hier deutlich höheren Diskrepanz zwischen gearbeiteten und bezahlter Arbeitszeit (Beauregard et al., 2013), zu

¹¹¹⁾ So vergleichen Bloom et al., 2015 die Effizienz von Telearbeitenden in einem großen chinesischen Call-Center-Unternehmen mit einer Kontrollgruppe von Beschäftigten mit traditionellem Arbeitsverhältnis, wobei die Zusammensetzung beider Gruppen zufällig (gerade vs. ungerade Geburtstage) aus einem Pool von Anträgen zum Teleworking erfolgte. Sie finden einen Anstieg der Produktivität der Telearbeiter um 13% gegenüber der Vergleichsgruppe, wovon 9 PP aus einer höheren Arbeitszeit und 4 PP aus einer geringeren Zahl von Krankenstandstagen und Pausen stammten. Geringere Abgänge in der Teleworking-Gruppe und eine relevante Senkung der Kosten für Büroraum kamen dazu.

¹¹²⁾ Hier liegt zudem Evidenz vor, wonach sich Probleme in der Trennung von Beruf und Privatleben mit neuen Technologien, vor allem dem Aufstieg des Smartphones, noch verschärft haben (Lal – Dwivedi, 2010).

verstärkter Wochenendarbeit (CBS – TNO, 2014), der Nichteinhaltung von Pausen (Montreuil – Lippel, 2003) und zu verstärkten mentalen Problemen im Vergleich zu traditionellen Arbeitsverhältnissen (Mann – Holdsworth, 2003). Auch wird Telearbeit in vielen Fällen freiwillig zusätzlich zur Arbeit am Unternehmensstandort (Eurofound, 2016) und außerhalb des regulären Arbeitszeitrahmens (Noonan – Glass, 2012) erbracht. Andererseits dürfte aber auch die Arbeitszeitautonomie von TeleworkerInnen höher sein (Eurofound, 2016), wohl auch wegen des unter TelearbeiterInnen höheren Anteils von Beschäftigten mittlerer und hoher Qualifikation. Zudem dürfte positiv auf die Work-Life-Balance wirken, dass Teleworking mit einer Zunahme von Aktivitäten außer Haus einhergeht, was freilich auch mehr nicht arbeitsbezogene Fahrten nach sich zieht (He – Hu, 2015).

Vor diesem Hintergrund ist auch die Evidenz zu den **Verkehrs- und Umweltwirkungen** von Teleworking überraschend ambivalent. Jedenfalls hat sich die frühe Sicht der Verkehrspolitik auf Teleworking als effizienter Strategie zur Steuerung der Transportnachfrage mit dämpfendem Einfluss auf Pendelverkehr und Verkehrsstaus zu Stoßzeiten kaum bestätigt. Entscheidend ist hier die Frage, inwieweit Teleworking zu Reisewegen substitutiv oder komplementär ist (Mokhtarian, 1990). Hier konnten einige frühe Studien zwar eine leicht geringere Zahl von Fahrten (etwa Hammer et al., 1991; Mokhtarian, 1998; Koenig et al., 1996) und geringere Fahrtstrecken von TeleworkerInnen (Pendyala et al., 1991) und ihrer Haushalte (Nilles, 1991; Mokhtarian et al., 1995) nachweisen. Gleichzeitig wurde aber auch gezeigt, dass Teleworking zwar Dauer und Frequenz von Fahrten an Teleworking-Tagen reduziert, aber zu mehr Fahrten an Nicht-Teleworking-Tagen (etwa Mokhtarian – Salomon, 1997; Nilles, 1994) führt¹¹³). Tatsächlich kann das Gros neuerer Analysen einen relevant negativen Zusammenhang zwischen Teleworking und Reisewegen bzw. -zeiten nicht nachweisen (etwa Nelson et al., 2007; Aguilera, 2008; Andreev et al., 2010; Cohen-Blankshtain – Rotem-Mindali, 2013; Mokhtarian – Tal, 2013; Zhu – Mason, 2014; Kim et al., 2015). Zwar ist weitgehend unstrittig, dass die neuen Möglichkeiten IKT-basierter Arbeit Aktivitätsmuster und Fahrten in Zeit und Raum verändern, weil traditionelle räumlich-zeitliche Beschränkungen (etwa das Pendeln zu einem spezifischen Arbeitsplatz zu einer bestimmten Zeit) wegfallen (Lu et al., 2012; Van Wee et al., 2013). Ersparnisse bei Reisebewegungen durch Teleworking sind dadurch aber zumindest mittelfristig nicht gesichert, weil die dadurch erzielte Zeitersparnis wieder andere (potentiell reiseintensive) Aktivitäten befördert (Hopkinson – James, 2003) und Teleworking letztlich auch die Wohnortwahl (in Richtung reiseintensiverer Standorte) beeinflussen kann (Mokhtarian et al., 2004). So konnten Zhu – Mason (2014) in Hinblick auf den erstgenannten Effekt zeigen, dass die tägliche Fahrtstrecke von Haushalten mit TeleworkerInnen insgesamt höher liegt, weil ein kleiner Substitutionseffekt aus weniger und kürzeren Reisebewegungen der TeleworkerInnen an den Heimarbeitstagen dadurch überkompensiert wird, dass andere Familienmitglieder das Auto verstärkt für Nicht-Arbeitsfahrten nutzen. Auch De Abreu e Silva – Melo (2017) finden, dass Teleworking die Fahrtstrecken von Alleinverdiener-Haushalten in allen Verkehrsmodi erhöht, zeigen aber auch, dass dies nicht für 2-Verdiener-Haushalte gilt, was auf eine effizientere Aufgabenteilung zwischen den Familienmitgliedern schlie-

¹¹³) Für einen Überblick über die gerade in Verkehrsfragen sehr fruchtbare frühe Literatur vgl. etwa Kitrinou (2009).

Ben lässt. Letztlich konnte schon früh gezeigt werden (Saxenian – Mokhtarian, 1997; Mokhtarian – Varma, 1998), dass die täglichen Reismuster von TeleworkerInnen an Heimarbeitsdagen geographisch eher unstrukturiert verlaufen, während sie an regulären (Pendel-)Tagen stark durch die Fixpunkte Wohn- und Arbeitsort geprägt sind. Teleworking löst also ein räumlich heterogeneres Reiseverhalten aus (Eldér, 2017), was Substitutionseffekten in den Reisevolumina durch Teleworking ebenfalls entgegenwirken kann. In Hinblick auf den zweiten genannten Effekt (dem potentiellen Einfluss von Teleworking auf die Wohnortwahl), ist vor allem die Frage nach der Kausalität zwischen Pendeldistanz und Teleworking relevant. Hier ist unstrittig, dass Teleworking mit längeren Pendelwegen einhergeht (etwa Mokhtarian et al., 2004; Zhu, 2013; De Abreu e Silva – Melo, 2017), was darauf zurückzuführen sein kann, dass Teleworking als Strategie zur Senkung von Pendelkosten gewählt wird (Mokhtarian et al., 2004; Nurul Habib et al., 2012), aber auch daher rühren kann, dass Teleworking eine dezentralere Wohnstandortwahl ermöglicht bzw. auslöst (Kim et al., 2012). Hier konnte gezeigt werden, dass die Wahrscheinlichkeit von Teleworking bei hohen Pendelkosten bzw. -zeiten höher ist (Yen, 2000; Peters et al., 2004; Helminen – Ristimäki, 2007; Kim et al., 2012). Auch konnte gezeigt werden, dass Personen, welche bereits telearbeiten und in der Folge übersiedeln, mit höherer Wahrscheinlichkeit einen Wohnort näher an der Arbeitsstelle wählen, während solche, die Teleworking nach einer Übersiedlung beginnen, zuvor weiter von ihrer Arbeitsstelle weggezogen sind (Ory – Mokhtarian, 2006). Gleichzeitig zeigen Analysen, welche die Determinanten der Wohnstandortwahl direkt zu testen suchen, dagegen in vielen Fällen keinen signifikanten Einfluss von Teleworking (etwa Cleary et al., 2010; Ettema, 2010), auch liegt klare Evidenz vor, dass auch Personen in Innenstädten Teleworking als Arbeitsform wählen (Hjorthol, 2006). Insgesamt bleibt der Zusammenhang zwischen Teleworking und Reiseverhalten damit ambivalent, was es auch verbietet, von dieser Arbeitsform entscheidende Beiträge zur Lösung der Umwelt- und Klimaproblematik zu erwarten. Nicht die Stärkung von Teleworking, sondern eine Reduktion emissionsintensiver Verkehrsmodi (besonders der Autonutzung) bei PendlerInnen wie TeleworkerInnen und übergeordnet allen ArbeitnehmerInnen scheint daher die überlegene Option effizienter Klimapolitik zu sein (Van Lier et al., 2014).

Kaum erforscht sind letztlich interessanterweise die Wirkungen von Teleworking auf die **Regionalentwicklung**, sieht man von dem zuvor behandelten (potentiellen) Einfluss dieser Arbeitsform auf die Wahl der individuellen Wohnstandorte ab. Hall (2003) postuliert in diesem Zusammenhang einen Einfluss von Telearbeit (auch) auf die Standortwahl der Unternehmen und betont deren potentiellen Beitrag zur Realisierung einer stärker polyzentrischen Stadtentwicklung, ohne dies allerdings auch empirisch zu testen. Jedenfalls schafft Teleworking für die Bevölkerung ländlicher Räume die Möglichkeit, zumindest teilweise von zu Hause aus zu arbeiten, sofern eine "digitale Kluft" in der Infrastrukturausstattung vermieden werden kann und soziale wie ökonomische Faktoren dem nicht entgegenstehen (Moseley – Owen, 2008). Wird so eine kritische Masse von TeleworkerInnen erreicht, kann dies einer Entleerung solcher Räume während des Tages (durch Auspendeln) entgegenwirken, und damit den lokalen Zusammenhalt sowie das regionale Sozialkapital stärken (Blount, 2015a). Insofern kann eine Stärkung von Teleworking

eine von vielen mit digitalen Technologien verbundenen Strategien sein, um einer Polarisierung der Wirtschaftsentwicklung nach dem Zentrum-Peripherie-Muster zu begegnen (Gallardo, 2016)¹¹⁴). Dies deuten nicht zuletzt auch die Ergebnisse einer rezenten (kausal interpretierbaren) Studie von Gallardo – Whitacre (2018) an, die in einer Analyse für die US-Counties und die Jahre 2011-2015 zum ersten Mal einen signifikant positiven Einfluss von Teleworking auf die Median-Haushaltseinkommen auf regionaler Ebene nachweisen.

2.5 Lessons learned: Ausgangshypothesen für die empirische Analyse

Die empirische Evidenz der internationalen Literatur spricht recht deutlich für signifikante Einflüsse digitaler Technologien auf Produktivität und Wachstum, wobei sichtbar wird, dass diese (meist positiven) Effekte sektoral und regional nicht gleichförmig verteilt sind. Mit dieser Erkenntnis geht daher auch einher, dass für spezifische Länder bzw. Regionen die tatsächlichen Beschäftigungseffekte vorab nicht klar theoretisch vorhersehbar sind, weil positive Wachstumseffekte, die aus dem Einsatz digitaler Technologien folgen, zwar durch Nachfrage- und Produktivitätssteigerung ausgelöst werden, letztere jedoch auch arbeitssparend wirken können. Welche dieser gegenläufigen partiellen Effekte letztendlich in Bezug auf die Beschäftigungsentwicklung überwiegen, kann lediglich im Rahmen einer empirischen (und nach Dimensionen differenzierten) Analyse ermittelt werden. Die einzelnen partiellen Effekte sind auch empirisch kaum identifizierbar, Netto-Gesamteffekt einer verstärkten Digitalisierung wird jedoch – unter Voraussetzung einer sauberen ökonometrischen Identifikation – in der Beschäftigungsentwicklung sichtbar.

Deutlich zeigt die ökonomische Theorie hingegen, dass sich relevante Voraussetzungen für positive, digitalisierungsbedingte Beschäftigungseffekte – und damit die Effekte selbst – nach Branchen und Regionen unterscheiden werden. Dies bedingt einerseits einen notwendigen Fokus auf potentielle Wirkungsunterschiede nach Regionstypen, macht andererseits aber ebenso klar, dass internationale Erkenntnisse zwar den Erwartungshorizont für Österreich und seine Regionen einengen können, valide Erkenntnisse zu Effekten in Österreich und seinen Regionen jedoch auch aus dieser Perspektive eigenständige empirische Analysen erfordern. Sichtbar wird die Notwendigkeit dazu allein schon in der für Österreich und Deutschland im Vergleich zu anderen westlichen Ländern deutlich schwächer ausgeprägten Polarisierungstrend zugunsten mittlerer Qualifikationen, der auf die spezifische Ausgestaltung der mittleren Ausbildung (duale Ausbildung) hierzulande zurückgeführt wird.

Die Grundrichtung der Ergebnisse aus Analysen, die im weiteren Sinne auch als (quasi-)kausal interpretiert werden können und im Rahmen dieses strukturierten Literatursurveys berücksichtigt wurden, ist jedenfalls positiv; die Resultate, gemessen an theoretisch unklaren Erwartungen aus teils gegenläufigen (Teil-)Effekten überraschend klar: Knapp die Hälfte der (35) zumindest in Ansätzen kausal interpretierbaren Studien stellt signifikant positive (Netto-)Effekte aus dem

¹¹⁴) Jedenfalls weisen in diesem Zusammenhang schon Olson – Munroe (2012) darauf hin, dass Teleworking eine der wenigen Möglichkeiten zur Stärkung der Beschäftigung im ländlichen Raum darstellt, die dessen traditionelle Standortvorteile (natürliche Amenities, Wohnkosten etc.) nicht beeinträchtigt.

Einsatz digitaler Technologien auf den Arbeitsmarkt fest (17), signifikant negative Ergebnisse bleiben dagegen klar in der Minderheit. Bei (31) Studien mit Fokus auf die Beschäftigungsentwicklung sind solche, die positive Wirkungen identifizieren, sogar knapp in der Mehrheit (17) gegenüber insignifikanten und negativen Ergebnissen. Darunter auch die beiden Analysen, die sich bisher damit für Österreich befasst haben. Aus diesen Ergebnissen folgt die erste Hypothese für die empirischen Untersuchungen in den folgenden Studienteilen:

H1: Bei Betrachtung der Gesamteffekte des Einsatzes digitaler Technologien sind trotz gegenläufiger Einflussfaktoren und Wirkungsketten tendenziell positive Wirkungen auf die Beschäftigung zu erwarten.

Im Detail zeigt der strukturierte Survey aber mögliche Heterogenität über mehrere Dimensionen, sodass angesichts der Ergebnisse zwar für Befürchtungen zu digitalisierungsbedingten Verwerfungen am Arbeitsmarkt insgesamt wenig Grundlage besteht, gleichzeitig aber auch pauschale Aussagen zu "den" Beschäftigungseffekten digitaler Technologien wenig sinnvoll sind. In sektoraler Dimension stehen in der Literatur positive Beschäftigungseffekte vornehmlich im Dienstleistungsbereich negativen (oder insignifikanten) Effekten in der Sachgütererzeugung insgesamt gegenüber. Erstere entstehen vorwiegend aus dem Bereich wissensintensiver Dienste und IKT-Dienstleistungen, letztere aus traditionellen Bereichen der Sachgütererzeugung, während technologieorientierte Bereiche oder Produzenten von Investitionsgütern günstigere Beschäftigungseffekte erzielen.

H2: Auf grober sektoraler Ebene (Sachgüter, Dienstleistungen) bestehen keine spezifischen Erwartungen. Aus internationalen Ergebnissen sind tendenziell für Dienstleistungen günstigere Ergebnisse zu erwarten. In Österreich weist die Sachgütererzeugung häufig jedoch auch Spezialisierung in jenen Bereichen auf, für die ebenfalls positive Effekte (Technologie-orientierte Bereiche und Investitionsgüter-Produktion) erwartet werden können.

Ein klares Ergebnis liefert der strukturierte Literatursurvey in Bezug auf die Differenzierung der Beschäftigungseffekte nach ArbeitnehmerInnengruppen, insbesondere nach deren Qualifikation. Jedoch liefert die Literatur empirisch keine eindeutige Evidenz, inwieweit durch digitale Technologien verstärkt mittlere Qualifikationen unter Druck geraten und Nachteile für Beschäftigte mit Routinetätigkeiten gegenüber Nicht-Routinetätigkeiten bestehen, oder ob traditionelle Muster des Skill-Bias des technologischen Wandels mit klaren Wirkungsdifferenzierungen nach dem Qualifikationsniveau auch bei digitalen Technologien gelten. Da beide Thesen freilich tendenziell (relative) Gewinne für Hochqualifizierte und Verluste für Geringqualifizierte erwarten, rechtfertigt dies folgende Hypothese:

H3: Ceteris paribus sind positive (negative) Beschäftigungseffekte verstärkt in Regionen zu erwarten, in welchen der Anteil Hoch-(Niedrig-)Qualifizierter an der Beschäftigung vergleichsweise groß ist.

In räumlicher Hinsicht entfaltet der Einsatz digitaler Technologien theoretisch eine "zentrifugale" Wirkung, da die Kosten der Distanzüberwindung durch digitale Kommunikations- und

Transmissionsmedien sinken. Dies stellt jedoch nur eine notwendige Grundvoraussetzung, jedoch keine hinreichende Bedingung für räumliche Konvergenztendenzen wirtschaftlicher Aktivitäten im Raum durch Digitalisierung dar. Wesentliche Standortvorteile zentraler Räume durch Agglomerationsvorteile und eine bessere Humankapital- und Infrastrukturausstattung haben auch im digitalen Zeitalter Bestand und können sich bei steigendem Komplexitätsgrad wirtschaftlicher Aktivitäten sogar noch weiter verstärken. Letztendlich sind die räumlichen Nettoeffekte jedoch wiederum nur empirisch feststellbar. Bisherige Ergebnisse finden vorwiegend positive Beschäftigungseffekte aus dem Einsatz digitaler Technologien sowohl in Zentren als auch im ländlichen Raum, aber keine Indizien für echte Konvergenzwirkung. Zusammenfassend resultiert daraus die folgende Hypothese:

H4: Zu erwarten sind positive Effekte auch in Österreich sowohl in zentralen als auch in ländlichen Räumen, wobei aus der Literatur keine einhellige Antwort zur Frage abzulesen ist, ob die Effekte in Städten oder am Land größer bzw. positiver sind. Hier spricht die Literatur eher für größere Wirkungen in städtischen Regionen (und damit eher für eine "zentripetale" Wirkung). Dem stehen allerdings in Österreich vergleichsweise günstige Beschäftigungsentwicklungen im Bereich mittlerer Qualifikationen und (entfernungsbedingt) große Anteile ländlicher Regionen nahe Zentren (als empirische "Gewinner" innerhalb ländlicher Regionen) gegenüber.

3. Die Bedeutung hoch digitalisierter Branchen in den Regionen Österreichs

3.1 Einleitung

Ziel dieses und des folgenden Kapitels ist eine empirische Analyse des Zusammenhangs zwischen der Digitalisierung der Wirtschaft und der Beschäftigungsentwicklung in Österreich und seinen Regionen. Wie in Kapitel 2.1 erläutert, stellt Digitalisierung ein ubiquitäres, vieldimensionales Phänomen dar. Dies macht eine sinnvolle Operationalisierung des Begriffs in Hinblick auf messbare Größen zu einer nicht-trivialen Aufgabe. Aus diesem Grund werden in diesem und dem folgenden Kapitel eine Reihe von unterschiedlichen Indikatoren zur Messung von Digitalisierung herangezogen, welche verschiedene Aspekte (wie die Beschäftigung von IKT-Fachkräften, Vorleistungen aus dem Bereich IKT, Einsatz von Robotern, Bedeutung von Online-Verkaufserlösen) von Digitalisierung in betrieblichen Prozessen abbilden sowie ein Indikator, welcher als Sammelindikator versucht einen Gesamtblick auf den Grad der Digitalisierung zu werfen. Die in weiterer Folge angewendeten Indikatoren zur Messung der Digitalisierungsintensität einzelner Branchen und – darauf aufbauend – einzelner Regionen, werden im folgenden Abschnitt im Detail beschrieben. Kapitel 3 bildet dabei eine deskriptive Analyse der Bedeutung hoch digitalisierter Branchen für die einzelnen Regionen auf Ebene der Bundesländer und Arbeitsmarktbezirke sowie deren Veränderung über die Zeit. Somit illustriert dieses Kapitel unter anderem, ob die Beschäftigung in hoch digitalisierten Branchen schneller oder langsamer gewachsen ist als in der Wirtschaft insgesamt. Dazu analysiert dieses Kapitel, ob die räumliche Verteilung von hoch digitalisierten Branchen mit der zunehmenden Verfügbarkeit von Breitbandinternet in allen Regionen am aktuellen Rand weniger stark konzentriert ist als zu Beginn des Analysezeitraums. Die Bedeutung eines stärkeren Digitalisierungsgrades der Wirtschaft für die Beschäftigungsentwicklung einer Region insgesamt, wird Gegenstand im anschließenden Kapitel 4 sein.

3.2 Neue Branchen-Taxonomien zur Digitalisierungsintensität

3.2.1 Die WIFO-Taxonomie der Beschäftigung von IKT-Fachleuten

Der besonderen Bedeutung der Beschäftigungsstruktur entsprechend, stellt dieser Abschnitt eine neue Taxonomie der IKT-Intensität vor, welche die Wirtschaftszweige auf Basis des Anteils von IKT-Fachleuten an der gesamten sektoralen Beschäftigung klassifiziert (*Peneder – Firgo – Streicher, 2018*). Methodisch knüpft diese neue WIFO-Taxonomie dabei an eine ältere Taxonomie der IKT-Intensität von *Peneder (2003)* an. Datengrundlage für die verwendete Taxonomie ist eine Sonderauswertung des European Labour Force Survey (LFS) von Eurostat. Diese ermöglicht es, für die Europäischen Union (EU 28) insgesamt und nach Wirtschaftszweigen (NACE-2-Steller Branchen) den anhand einer geschichteten Stichprobe hochgeschätzten Anteil von IKT-Fachleuten an der gesamten Beschäftigung von 2011 bis 2016 zu berechnen. Als IKT-Fachkräfte definiert Eurostat "Personen, die sich beruflich mit IKT befassen und über umfassende Kompetenzen im Bereich der Unternehmens-IT verfügen" (*Eurostat, 2017*). Konkret fasst sie diese seit

dem Jahr 2011 als Summe der in Übersicht A.1 in Anhang A.1 angeführten Berufsgruppen nach der Internationalen Standardklassifizierung ISCO-08¹¹⁵⁾ zusammen.

Eurostat selbst weist die IKT-Fachkräfte bislang nicht nach Wirtschaftszweigen aus, hat aber für den Zweck der neuen Branchentaxonomie eine Sonderauswertung nach NACE-2-Stellern zur Verfügung gestellt. Während diese aufgrund zahlreicher Leermeldungen für den Vergleich zwischen einzelnen Ländern leider nicht verwertbar war, stand für die aggregierten Werte der EU 28 insgesamt ein sehr gut besetztes Datenfile zur Verfügung. Für die statistische Clusteranalyse, mit Hilfe derer die Branchen nach IKT-Intensität kategorisiert wurden, kamen die Anteile der IKT-Fachkräfte standardisiert¹¹⁶⁾ zum Einsatz und wurden im Anschluss mit der sogenannten "Average-Linkage" Methode und dem klassischen Euklidischen Distanzmaß nach ihrer Ähnlichkeit gruppiert. Für eine ausführliche Beschreibung und methodische Details siehe Anhang A sowie *Peneder – Firgo – Streicher (2018)*.

Im Ergebnis wurden die 77 Wirtschaftszweige modular in acht kleinere Gruppen zusammengefasst und diese wiederum modular in vier größere Gruppen aggregiert (Übersicht 3.1). Diese Aufteilung in vier Gruppen erscheint für die meisten Anwendungen hinreichend detailliert und in der Darstellung der Ergebnisse intuitiv besser nachvollziehbar. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich daher auf diese vierteilige Taxonomie. Die Gruppe mit den höchsten Anteilen an IKT-Fachkräften umfasst jene Branchen, welche IKT produzieren und wird in weiterer Folge daher als "IKT-Produzenten" bezeichnet. Unter den restlichen Branchen heben sich statistisch eine Reihe von Wirtschaftszweigen ab, welche zwar nicht selbst IKT produzieren, aber dennoch in hohem Maße IKT-Fachkräfte beschäftigen. Im Rahmen der Cluster Analyse basierend auf 4 Gruppen sind dies jene 16 Branchen, die in Übersicht 3.1 als IKT-Nutzer "sehr hoch" (7 Branchen) und "hoch" (9 Branchen) geführt werden. Darunter befinden sich sowohl Branchen des produzierenden Sektors (insbesondere im Bereich der Herstellung von elektrischen Ausrüstungen sowie im Maschinen- und Fahrzeugbau) als auch des tertiären Sektors, insbesondere im Bereich der wissensintensiven Marktdienstleistungen (etwa Forschung und Entwicklung, Werbung und Marktforschung, Verlagswesen, Finanzdienstleistungen, Versicherungen, etc.). In der weiteren Analyse wird diese Branchengruppe als "IKT-Intensivnutzer" bezeichnet.

¹¹⁵⁾ ISCO-08 steht für *International Standard Classification of Occupations* in der Fassung von 2008 und wurde von der internationalen Arbeitsorganisation (ILO) als einheitliches Klassifizierungsschema beruflicher Tätigkeiten (i.S. von Aufgaben und Pflichten) geschaffen. Die Klassifizierung unterscheidet dabei sowohl nach Art (Spezialisierung) als auch den Anforderungen (Komplexität) der Tätigkeit. Im Jahr 2011 wurde ISCO-08 weltweit eingeführt und löste die vorangehende Nomenklatur aus dem Jahr 1988 (ISCO-88) ab.

¹¹⁶⁾ Der standardisierte Wert entspricht der Differenz zwischen dem Anteil an IKT-Fachkräften im Sektor und dem Mittelwert des Anteils über alle Sektoren, dividiert durch die Standardabweichung des Anteils über alle Sektoren.

Übersicht 3.1: Anteil von IKT-Fachkräften nach Wirtschaftszweigen

IKT-Produzenten	
1. Hoch (n=5)	Computer, elektronische und optische Geräte (26); Telekommunikation (61); Computer Programmierung, Beratung (62); Informationsdienstleistungen (63); Reparatur von Computer & Geräten für den persönlichen Bedarf (95)
IKT-Nutzer	
2. Hoch (n=16)	
2.1 Sehr hoch (n=7)	Elektrische Ausrüstungen und Geräte (27); Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen (33); Verlagswesen (58); Filme, Kinos, Tonstudios, Musik (59); Rundfunk (60); Werbung und Marktforschung (73); Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten (74)
2.2 Hoch (n=9)	Tabakverarbeitung (12); Druck & Vervielfältigung (Ton-, Bild- und Daten) (18); Kokerei & Mineralölverarbeitung (19); Kraftwagen und Kraftwagentelle (29); Energieversorgung (35); Finanzdienstleistungen (64); Versicherungen, Pensionskassen (65); Unternehmensberatung (70); F&E (72); Exterritoriale Organisationen (99)
3. Mittel	
3.1 Mittel-hoch (n=10)	Leder-, -waren und Schuhe (15); Pharmazeutische Erzeugnisse (21); Maschinenbau (28); Sonstiger Fahrzeugbau (30); Beseitigung von Umweltverschmutzung, Entsorgung (39); Mit Finanz- & Versicherungsdiensten verbundene Tätigkeiten (66); Architektur- & Ingenieurbüros; technische Untersuchungen (71); Sonst. wirtschaftl. Dienstleistungen (82); Kreative, künstlerische & unterhaltende Tätigkeiten (90); Spiele, Wetten & Lotterien (92)
3.2 Mittel (n=10)	Erdöl und Erdgasgewinnung (06); Erzbergbau (07); Getränke (11); Steine und Erden, sonstiger Bergbau (08); Bekleidung (14); Chemie (20); Sonstige Waren (32); Abwasserentsorgung (37); Großhandel (ohne KFZ) (46); Luftfahrt (51); Vermietung beweglicher Sachen (77); Arbeitskräftevermittlung/-überlassung (78) Heime (Pflege & Betreuung) (87); Bibliotheken, Archive, Museen u.ä. (91)
3.2 Mittel-gering (n=12)	DL für Bergbau u.ä. (09); Gummi- und Kunststoffwaren (22); Metallherzeugung (24); Abfälle & Rückgewinnung (38); Tiefbau (42); DL für Baustellenarbeiten u.ä. (43); Lagerung, sonst. DL für den Verkehr (52); Reisebüros, Reiseveranstalter, u.ä. (79); Wach- und Sicherheitsdienste, Detekteien (80); Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung (84); Interessenvertretungen, religiöse Vereine (94); Hauspersonal (97)
4. Gering	
4.1 Gering (n=9)	Papier-,waren (17); Metallherzeugnisse (25); Wasserversorgung (36); Post-, Kurier-und Expressdienste (53); Grundstücks-/Wohnungswesen (68); Veterinärwesen (75); Erziehung und Unterricht (85); Sport, Unterhaltung, Erholung (93); Sonst. persönliche DL (96)
4.2 Sehr gering (n=15)	Land- und Forstwirtschaft (01, 02); Fischerei (03); Kohlenbergbau (05); Nahrungsmittel (10); Textilherzeugung (13); Holzwaren u.ä. (16); Glas-, -waren, Keramik u.ä. (23); Möbel (31); Hochbau (41); KFZ Handel (45); Einzelhandel (47); Landverkehr, Rohrfernleitungen (49); Schifffahrt (50); Beherbergungen (55); Gastronomie (56); Rechts-/Steuerberatung (69); Garten- und Landschaftsbau (81); Gesundheitswesen (86); Sozialwesen (88)

Q: WIFO-Berechnungen.

3.2.2 Die OECD Taxonomien zur IKT-Intensität im weiteren Sinn

Die OECD veröffentlichte im Sommer 2018 eine umfangreiche Taxonomie der "Digitalisierungsintensität" nach Wirtschaftszweigen (Calvino et al., 2018). Die OECD Taxonomie ist methodisch weniger ausgereift (siehe unten), ist jedoch umfassender als jene des WIFO, weil sie neben dem Anteil der IKT-Fachkräften auch Indikatoren zu den IKT-Vorleistungen und weiteren Aspekten umfasst. Zusätzlich gibt es für einen Teil der Branchen auch eine Einteilung nach der Intensität im Einsatz von Robotern sowie des Anteils von Online-Verkaufserlösen (Business-to-Business ebenso wie Business-to-Consumer) am gesamten Umsatz. Die zugrundeliegenden Daten beziehen sich auf Mittelwerte der Jahre 2013 bis 2015 und basieren auf einer Auswahl von 12 OECD-Ländern (Australien, Dänemark, Finnland, Frankreich, Italien, Japan, Niederlande, Norwegen, Österreich, Schweden, UK, USA).

Während die zuvor ausgeführte Taxonomie der IKT-Fachkräfte ausschließlich auf Daten beruht, die innerhalb der EU nach einheitlicher Regulierung erhoben wurden, muss sich die OECD durch die Berücksichtigung von Ländern außerhalb der EU auf jene Kategorien beschränken, die in allen Regionen einigermaßen gut vergleichbar zur Verfügung stehen. Bei der Gliederung nach IKT-Fachkräften konnte daher beispielsweise nur eine Teilmenge der in der WIFO Taxonomie berücksichtigten Berufe einbezogen werden¹¹⁷).

Methodisch besteht der größte Unterschied zur zuvor dargestellten WIFO-Taxonomie darin, dass die jeweiligen Branchengruppen nicht anhand von statistischen Clustermethoden identifiziert, sondern bloß nach Ausprägungsmerkmal gereiht und danach in vier gleich große Gruppen ("Quartile") unterteilt werden. Die Grenzen zwischen den einzelnen Kategorien werden daher nicht mit dem Ziel größtmöglicher Unterschiede zwischen bzw. größtmöglicher Ähnlichkeit innerhalb der Gruppen – und in diesem Sinne endogen aufgrund der in den Daten enthaltenen Information – gezogen, sondern exogen durch das Prinzip der Vierteilung vorgegeben. Die vier Gruppen werden nach ihrer Reihung in der Merkmalsausprägung jeweils als "hoch", "mittel-hoch", "mittel-gering" oder "gering" bezeichnet. Eine weitere wesentliche Einschränkung besteht darin, dass im Gegensatz zur zuvor dargestellten Taxonomie nicht zwischen "IKT produzierenden" und "IKT nutzenden" Wirtschaftszweigen unterschieden wird.

Aufgrund dieser Unterschiede wird in der vorliegenden Studie daher im direkten Vergleich der beiden Taxonomien zum Anteil der IKT-Fachkräfte in den nachfolgenden Anwendungen der WIFO-Taxonomie der Vorzug gegeben. Die von der OECD als "global" bezeichnete zusammenfassende Taxonomie, die auf den durchschnittlichen Rängen der Wirtschaftszweige über alle Dimensionen hinweg und mit der gleichen Methode der "Vierteilung" der nach dieser durchschnittlichen Platzierung gereihten Branchen bestimmt wird, bietet dazu aber eine gute Ergänzung, welche den gesamten Digitalisierungsgrad eines Wirtschaftszweiges im weiteren Sinn abbildet. Auch eine Reihe von weiteren, in Übersicht A.2 in Anhang A.2 dargestellten OECD-Taxonomien wird zusätzlich zur Taxonomie des WIFO Eingang in die Analysen der vorliegenden Studie finden.

Neben der Erhöhung der Zahl an unterschiedlichen Ergebnisdimensionen, nimmt auch der zusätzliche Erkenntnisgewinn mit der Zahl der berücksichtigten IKT-Indikatoren zur Beschreibung des regionalen Status quo bzw. der regionalen Entwicklung ab. Aus diesem Grund wird sich die weitere Analyse auf die folgenden Einzelindikatoren konzentrieren:

- IKT-Vorleistungen (Waren),
- IKT-Vorleistungen (Dienste),
- Einsatz von Robotern,
- Online-Verkaufserlöse.

¹¹⁷) Konkret sind dies die Berufsgruppen 133, 251, 252 und 353 nach ISCO2008. Die von Eurostat (in Zusammenarbeit mit der OECD) entwickelte, für die im vorigen Abschnitt beschriebene WIFO-Taxonomie verwendete Definition der IKT-Fachkräften, ist im Vergleich dazu weitaus umfangreicher (Übersicht A.1).

Auf die Inklusion von Investitionen in IKT-Hardware und -Software als zusätzliche Einzelindikatoren wird verzichtet. Diese finden jedoch Eingang in den ebenfalls in der Analyse inkludierten Sammelindikator

- IKT-Allgemein ("global"),

der die unterschiedlichen Dimensionen der Digitalisierung, die durch die einzelnen Indikatoren abgedeckt werden, zusammenfasst.

Die Indikatoren zur Intensität an IKT-Vorleistungen messen den Anteil an Waren aus dem Bereich Computer und Elektronikgeräte bzw. an Dienstleistungen aus dem Bereich EDV und verwandten Diensten am Produktionswert eines Sektors¹¹⁸⁾. Der Einsatz von Robotern wird an der Zahl an Robotern je Beschäftigter Person einer Branche gemessen¹¹⁹⁾. Der Indikator Online-Verkaufserlöse misst den Anteil an den Gesamterlösen eines Wirtschaftszweiges, der durch Online-Transaktionen erzielt wurde. Wichtig bei der Interpretation des Indikators ist, dass dies nicht nur den Online-Handel zwischen Unternehmen und KonsumentInnen (B2C) einschließt, sondern auch alle Transaktionen zwischen Unternehmen (B2B), die über das Internet abgewickelt werden¹²⁰⁾. Der Sammelindikator IKT-Allgemein bildet in einem zweistufigen Verfahren – i) normalisierte Branchen-Reihung nach IKT-Intensität innerhalb eines IKT-Indikators, ii) Bildung des arithmetischen Durchschnitts der Branchen-Reihung über die einzelnen Indikatoren hinweg – eine Reihung der Wirtschaftszweige nach ihrer "globalen" IKT-Intensität. Somit bildet dieser Indikator eine Annäherung an den allgemeinen Digitalisierungsgrad einer Branche über alle Dimensionen dieses Phänomens hinweg. Für umfassende Beschreibungen zur Berechnung der einzelnen Indikatoren und des Sammelindikators siehe *Calvino et al.* (2018).

3.2.3 Berechnung des Digitalisierungsgrads der regionalen Wirtschaft

Die Informationen zum Digitalisierungsgrad der einzelnen Wirtschaftszweige werden in weiterer Folge dazu genutzt, um auf Ebene der österreichischen Arbeitsmarktbezirke Indikatoren zum Durchdringungsgrad der Digitalisierung der Wirtschaft einer Region abzuschätzen. Dabei sind mehrere Schritte notwendig.

In einem ersten Schritt werden die Kennzahlen zur Digitalisierungsintensität der Branchen laut WIFO- bzw. OECD-Taxonomien auf die Ebene der ÖNACE-2-Steller-Wirtschaftsklassen übertragen. Während die IKT-Taxonomie des WIFO auf Ebene der 2-Steller berechnet wurde, fassen die OECD-Indikatoren zwischen einer und fünf ÖNACE-2-Steller-Klassen zusammen (wobei es

¹¹⁸⁾ Gemäß Use-Matrizen der OECD Inter-Country Input-Output (ICIO) und nationalen Input-Output-Tabellen; Bei jenen Wirtschaftszweigen, welche Computer und Elektronikgeräte erzeugen, nimmt die OECD an, dass es sich bei IKT-Vorleistungswaren um zugekaufte Komponenten (wie etwa Mikrochips) handelt, die in den produzierten Geräten verbaut werden, und es sich damit nicht um Vorleistungen im eigentlichen Sinn handelt. Aus diesem Grund werden die Hardware produzierenden Wirtschaftszweige von der OECD in diesem Indikator nicht erfasst.

¹¹⁹⁾ Basierend auf Angaben der International Federation of Robotics (IFR); Die Daten zum Einsatz von Robotern der IFR umfassen lediglich den Bereich der Sachgütererzeugung, weshalb Dienstleistungen in diesem OECD-Indikator nicht erfasst sind.

¹²⁰⁾ Nicht erfasst sind von der zugrundeliegenden Eurostat-Datenbasis zu Onlineverkäufen die Bereiche Landwirtschaft und Bergbau, Finanzdienstleistungen sowie öffentliche, soziale und persönliche Dienstleistungen.

sich in der Mehrheit der Fälle um Gruppen von ein bis drei 2-Stellern handelt). Für die folgenden Analysen wird dabei unterstellt, dass alle 2-Steller innerhalb einer 2-Steller-Gruppe die jeweils gleiche Digitalisierungsintensität aufweisen. Übersicht A.2 gibt einen Überblick über die Einstufung der einzelnen ÖNACE-2-Steller gemäß der jeweiligen OECD-Indikatoren in die 4 Intensitätsgruppen (Intensität hoch, mittel-hoch, mittel-niedrig, niedrig). Für die WIFO-Taxonomie wird in Übersicht A.2 einerseits ebenfalls die Unterteilung in die in Übersicht 3.1 oben angeführten 4 Gruppen von Wirtschaftszweigen (IKT-Produzenten, intensive IKT-Nutzer, mittlere IKT-Nutzer, geringe IKT-Nutzer) dargestellt. Zusätzlich wird der darunterliegende Anteil an IKT-Fachkräften auch als kontinuierliches Maß der Digitalisierungsaffinität eines Wirtschaftszweiges inkludiert.

In einem zweiten Schritt wird die Information zur Digitalisierungs-Intensität der einzelnen Wirtschaftszweige laut der jeweiligen Indikatoren mit Daten zur Beschäftigung auf Ebene der ÖNACE-2-Steller für die österreichischen Arbeitsmarktbezirke verknüpft¹²¹). Dabei werden für jeden Indikator jene Branchen herausgefiltert, welche in die Gruppe mit der höchsten Digitalisierungsintensität gehören und daher als "hoch digitalisiert" in Bezug auf die vom Indikator abgebildete Dimension der Digitalisierung angesehen¹²²).

In weiterer Folge wird in einem letzten Schritt nun für jeden Indikator die Summe an Beschäftigten innerhalb eines Arbeitsmarktbezirks in den "hoch digitalisierten" Branchen gemäß Indikator gebildet und diese durch die Gesamtbeschäftigung im Arbeitsmarktbezirk geteilt. Auf diese Weise kann für jeden IKT-Indikator der Anteil an Beschäftigten in hoch digitalisierten Branchen ermittelt werden. Daraus resultiert ein Set an Indikatoren für den Digitalisierungsgrad der lokalen Wirtschaft, welches auf Ebene der einzelnen Indikatoren, der einzelnen Regionen und der einzelnen Beobachtungsjahre variiert.

Insbesondere die Variation über die Arbeitsmarktbezirke und über die Zeit bildet die Ausgangsbasis für die Identifikation der Effekte eines steigenden Digitalisierungsgrades der lokalen Wirtschaft auf die Beschäftigungsentwicklung vor Ort in Kapitel 4. Davor soll jedoch im Rahmen einer deskriptiven Analyse im restlichen Kapitel 3 der Status quo des Digitalisierungsgrades und die räumliche Verteilung hoch digitalisierter Wirtschaftszweige über die einzelnen Bundesländer und Arbeitsmarktbezirke hinweg dargestellt werden sowie die Beschäftigungsentwicklung dieser Branchen im Vergleich zur Gesamtbeschäftigung.

Während die jeweiligen Einzelindikatoren spezifische und der OECD Sammelindikator "IKT-Allgemein" die vielschichtigen Dimensionen der Digitalisierung abzudecken versuchen, sind mit dem gewählten Ansatz natürlich auch eine Reihe von Einschränkungen verbunden. Erstens basieren die Taxonomien auf internationalen Daten, wodurch unterstellt wird, dass die IKT-Intensität innerhalb einer ÖNACE-2-Steller-Branche in Österreich und den analysierten Teilregionen dieselbe ist, wie im internationalen Aggregat. Zweitens verbirgt die ÖNACE-2-Steller-

¹²¹) Als Datengrundlage dienen Daten des Erwerbskarrierenmonitoring (Arbeitsmarktdatenbank - AMDB) von AMS und BMAGSK (für Details zu den zugrundeliegenden Arbeitsmarktdaten siehe Abschnitt 4.3).

¹²²) Bei den OECD-Indikatoren sind dies jeweils die Branchen, welche dem 4. Quartil zugeordnet werden. In der WIFO-Taxonomie sind das einerseits die in Übersicht 3.1 als IKT-Produzenten bezeichneten Wirtschaftszweige sowie die Gruppe der IKT-Intensivnutzer.

Ebene eine möglicherweise existierende Heterogenität in den einzelnen darunter liegenden Wirtschaftszweigen innerhalb eines Zweistellers. So umschließt etwa die Herstellung von Metall-erzeugnissen (ÖNACE-2-Steller 25) eine Gliederungsebene darunter 8 Klassen, die sich von Stahl- und Leichtmetallbau (NACE-3-Steller 25.1) über Metalltanks und Heizkessel (25.2) bis hin zu Waffen und Munition (25.4) und Schneidwaren, Werkzeugen und Schlössern (25.7) erstreckt. Auch die Bezeichnungen der einzelnen NACE-3-Steller lassen selbst auf dieser stärker disaggregierten Ebene auf weitere Heterogenität schließen, die erst in noch tieferer Gliederung zutage treten würde. Auch unterschiedliche Technologiegrade in unterschiedlichen Unternehmen bzw. Regionen innerhalb einer Branche bleiben unberücksichtigt. Trotz dieser Einschränkungen erlauben die neuen Taxonomien von WIFO und OECD einen deutlich differenzierteren und umfassenderen Blick auf den Digitalisierungsgrad der Wirtschaft eines Landes oder einer Region als andere, noch stärker sektoral aggregierten Definitionen (wie etwa *McKinsey*, 2016).

3.3 Regionale Dimensionen der Digitalisierung in Österreich

Im Folgenden werden der Status quo sowie die Veränderungen der Bedeutung hoch digitalisierter Branchen auf Ebene der österreichischen Bundesländer und Arbeitsmarktbezirke dargestellt. Abgebildet werden dabei jeweils der Anteil dieser Branchen an der Gesamtbeschäftigung eines Bundeslandes bzw. eines Arbeitsmarktbezirks. Dazu kommt die Illustrierung der Veränderungen dieser Anteile über die Zeit. Im Rahmen dieses Kapitels beschränken wir uns auf die Darstellung auf Branchenebene gemäß WIFO-Taxonomie (IKT-Produzenten, IKT-Intensivnutzer) und der OECD-Taxonomie IKT-Allgemein. Dazu wird gemäß WIFO-Taxonomie auch die räumliche Verteilung der IKT-Fachkräfte dargestellt. Analoge Abbildungen zur räumlichen Verteilung und Entwicklung der digitalisierten Wirtschaft in Österreich anhand der übrigen in Abschnitt 3.2.2 dargestellten Digitalisierungsindikatoren der OECD befinden sich in Anhang A.3.

Wesentlich bei der Interpretation der folgenden Darstellung ist es, dass die in Folge beobachteten, durchwegs steigenden Anteile an hoch digitalisierten Branchen nichts über den Gesamteffekt der Beschäftigung durchsteigende Digitalisierung aussagen. Die Darstellungen illustrieren lediglich den Status quo und Änderungen der Bedeutung hoch digitalisierter Branchen an den regionalen Arbeitsmärkten und verdeutlichen, dass die Beschäftigung in hoch digitalisierten Branchen sich besser entwickelt hat, als die Gesamtbeschäftigung¹²³). Der Frage nach dem Nettoeffekt der stärkeren Digitalisierung der Wirtschaft auf die regionalen Arbeitsmärkte in Österreich wird sich Kapitel 4 widmen. Dennoch sollte die relative Bedeutung hoch digitalisierter Branchen an den regionalen Arbeitsmärkten vorab kurz in den Kontext der allgemeinen regionalen Beschäftigungsentwicklung gesetzt werden. Im Analysezeitraum 2010 bis 2017

¹²³) Ein steigender Anteil dieser Branchen kann auch auf stagnierende bzw. sinkende Beschäftigung in digitalisierungsfernen Branchen und der Wirtschaft insgesamt begründet sein, die sogar ursächlich auf Digitalisierung zurückzuführen sein kann.

nahm die Beschäftigung in allen Bundesländern deutlich zu und stieg österreichweit um knapp 10%¹²⁴⁾.

3.3.1 IKT-Produzenten

Eine Betrachtung der regionalen Verteilung IKT-produzierender Branchen zeigt zunächst sowohl für die Ebene der Bundesländer (Abbildung 3.1) als auch auf Ebene der Arbeitsmarktbezirke (Abbildung 3.2) markante Unterschiede in der regionalen Bedeutung dieser Dienste. In Summe sind die Beschäftigungsanteile IKT-produzierender Branchen in urbanen Regionen mit einem Anteil an 3,7% an der Beschäftigung merklich höher als in industriell bzw. ländlich geprägten (nicht-urbanen) Bezirken (Anteil 1,7%). Auf Ebene der Bundesländer streut deren Anteil zwischen 5,3% in Wien und 1,2% im Burgenland.

In Österreich macht die Branchengruppe laut der zugrundeliegenden AMDB-Daten insgesamt etwa 2,7% der Beschäftigten aus. Diese Zahl wird deutlich von Wien getrieben, lediglich Kärnten liegt neben der Bundeshauptstadt mit einem Anteil von 3,8% über jenem Österreichs. Die niedrigsten Beschäftigungsanteile weisen IKT-produzierende Branchen am aktuellen Rand in Niederösterreich und im Burgenland jene beiden Bundesländer auf, bei denen die Dynamik der Beschäftigungsentwicklung dieser Branchen seit 2010 im Vergleich zur Gesamtbeschäftigung auch am ungünstigsten war (im Burgenland sogar leicht rückläufiger Anteil). Die höchsten Beschäftigungsanteile auf kleinräumiger Ebene weisen die Arbeitsmarktbezirke Villach mit 12,1%, Leoben mit 10,0% und Waidhofen an der Thaya mit 7,1% auf. Am niedrigsten sind die Beschäftigungsanteile IKT-produzierender Branchen in den Bezirken Lilienfeld (0,1%), Eferding (0,1%) und Murau (0,2%). Wenngleich diese Branchen in urbanen Regionen (siehe Abbildung 3.1) insgesamt deutlich höhere Anteile aufweisen, weisen also drei nicht-urbane Bezirke die größte Spezialisierung in IKT-produzierende Branchen auf. Dies verdeutlicht die große Bedeutung einzelner Großbetriebe für die Frage nach der Bedeutung IKT-produzierender Wirtschaft außerhalb der urbanen Zentren. Die niedrigsten Anteile finden sich – wenig überraschend – in stark von ländlichen Strukturen geprägten Bezirken.

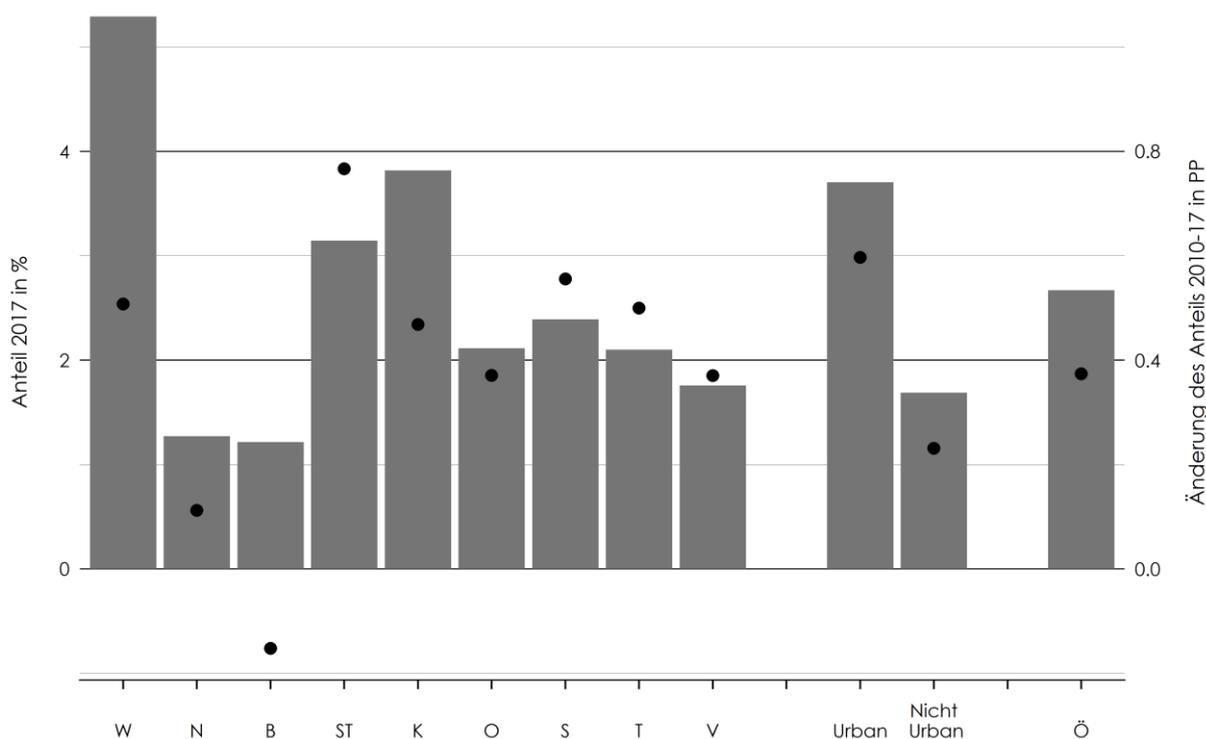
Auffällig sind die beträchtlichen Unterschiede im Standortmuster zwischen IKT-produzierenden Sachgütererzeugern und IKT-produzierenden Dienstleistungszweigen. Der relevante ÖNACE-2-Steller im sekundären Sektor (26 – Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen) ist, wie beschrieben, stark von den Standorten einzelner Großbetriebe getragen und damit auf wenige Bezirke konzentriert. Regionale Spezialisierungen in IKT-produzierende Dienstleistungen (ÖNACE-2-Steller: 61 – Telekommunikation, 62 – Dienstleistungen der Informationstechnologie, 63 – Informationsdienstleistungen, 95 – Reparatur von Daten-

¹²⁴⁾ Die in diesem Kapitel dargestellten Werte für die Bundesländer und Österreich basieren ausschließlich auf Beschäftigungsverhältnissen, welche sich in der AMDB-Datenbank einem Bundesland zuordnen lassen, nicht jedoch im Bundesgebiet überregional verortete Beschäftigte wie etwa Bundesbeamte oder ÖBB-Bedienstete. Die dargestellten Werte für Arbeitsmarktbezirke sowie urbane und nicht-urbane Regionen basieren ausschließlich auf Beschäftigungsverhältnissen, welche sich in der AMDB-Datenbank einem konkreten Arbeitsmarktbezirk zuordnen lassen, nicht jedoch im Bundes- oder Landesgebiet überregional verortete Beschäftigte wie etwa Bundesbeamte, ÖBB-Bedienstete oder Landeslehrer.

verarbeitungsgeräten und Gebrauchsgütern) finden sich vorwiegend in größeren Städten (vgl. Kapitel 2.3.2).

Abbildung 3.1: Regionale Beschäftigungsanteile IKT-Produzierender Branchen

Balken: Beschäftigungsanteil 2017 (in %); Punkte: Anteilsveränderung 2010-2017 (in %-Punkten)

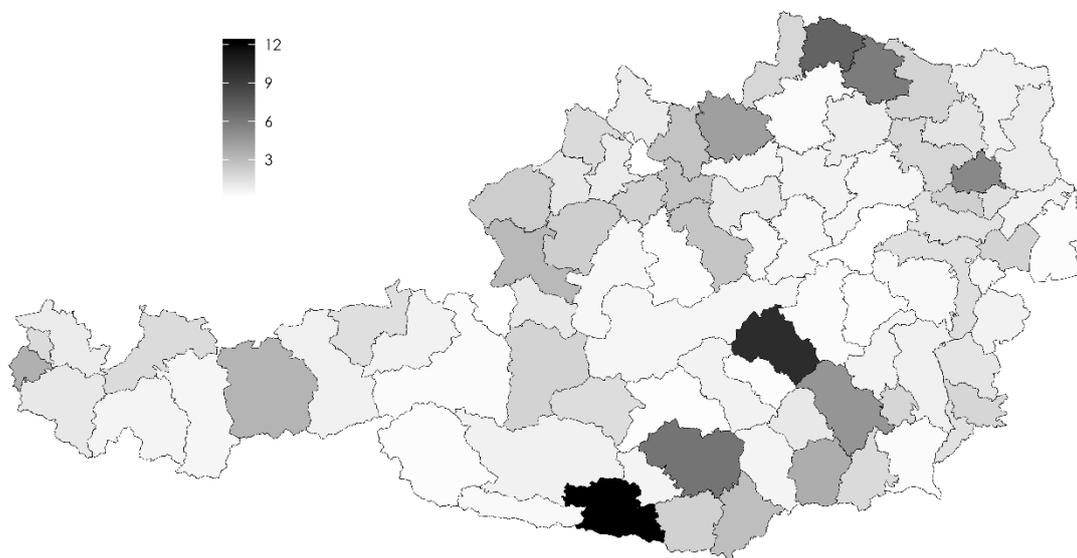


Q: AMS, BMAGSK, WIFO-Berechnungen. – Österreich-Wert basierend auf einzelnen Bundesländern zuordenbaren Beschäftigten; Werte für urban und nicht urban basierend auf regionalen Arbeitsmarktbezirken zuordenbaren Beschäftigten; berücksichtigte ÖNACE-2-Steller-Wirtschaftsklassen siehe Übersicht A.2.

IKT-produzierende Branchen weisen insgesamt sowohl in urbanen wie auch in nicht-urbane Regionen eine positive Dynamik auf. Die Anteile an der Gesamtbeschäftigung nahmen zwischen 2010 und 2017 in beiden Regionstypen zu – in urbanen Regionen um 0,6 Prozentpunkte (PP), in ländlichen Regionen um 0,2 PP und in Österreich insgesamt um 0,4 PP. Wenngleich keine statistische Divergenz der räumlichen Verteilung dieser Branchen auf Ebene der Bezirke feststellbar ist (siehe Abschnitt 3.4), so weist Abbildung 3.1 doch auf eine Divergenz der Bedeutung IKT-produzierender Branchen zwischen urbanen und nicht-urbanen Regionen hin, mit Spezialisierungsvorteilen für Erstere.

Abbildung 3.2: Beschäftigungsanteile IKT-Produzierender Branchen nach Arbeitsmarktbezirken

Anteil 2017 in %



Q: AMS, BMAGSK, WIFO-Berechnungen. – Berücksichtigt werden nur Beschäftigte, welche einem regionalen Arbeitsmarktbezirk zuordenbar sind; berücksichtigte ÖNACE-2-Steller-Wirtschaftsklassen siehe Übersicht A.2.

3.3.2 IKT-Intensivnutzer

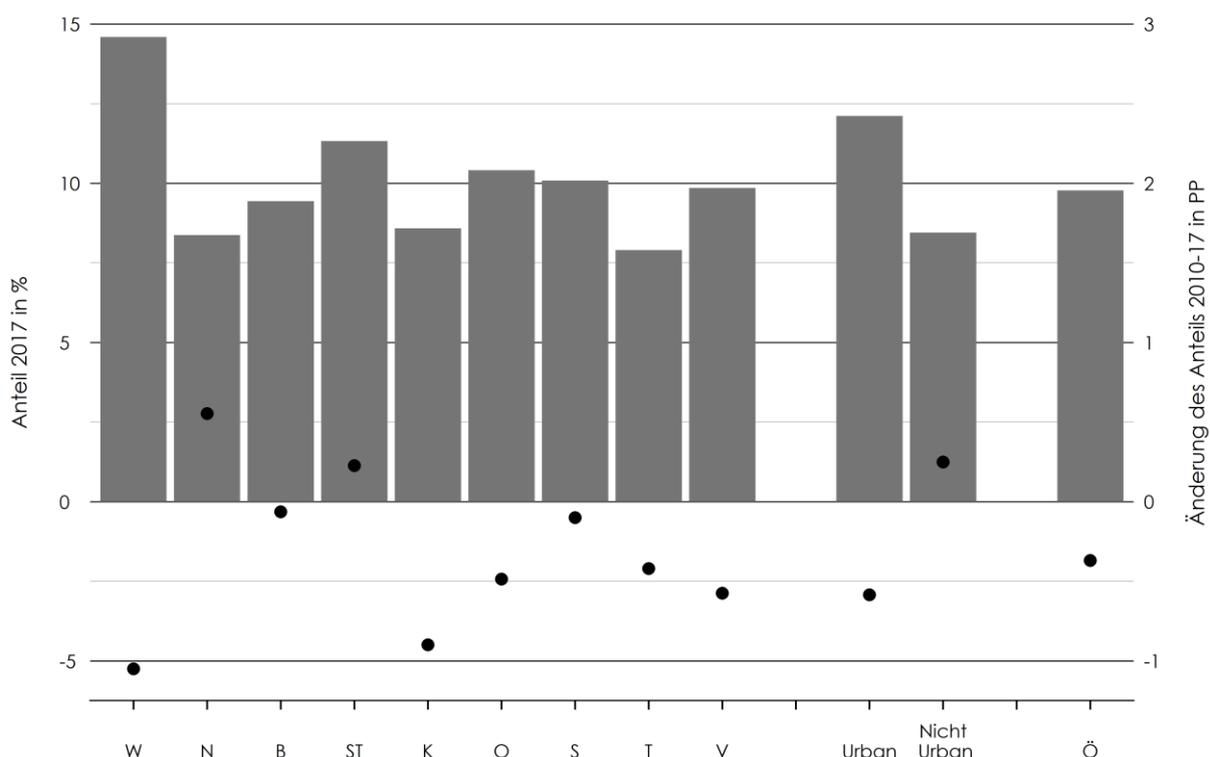
Weniger stark konzentriert stellt sich die regionale Bedeutung von Branchen dar, welche gemäß WIFO-Taxonomie als IKT-Intensivnutzer klassifiziert werden¹²⁵). Diese Branchengruppe weist eine deutlich geringere Beschäftigungsdynamik als jene der IKT-Produzenten auf. Die Beschäftigungsanteile von IKT-Intensivnutzen sind zwischen 2010 und 2017 insgesamt um 0,4 Prozentpunkte (PP) auf 9,8% gesunken, auch auf Ebene der Bundesländer weisen lediglich Niederösterreich (+0,6 PP) und die Steiermark (+0,2 PP) steigende Beschäftigungsanteile in dieser Branchengruppe auf (Abbildung 3.3). Dennoch gilt es festzuhalten, dass in allen Bundesländern außer Kärnten die absolute Zahl der Beschäftigten in IKT-intensivnutzenden Branchen im Untersuchungszeitraum gewachsen ist. Das Wachstum blieb jedoch eben meist unter dem jeweiligen Beschäftigungswachstum insgesamt.

Auffällig sind zudem die sinkenden Beschäftigungsanteile in urbanen Regionen (–0,6 PP), während diese in nicht-urbanen Regionen leicht zunahm (+0,2 PP). Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Nutzung von IKT Standortnachteile nicht-urbaner Regionen ausgleichen kann bzw. industriell bis ländlich geprägte Regionen bei vermehrtem IKT-Einsatz Standortvorteile

¹²⁵) Für die zu diesen Branchen zählenden ÖNACE-2-Steller Wirtschaftsklassen siehe Übersicht A.2 (Wirtschaftszweige mit Bezeichnung "Nutzer-high").

durch günstigere Produktionskosten gegenüber urbanen Räumen aufweisen könnten. Dazu dürfte sich auch die generelle De-Industrialisierung in Städten ungünstig auf Entwicklung von IKT-Intensivnutzern im sekundären Sektor in städtischen Regionen auswirken. Dennoch erweist sich die Bedeutung IKT-intensivnutzender Branchen in urbanen Regionen in Summe noch höher (Beschäftigungsanteil 12,1% gegenüber 8,4% in nicht-urbanen Regionen). Auch ist statistisch keine Konvergenz der Bedeutung IKT-Intensivnutzer zwischen den Regionen über die Zeit erkennbar (siehe Abschnitt 3.4).

Abbildung 3.3: Regionale Beschäftigungsanteile intensiv IKT-nutzender Branchen
 Balken: Beschäftigungsanteil 2017 (in %); Punkte: Anteilsveränderung 2010-2017 (in %-Punkten)



Q: AMS, BMAGSK, WIFO-Berechnungen. – Österreich-Wert basierend auf einzelnen Bundesländern zuordenbaren Beschäftigten; Werte für urban und nicht urban basierend auf regionalen Arbeitsmarktbezirken zuordenbaren Beschäftigten; berücksichtigte ÖNACE-2-Steller-Wirtschaftsklassen siehe Übersicht A.2.

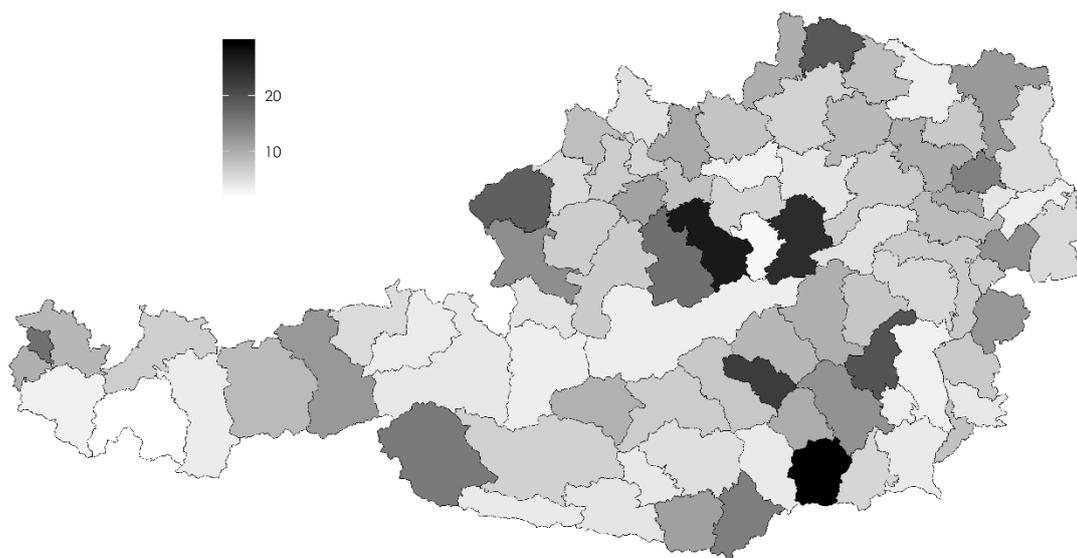
In urbanen Regionen handelt es sich bei IKT-Intensivnutzern hauptsächlich um wissensintensive (unternehmensnahe) Dienstleistungsparten abseits der IKT-Produzenten. Dies wird auf Bundesländer-Ebene insbesondere am Beispiel Wien sichtbar, das den mit Abstand höchsten Beschäftigungsanteil an intensiv IKT-nutzenden Branchen unter allen Bundesländern aufweist (14,6%), diese aber fast ausschließlich aus Dienstleistungen bestehen. So überwiegt in Wien die Zahl an Beschäftigten in intensiv IKT-nutzenden Dienstleistungszweigen jene aus dem sekundären Sektor um beinahe das Vierfache. Zwischen den weiteren Bundesländern sind sowohl die Beschäftigungsanteile der IKT-Intensivnutzer insgesamt eher gleichmäßig verteilt – diese schwanken

zwischen 11,3% in der Steiermark und 7,9% in Tirol – als auch das Verhältnis zwischen IKT-intensivnutzenden Sachgütererzeugern und Dienstleistungen. In Salzburg sind noch etwa doppelt so viele Beschäftigte in IKT-intensivnutzenden Branchen dem tertiären als dem sekundären Sektor zuzuordnen. In den übrigen Bundesländern ist das Verhältnis jeweils relativ ausgeglichen, wobei die IKT-Intensivnutzer des sekundären Sektors im Burgenland, in Oberösterreich, der Steiermark und in Vorarlberg jene des tertiären Sektors leicht übertreffen.

Bei kleinräumiger Betrachtung auf Ebene der Arbeitsmarktbezirke (Abbildung 3.4) wird ein markantes Standortgefälle außerhalb der urbanen Regionen sichtbar. Die höchsten Anteile an IKT-Intensivnutzern unter allen Arbeitsmarktbezirken finden sich in den stark industriell geprägten Bezirken Deutschlandsberg mit 29,4%, Steyr mit 26,5% und Scheibbs mit 24,4% Beschäftigungsanteil. Die niedrigsten Anteile weisen die Bezirke Landeck mit 2,0%, Waidhofen an der Ybbs mit 2,7% und Bludenz mit 3,3% auf.

Abbildung 3.4: Beschäftigungsanteile intensiv IKT-nutzender Branchen nach Arbeitsmarktbezirken

Anteil 2017 in %



Q: AMS, BMAGSK, WIFO-Berechnungen. – Berücksichtigt werden nur Beschäftigte, welche einem regionalen Arbeitsmarktbezirk zuordenbar sind; berücksichtigte ÖNACE-2-Steller-Wirtschaftsklassen siehe Übersicht A.2.

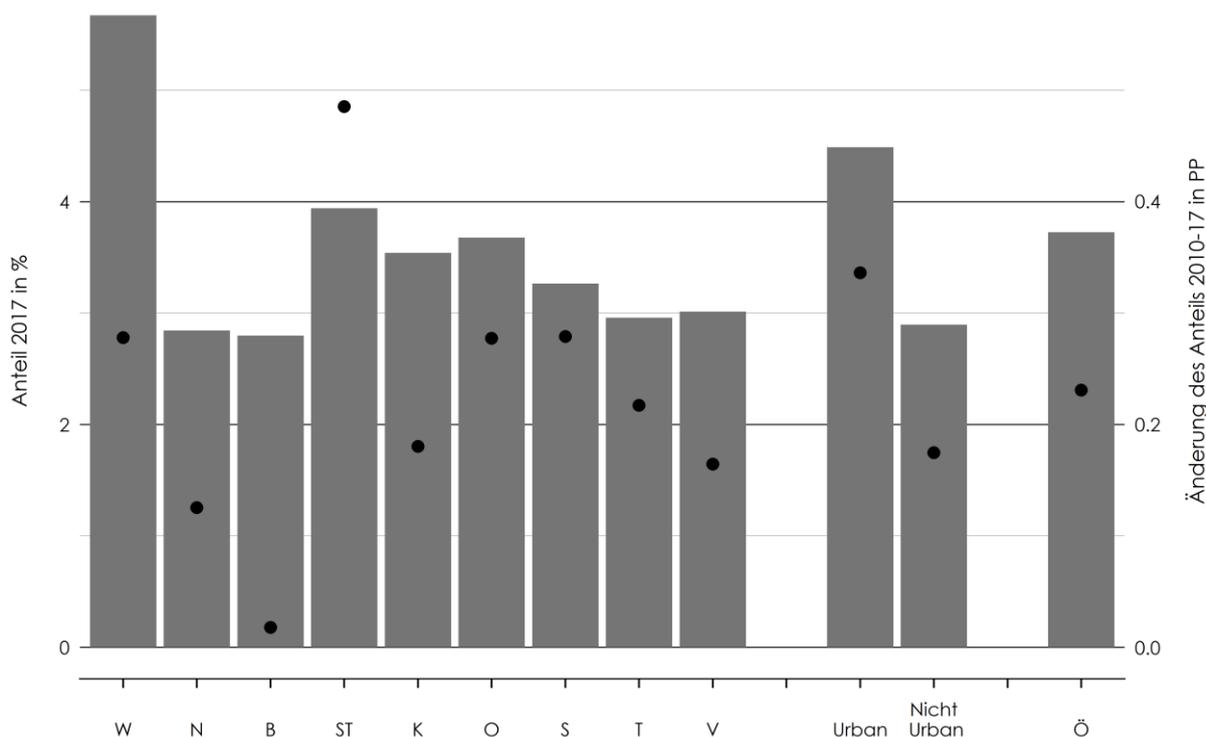
3.3.3 IKT-Fachkräfte

Das Standortgefälle (Abbildung 3.5 und Abbildung 3.6) von IKT-Fachkräften liegt zwischen jenem der IKT-Produzenten und IKT-Intensivnutzer. Der Indikator des Anteils an IKT-Fachkräften an

der gesamten Beschäftigung einer Region als Maß für den regionalen Digitalisierungsgrad bietet den Vorteil, dass er ein kontinuierliches Maß über alle ÖNACE-2-Steller hinweg bildet. Der Indikator kann somit als der geschätzte Anteil an IKT-Fachkräften an der Gesamtbeschäftigung einer Region interpretiert werden – unabhängig von der Beschäftigung in bestimmten Branchen.

Nach Bundesländern weist Wien den höchsten Anteil an IKT-Fachkräften gemäß WIFO-Taxonomie auf (5,7%), das Burgenland und Niederösterreich den niedrigsten (2,8%). Die Anteile streuen – mit Ausnahme Wiens – jedoch nur schwach zwischen den Bundesländern. Ähnlich wie bei den IKT-produzierenden Branchen weisen IKT-Fachkräfte in allen Bundesländern eine positive Anteilsentwicklung auf. Bis auf das Burgenland (nahezu Stagnation) wuchs die Beschäftigung von IKT-Fachkräften laut WIFO-Taxonomie in allen Bundesländern deutlich stärker als die Gesamtbeschäftigung. Am stärksten war der Anstieg dabei in der Steiermark (+0,5 PP), auch die meisten übrigen Bundesländer verzeichneten Zuwachsraten zwischen 0,3 PP und 0,2 PP.

Abbildung 3.5: Geschätzte regionale Beschäftigungsanteile von IKT-Fachkräften
 Balken: Beschäftigungsanteil 2017 (in %); Punkte: Anteilsveränderung 2010-2017 (in %-Punkten)



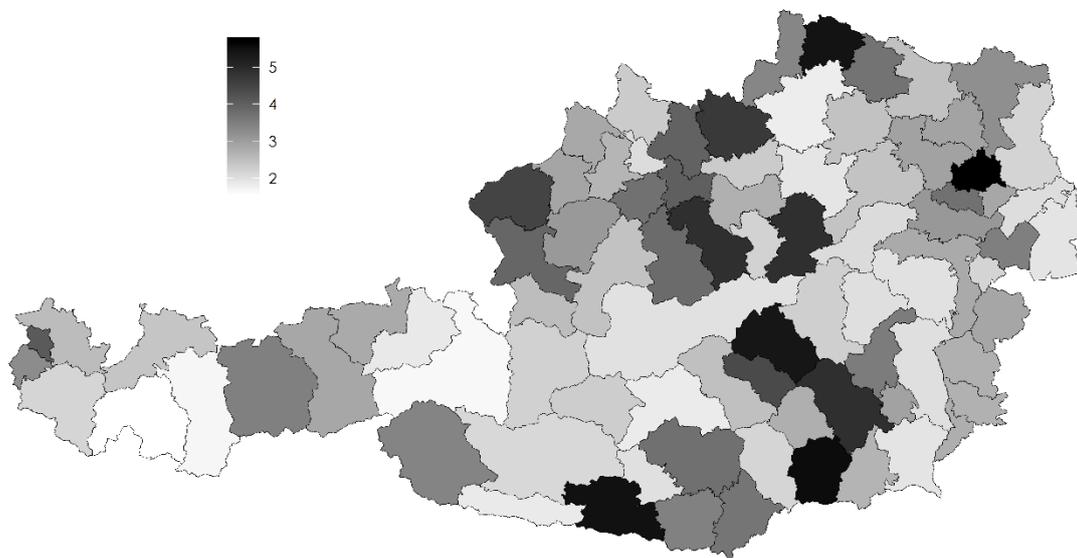
Q: AMS, BMAGSK, WIFO-Berechnungen. – Österreich-Wert basierend auf einzelnen Bundesländern zuordenbaren Beschäftigten; Werte für urban und nicht urban basierend auf regionalen Arbeitsmarktbezirken zuordenbaren Beschäftigten; berücksichtigte ÖNACE-2-Steller-Wirtschaftsklassen siehe Übersicht A.2.

Urbane Regionen weisen mit 4,5% in Summe deutlich höhere Anteile als nicht-urbane Regionen (2,9%) auf, was wiederum auf ein steiles Standortgefälle innerhalb der jeweiligen Bundesländer

schließen lässt, welches sich aufgrund der Entwicklungen seit 2010 weiter verfestigt haben dürfte (urbane Regionen +0,3 PP, nicht-urbane Regionen +0,2 PP). Dieses wird auch bei Betrachtung der Bezirksebene (Abbildung 3.6) deutlich. In den meisten Bundesländern sind die Anteile in den zentrumsnahen Industrieregionen und in den Landeshauptstädten am höchsten. Neben den Großstadtreionen im weiteren Sinn konzentrieren sich die hohen Beschäftigungsanteile von IKT-Fachkräften insbesondere in den bereits in Abbildung 3.2 und Abbildung 3.4 sichtbar gewordenen Hotspots für IKT-Produzenten bzw. IKT-Intensivnutzern außerhalb der zentralen Räume. Die regionale Bedeutung von IKT-Fachkräften ist jedoch weniger stark im Raum konzentriert als jene von IKT-produzierenden Branchen. Im Gegensatz zu Letzteren nahm die räumliche Konzentration von IKT-Fachkräften jedoch in der Vergangenheit nicht ab (siehe Abschnitt 3.4). Die höchsten Anteile weisen gemäß dieser Schätzung Wien und Deutschlandsberg mit jeweils 5,7% und Villach mit 5,5% auf, am niedrigsten ist die Bedeutung von IKT-Fachkräften gemessen an deren Beschäftigungsanteil an der lokalen Gesamtbeschäftigung in den alpinen Bezirken Landeck mit 1,6%, Zell am See mit 1,7% und Imst mit 1,7%.

Abbildung 3.6: Geschätzte Beschäftigungsanteile von IKT-Fachkräften nach Arbeitsmarktbezirken

Anteil 2017 in %

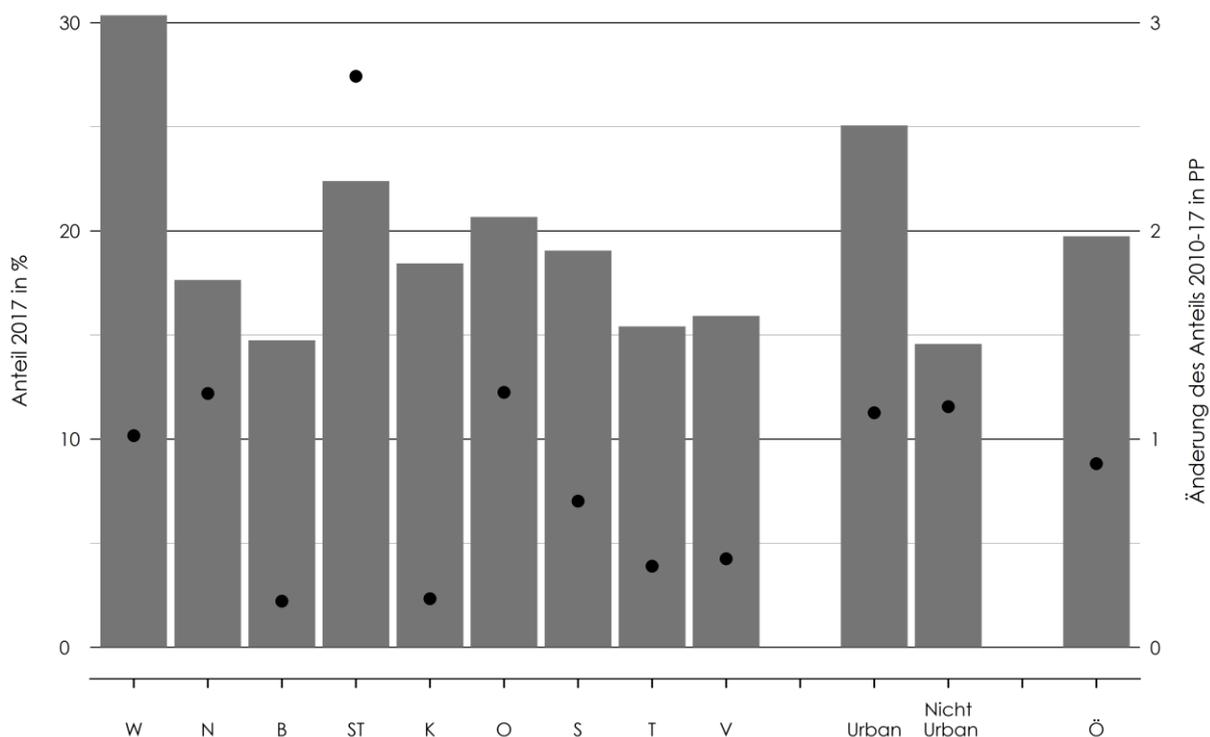


Q: AMS, BMAGSK, WIFO-Berechnungen. – Berücksichtigt werden nur Beschäftigte, welche einem regionalen Arbeitsmarktbezirk zuordenbar sind; berücksichtigte ÖNACE-2-Steller-Wirtschaftsklassen siehe Übersicht A.2.

3.3.4 IKT-Allgemein

Unter den Indikatoren der OECD zu hoch digitalisierten Branchen im weiteren Sinn, soll an dieser Stelle der Indikator "IKT-Allgemein" betrachtet werden, welcher neben dem Beschäftigungsmaß von IKT-Fachkräften auch IKT-Investitionen, -Vorleistungen, -Absatzwege und den Einsatz von Robotern mit einbezieht, und damit eine umfassende Definition der IKT-Intensität von Branchen beinhaltet¹²⁶⁾. Abbildungen zum regionalen Status quo und der Entwicklung hoch digitalisierter Branchen gemäß weiterer OECD-Einzelindikatoren seit 2010 finden sich in Anhang A.3. Wie in Abbildung 3.7 dargestellt, kann 2017 österreichweit etwa jedes fünfte unselbständige Beschäftigungsverhältnis hoch digitalisierten Branchen gemäß OECD zugerechnet werden (19,7%). Dieser Wert schwankt jedoch beträchtlich zwischen urbanen (25,1%) und nicht-urbanen (14,6%) Regionen sowie zwischen den einzelnen Bundesländern. Während in Wien 30,4% der Beschäftigten hoch digitalisierten Branchen zuzuordnen sind, trifft dies im Burgenland nur auf etwa 14,7% der Beschäftigten zu.

Abbildung 3.7: Beschäftigungsanteile allgemein IKT-intensiver Branchen (OECD)
 Balken: Beschäftigungsanteil 2017 (in %); Punkte: Anteilsveränderung 2010-2017 (in %-Punkten)



Q: AMS, BMAGSK, OECD, WIFO-Berechnungen. – Österreich-Wert basierend auf einzelnen Bundesländern zuordenbaren Beschäftigten; Werte für urban und nicht urban basierend auf regionalen Arbeitsmarktbezirken zuordenbaren Beschäftigten; berücksichtigte ÖNACE-2-Steller-Wirtschaftsklassen siehe Übersicht A.2.

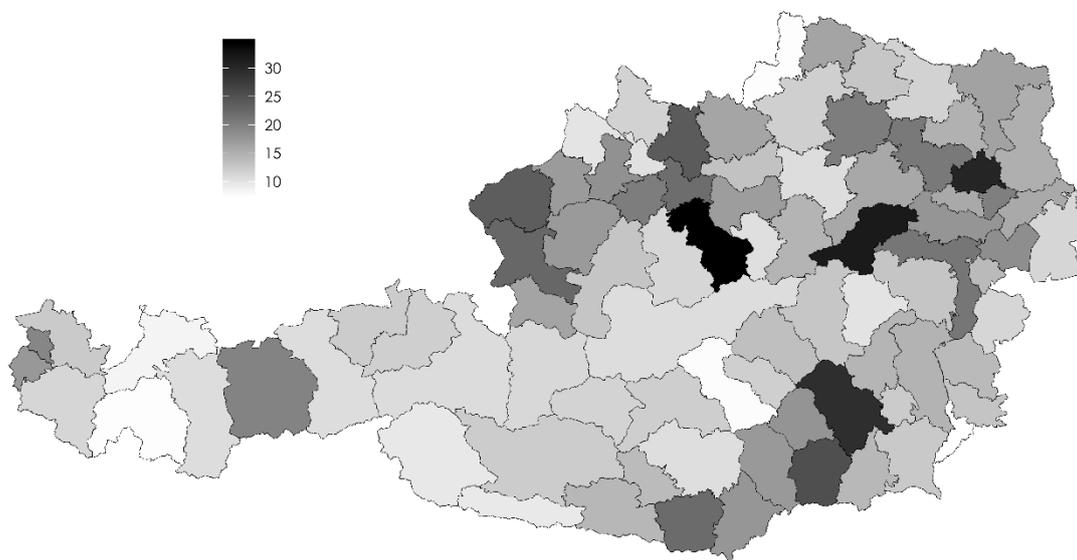
¹²⁶⁾ Für einen Überblick über die inkludierten Branchen siehe Übersicht A.2.

Ähnlich wie bei den IKT-Produzenten und IKT-Fachkräften, stieg auch die Bedeutung hoch digitalisierter Branchen nach OECD-Definition an der Gesamtbeschäftigung seit 2010 in weiten Teilen des Landes. Österreichweit wuchs deren Beschäftigungsanteil zwischen 2010 und 2017 um 0,9 PP. Auf Ebene der einzelnen Bundesländer nahm die Bedeutung insbesondere in der Steiermark stark zu (+2,7 PP), auch in Ober- und Niederösterreich (je +1,2 PP) sowie in Wien (+1,0 PP) lag der Zuwachs über jenem für Österreich insgesamt. Am geringsten fielen die Zuwächse im Burgenland und in Kärnten aus (je +0,2 PP). In absoluten Zahlen nahm die Zahl der Beschäftigten in allen Bundesländern kräftig zu. Mit Ausnahme Kärntens lag der prozentuelle Zuwachs an Beschäftigten in hoch digitalisierten Branchen dabei seit 2010 jeweils im 2-stelligen Bereich und war in den stärker industriell geprägten Bundesländern Steiermark (+25,4%), Vorarlberg (+19,2%), Niederösterreich (+18,8%) und Oberösterreich (+17,4%) am höchsten.

Zwischen unterschiedlichen Regionstypen verteilen sich die Anstiege gleichermaßen auf urbane und nicht-urbane Regionen, statistische Analysen in Abschnitt 1.4 deuten dabei weder auf Konvergenz noch auf Divergenz der räumlichen Bedeutung von hoch digitalisierten Branchen hin. Die höchsten Beschäftigungsanteile hoch digitalisierter Branchen an der Gesamtbeschäftigung eines Arbeitsmarktbezirks wiesen am aktuellen Rand die Bezirke Steyr mit 34,5%, Lilienfeld mit 31,9% und Wien mit 30,5% auf, die geringste Bedeutung hatten diese in den Bezirken Jennersdorf mit 7,4%, Landeck mit 7,6% und Gmünd mit 7,6% Beschäftigungsanteil.

Abbildung 3.8: Beschäftigungsanteile allgemein IKT-intensiver Branchen (OECD) nach Arbeitsmarktbezirken

Anteil 2017 in %



Q: AMS, BMAGSK, OECD, WIFO-Berechnungen. – Berücksichtigt werden nur Beschäftigte, welche einem regionalen Arbeitsmarktbezirk zuordenbar sind; berücksichtigte ÖNACE-2-Steller-Wirtschaftsklassen siehe Übersicht A.2.

3.4 Räumliche Konzentration, Konvergenz oder Divergenz?

In Kapitel 2.3 wurde dargelegt, dass gegenläufige Tendenzen die Entwicklung des Standortmusters hoch digitalisierter Branchen bestimmen. Einerseits können digitale Technologien insbesondere traditionellen Branchengruppen (wie der Sachgütererzeugung) verstärkt Möglichkeiten bieten, urbane Regionen zur Minimierung von Fertigungskosten zu verlassen und verstärkt an nicht-städtische Standorte zu wandern, wenn die Koordinationskosten für Kommunikation, Management und die Steuerung multipler Firmenstandorte durch IKT-basierte Kommunikation sinken. Andererseits bleiben innovations- und technologiebasierte Branchen, die auf den Austausch komplexen Wissens und regelmäßige Face-to-Face-Kommunikation angewiesen sind, weiter in Städten agglomeriert. Dieser Abschnitt widmet sich daher einer kurzen deskriptiven Analyse von langfristigen Veränderungen im Standortmuster hoch digitalisierter Branchen seit dem Jahr 2002, sowohl in Bezug auf die Verteilung von Arbeitsplätzen als auch relativ hinsichtlich der regionalen Spezialisierung in hoch digitalisierte Branchen.

Übersicht 3.2 zeigt die langfristige Entwicklung der räumlichen Verteilung hoch digitalisierter Branchen (gemäß der jeweiligen WIFO- und OECD-Taxonomien) zwischen den Arbeitsmarktbezirken. Zwei Maße werden dabei zur Messung der räumlichen Streuung der Beschäftigung in hoch digitalisierten Branchen herangezogen:

Das obere Panel in Übersicht 3.2 misst die räumliche Konzentration anhand des Herfindahl-Hirschmann-Index (HHI). Dieser summiert die quadrierten Anteile der einzelnen Arbeitsmarktbezirke an der Beschäftigung in hoch digitalisierten Branchen, an der Gesamtbeschäftigung in diesen Branchen in Österreich auf Basis von 81 Arbeitsmarktbezirken. Das Minimum des Index beträgt $1/r$, wobei r die Anzahl der Regionen darstellt. Ein Wert von $1/81 = 0,0123$ würde also einer völligen Gleichverteilung der absoluten Beschäftigung in hoch digitalisierten Branchen in den einzelnen Arbeitsmarktbezirken im Raum entsprechen. Das Maximum des Index beträgt 1. Dieser Wert würde bedeuten, dass sich die gesamte Beschäftigung hoch digitalisierter Branchen gemäß jeweiligem Indikator innerhalb von Österreich auf einen einzigen Arbeitsmarktbezirk beschränkt. HHI ist somit ein Maß für die absolute Konzentration der Beschäftigung in hoch digitalisierten Branchen innerhalb Österreichs.

Das untere Panel beschreibt die Streuung über die Regionen anhand des Variationskoeffizienten (VK). Dieser setzt die Streuung einer Verteilung (Standardabweichung) in Relation zum Mittelwert der Verteilung und bildet somit ein normalisiertes Streuungsmaß, das unabhängig vom absoluten Niveau einer Verteilung ist und somit einen Vergleich der Streuung zwischen Verteilungen mit unterschiedlichen Niveaus ermöglicht. Im konkreten Fall beschreibt VK das Verhältnis zwischen Standardabweichung und Mittelwert des Beschäftigungsanteils hoch digitalisierter Branchen an der Gesamtbeschäftigung eines Arbeitsmarktbezirks über alle Arbeitsmarktbezirke hinweg. $VK = 1$ bedeutet, dass die Standardabweichung dieses Anteils über die Bezirke hinweg gleich hoch ist, wie der durchschnittliche Anteil. Je niedriger VK bei einem gegebenen Mittelwert, umso näher sind die Anteile um diesen Mittelwert herum über die Regionen verteilt. Je höher VK, umso stärker ergibt sich der Durchschnitt über die Regionen aus einer stark polarisierten Verteilung zwischen den Regionen. VK über die regionalen Beschäftigungsanteile misst

somit die relative Konzentration der Beschäftigung in hoch digitalisierten Branchen zwischen den Bezirken und damit, wie stark die Spezialisierung in hoch digitalisierten Branchen im Raum konzentriert ist.

Wie Übersicht 3.2 verdeutlicht, zeigen sowohl der HHI der absoluten Beschäftigung als Maß für absolute Konzentration, als auch der VK der Beschäftigungsanteile als Maß für relative Konzentration im Großen und Ganzen zwei wesentliche Merkmale der räumlichen Verteilung hoch digitalisierte Branchen in Österreich auf: Erstens haben sich die Kennzahlen für die räumliche Verteilung seit 2002 bei fast allen Indikatoren kaum verändert. Zweitens sind die jeweiligen Branchengruppen, bei deutlichen Unterschieden zwischen den Indikatoren, mit Ausnahme der IKT-Produzenten nicht sonderlich stark auf einzelne Arbeitsmarktbezirke konzentriert.

Freilich zeigen genauere Betrachtungen teils heterogene Muster. Während sich die absolute Konzentration (gemessen am HHI der regionalen Beschäftigungsanteile hoch digitalisierter Branchen an der Gesamtbeschäftigung dieser Branchen in Österreich) bei nahezu allen Indikatoren leicht reduzierte, nahm die relative Konzentration (gemessen am Variationskoeffizient der Beschäftigungsanteile der hoch digitalisierten Branchen innerhalb der einzelnen Regionen) bei mehr Indikatoren zu als ab. Das bedeutet also, dass die Anteile der einzelnen Arbeitsmarktbezirke an der österreichweiten Beschäftigung in hoch digitalisierten Branchen insgesamt im Vergleich zu 2002 tendenziell etwas gleichmäßiger verteilt sind. Die Konzentration der regionalen Spezialisierungen in hoch digitalisierten Branchen nahm im Vergleichszeitraum hingegen tendenziell zu, wenngleich in durchwegs geringem Ausmaß.

Übersicht 3.2: Streuungsmaße der räumlichen Verteilung hoch digitalisierter Branchen und deren Entwicklung über die Zeit auf Ebene der Arbeitsmarktbezirke

Jahr	Anteil von				Anteil von Branchen mit hohem Anteil an...			
	IKT-Produzenten	IKT-Intensivnutzern	IKT-Fachkräfte	IKT-Allgemein	IKT-Vorleistungen (Waren)	IKT-Vorleistungen (Dienste)	Einsatz von Robotern	Online-Verkaufserlöse
Herfindahl-Hirschmann-Index (HHI)								
2002	0,28	0,15	0,17	0,16	0,13	0,16	0,05	0,07
2007	0,25	0,15	0,16	0,15	0,13	0,16	0,04	0,06
2012	0,24	0,14	0,15	0,15	0,13	0,16	0,04	0,05
2017	0,22	0,13	0,15	0,15	0,13	0,17	0,03	0,05
Variationskoeffizient (VK)								
2002	1,44	0,61	0,35	0,37	0,28	0,44	0,60	0,37
2007	1,35	0,63	0,34	0,38	0,30	0,44	0,62	0,38
2012	1,15	0,61	0,33	0,35	0,28	0,43	0,64	0,40
2017	1,17	0,63	0,35	0,36	0,31	0,45	0,68	0,43

Q: AMS, BMAGSK, OECD, WIFO-Berechnungen. – Herfindahl-Hirschmann-Index: Summe der quadrierten Anteile einzelner Regionen an der Gesamtbeschäftigung in hoch digitalisierten Branchen gemäß dem jeweiligen Indikator (HHI=0 wenn Gleichverteilung zwischen den Regionen; HH=1 wenn alle Beschäftigten sich auf eine Region konzentrieren). Variationskoeffizient: Standardabweichung dividiert durch Mittelwert.

Am aktuellen Rand am stärksten im Raum konzentriert ist nach Übersicht 3.2 die Gruppe der IKT-produzierenden Branchen, wie bereits in Abschnitt 3.3.1 deutlich wurde. Gerade diese Branchen weisen jedoch in Übersicht 3.2 die am stärksten abnehmende räumlichen Konzentration auf und sind somit aktuell etwas gleichmäßiger im Raum verteilt. Dennoch bleibt die räumliche Konzentration dieser Branchen im Vergleich zu den übrigen Indikatoren zu hoch digitalisierten Branchen relativ hoch.

Ein konsistentes Bild zu Übersicht 3.2 liefert auch die Analyse der Beschäftigungsdynamik hoch digitalisierter Branchen zwischen den Arbeitsmarktbezirken anhand des Konzepts der Beta-Konvergenz (Barro, 1991). Das in ökonomischen Prozessen häufig feststellbare Phänomen der Beta-Konvergenz bedeutet, dass eine ökonomische Größe (wie etwa BIP, Produktivität, Beschäftigung) in Regionen mit niedrigeren Ausgangsniveaus schneller wächst, als in Regionen mit höheren Ausgangsniveaus. Beta-Konvergenz beschreibt folglich Aufholprozesse, die langfristig zu einer Konvergenz der Niveaus einer ökonomischen Größe zwischen Regionen mit unterschiedlichen Ausgangsniveaus führen. Auf den konkreten Anwendungsfall übertragen würde Beta-Konvergenz bedeuten, dass die Beschäftigungsdynamik hoch digitalisierter Branchen in Regionen mit niedrigeren Anteilen an diesen Branchen stärker ist als in Regionen mit höheren Anteilen.

In der Analyse zur Beta-Konvergenz wird für jeden der angeführten Digitalisierungsindikatoren (y) das folgende ökonometrische Modell geschätzt:

$$\text{Gleichung 3.1} \quad \Delta \mathbf{y}_{2010-2017} = \alpha + \mathbf{y}_{2010} \beta + \boldsymbol{\varepsilon}.$$

Die abhängige, zu erklärende Variable $\Delta \mathbf{y}$ ist ein N -dimensionaler Vektor, der die Veränderung der Variablen in den $N = 81$ Arbeitsmarktbezirken zwischen 2010 und 2017 abbildet. Diese Variable wird auf den Wert der abhängigen Variablen im Ausgangsjahr 2010 regressiert, der im Vektor \mathbf{y} abgebildet ist. β bildet den zu schätzenden Konvergenzterm (daher "Beta-Konvergenz") und Vektor $\boldsymbol{\varepsilon}$ enthält eine unabhängig und identisch verteilte Zufallsvariable (Störterm) mit Erwartungswert null.

Wie in Übersicht 3.3 dargestellt, wird $\Delta \mathbf{y}$ bzw. \mathbf{y} auf zwei Arten gebildet. Im ersten Fall beschreibt \mathbf{y} die absolute Zahl an Beschäftigten in hoch digitalisierten Branchen (gemäß dem jeweiligen Indikator) je Region und $\Delta \mathbf{y}$ deren prozentuelle Veränderung zwischen 2010 und 2017. Im zweiten Fall ist \mathbf{y} der Anteil der Beschäftigten in hoch digitalisierten Branchen an der Gesamtbeschäftigung einer Region und $\Delta \mathbf{y}$ die Veränderung dieses Anteils zwischen 2010 und 2017 in Prozentpunkten. Jeder der in Übersicht 3.3 dargestellten Koeffizienten stammt dabei aus einer eigenen Schätzgleichung gemäß Gleichung 3.1.

Der Konvergenzterm β misst nun ob bzw. in welchem Ausmaß das Wachstum (des Anteils) der Beschäftigten in hoch digitalisierten Branchen vom Ausgangsniveau 2010 bzw. vom Beschäftigungsanteil im Ausgangsjahr 2010 abhängt. Ein negativer Koeffizient für β bedeutet, dass die Beschäftigung in hoch digitalisierten Branchen im Durchschnitt zwischen 2010 und 2017 schnell wuchs, je niedriger die Beschäftigung in hoch digitalisierten Branchen in einer Region im Ausgangsniveau 2010 war. Eine solche Entwicklung bedingt eine langfristig konvergierende

Beschäftigung hoch digitalisierter Branchen im Raum. Gleiches gilt für die Analyse von Beschäftigungsanteilen. Ein positives Vorzeichen des Schätzkoeffizienten für β bedeutet hingegen Divergenz, also dass die Beschäftigung bzw. der Anteil an hoch digitalisierten Branchen im Durchschnitt in jenen Regionen stärker zunahm, in denen diese(r) bereits im Ausgangszeitpunkt 2010 höher war.

Bei der Entwicklung der absoluten Beschäftigung zeigen unter 8 Indikatoren jeweils 4 Indikatoren Konvergenz- bzw. Divergenz-Tendenzen zwischen den Regionen. Als statistisch signifikant erweist sich die Konvergenz bzw. Divergenz allerdings für keinen einzigen Indikator. Bei den Beschäftigungsanteilen der hoch digitalisierten Branchen innerhalb einer Region – als Maß für die regionale Spezialisierung in digitalisierungsaffine Branchen – weisen nur 3 Indikatoren Konvergenztendenzen auf, während 5 Indikatoren eher auf Divergenz der Spezialisierung in hoch digitalisierte Branchen hindeuten. Statistisch signifikant erweist sich dabei jedoch nur die Divergenz im geschätzten Anteil der IKT-Fachkräfte an der Gesamtbeschäftigung einer Region. Letzteres bedeutet also, dass sich Standortvorteile (d. h. 2010 bereits höhere Beschäftigungsanteile) für die Beschäftigung von IKT-Fachkräften zwischen den Regionen seit 2010 weiter verfestigt haben und die regionale Bedeutung von IKT-Fachkräften zwischen den Regionen weiter auseinanderdriftet. Bei allen anderen Indikatoren zeichnen sich hingegen weder Beta-Konvergenz- noch -Divergenzprozesse zwischen den Regionen ab.

Übersicht 3.3: Räumliche Konvergenz von Beschäftigung in hoch digitalisierten Branchen?

Digitalisierungsindikator	β -Konvergenz 2010-2017	
	Beschäftigung absolut	Beschäftigungsanteil
IKT-Produzenten	-0,0194 (0,0294)	0,129 (0,0880)
IKT-Heavy-User	-0,00519 (0,0183)	-0,0177 (0,0907)
IKT-Fachkräfte	0,0185 (0,0113)	0,131*** (0,0391)
IKT-Allgemein	-0,00437 (0,0105)	-0,0998 (0,0959)
IKT-Vorleistungen (Waren)	-0,00718 (0,0150)	0,0106 (0,0685)
IKT-Vorleistungen (Dienste)	0,0113 (0,0102)	-0,0374 (0,0416)
Einsatz von Robotern	0,0291 (0,0216)	0,0317 (0,0763)
Online-Verkaufserlöse	0,00139 (0,0207)	0,0627 (0,0474)

Q: *** (**) [*] ... 99% (95%) [90%] Signifikanzniveau; Standardfehler in Klammern; Basierend auf 81 Arbeitsmarktbezirken; Die einzelnen Schätzkoeffizienten basieren auf jeweils eigenen Regressionen zu bedingungsloser β -Konvergenz: Veränderungen in Beschäftigung bzw. Beschäftigungsanteil hoch digitalisierter Branchen zwischen 2010 und 2016 gemäß angeführtem Digitalisierungsindikator, regressiert auf Beschäftigung bzw. Beschäftigungsanteil der hoch digitalisierten Branchen gemäß angeführtem Digitalisierungsindikator im Jahr 2010.

3.5 Zwischenfazit

Neue Branchentaxonomien des WIFO und der OECD erlauben disaggregierte Betrachtungen der regionalen Wirtschaftsstruktur in Hinblick auf ihren Digitalisierungsgrad aus unterschiedlichen Blickwinkeln der Digitalisierung (IKT-Produktion, IKT-Nutzung, IKT-Fachkräfte, Einsatz von Robotern, IKT-Vorleistungen, IKT-Vertriebskanäle, IKT-Allgemein). Die Analysen dieses Abschnitts haben eine Reihe von wesentlichen Erkenntnissen zum regionalen Status quo und der Entwicklung hoch digitalisierter Branchen aus den unterschiedlichen Blickwinkeln zutage gebracht:

IKT-produzierende Branchen und intensiv IKT-nutzende Branchen im Dienstleistungssektor konzentrieren sich vorwiegend in urbanen Räumen, während die entsprechenden Branchen im sekundären Sektor stark auf einzelne, meist zentrumsnahe Industrieregionen konzentrieren. Stärker als das Standortgefälle zwischen den einzelnen Bundesländern (ohne Wien) in Bezug auf die regionale Spezialisierung in hoch digitalisierte Branchen ist daher das Gefälle innerhalb der einzelnen Bundesländer. Laut OECD-Branchentaxonomie zur Digitalisierung im weiteren Sinn, sind in Österreich etwa 20% der unselbständig Beschäftigten hoch digitalisierten Branchen zuzuordnen, wobei der Anteil in urbanen Regionen mit 25% deutlich höher ist, als in nicht-urbanen (d. h. industriell oder ländlich geprägten) Regionen (15%) und zwischen den einzelnen Bundesländern – mit Ausnahme Wiens (Anteil ca. 30%).

Hoch digitalisierte Branchen haben seit 2010 im ganzen Land stark an Bedeutung gewonnen. So ist die Beschäftigung in allgemein hoch digitalisierten Branchen sowohl in absoluten Zahlen in allen Bundesländern gewachsen, als auch anteilig an der Gesamtbeschäftigung. Insbesondere in Branchen, welche IKT produzieren hat die Beschäftigung sowohl absolut als auch relativ stark zugelegt. Auch der Anteil an IKT-Fachkräften an der Gesamtbeschäftigung ist in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Weniger dynamisch, wenngleich in den meisten Bundesländern dennoch positiv, entwickelte sich innerhalb der hoch digitalisierten Branchen die Beschäftigung in jenen Wirtschaftszweigen, welche nicht selbst IKT produzieren, sondern IKT intensiv einsetzen. Insgesamt zeigt sich durch das verhaltene Beschäftigungswachstum in diesen Branchen jedoch für Österreich insgesamt sowie für alle Bundesländer außer Niederösterreich und die Steiermark ein Rückgang des Beschäftigungsanteils dieser Branchen an der Gesamtbeschäftigung.

In Bezug auf Veränderungen über die Zeit ist festzustellen, dass sich auf Ebene der Arbeitsmarktbezirke kaum Änderungen im Standortgefälle abzeichnen. Für hoch digitalisierte Branchen sind unabhängig vom gewählten Indikator zur Messung des Digitalisierungsgrades weder in absoluten Beschäftigtenzahlen noch in Bezug auf die regionale Spezialisierung (De-)Konzentrations-tendenzen in der Vergangenheit ablesbar. Statistische Analysen deuten in Summe weder auf eine stärkere räumliche Konzentration hoch digitalisierter Branchen hin, noch auf eine zunehmende Gleichverteilung im Raum. Einzig bei der Beschäftigung von IKT-Fachkräften insgesamt (unabhängig von deren Branche) zeigt sich eine statistische Divergenz zugunsten urbaner Regionen.

Insgesamt zeigen die Befunde dieses Kapitels, dass die Beschäftigung in hoch digitalisierten Branchen insgesamt stärker gewachsen ist, als die Gesamtbeschäftigung. Die Beschäftigungseffekte der steigenden Nachfrage nach in hoch digitalisierten Wirtschaftsbereichen produzierten Sachgütern und Dienstleistungen überwiegt damit die potenziell arbeitssparenden Elemente der Digitalisierung in diesen Branchen selbst. Welche – direkten plus indirekten – Nettoeffekte für das regionale Beschäftigungswachstum aus der stärkeren Digitalisierung der Wirtschaft vor Ort resultieren, kann in dieser Analyse jedoch nicht geklärt werden. Dies ist Gegenstand des folgenden Kapitels.

Als einschränkend gilt bei der Interpretation der Resultate natürlich, dass es sich bei den WIFO- bzw. OECD-Taxonomien um Momentaufnahmen handelt. Die Zusammensetzung der jeweiligen Gruppen an hoch digitalisierter Branchen ändert sich mittel- bis langfristig mit der voranschreitenden Technologie-Diffusion (etwa zunehmende Durchdringung von bislang humankapitalintensiven Dienstleistungen mit digitalen Technologien) und dem Strukturwandel innerhalb von Branchen (etwa bei Verschiebungen der Produktionsschwerpunkte von Niedrig- zu Hoch-Technologie). Eine Extrapolation der Ergebnisse auf künftige Entwicklungen ist daher nur bedingt möglich.

4. Der Einfluss des Digitalisierungsgrades auf die lokale Beschäftigungsentwicklung

4.1 Einleitung

Das Literaturstudium in Kapitel 2 hat sich intensiv mit der Frage nach den Beschäftigungswirkungen der Digitalisierung und möglichen unterschiedlichen Effekten für städtische und ländliche Regionen beschäftigt. Die empirische Evidenz der internationalen Literatur spricht deutlich für signifikante Einflüsse digitaler Technologien auf Produktivität und Wachstum, wobei auch sichtbar wurde, dass die meist positiven Effekte sektoral und regional nicht gleichförmig sein müssen. Damit sind die regionalen Beschäftigungseffekte vorab nicht klar vorhersehbar, weil digitale Technologien jedenfalls positive Nachfrageeffekte auslösen, die Produktivitätssteigerungen aber auch arbeitssparend sein können. Die Richtung der Gesamtwirkung dieser gegenläufigen Effekte ist damit theoretisch nicht bestimmbar, auch einzelne partielle Effekte sind empirisch kaum identifizierbar. Der Nettoeffekt wird jedoch in der Beschäftigungsentwicklung sichtbar, wenn diese Veränderungen im Digitalisierungsgrad der Wirtschaft gegenübergestellt werden.

Das vorliegende Kapitel verfolgt daher das Ziel, im Rahmen einer ökonometrischen Analyse diesen Nettoeffekt des verstärkten Einsatzes digitaler Technologien für die Beschäftigungsentwicklung in Österreich und seinen Regionen zu identifizieren. Die Analyse-Ebene bilden dabei die Arbeitsmarktbezirke. Diese räumliche Ebene erlaubt einerseits eine Differenzierung nach urbanen und nicht-urbanen Regionen, welche auf höherer Ebene (z. B. Bundesländer) nicht möglich wäre. Andererseits sind die sektoralen Beschäftigungsdaten auf dieser Ebene detailliert genug, um die im vorigen Kapitel dargestellten Indikatoren zum Digitalisierungsgrad der Wirtschaft anwenden zu können. Bei einer noch tieferen räumlichen Gliederung (Gemeinden) würde es hingegen an sektoralen Beschäftigungsdaten in diesem Detailgrad fehlen.

Der folgende Abschnitt 4.2. beschreibt die methodische Herangehensweise und das zugrundeliegende ökonometrische Modell. Abschnitt 4.3. präsentiert die Datenbasis und die im Modell verwendeten Variablen. Die Ergebnisse zu dieser empirischen Untersuchung werden in Abschnitt 4.4. vorgestellt. Abschnitt 4.5. fasst das Kapitel zusammen.

4.2 Methodische Beschreibung

Für die Identifikation möglicher (und daher zu testender) Effekte der Digitalisierung der Wirtschaft auf das Beschäftigungswachstum in Österreich insgesamt, in städtischen und nicht-städtischen Regionen sowie in den einzelnen Bundesländern wird auf eine ökonometrische Panelanalyse auf kleinräumiger regionaler Ebene (konkret auf jener der Arbeitsmarktbezirke) zurückgegriffen. Vorteil einer ökonometrischen Bearbeitung ist dabei, dass auf diese Weise die jeweiligen (individuellen) Einflüsse möglicher konkurrierender Erklärungsfaktoren auf die Beschäftigungsentwicklung einer Region abgegrenzt werden können. Die Identifikation der Effekte wird durch die Variation der Daten über die einzelnen Regionen und im Zeitablauf er-

reicht. Ein Nachteil kann jedoch darin liegen, dass datenbedingt auf kleinräumiger regionaler Ebene nicht alle möglichen Einflussfaktoren abgebildet werden können, was Verzerrungen in den Schätzergebnissen ("omitted variable bias") hervorrufen kann. Auf die Verwendung einer Schätzmethodik, die solche möglichen Probleme aufgreift, gilt es demnach ein entsprechendes Augenmerk zu legen.

Methodisch folgt unsere Analyse im Grundsatz der in der Literatur üblichen Vorgangsweise, Unterschiede in der Beschäftigung auf regionaler Ebene durch eine Reihe von exogenen Variablen im Rahmen einer Regressionsanalyse zu erklären. Konkret schätzen wir in einem Panel von t Perioden die Regressionsgleichung

$$\text{Gleichung 4.1} \quad Y_t = D_t\alpha + X_t\beta + R\gamma + I_t\delta + \epsilon_t.$$

Hier bildet Y_t (als zu erklärende Variable) den N -dimensionalen Vektor der jeweiligen Anzahl an Beschäftigten in den N berücksichtigten Regionen in Periode t . D_t bildet den Vektor mit den Beschäftigungsanteilen hoch digitalisierter Branchen an der Gesamtbeschäftigung der N Regionen in Periode t ab, wobei in der Analyse eine Reihe von unterschiedlichen Taxonomien für hoch digitalisierte Branchen zur Anwendung kommen (siehe Kapitel 3). Dieser Variablen gilt das Hauptaugenmerk der Analyse. α ist der Koeffizient, der den Einfluss dieser Variable auf die Beschäftigung als abhängige Variable misst. X_t bildet eine Matrix mit einer Reihe von Kontrollvariablen ab, die einen Einfluss auf das Beschäftigungsniveau in Periode t haben können. Diese Variablen werden in Abschnitt 4.3 im Detail dargestellt. β ist der Vektor, der die zu schätzenden Koeffizienten für die (erklärenden) Variablen in X beinhaltet. Matrix R beinhaltet (binäre) Dummy-Variablen für die einzelnen Regionen, womit γ den Vektor der geschätzten regionalen fixen Effekte abbildet. I ist ein Einheitsvektor für die Periode t und Skalar δ repräsentiert den korrespondierenden zeitfixen Effekt für diese Periode. ϵ_t ist letztlich der Vektor der Störterme (Residuen) für Periode t , die Heteroskedastizität aufweisen dürfen.

Der Einschluss von "zeitfixen Effekten" fängt generelle, konjunkturbedingte Trends in der Beschäftigungsentwicklung im Zeitablauf ein, die von den jeweiligen regionalen Gegebenheiten unabhängig sind. Analog kontrollieren die "regionalen fixen Effekte" für (zeitunabhängige) Spezifika im Beschäftigungsniveau der jeweiligen Regionen, die über die vorhandenen erklärenden Variablen nicht abgebildet werden (können). Damit können Verzerrungen in den Schätzergebnissen aus dem Fehlen relevanter Erklärungsfaktoren in der Schätzgleichung ("omitted variable bias") vermieden werden.

Die Aufnahme von regionalen fixen Effekten bewirkt, dass nur erklärende Variablen berücksichtigt werden können, welche sich innerhalb einer Region über den beobachteten Zeitraum verändern. Zeitinvariante Indikatoren – wie etwa die Geographie (Lage, Fläche) einer Region – welche das Beschäftigungsniveau beeinflussen können, bleiben innerhalb einer Region konstant. Die möglichen Effekte dieser zeitinvarianten Einflussgrößen auf das absolute Beschäftigungsniveau einer Region werden allerdings in den regionalen fixen Effekt berücksichtigt.

Zur Berücksichtigung von Spillovers, die aus der räumlichen Nähe zu benachbarten Regionen entstehen können, wird Gleichung 4.1 in einigen Spezifikationen durch die Inklusion der

räumlich verzögerten erklärenden Variablen (WD_t bzw. WX_t) erweitert. W bildet dabei eine räumliche Gewichtungsmatrix der Dimension $N \times N$. Das Matrix-Element $w_{ij} > 1/d_{ij}$ wenn Region j ein relevanter Nachbar der Region i ist und $w_{ij} = 0$ andernfalls, wobei d_{ij} die euklidische Distanz zwischen den beiden geographischen Schwerpunkt der Regionen i und j darstellt. Als "relevante" Nachbarregionen gelten im konkreten Modell all jene Regionen, deren geographischer Mittelpunkt innerhalb eines Radius von 50 Kilometern liegt.¹²⁷⁾ WD_t bzw. WX_t bilden somit die mit der geographischen Entfernung gewichteten Durchschnitte der Werte benachbarter Regionen in den Variablen in D_t bzw. X_t und fangen somit den Effekt von Veränderungen in den Nachbarregionen ein, die die Beschäftigungsentwicklung einer Region beeinflussen können.

Um auf mögliche heterogene Beschäftigungseffekte der Digitalisierung in unterschiedlichen Typen von Regionen (konkret urbane und nicht-urbane Regionen) testen zu können, wird das Modell in Gleichung 4.1 in weiterer Folge wie folgt um regionale Regimes erweitert:

$$\text{Gleichung 4.2} \quad Y_t = S D_t \alpha_S + (I - S) D_t \alpha_L + X_t \beta + R \gamma + I_t \delta + \epsilon_t.$$

Hier bildet Variable S einen Vektor mit einer binären Variable, wobei $S_i = 1$ wenn es sich bei Region i um einen urbanen Arbeitsmarktbezirk gemäß WIFO-Regionstypologie (Palme, 1995) handelt bzw. $S_i = 0$, wenn i eine nicht-urbane (d. h. industriell oder ländlich geprägte) Region gemäß Palme (1995) ist. Folglich misst α_S den Beschäftigungseffekt des regionalen Digitalisierungsgrades der Wirtschaft in urbanen Regionen und α_L jenen in nicht-urbanen (d. h. industriell und ländlich geprägten) Regionen.

Analog zu Gleichung 4.2 lässt Gleichung 4.3 Unterschiede in den Effekten für die einzelnen Bundesländer zu:

$$\text{Gleichung 4.3} \quad Y_t = \sum_{b=1}^9 D_{b,t} \alpha_b + X_t \beta + R \gamma + I_t \delta + \epsilon_t,$$

wobei $D_{b,t}$ den Beschäftigungsanteil hoch digitalisierter Branchen an der Gesamtbeschäftigung in einer Region für das Bundesland b beinhaltet (und $D_{b,t} = 0$ wenn es sich um eine Region außerhalb des Bundeslandes b handelt). α_b misst folglich den Beschäftigungseffekt des Digitalisierungsgrades der lokalen Wirtschaft auf die lokale Beschäftigung in den Arbeitsmarktbezirken des Bundeslandes b .

4.3 Datenbasis und verwendete Variablen

Als Datengrundlage für unsere empirische Analyse greifen wir auf das Erwerbskarrierenmonitoring (Arbeitsmarktdatenbank – AMDB) von AMS und BMASK zurück, eine umfassende Arbeitsmarkt-Datenbasis auf Ebene der österreichischen Arbeitsmarktbezirke, die in der jüngeren Vergangenheit bereits in einer Reihe von WIFO Studien (Firgo – Mayerhofer, 2015, 2016; Peneder et al., 2016) zur Anwendung kam. Über die kleinräumige Analyseebene der Arbeitsmarktbezirke

¹²⁷⁾ Im Rahmen der Analyse wurden auch weitere Arten von Nachbarschaft für die Spezifikation der räumlichen Gewichtungsmatrix W getestet. Konkret wurde i) mit einem weiteren Radius (100 Kilometer), ii) mit allen angrenzenden Regionen, iii) mit den 10 nächsten Regionen als relevante Nachbarn gerechnet. Während alle Spezifikationen robuste Ergebnisse in Bezug auf die Kernvariablen lieferten, erwies sich die Prognosegüte des Modells bei der Verwendung eines Nachbarschaftsradius von 50 Kilometern am höchsten.

ermöglicht diese Datenbasis empirische Untersuchungen für eine vergleichsweise große Anzahl von Regionen im Querschnitt¹²⁸⁾, bietet darüber hinaus aber auch den großen Vorteil einer sektoralen Beschäftigungsklassifikation auf niedriger Aggregationsebene (ÖNACE-4-Steller) über einen längeren Zeitraum (prinzipiell ab dem Jahr 2000¹²⁹⁾.

Im konkreten Fall wurde der Zeitraum 2010 bis 2017 für die ökonometrische Analyse gewählt. Ein früherer Beginn würde einerseits aufgrund leicht veränderter statistischer Erhebungen im Datensatz in früheren Jahren (für Details siehe etwa *Firgo – Mayerhofer, 2015*) bei Verwendung einer jährlichen Panelschätzung die Ergebnisse möglicherweise verzerren. Andererseits wird durch den gewählten Analysezeitraum explizit nur die Periode nach der Wirtschaftskrise 2009 analysiert. Zudem basieren die Taxonomien zur Bestimmung des Digitalisierungsgrades der regionalen Wirtschaft auf Technologien der jüngsten Vergangenheit (WIFO-Taxonomie für den Zeitraum seit 2011; OECD Taxonomien für die Jahre 2013-2015). Ein zu langer Analysezeitraum würde somit in den einzelnen Branchen auch für weiter zurückliegende Jahre den heutigen Technologiegrad unterstellen.

Wie Abbildung 4.1 verdeutlicht, ist die Beschäftigung im Analysezeitraum 2010-2017 in nahezu allen Arbeitsmarktbezirken gewachsen. Die höchste Beschäftigungsausweitung gab es mit 33,7% im Bezirk Neusiedl am See.¹³⁰⁾ Die größten Zuwächse verzeichneten zudem Ried im Innkreis (+26,5%) und Braunau (+21,1%). In 73 von 81 berücksichtigten Arbeitsmarktbezirken nahm die Beschäftigung im Beobachtungszeitraum zu. Unter den 8 Bezirken mit rückläufigen Beschäftigungszahlen war der Rückgang in den steirischen Bezirken Judenburg (-2,4%), Voitsberg

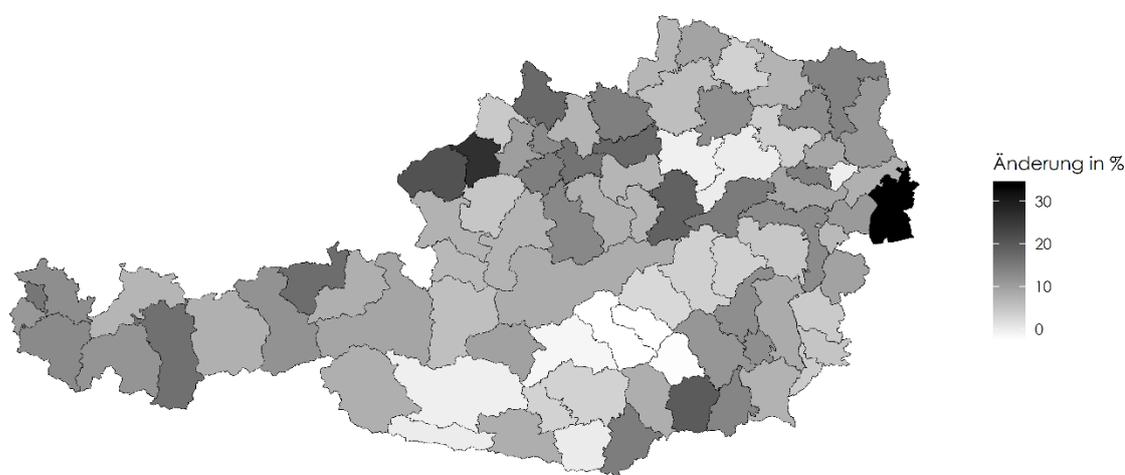
¹²⁸⁾ Die Gliederung nach regionalen Arbeitsmarktbezirken (99) ist mit jener der politischen Bezirke nicht vollständig deckungsgleich. Sie spiegelt den Zuständigkeitsbereich der regionalen Geschäftsstellen des AMS, der sich entweder aus ganzen politischen Bezirken bzw. aus Gerichtsbezirken oder nur aus einzelnen Gemeinden zusammensetzt, wider. Kernstädte bilden in einigen Fällen zusammen mit ihren Umlandbezirken einen Arbeitsmarktbezirk. Insgesamt finden sich in Österreich 99 Geschäftsstellen des AMS. Werden die 14 Geschäftsstellen in Wien zu einem Bezirk zusammengefasst, verbleiben insgesamt 85 Arbeitsmarktbezirke. Um eine möglichst hohe Konsistenz der Analyseebene mit jener der politischen Bezirke zu erreichen und, da in einigen Spezifikationen auch Variablen getestet wurden, die lediglich für die Ebene der politischen Bezirke vorliegen, wurden jene Arbeitsmarktbezirke, die innerhalb eines politischen Bezirks angesiedelt sind, summiert, sodass sie mit den jeweiligen Gebietsausdehnungen der politischen Bezirke übereinstimmen. Dies führte dazu, dass die Analyse letzten Endes auf Basis von 81 (teils zusammengefassten) Bezirken durchgeführt wird.

¹²⁹⁾ Damit können auf Basis dieser Daten Regressionsanalysen auch über den, durch die Umstellung der Branchenomenklatur ÖNACE im Jahr 2008 auftretenden, statistischen Bruch auf sektoraler Ebene zwischen den Jahren 2007 und 2008 hinweg durchgeführt werden. Dies ist möglich, da im Rahmen der Arbeit von AMS und BMASK am Erwerbskarrierenmonitoring individuelle Sozialversicherungsinformationen in beiden Branchenklassifikationen erfasst wurden. Dies lässt eine konsistente Rückrechnung der Individualdaten des Hauptverbandes in neuer Branchengliederung bis zur Jahrtausendwende zu. Eine geringe Anzahl an Wirtschaftszweigen, für die die überwiegende Mehrheit der österreichweit Beschäftigten aus sozialversicherungsrechtlichen Gründen im Datensatz überregional aufscheint und nicht regionalen Arbeitsmarktbezirken zugeteilt werden kann, wurde aus den Analysen dieses Kapitels ausgeschlossen, um statistische Verzerrungen zu vermeiden. Dies betrifft die Beschäftigten der ÖNACE-2-Steller 84 (Öffentliche Verwaltung), 85 (Erziehung und Unterricht), 86-88 (Gesundheits- und Sozialwesen), sowie die ÖNACE-4-Steller 53.10 (Postdienste), 64.11 (Zentralbanken) und 90.02 (Dienstleistungen für darstellende Kunst). Aus diesem Grund können die angeführten Zahlen zum Beschäftigungswachstum von jenen der amtlichen Statistik abweichen.

¹³⁰⁾ Berücksichtigt wurde dabei ein Sondereffekt im Bezirk Neusiedl am See. Aufgrund einer geänderten Zuordnung von ÖBB-Bediensteten kamen in diesem Bezirk ab 2016 etwa 5.400 Beschäftigte hinzu, die für die Berechnung des ausgewiesenen Wachstums abgezogen wurden. Um Verzerrungen in der statistischen Analyse zu vermeiden, wird der Bezirk Neusiedl am See in den Regressionen dieses Kapitels nur bis zum Jahr 2015 berücksichtigt.

(–2,2%) und Murau (–1,2%) am größten. Im Durchschnitt über alle Arbeitsmarktbezirke nahm die Beschäftigung um 9,1% zu. In der Gruppe der 20 urbanen Bezirke war der Zuwachs im Durchschnitt mit +8,6% etwas niedriger als in nicht-urbanen Bezirken (+9,2%), wobei 18 der 20 urbanen und 55 von 61 der nicht-urbanen Bezirke Beschäftigungszuwächse verzeichneten.

Abbildung 4.1: Beschäftigungsentwicklung im Untersuchungszeitraum
Veränderung der Zahl der Beschäftigungsverhältnisse 2010 -2017 in %



Q: AMS, BMAGSK, WIFO-Berechnungen. – Berücksichtigt werden nur Beschäftigte, welche einem regionalen Arbeitsmarktbezirk zuordenbar sind.

Die genannte Datenbasis liegt sowohl der zu erklärenden (abhängigen) Variablen zur Beschäftigung auf (klein-)regionaler Ebene als auch den verwendeten erklärenden Variablen (siehe in diesem Abschnitt weiter unten) zugrunde. Damit stammen alle Daten unserer empirischen Anwendungen aus einer einzigen, in sich konsistenten (administrativen) Vollerhebung, was methodisch als erheblicher Vorteil zu werten ist. Das Hauptaugenmerk der Analyse liegt einerseits auf der Entwicklung des regionalen Beschäftigungsniveaus als abhängige Variable, andererseits auf dem Einfluss der Digitalisierung der lokalen Wirtschaft auf ebendiese Entwicklung. Neben einer Reihe von Kontrollvariablen, die im Anschluss weiter unten beschrieben werden, gilt das vorwiegende Interesse somit den folgenden Variablen:

- *Beschäftigungsanteil IKT-intensiver Sektoren*: Diese Variable misst den Einfluss der IKT-Intensität der regionalen Wirtschaft als den Anteil jener Sektoren an der Gesamtbeschäftigung eines Bezirks, die gemäß der einzelnen in Abschnitt 3.2 beschrieben und in

Abschnitt 3.3 deskriptiv ausgewerteten Branchentaxonomien von WIFO und OECD einen hohen Digitalisierungsgrad aufweisen. Dabei wird in den unterschiedlichen Modellspezifikationen jeweils nur einer der acht beschriebenen Indikatoren zur lokalen IKT-Intensität der Wirtschaft in die Schätzgleichung inkludiert.

Neben diesen unterschiedlichen Ausprägungen der Schlüsselvariablen, denen das inhaltliche Interesse gilt, werden eine Reihe von weiteren (Kontroll-)Variablen verwendet, die die regionale Beschäftigung bzw. deren Entwicklung beeinflussen können und deshalb in die Schätzungen aufgenommen werden sollten:

- *Bildungsniveau* Der Anteil der gering qualifizierten Beschäftigten (höchstens Pflichtschulabschluss) an der Gesamtbeschäftigung einer Region misst Aspekte des Einflusses des verfügbaren Humankapitals auf die regionale Beschäftigung. Dies ist insbesondere in Anbetracht der erheblichen Unterschiede in den Beschäftigungsperspektiven unterschiedlicher Bildungsschichten in hoch digitalisierten Branchen von Bedeutung. Um zu testen, ob nicht nur die Beschäftigungsentwicklung, sondern auch der Effekt eines höheren Digitalisierungsgrades der lokalen Wirtschaft von der Humankapitalstruktur der Beschäftigten abhängt, wird der Anteil der gering Qualifizierten in einigen Spezifikationen mit dem Anteil der in hoch digitalisierten Branchen beschäftigten Personen interagiert. Ein negativer Schätzkoeffizient für diesen Interaktionsterm würde einen Skill-Bias zulasten Niedrigqualifizierter belegen (siehe Kapitel 2.2.2). Um die Polarisierungshypothese (mit Nachteilen für Beschäftigte in mittleren Qualifizierungsniveaus) zu testen, wurde zusätzlich dazu auch der Anteil der Beschäftigten mit tertiärem Bildungsabschluss in einige Schätzungen inkludiert und mit dem Anteil hoch digitalisierter Branchen interagiert.
- *Beschäftigungsanteil sekundärer Sektor*: Diese Variable kontrolliert für Einflüsse auf die Beschäftigung, die auf Verschiebungen in den strukturellen Schwerpunkten (Industrie, Dienstleistungen) in den Arbeitsmarktbezirken zurückzuführen sind.
- *Lohnniveau*: Die durchschnittliche Bemessungsgrundlage zur Sozialversicherung auf Basis der Daten des Erwerbskarrierenmonitoring fließt – nach Kontrolle für die regionale Qualifikationsstruktur (siehe oben) – einerseits als Kontrollvariable für Unterschiede in den allgemeinen Arbeitskosten in Österreichs Raumstruktur in die Analyse mit ein, beinhaltet aber unter Kontrolle von Bildungsniveau und Wirtschaftsstruktur auch Informationen über die Produktivität einer Region sowie über die Knappheit im Arbeitskräfteangebot.
- *Anteil Großbetriebe*: Um die Größenstruktur der ansässigen Betriebe zu berücksichtigen, wird der Anteil der Betriebe mit 250 und mehr Beschäftigten an der Gesamtzahl der Betriebe eines Arbeitsmarktbezirks berücksichtigt. Diese Variable kontrolliert für mögliche Einflüsse auf die Zahl der Beschäftigten, die sich aus systematischen Unterschieden in der Unternehmensdemographie bzw. Unternehmensstruktur ergeben können. Diese Variable kontrolliert ebenso für einen Portfolioeffekt als Risikoausgleich bei asymmetrischen Schocks. Je mehr sich die Zahl der Betriebe einer Region auf wenige große Betriebe konzentriert, umso stärker hängt die Gesamtentwicklung der regionalen Beschäftigung von der wirtschaftlichen Entwicklung weniger Betriebe bzw. Unternehmen ab.

- *Räumliche Spillover-Effekte*: Um möglichen räumlichen Interdependenzen in den modellierten regionalen Beschäftigungszahlen Rechnung zu tragen, gehen – wie in Abschnitt 4.2 beschrieben – in einigen Spezifikationen die räumlich verzögerten erklärenden Variablen, d. h. die in den vorangegangenen Absätzen beschriebenen Variablen, als räumlich gewichtete Durchschnitte der Nachbarregionen in die Schätzungen mit ein.
- *Fixe Effekte*: Um den Erklärungsgehalt des zu schätzenden Modells weiter zu verbessern, kann die Liste der erklärenden Variablen mit sogenannten fixen Effekten erweitert werden. Besonders relevant erscheint diesbezüglich eine Berücksichtigung regionsspezifischer Unterschiede (bezirksfixe Effekte), die die Beschäftigung innerhalb eines Arbeitsmarktbezirks erheblich beeinflussen können (Größe, geographische Lage), jedoch nicht durch die oben dargestellten, ins Modell einbezogenen Eigenschaften eines Bezirks begründet werden. Dies bedeutet, dass das oben skizzierte Modell regional unterschiedliche Konstanten (fixe Effekte) für unterschiedliche Arbeitsmarktbezirke zulässt und damit für die große Heterogenität in Bezug auf das Beschäftigungsniveau zwischen den einzelnen Bezirken kontrolliert. Zeitfixe Effekte wiederum kontrollieren für allgemeine Trends in der Beschäftigungsentwicklung, die alle Regionen gleichermaßen erfassen und nicht auf die Charakteristika einzelner Bezirke zurückzuführen sind. Typischerweise kontrollieren zeitfixe Effekte somit für allgemeine Konjunkturmuster, die sich auf die Entwicklung der Gesamtbeschäftigung niederschlagen.
 - *Regionale Regimes*: Um möglichen unterschiedlichen Wirkungsweisen der Digitalisierung der Wirtschaft Rechnung zu tragen, werden – wie in den Gleichungen (2) und (3) in Abschnitt 4.2 beschrieben – in einem weiteren Ansatz die Schätzungen getrennt für unterschiedliche Arten von Bezirken geschätzt. Die Arbeitsmarktbezirke werden dabei anhand der WIFO Regionstypologie nach *Palme* (1995) in (humankapital-intensive) urbane Regionen und Umlandregionen einerseits sowie in nicht-urbane Regionen, die sich aus (sachkapital-intensiven) Industrieregionen, intensiv touristischen Regionen und (peripher) ländlichen Regionen zusammensetzen, andererseits unterteilt. Diese Unterscheidung soll mögliche Unterschiede in den Netto-Beschäftigungseffekten einer digitalisierten Wirtschaft zwischen urbanen und nicht-urbanen Regionen aufzeigen (siehe 2.3). Dazu beinhaltet die empirische Analyse auch Schätzungen, die unterschiedliche Effekte für die Arbeitsmarktbezirke der einzelnen Bundesländer zulassen.

Für eine plausiblere Skalierung bzw. um die Interpretation der Schätzergebnisse zu erleichtern, gehen die beiden Niveauvariablen (Anzahl der Beschäftigten, Lohnniveau) in logarithmierter Form in die Schätzungen ein. Alle geschätzten Koeffizienten können somit als Beschäftigung-Elastizitäten (Lohnniveau) bzw. -Semielastizitäten (Variablen, die Anteile abbilden) interpretiert werden. Sie geben die durchschnittliche Veränderung der Zahl der Beschäftigten in Prozent an, die sich aus einer Veränderung des Lohnniveaus um 1% bzw. aus einer Veränderung der auf Anteilen basierenden Variablen um 1 Prozentpunkte (PP) ergibt.

Um die Sensitivität der Ergebnisse gegenüber der Unsicherheit einzelner gewählter Modellspezifikation abzusichern, werden für jeden Indikator zur Messung des Digitalisierungsgrades der lokalen Wirtschaft eine Reihe von Modellspezifikationen geschätzt. Die jeweiligen Regressionstabellen finden sich in Anhang B. Spezifikation (1) regressiert die logarithmierte Zahl der Beschäftigten als abhängige Variable jeweils ausschließlich auf die Schlüsselvariable – den Grad der Digitalisierung der lokalen Wirtschaft gemessen als Beschäftigungsanteil hoch digitalisierten Wirtschaftszweige – sowie regionale fixe und zeitfixe Effekte. Spezifikation (2) erweitert das Set an erklärenden Variablen um die beschriebenen Kontrollvariablen. Spezifikation (3) verwendet das gleiche Set an Variablen wie Spezifikation (2), gewichtet jedoch für die Schätzung der Koeffizienten die einzelnen Arbeitsmarktbezirke nach dem Beschäftigungsniveau der Ausgangsperiode 2010. Spezifikation (4) erweitert das Set an erklärenden Variablen aus Spezifikation (2) um die räumlich verzögerten erklärenden Variablen. Spezifikation (5) entspricht wiederum Spezifikation (4), jedoch mit denselben regionalen Gewichten wie Spezifikation (3). Spezifikation (5) weist den höchsten Erklärungswert unter den 5 genannten Spezifikationen gemäß Bestimmtheitsmaß (R^2) und Bayes'schem Informationskriterium (BIC) auf und wird daher für die Beschreibung der Ergebnisse als "Hauptspezifikation" verwendet. Spezifikation (6) interagiert die Schlüsselvariable mit dem Anteil der geringqualifizierten Beschäftigten und testet damit auf den beschriebenen Skill Bias der Beschäftigungseffekte der Digitalisierung¹³¹).

4.4 Regressionsergebnisse

Durch die vielschichtige Messung des Digitalisierungsgrades der Wirtschaft in den einzelnen Arbeitsmarktbezirken, die Untersuchung auf mögliche Heterogenität der Effekte zwischen unterschiedlichen Regionstypen und die Vielzahl an unterschiedlichen Spezifikationen des ökonomischen Modells zur Absicherung der Ergebnisse gegenüber der aus einzelnen Modellspezifikationen folgenden Unsicherheit, stellt die kompakte Darstellung der Kernergebnisse eine der Herausforderungen dieses Studienteils dar. Anhang B stellt die Regressionstabellen für jeden der acht Indikatoren, die den Digitalisierungsgrad der lokalen Wirtschaft durch den Beschäftigungsanteil hoch digitalisierter Branchen an der Gesamtbeschäftigung eines Arbeitsmarktbezirks abbilden, sowohl für eine Analyse der Effekte über alle Arbeitsmarktbezirke, als auch für regionale Regimes nach Regionstyp (urbane und nicht-urbane Arbeitsmarktbezirke gemäß *Palme*, 1995) und für die einzelnen Bundesländer dar. Jede Tabelle beinhaltet dazu eine Reihe von unterschiedlichen Spezifikationen, wie in Abschnitt 4.3 beschrieben. Aus dieser vieldimensionalen Betrachtung resultieren 24 Regressionstabellen mit je 6 Spezifikationen für Schätzungen

¹³¹) Um die Polarisierungshypothese (mit Nachteilen für Beschäftigte in mittleren Qualifizierungsniveaus) zu testen, wurde zusätzlich dazu auch der Anteil der Beschäftigten mit tertiärem Bildungsabschluss in einige Schätzungen inkludiert und mit dem Anteil hoch digitalisierter Branchen interagiert. Eine bipolare Verteilung der Effekte mit relativen Nachteilen für das Segment der mittleren Qualifizierung konnte jedoch nicht gefunden werden. Für fast alle Spezifikationen wurden in diesen Schätzungen die Ergebnisse aus Spezifikation (6) belegt. Insgesamt führte die Inklusion dieser zusätzlichen Variablen und dem zusätzlichen Interaktionsterm, aufgrund der teils beträchtlichen Multikollinearität zwischen dem Anteil der Hoch- und Geringqualifizierten bzw. dem Anteil der Hochqualifizierten und dem Anteil hoch digitalisierter Branchen, jedoch zu einer deutlichen Destabilisierung der Ergebnisse.

zu den Arbeitsmarktbezirken insgesamt (Anhang B.1) und für urbane/nicht-urbane Regimes (Anhang B.2) bzw. 5 Spezifikationen für Bundesländer-Regimes (Anhang B.3)¹³²⁾.

Um die Darstellung der Hauptergebnisse zu erleichtern, werden in diesem Abschnitt daher lediglich die geschätzten Koeffizienten für die Schlüsselvariable – die Effekte von Veränderungen des Anteils hoch digitalisierter Branchen an der Beschäftigung – auf die Beschäftigungszahl eines Arbeitsmarktbezirks illustriert. Alle dargestellten Koeffizienten beziehen sich auf die Spezifikationen mit der Ziffer (5) in den jeweiligen Regressionstabellen in Anhang B, die aufgrund der höchsten Prognosegüte als präferierte Spezifikation akzeptiert wird. Diese Spezifikation bezieht eine Reihe von Kontrollvariablen und deren räumlich verzögerte Werte aus Nachbarregionen neben der Schlüsselvariable in das Modell mit ein und gewichtet bei der Berechnung des Koeffizienten die einzelnen Arbeitsmarktbezirke mit dem Beschäftigungsniveau des Ausgangsjahres 2010 (wie in Abschnitt 4.3 beschrieben).

Übersicht 4.1 fasst folglich die Hauptergebnisse der Analyse zusammen. Dargestellt werden dabei jeweils

- die Veränderung der Zahl der Beschäftigten eines Arbeitsmarktbezirks in Prozent,
- die aus einer Erhöhung des Beschäftigungsanteils hoch digitalisierter Branchen an der Gesamtbeschäftigung eines Bezirks um 1 Prozentpunkt resultiert,
- für den Fall, dass dieser Effekte zumindest auf 10%-Niveau signifikant ist (andernfalls bleibt die entsprechende Tabellen-Zelle leer).

Der obere Block in Übersicht 4.1 stellt die Effekte bei Betrachtung über alle Arbeitsmarktbezirke hinweg dar. Der mittlere Block widmet sich den Unterschieden zwischen urbanen und nicht-urbanen (d. h. stärker industriell oder ländlich geprägten) Bezirken. Der dritte Block stellt die Effekte für die Arbeitsmarktbezirke der einzelnen Bundesländer dar. Am unteren Ende der Tabelle wird dargestellt, ob ein höherer Digitalisierungsgrad mit einem Skill-Bias verbunden ist¹³³⁾.

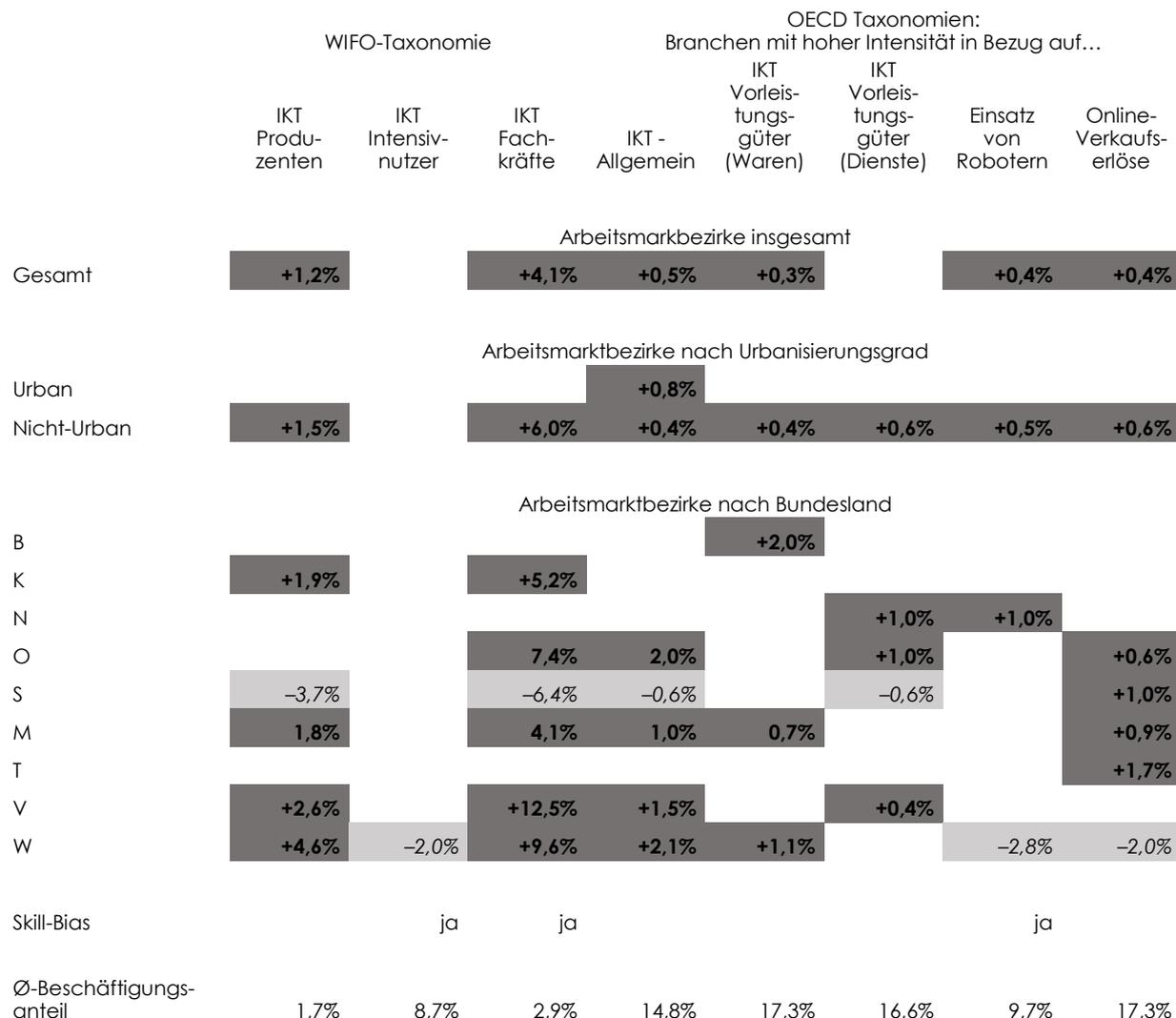
Dazu weist die Tabelle ganz unten die durchschnittlichen Beschäftigungsanteile der in den einzelnen Indikatoren jeweils berücksichtigten, hoch digitalisierten Branchengruppen an der Gesamtbeschäftigung eines Bezirks auf. Dies soll die Größenordnung, die mit der Erhöhung des Beschäftigungsanteils dieser Branchengruppen um 1 Prozentpunkt verbunden ist, in den Kontext der Größe der jeweiligen Branchengruppe setzen.

¹³²⁾ Tests auf einen Skill-Bias zulasten niedrigqualifizierter Beschäftigter erfolgen aus Gründen der Komplexität des Modells nicht für die Spezifikationen mit 9 Bundesländer-Regimes.

¹³³⁾ Wie in Kapitel 2.2 beschrieben, erfordern, nach Erkenntnis der internationalen Literatur, digitale Technologien nicht generell höhere Qualifikationen der Arbeitskräfte und ersetzen nicht notwendigerweise vorrangig einfache (gering qualifizierte) Arbeit, wie dies in der technologischen Entwicklung lange zu beobachten war ("skill-biased technological change").

Übersicht 4.1: Beschäftigungseffekte der Digitalisierung der lokalen Wirtschaft

Statistisch signifikante Effekte der Erhöhung des Beschäftigungsanteils hoch digitalisierter Branchen um 1 Prozentpunkt auf die Zahl der Beschäftigten in Prozent



Q: AMS, BMAGSK, OECD, WIFO-Berechnungen. – Schätzung basierend auf 81 Arbeitsmarktbezirken und 8 Beobachtungsperioden (2010-2017); dunkelgrau (hellgrau) ... signifikant positiver (negativer) Zusammenhang; leer... kein signifikanter Zusammenhang; Skill-Bias ... Zusammenhang abhängig von Humankapitalausstattung, mit ungünstigerem Beschäftigungseffekt in Arbeitsmarktbezirken mit höherem Anteil an geringqualifizierten Beschäftigten; Koeffizienten basieren jeweils auf Spezifikation (5) der Regressionstabellen in Anhang B und beinhalten Kontrollvariablen sowie regionsfixe und zeitfixe Effekte.

Bei Betrachtung der Analysen über alle Arbeitsmarktbezirke hinweg wird zunächst deutlich, dass für keinen der acht Indikatoren zur Messung des Digitalisierungsgrades der lokalen Wirtschaft ein statistisch negativer Zusammenhang mit der Entwicklung der Zahl der Beschäftigten einer Region gefunden wird. Im Gegenteil, für sechs der acht Indikatoren ist der Zusammenhang positiv und statistisch signifikant. So sind zwei der drei auf der WIFO-Branchentaxonomie zur Digitalisierungsintensität beruhenden Indikatoren mit positiven Beschäftigungseffekten ver-

bunden. Eine Erhöhung des Anteils an IKT-produzierenden Wirtschaftszweigen an der lokalen Beschäftigung um einen Prozentpunkt (PP), ist mit einem Anstieg der Beschäftigung im Arbeitsmarktbezirk um durchschnittlich 1,2% verbunden. Eine Verdoppelung des Anteils dieser Branchen von durchschnittlich 1,7% auf 3,4% ist somit mit einem Anstieg der Beschäftigung um 2,0% verbunden. Auch von IKT-Fachkräften gehen deutliche, signifikant positive Beschäftigungseffekte für eine Region aus. So ist eine Erhöhung des Anteils an IKT-Fachkräften in einer Region um 1 PP – dies entspricht einer Erhöhung um durchschnittlich etwa ein Drittel – mit einem Anstieg der regionalen Beschäftigung um 4,1% verbunden. Lediglich von der Erhöhung des Anteils an Branchen, die in hohem Maße IKT einsetzen (IKT Intensivnutzer), gehen in Summe keine signifikanten regionalen Beschäftigungseffekte aus.

Auch unter den Indikatoren, die auf den OECD-Branchentaxonomien basieren, werden die vorwiegend positiven Nettoeffekte eines höheren Digitalisierungsgrades der Wirtschaftsstruktur für die Beschäftigung einer Region sichtbar. Wiederum vier der fünf angewandten Indikatoren deuten auf positive Beschäftigungseffekte hin. So ist eine Erhöhung des Beschäftigungsanteils von Branchen mit einer insgesamt hohen Digitalisierungsintensität (IKT-Allgemein) um 1 PP im Arbeitsmarktbezirk im Durchschnitt mit einem Beschäftigungsanstieg um 0,5% verbunden. Eine Erhöhung des Anteils stark digitalisierter Branchen von derzeit durchschnittlich 14,8% auf 20% der Beschäftigten wäre damit mit einem regionalen Beschäftigungszuwachs von +2,6% verbunden. In ähnlicher Größenordnung stellen sich auch die Effekte für Branchen mit hoher IKT-Intensität der im Produktionsprozess eingesetzten Vorleistungs-Sachgüter (Waren) dar. Eine Erhöhung des Beschäftigungsanteils dieser Branchen um 1 PP ist mit einem Anstieg der lokalen Beschäftigung um 0,3% verbunden. Für Branchen mit hohem Einsatz an IKT-intensiven Diensten als Vorleistungen im Produktionsprozess sind hingegen keine signifikanten Beschäftigungseffekte in den Regionen zu finden. Positiv stellen sich wiederum die regionalen Beschäftigungseffekte für Branchen mit hohem Einsatz von Robotern und hohen Anteilen an Online-Verkaufserlösen dar. Die Erhöhung des regionalen Beschäftigungsanteils dieser Branchen um 1 PP ist jeweils mit einer Ausweitung der regionalen Beschäftigung um 0,4% verbunden.

Aus dieser Analyse geht hervor, dass die Nettoeffekte einer stärker digitalisierten Branchenstruktur auf die Beschäftigungsentwicklung der Arbeitsmarktbezirke insgesamt weitgehend positiv sein dürfen. Anzeichen für negative Netto-Beschäftigungseffekte fehlen bei Betrachtung der Gesamtheit der Bezirke jedenfalls gänzlich.

Eine differenziertere Betrachtung nach urbanen und nicht-urbanen Bezirken erlaubt das mittlere Panel in Übersicht 4.1. Hier wird deutlich, dass die positiven Nettoeffekte insbesondere auf die Gruppe der (61) nicht-urbanen Bezirke zurückzuführen sind. Für diese zeigen sieben der acht berücksichtigten Indikatoren zur Messung des Digitalisierungsgrades der regionalen Wirtschaft positive Effekte für die Gesamtbeschäftigung einer Region. Für die Gruppe der (20) urbanen Regionen wird zwar ebenso für nahezu alle Indikatoren ein positiver Zusammenhang mit der Beschäftigung deutlich, dieser ist jedoch mit Ausnahme des OECD-Indikators zur IKT-Intensität insgesamt (IKT-Allgemein) durchwegs insignifikant (siehe Anhang B.2). Die Insignifikanzen sind dabei teils auf kleinere Koeffizienten, teils auf größere Standardfehler im Vergleich zur Gruppe

der nicht-urbanen Regionen zurückzuführen. Dies bedeutet, dass die Nettoeffekte eines höheren Digitalisierungsgrades der lokalen Wirtschaft auf die Gesamtbeschäftigung in urbanen Regionen sowohl geringer ausfallen können als auch heterogener sind, als in der Gruppe der nicht-urbanen Regionen. Letztendlich ist die statistische Identifikation der Effekte auch durch die deutlich kleinere Anzahl an Regionen in der Gruppe an urbanen Regionen ungleich schwieriger.

Die Ergebnisse im unteren Panel der Übersicht 4.1 zeigen die Ergebnisse für Schätzungen, in welchen die Effekte zwischen den Bundesländern variieren können. Auch hier zeigen sich hauptsächlich neutrale und positive Zusammenhänge zwischen dem Digitalisierungsgrad und der regionalen Beschäftigung. Lediglich für zwei Bundesländer (Salzburg und Wien) werden für einzelne Indikatoren signifikant negative Zusammenhänge gemessen. Die WIFO-Taxonomien zeigen, dass ein höherer Anteil an IKT-produzierenden Branchen an der Gesamtbeschäftigung einer Region in vier Bundesländern (Kärnten, Steiermark, Vorarlberg, Wien) mit einer wachsenden Beschäftigung einhergeht, in vier weiteren Bundesländern ist der Effekt insignifikant. Lediglich für Salzburg wird ein negativer Zusammenhang geschätzt. Ähnliches gilt für den Anteil an IKT-Fachkräften an der regionalen Gesamtbeschäftigung. Auch für diesen Indikator ist der Zusammenhang mit dem regionalen Beschäftigungsniveau auf Ebene der Arbeitsmarktbezirke für die vier vorhin genannten Bundesländer positiv signifikant, dazu auch für Oberösterreich, und wiederum nur für Salzburg negativ signifikant. Der Bereich der IKT-Intensivnutzer – also jene Branchen, die in hohem Maße IKT-Fachkräfte einsetzen, aber nicht IKT-Sachgüter oder -Dienste produzieren – ist der einzige Indikator für den Grad der Digitalisierung der regionalen Wirtschaft, für den keinerlei positive Effekte geschätzt werden. So erwies sich ein höherer Anteil an IKT-intensivnutzenden Branchen weder bei Betrachtung aller Arbeitsmarktbezirke noch bei der Unterscheidung in urbane und nicht-urbane Bezirke als signifikanter Erklärungsfaktor für die Entwicklung der regionalen Beschäftigung. Auf Ebene der Bundesländer ist eine Erhöhung des Beschäftigungsanteils der IKT-Intensivnutzer Branchen in Wien, ceteris paribus, mit einem Beschäftigungsrückgang verbunden, in allen anderen Bundesländern ist der Effekt insignifikant.

Unter den Indikatoren, die auf den Taxonomien der OECD beruhen, zeigen sich auch bei bundesländer-spezifischen Regimes durchwegs positive Zusammenhänge zwischen Veränderungen im Beschäftigungsanteil hoch digitalisierter Branchen und Veränderungen im Beschäftigungsniveau einer Region. Mit Ausnahme des Arbeitsmarktbezirks Salzburg ist der Zusammenhang für den Beschäftigungsanteil an IKT-intensiven Branchen (IKT-Allgemein) entweder positiv (Oberösterreich, Steiermark, Vorarlberg, Wien) oder insignifikant. Ähnliches gilt für den Anteil an Unternehmen mit hohem Einsatz an IKT-Dienstleistungen in den Vorleistungen des Produktionsprozesses (positiv signifikant in Nieder-, Oberösterreich und Vorarlberg, negativ signifikant in Salzburg). Und für den Anteil an Branchen mit Unternehmen, die besonders hohe Online-Verkaufserlöse erzielen (positiv signifikant in den vier Bundesländern Oberösterreich, Salzburg, Steiermark, Tirol; negativ signifikant in Wien). Der Beschäftigungsanteil an Branchen mit hohem Maß an IKT-Waren als Vorleistungen im Produktionsprozess ist wiederum in keinem einzigen Bundesland mit negativen lokalen Beschäftigungseffekten verbunden, hingegen in drei Bundeslän-

dern (Burgenland, Steiermark, Wien) mit einem signifikant positiven Effekt auf die Gesamtbeschäftigung einer Region. Auch der Beschäftigungsanteil von Branchen mit einem hohen Einsatz an Robotern steht – mit Ausnahme Wiens – in keinem Bundesland mit einer negativen lokalen Beschäftigungsentwicklung in Zusammenhang, ist jedoch auch in keinem Bundesland außer Niederösterreich mit positiven lokalen Beschäftigungseffekten verbunden.

Bei Betrachtung der Ergebnisse nach Bundesländern werden freilich beträchtliche Heterogenitäten der geschätzten Effekte zwischen den einzelnen Bundesländern sichtbar. Diese dürften einerseits in strukturellen Unterschieden in Bezug auf die Bedeutung der einzelnen Branchen innerhalb der jeweiligen Branchengruppen gemäß den acht Indikatoren zum Digitalisierungsgrad der lokalen Wirtschaft begründet sein. Andererseits hängt die Entfaltung der Effekte hoch digitalisierter Branchen auf andere Branchen derselben Region wiederum stark von der spezifischen Branchenstruktur einer Region ab. So zeigt sich – abgesehen von der Stadtökonomie Wien – insbesondere für die drei (gemessen am Anteil der im sekundären Sektor beschäftigten Personen) am stärksten industriell geprägten Bundesländer Vorarlberg, Steiermark, Oberösterreich am häufigsten ein positiver Zusammenhang zwischen Veränderungen im Digitalisierungsgrad und der Gesamtbeschäftigung der regionalen Wirtschaft. Für die drei Bundesländer mit dem geringsten Beschäftigungsanteil im sekundären Sektor (Burgenland, Salzburg, Tirol) neben Wien sind die Zusammenhänge hingegen weitgehend insignifikant (Burgenland, Tirol) bzw. negativ (Salzburg). Das Burgenland weist nur für den Anteil an Branchen mit IKT-Vorleistungsgütern, Tirol und Salzburg nur für den Anteil an Branchen mit hohen Online-Verkaufserlösen einen positiven Zusammenhang mit der Beschäftigung auf. Wien stellt sich als Sonderfall dar: Zwar weist die Bundeshauptstadt den geringsten Anteil an Beschäftigten im sekundären Sektor auf, der Dienstleistungssektor Wiens – mit überdurchschnittlichen hohen Anteilen an wissensintensiven, hoch digitalisierten (unternehmensnahen) Diensten (vgl. *Firgo – Mayerhofer, 2016*) – unterscheidet sich allerdings hinsichtlich des Innovations- und Technologiegrades beträchtlich von jenem der übrigen Bundesländer.

Die Bedeutung der Wirtschaftsstruktur bzw. der Struktur des Dienstleistungssektors für den Nettoeffekt, der aus einer Erhöhung des Digitalisierungsgrades folgt, wird am Beispiel Salzburgs (und in abgeschwächter Form am Beispiel Tirol) deutlich: Zwar ist auch hier die Beschäftigung in hoch digitalisierten Branchen stärker gewachsen als die Beschäftigung im Bundesland insgesamt (siehe Abschnitt 3.3 bzw. Anhang A.3), das Beschäftigungswachstum war in Salzburg (wie auch im Burgenland und mit Abstrichen in Tirol) in Summe jedoch insbesondere von Wirtschaftsbereichen mit (bisher) besonders niedrigem IKT-Einsatz getragen. So waren im Bundesland Salzburg die Bereiche Beherbergung und Gastronomie, Gebäudebetreuung, Gesundheits- und Sozialwesen allein für etwa 60% des Beschäftigungswachstums zwischen 2010 und 2017 verantwortlich. Das Potential für positive Spillovers aus IKT-intensiven Branchen auf diese Wirtschaftszweige war bislang (d. h. im Untersuchungszeitraum) begrenzt. Positive Beschäftigungseffekte aus der stärkeren Durchdringung der Wirtschaft mit Digitalisierung folgten in Salzburg demnach hauptsächlich direkt aus dem Anstieg der Beschäftigten dieser Branchen. Diese positiven direkten Effekte haben aufgrund des überschaubaren Anteils an hoch digitalisierten Branchen

im Bundesland insgesamt kaum Einfluss auf die Gesamtentwicklung der Beschäftigung. In Tirol trugen ebenfalls Branchen mit sehr niedrigem Digitalisierungsgrad die Beschäftigung (insbesondere die Bereiche Beherbergung und Gastronomie, Einzelhandel, Bau- und Sozialwesen; allerdings kamen im Beobachtungszeitraum auch kräftige Impulse aus Teilbereichen der Sachgütererzeugung, etwa der Pharmazie, dem Maschinenbau und der Metallherzeugung). Im Burgenland wiederum dominierten die Bereiche Bau, Handel und Verkehr das hohe Beschäftigungswachstum, mit ebenfalls geringen Potentialen für Spillovers aus dem Wachstum hoch digitalisierter Branchen.

Wenngleich positive Effekte deutlich überwiegen, zeigt der Vergleich der Ergebnisse nach Bundesland im unteren Panel von Übersicht 4.1 mit jenen nach Urbanisierungsgrad bzw. mit jenem für die Arbeitsmarktbezirke insgesamt in den oberen Panels von Übersicht 4.1, einen deutlich höheren Anteil an insignifikanten Zusammenhängen bei der Analyse nach Bundesland. Dies resultiert nicht zuletzt aus dem deutlichen Verlust an Freiheitsgraden bei der Bildung von Bundesländer-Regimes, insbesondere zumal die Zahl der Arbeitsmarktbezirke je Bundesland begrenzt ist. Dieses Problem wird auch beim Vergleich der Ergebnisse zwischen urbanen und nicht-urbanen Regionen sichtbar, wo die Zahl der insignifikanten Resultate in der Gruppe der urbanen Arbeitsmarktbezirke aufgrund der kleineren Zahl im Vergleich zu nicht-urbanen Regionen deutlich höher ist. Somit gilt für die Ergebnisse auf Ebene der Bundesländer, wie auch für jene nach Urbanisierungsgrad, dass das Fehlen eines signifikanten Ergebnisses nicht notwendigerweise bedeutet, dass es tatsächlich keinen Zusammenhang gibt. Ein insignifikantes Ergebnis sagt lediglich aus, dass der statistische Nachweis eines solchen Effekts im Rahmen der vorliegenden Analyse nicht möglich war.

Wie eingangs dieses Abschnitts beschrieben, wurde im Rahmen der Analyse auch getestet, ob der Nettoeffekt einer stärkeren Digitalisierung der lokalen Wirtschaft auf die Beschäftigungsentwicklung einer Region vom vorhandenen Humankapital bzw. der Qualifikationsstruktur der Beschäftigung abhängt. Wie in Kapitel 2.2 ausführlich beschrieben, führt technologischer Wandel dazu, dass niedrigqualifizierte Personen tendenziell weniger neue Beschäftigungsmöglichkeiten vorfinden (Skill-Bias). Im Bereich der Digitalisierung findet die internationale Literatur hingegen häufig bipolare Beschäftigungseffekte, mit besonderen Nachteilen für das mittlere Qualifikationssegment.

Für Länder wie Österreich oder Deutschland wurde jedoch in bisherigen empirischen Befunden auch in Bezug auf die Digitalisierung das herkömmliche Muster mit ungünstigen Entwicklungen im Bereich der niedrigqualifizierten Personen sichtbar (siehe Kapitel 2.2.4), das mit der höheren Flexibilität bzw. Vielseitigkeit der Beschäftigungsgruppen im mittleren Bildungssegment durch die duale Ausbildung (Lehre) begründet wird. In den im Rahmen dieser Studie durchgeführten Analysen konnten ebenfalls keine Belege für eine bipolare Entwicklung der Beschäftigung gefunden werden. Für drei der acht untersuchten Indikatoren zum Digitalisierungsgrad der lokalen Wirtschaft wurden jedoch nachteilige Beschäftigungseffekte für Regionen mit vergleichsweise schlechter Humankapitalausstattung – gemessen als der Anteil an Beschäftigten mit höchstens Pflichtschulabschluss – gefunden (siehe Übersicht 4.1).

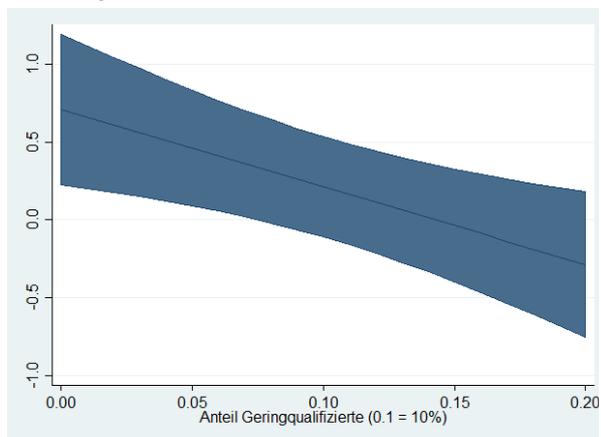
Für jene drei Indikatoren, in denen der Interaktionsterm aus dem Anteil an Beschäftigten in hoch digitalisierten Branchen und dem Anteil an Geringqualifizierten, einen signifikanten Beitrag zur Erklärung der regionalen Beschäftigungsentwicklung lieferte (siehe Spezifikationen (6) der Regressionstabellen in Anhang B.1), zeigt Abbildung 4.2 den Netto-Beschäftigungseffekt, der mit einem höheren Digitalisierungsgrad der lokalen Wirtschaft einhergeht, in Abhängigkeit des Anteils an geringqualifizierten Beschäftigten in der Region für den Untersuchungszeitraum 2010 bis 2017. Für alle drei Indikatoren – den Beschäftigungsanteil von Branchen, die in hohem Maße IKT einsetzen (IKT-Intensivnutzer), den Anteil an IKT-Fachkräften, den Beschäftigungsanteil von Branchen mit hohem Einsatz von Robotern – wird ein Skill-Bias zulasten von Regionen mit hohem Anteil an Niedrigqualifizierten im regionalen Netto-Beschäftigungseffekt deutlich.

Der Mittelwert des Beschäftigungsanteils Geringqualifizierter (mit höchstens Pflichtschulabschluss) in den 81 Arbeitsmarktbezirken betrug im Jahr 2017 11,6%, wobei die Werte zwischen 8,9% (Leoben) und 14,9% (Lilienfeld) schwankten. Für das relevante Spektrum zeigt sich, dass der Nettoeffekt des Anteils an IKT-intensivnutzenden Branchen fast durchwegs insignifikant ist, jedoch bei einem Beschäftigungsanteil an Geringqualifizierten unter 9% signifikant positive regionale Beschäftigungseffekte mit einer Erhöhung des Beschäftigungsanteils dieser Branchen in der Region verbunden sind. Der Anteil von IKT-Fachkräften liefert zwar im gesamten regionalen Spektrum (zwischen 8,9% und 14,9% Anteil an Geringqualifizierten) signifikant positive regionale Beschäftigungseffekte, diese nehmen jedoch mit dem Anteil an Geringqualifizierten deutlich ab. Auch der positive Beschäftigungsanteil von Branchen mit hohem Einsatz von Robotern sinkt mit zunehmendem Anteil an geringqualifizierten Beschäftigten in der Region und ist über einem Beschäftigungsanteil dieser Gruppe von mehr als 12% insignifikant.

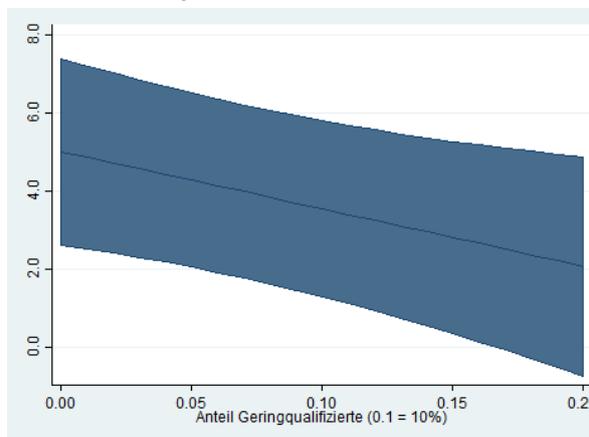
Insgesamt legen die Ergebnisse dieser Analyse jedenfalls nahe, dass ein mittleres bzw. hohes Qualifikationsniveau nicht nur die Beschäftigungsmöglichkeiten in hoch digitalisierten Branchen steigert, sondern dass auch die Höhe des Nettoeffekts der stärkeren Digitalisierung auf die Beschäftigungsentwicklung einer Region insgesamt stark vom in der Region insgesamt vorhandenen Humankapital abhängt. Um positive Spillovers in der Region entfalten zu können, benötigen hoch technologisierte bzw. digitalisierte Wirtschaftsbereiche auch die Einbettung in entsprechend qualifizierte Humankapitalressourcen vor- und nachgelagerter Unternehmen vor Ort. Zur vollen Nutzung der positiven Effekte digitaler Technologien sind somit komplementäre Investitionen nicht nur in Bezug auf Infrastruktur, sondern insbesondere auch in Humankapital notwendig.

Abbildung 4.2: Beschäftigungseffekte in Abhängigkeit des lokalen Humankapitals
 Effekt auf die Zahl der Beschäftigten eines Arbeitsmarktbezirks in %

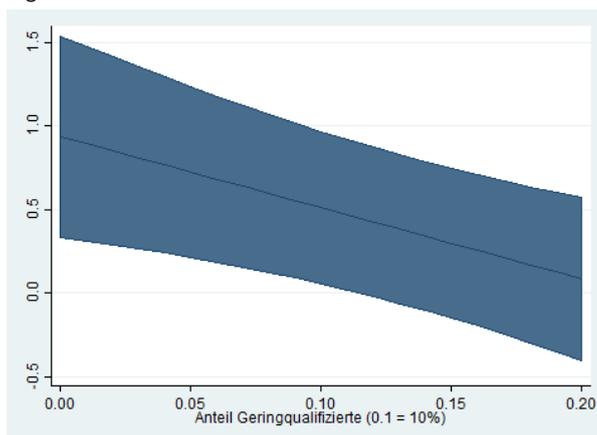
Erhöhung Anteil IKT-intensivnutzende Branchen um 1 PP



Erhöhung Anteil IKT-Fachkräfte um 1 PP



Erhöhung Anteil an Branchen mit hohem Einsatz von Robotern um 1 PP



Q: AMS, BMAGSK, OECD, WIFO-Berechnungen. – PP... Prozentpunkt; Anteil Geringqualifizierte ... Anteil an Beschäftigten, die höchstens über Pflichtschulabschluss verfügen, an der Gesamtbeschäftigung eines Bezirks; Marginale Effekte basierend auf den Schätzergebnissen aus der Spezifikation (5) der korrespondierenden Regressionstabellen in Anhang B.1 für 81 Arbeitsmarktbezirke und 8 Beobachtungsperioden (2010-2017); Minimum (Mittelwert) [Maximum] des Beschäftigungsanteils Geringqualifizierter in den 81 Bezirken im Jahr 2017 beträgt 8,9% (11,6%) [14,9%]; Fläche beschreibt 95% Konfidenzintervall.

4.5 Zwischenfazit

Wie die deskriptiven Analysen des Kapitels 4 verdeutlicht haben, ist die Beschäftigung in hoch digitalisierten Branchen nahezu unabhängig vom konkreten Maß für Digitalisierung stärker gewachsen, als die Beschäftigung insgesamt. Innerhalb der hoch digitalisierten Branchen scheinen somit Nachfrageeffekte die gegenläufigen arbeitssparenden Effekte der Nutzung digitaler Technologien zu überwiegen. Im Rahmen dieses Kapitels wurde nun versucht, den gesamten

(Netto-)Effekt einer verstärkten Digitalisierung der regionalen Wirtschaft auf die Beschäftigung vor Ort über alle Branchen hinweg auf Ebene der Arbeitsmarktbezirke zu ermitteln.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Netto-Beschäftigungseffekte, die aus einem höheren Digitalisierungsgrad der lokalen Wirtschaft auf Gesamtbeschäftigung in der Region entstehen, vornehmlich positiv sind. Jedenfalls besteht bei Betrachtung über alle Bezirke hinweg keinerlei statistischer Nachweis für negative Beschäftigungseffekte. Die positiven Gesamteffekte auf die lokale Beschäftigungsentwicklung sind, *ceteris paribus*, in Regionen mit besserer Humankapitalausstattung tendenziell höher. Insbesondere bei Branchen, die als IKT-Intensivnutzer klassifiziert werden, in Branchen mit hohem Einsatz von Robotern und bei IKT-Fachkräften (branchenunabhängig) sind die Gesamteffekte für eine Region nur bei entsprechend guter Humankapitalausstattung der Beschäftigten vor Ort positiv (und andernfalls statistisch nicht signifikant).

Der nachgewiesene Skill-Bias der Effekte folgt dabei weitgehend dem konventionellen Schema des technologischen Wandels mit nachteiligen Entwicklungen für Regionen mit hohen Anteilen an niedrigqualifizierten Beschäftigten. Für bipolare Effekte mit verhältnismäßig negativen Effekten für hohe Anteile an Beschäftigten im mittleren Qualifikationssegment, wie in der internationalen Literatur in Zusammenhang mit Digitalisierung und Automatisierung häufig festgestellt (siehe Kapitel 2.2.4), findet die Analyse keinerlei Nachweise. Dies ist konsistent mit früheren Studien zur Polarisierungshypothese für Österreich, die auf der individuellen Ebene ansetzen.

Bei einer tieferen Analyse nach unterschiedlichen Regionstypen werden positiv signifikante Effekte einer höheren Digitalisierung der regionalen Wirtschaft für die Gesamtbeschäftigung einer Region – bei gegebener lokaler Wirtschafts- und Bildungsstruktur – vorwiegend für nicht-urbane (d. h. industriell oder ländlich geprägte) Regionen identifiziert. Eine hohe regionale Bedeutung hoch digitalisierter Sektoren bringt, bei entsprechend vorhandener Branchen- und Humankapitalstruktur, offensichtlich gerade außerhalb der Zentren positive Spillovers für die Beschäftigung in anderen Branchen in der Region mit sich.

Auf Ebene der einzelnen Bundesländer wird für die lokalen Beschäftigungseffekte eine beträchtliche Heterogenität sichtbar. Positive Beschäftigungseffekte werden vermehrt in stärker industriell geprägten Bundesländern (insbesondere Oberösterreich, Steiermark und Vorarlberg) festgestellt. Für die am stärksten von Dienstleistungen dominierten Bundesländer werden vorwiegend insignifikante Effekte (Burgenland, Tirol) bzw. im Falle Salzburgs sogar überwiegend negative Beschäftigungseffekte in Zusammenhang mit dem Digitalisierungsgrad der lokalen Wirtschaft gemessen. Da die Schätzungen jeweils für den Anteil des sekundären Sektors – und damit für die grobe Wirtschaftsstruktur kontrollieren – dürften für die Effekte jedoch nicht die Bedeutung des sekundären bzw. tertiären Sektors an der regionalen Wirtschaft entscheidend sein, sondern vielmehr die Spezialisierung bzw. Technologieaffinität innerhalb der Sektoren. In den letztgenannten Bundesländern Burgenland, Salzburg und Tirol dürften positive Beschäftigungseffekte hauptsächlich aus hoch digitalisierten Branchen selbst entstehen. Aufgrund der hohen Anteile im Bestand und im Wachstum von Wirtschaftsbereichen mit vergleichsweise niedrigem Technologie- und Digitalisierungsanteil (Bauwirtschaft, Handel, Tourismus, Gesundheit und Sozialwesen) sind die Möglichkeiten für positive Wachstums- und Beschäftigungs-

Spillovers aus hoch digitalisierten Branchen in andere Wirtschaftsbereiche hier hingegen vergleichsweise begrenzt. Wien stellt sich unter den Bundesländern mit hohem Dienstleistungsanteil als Sonderfall dar, da Wien als reine Stadtökonomie einen in Summe wesentlich höheren Technologie- und Innovationsgrad im Dienstleistungssektor mit Spezialisierung in wissensintensiven Marktdienstleistungen aufweist als die übrigen Bundesländer.

Die statistische Identifikation möglicher Beschäftigungseffekte nach Regionstyp und Bundesland wird durch den Rückgang an Freiheitsgraden aufgrund der erhöhten Zahl an zu schätzenden Parametern und die geringere Fallzahl innerhalb der jeweiligen regionalen "Regimes" jedoch im Vergleich zur Analyse über alle Regionen hinweg deutlich erschwert. Die höheren Anteile an insignifikanten Ergebnissen bei der vergleichsweise kleinen Gruppe an urbanen Regionen und auf Ebene der einzelnen Bundesländer sind zumindest zum Teil auf ebendiese Problematik zurückzuführen. Das Fehlen eines signifikanten Effekts muss daher nicht notwendigerweise bedeuten, dass es in den betroffenen Fällen tatsächlich keinen Nettoeffekt der Digitalisierung auf die lokale Beschäftigung gibt. Vielmehr können die Insignifikanzen auch auf den spezifischen Beobachtungszeitraum und die Einschränkungen, die sich aus den verfügbaren Daten ergeben, zurückzuführen sein.

5. Beschäftigungswirkungen von Breitbandinternet auf kleinräumiger Ebene

5.1 Einleitung

In diesem Kapitel wird mittels einer ökonometrischen Analyse versucht, die Beschäftigungseffekte des Breitbandinternets auf möglichst kleinräumiger Ebene zu quantifizieren. Empirische Studien scheitern oft an der engen Verquickung von Ursache und Wirkung in Bezug auf die Verfügbarkeit von Breitbandinfrastruktur. So ist es ein Leichtes zu zeigen, dass die ökonomische Aktivität in Regionen mit einer guten Breitbandversorgung höher ist als in Regionen ohne solche Verfügbarkeit. Durch die enge Verbindung von Ursache und Wirkung kann allerdings oft nicht klar abgegrenzt werden, ob eine gute Versorgung eine höhere ökonomische Aktivität verursachte, oder ob umgekehrt die höhere wirtschaftliche Aktivität einer Region den Breitbandausbau erst bedingte (bzw. möglich machte).

Um diese enge Endogenität auch statistisch sinnvoll behandeln zu können, sind möglichst detaillierte Daten zur Breitbandverfügbarkeit sowohl auf kleinräumiger Ebene als auch in ihrer historischen Entwicklung vonnöten. Nur mittels historischer Infrastrukturdaten ist es möglich, die Breitbandnutzung und deren Beschäftigungswirkungen auch in ihrer zeitlichen Abfolge sinnvoll zu entflechten.

Die tatsächliche Leistung der Internetverbindungen, insbesondere ihre Geschwindigkeit, ist entscheidend für die Erreichung verschiedener Ziele, die von einer Reihe von Interessengruppen wie Verbrauchern, politischen Entscheidungsträgern und Regulierungsbehörden festgelegt wurden. Die regionale Internetgeschwindigkeit ist somit eine grundlegende Metrik, die es den Verbrauchern ermöglicht, fundierte Entscheidungen zu treffen, da sie die tatsächliche Qualität ihrer Verbindung widerspiegelt. Zentrale Grundvoraussetzung für eine optimale Nutzung von Breitbandinfrastruktur ist jedoch nicht nur die technologisch mögliche, sondern vielmehr die tatsächlich erreichte Geschwindigkeit der Internetverbindung.

Als zentrale Informationsquelle über die regionale Breitbandversorgung in Österreich wird oft der Breitbandatlas des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) herangezogen. Dieser liefert besonders detaillierte Daten auf sehr kleinräumiger Ebene (100x100 Meter Raster) über die theoretisch möglichen Geschwindigkeiten. Allerdings enthalten die Daten des Breitbandatlas lediglich Informationen über die aktuelle Infrastrukturausstattung und geben über deren historische Genese keinerlei Auskunft. Deshalb sind diese Daten für deskriptive Analysen des Status quo, nicht aber für die Ermittlung von Effekten der Breitbandinfrastruktur auf die lokale Beschäftigungsentwicklung geeignet.

Aus diesem Grund wird im vorliegenden Kapitel versucht, anhand einer alternativen Datenquelle Indikatoren für die Breitbandversorgung auf möglichst kleinräumiger Ebene zu entwickeln. Hierbei scheint insbesondere der RTR-Netztest von besonderem Interesse, da dieser zumindest in der jüngsten Vergangenheit die Entwicklung der verfügbaren Dienstqualität (z. B. Upload- und Downloadgeschwindigkeit, Ping und Signalstärke) des Internetzugangs von Nutzerinnen und Nutzern abbildet. Dadurch kann versucht werden, die evidente wechselseitige

Beziehung zwischen wirtschaftlicher Aktivität und Breitbandinfrastruktur besser zu berücksichtigen. Durch die recht kurze Beobachtungsperiode können etwaige Endogenitätsprobleme zwar nicht ausgeschlossen, allerdings abgemildert werden.

5.2 RTR-Netztest und Downloadgeschwindigkeiten auf Gemeindeebene

Mit dem RTR-Netztest¹³⁴⁾ können Nutzerinnen und Nutzer die aktuelle Dienstqualität der Internetverbindung testen. Der RTR-Netztest umfasst zwei eigenständige Testverfahren: Einerseits den RTR-Multithreaded-Broadband-Test (RMB), welcher Ping (Paketumlaufzeit, Latenz), Download, Upload, Signalstärke und einige weitere Qualitätsparameter misst. Andererseits den optionalen, vertiefenden Network-Diagnostic-Tool-Test der Forschungsplattform M-Lab (NDT), der zusätzliche technische Parameter erfasst. Im Rahmen des RMB Tests werden darüber hinaus der Standort der Abfrage (Koordinaten) sowie weitere Informationen zum Gerätetyp/-modell, des Mobilfunknetzes sowie andere Qualitätsparameter aufgezeichnet. Die Messergebnisse des RTR-Netztests werden mit den Zusatzinformationen disaggregiert als Open Data der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt¹³⁵⁾.

Während der RTR-Netztest somit sehr kleinräumige Informationen über die Netzqualität liefert, sind Informationen aus dem Netztest für ökonomische Analysen auch mit gewissen Problemen bzw. Einschränkungen behaftet. So kann eine vertraglich vereinbarte maximale Bandbreite das Testergebnis beeinflussen. Zusätzliche Einflussfaktoren betreffen das Endgerät selbst, das genutzte Betriebssystem, die verwendete Technologie sowie die Auslastung des Internetzuganges. Darüber hinaus können vielerlei Standortfaktoren, z. B. ob innerhalb oder außerhalb eines Gebäudes getestet wird, die Messergebnisse beeinflussen. Grundsätzlich bleibt auch die Frage offen, inwieweit eine Maßzahl, welche aus dem RTR-Netztest abgeleitet ist, überhaupt die eigentliche regionale Infrastrukturausstattung und nicht vielmehr das Nutzungsverhalten der Akteure einer Region misst. Somit ist die Geschwindigkeit laut Netztest vorwiegend als Maß für die tatsächlich verbreitete regionale Internetgeschwindigkeit zu sehen, für welche die vorhandene Breitbandinfrastruktur eine notwendige, aber keine hinreichende Voraussetzung ist.

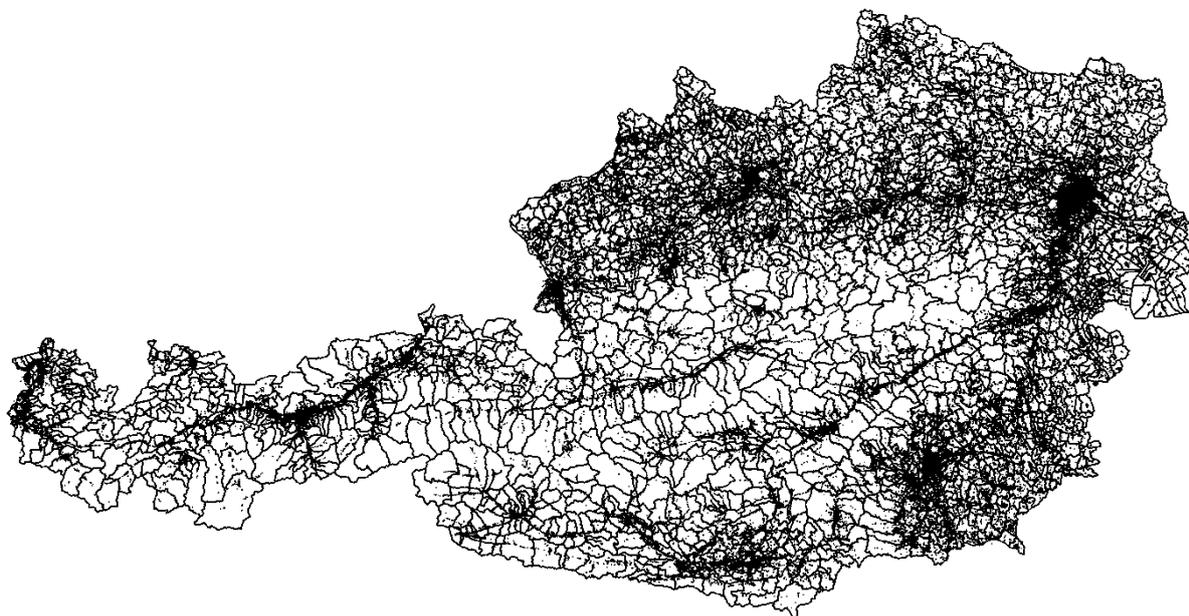
5.2.1 RTR-Netztest auf Gemeindeebene

Abbildung 5.1 veranschaulicht exemplarisch die als Open Data verfügbare räumliche Verteilung der Anzahl der RTR-Netztestaufrufe innerhalb des Jahres 2015. Insgesamt zeigt sich wenig überraschend eine starke Korrespondenz zwischen urbanen Agglomerationen und Messungen.

¹³⁴⁾ Siehe <https://www.netztest.at/de/>

¹³⁵⁾ Für einen Vergleich des RTR-Netztest mit jenen in anderen Ländern, siehe OECD (2014).

Abbildung 5.1: Räumliche Verteilung der RTR-Netztest-Messungen im Jahr 2015



Q: RTR-Netztest, WIFO-Darstellung.

Um die große Datenmenge der Messergebnisse mit anderen (sozio-)ökonomischen Kenngrößen auf kleinräumiger Ebene möglichst sinnvoll zu verknüpfen, wurden zunächst die einzelnen Messergebnisse auf Gemeindeebene sowie auf eine jährliche Frequenz aggregiert. Die beiden besonders relevanten Kenngrößen sind die gemessenen Bitraten im Upload und im Download. Für die Aggregation auf Gemeindeebene wurde der Medianwert aller Messergebnisse eines Kalenderjahres innerhalb der jeweiligen Gemeinde herangezogen. Der Median als Lagemaß hat den Vorteil, dass er wesentlich robuster gegenüber Ausreißern ist als der Mittelwert. Somit kann zumindest einem Teil der zuvor kurz umrissenen Messprobleme begegnet werden. Für jene österreichischen Gemeinden, die keine Messungen des RTR-Netztestes enthielten, wurde der Durchschnittswert der jeweiligen Nachbargemeinden als Wert herangezogen¹³⁶⁾.

Um eine möglichst sinnvolle Aggregation der Daten auf Gemeindeebene zu gewährleisten, wurden vor der Aggregation noch weitere Qualitätsparameter genutzt, die im Rahmen des RTR-Netztests ausgewertet werden. Insbesondere wurden einzelne Messergebnisse bereits a priori verworfen, welche seitens der RTR als unplausibel klassifiziert wurden.

Während der RTR-Netztest Nutzerdaten enthält, welche auch etwaige regionale Auslastungsprobleme und somit die tatsächliche Breitbandqualität abbilden, bildet der Breitbandatlas des bmvit potentielle Downloadgeschwindigkeiten auf sehr kleinräumiger Ebene ab. Obwohl

¹³⁶⁾ Für das Jahr 2014 (welches als Stützperiode für die nachfolgende ökonometrische Untersuchung gewählt wurde) betraf dies etwas mehr als 100 Gemeinden. Um den Einfluss dieser Interpolationen so gering wie möglich zu halten, wurden in den ökonometrischen Analysen zahlreiche Robustheitschecks auch ohne dieser regionalen Interpolationen durchgeführt, indem diese aus der Analyse ausgeschlossen wurden. Die Ergebnisse blieben dadurch allerdings im Wesentlichen stabil.

beide Informationsquellen folglich unterschiedliche Aspekte der Infrastrukturausstattung berücksichtigen, scheint ein Vergleich zwischen RTR-Netztest und Breitbandatlas sinnvoll. Insbesondere kann davon ausgegangen werden, dass eine gute Breitbandinfrastruktur Grundvoraussetzung für eine hohe Dienstqualität ist. Ein solcher Vergleich wird im Anhang C angestellt. Nachdem die Messergebnisse des RTR-Netztest mit den Gemeinde-Shapefiles von Statistik Austria verschnitten und – wie zuvor beschrieben – entsprechend aggregiert wurden, veranschaulicht Abbildung 5.2 den Median der Bitrate im Download auf Gemeindeebene für das Jahr 2013 und Abbildung 5.3 dessen Entwicklung zwischen 2013 und 2016. Um die Darstellung zu erleichtern, wurde in Abbildung 5.2 eine logarithmierte Skala gewählt. Die Abbildung zeigt, dass im Jahr 2013 die urbanen Zentren wenig überraschend höhere Downloadgeschwindigkeiten aufwiesen als periphere Regionen. Besonders augenscheinlich stellt sich dies für den Großraum Wien, Graz oder Linz dar. Auch in weiten Teilen Kärntens scheint im Jahr 2013 gemäß RTR-Netztest eine bereits relativ gute Dienstqualität vorherrschend.

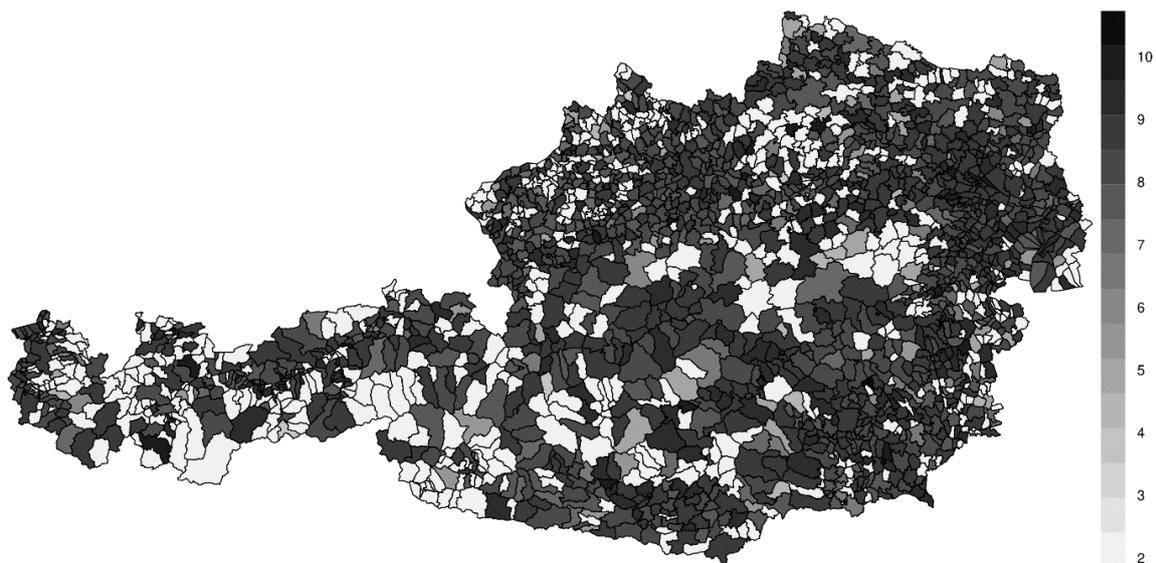
Ausgehend von den gemessenen regionalen Bitraten im Download, zeigt Abbildung 5.3 die räumliche Verteilung der Wachstumsraten der Downloadgeschwindigkeit zwischen den Jahren 2013 und 2016. Während im Jahr 2013 also besonders die städtischen Ballungsräume als besonders gut versorgt schienen, zeigt Abbildung 5.3 insbesondere in vormals schwächer ausgestatteten Gebieten kräftige Entwicklungen der Downloadgeschwindigkeiten. Besonders starke Zuwachsraten sind vor allem in weiten Teilen von Tirol, Salzburg und Niederösterreich auszumachen. Somit erscheint die in Abbildung 5.3 dargestellte räumliche Verteilung der Wachstumsraten von 2013 bis 2016 als Spiegelbild der Downloadgeschwindigkeit im Ausgangsjahr 2013 (Abbildung 5.2).

Dieser regionale Konvergenzprozess in der Bitrate im Download wird näher in Abbildung 5.4 beleuchtet. Die Abbildung stellt die gemeindespezifischen Downloadgeschwindigkeiten im Jahr 2013 den jeweiligen Wachstumsraten (2013-2016) im Rahmen eines Streudiagramms gegenüber. Dieses zeigt recht eindrücklich, dass zwischen Downloadgeschwindigkeit und Wachstumsrate ein negativer Zusammenhang besteht, was auf eine räumliche Konvergenz in den Downloadgeschwindigkeiten hinweist. Regionen mit einer bereits im Jahr 2013 überdurchschnittlichen Ausstattung gingen folglich mit einem unterdurchschnittlichen Wachstum der Downloadgeschwindigkeiten einher. Umgekehrt scheint in Regionen mit unterdurchschnittlicher Anfangsausstattung ein überdurchschnittlich hohes Wachstum stattgefunden zu haben. Insgesamt bedeutet dies, dass es in dieser Zeitperiode zu einer Angleichung der Geschwindigkeiten zwischen urbanen und ruralen Gebieten gekommen ist. Dieser Konvergenzprozess ist dabei – wie abgebildet – sowohl für die gemessenen Download- als auch Uploadgeschwindigkeiten gleichermaßen zu beobachten. Wie in der Abbildung ersichtlich, scheint dieser räumliche Konvergenzprozess in den Bitraten insbesondere auf den verstärkten Breitbandausbau außerhalb der urbanen Ballungszentren zurückzuführen zu sein.

Die Abbildungen zeigen dabei teils erhebliche Wachstumsraten in den Downloadgeschwindigkeiten. Diese Zuwächse sind jedoch nicht notwendigerweise positiv, sondern können aufgrund der Art der Messung der Downloadgeschwindigkeiten mittels Daten des RTR-Netztests

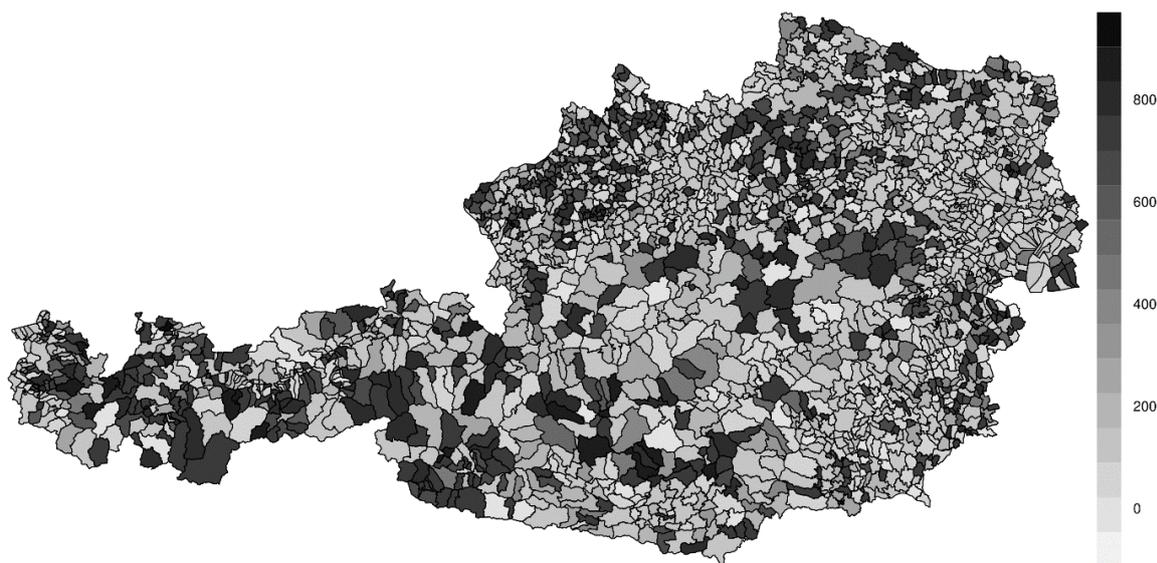
auch negative Werte annehmen. Diese Messprobleme gestalten die Interpretation der erstellten Indikatoren durchaus problematisch. Im Rahmen einer ökonometrischen Analyse (siehe nächster Abschnitt) scheint diese Problematik jedoch weniger relevant, da in dieser vielmehr die regionale Variation in den Wachstumsraten von Belang ist als deren absolute Höhe.

Abbildung 5.2: Downloadgeschwindigkeiten auf Gemeindeebene, 2013 (logarithmierte Skala)



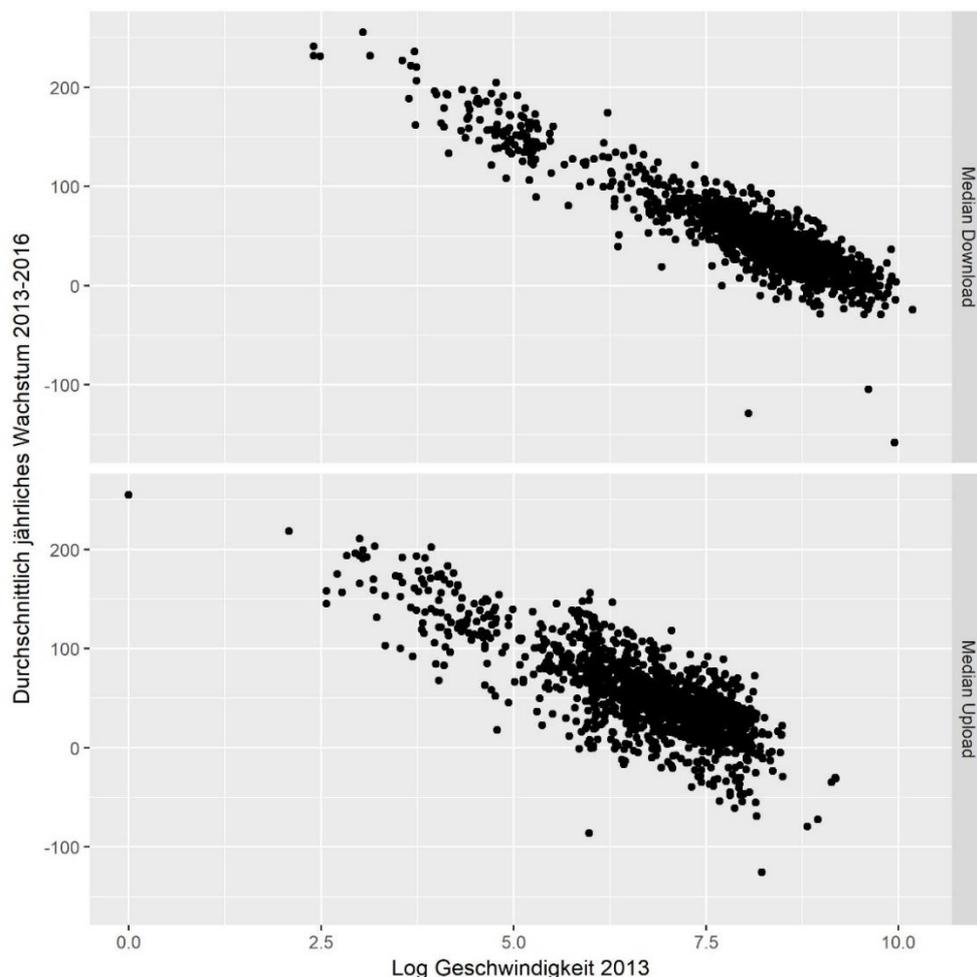
Q: RTR-Netztest, WIFO-Berechnungen.

Abbildung 5.3: Wachstumsrate der Downloadgeschwindigkeiten auf Gemeindeebene (in %), 2013-2016



Q: RTR-Netztest, WIFO-Berechnungen.

Abbildung 5.4: Konvergenz der Download- und Upload-Geschwindigkeiten, 2013-2016



Q: RTR-Netztest, WIFO-Berechnungen.

5.3 Ökonometrisches Modell und Daten

Ziel dieses Abschnitts ist es, die regionalen Internetgeschwindigkeiten hinsichtlich ihrer Effekte auf die lokale Beschäftigungsentwicklung zu evaluieren. Dabei werden Daten des RTR-Netztests herangezogen, um im Rahmen eines ökonometrischen Modelles den Einfluss der Breitbandqualität auf die rezente Beschäftigungsdynamik auf Gemeindeebene zu analysieren. Durch den ökonometrischen Modellrahmen können auch weitere potentielle Einflussfaktoren auf das Beschäftigungswachstum mitberücksichtigt und statistisch quantifiziert werden.

Wie bereits zu Beginn des Kapitels erwähnt, stellen die mangelhaften Informationsgrundlagen zur historischen Genese der Breitbandinfrastruktur auf kleinräumiger Ebene eine große Herausforderung zur Abschätzung der kausalen Effekte von Breitbandinternet auf lokale ökonomische Prozesse dar. Das Problem des engen Zusammenspiels zwischen Ursache und Wirkung der Verfügbarkeit dieser Infrastruktur lässt sich auch in der nachfolgenden ökonometrischen Analyse

nicht vollends beseitigen. Durch Informationen über die regionale Breitbandverfügbarkeit in der jüngeren Vergangenheit lassen sich dadurch jedoch nähere Einblicke in das Zusammenwirken von Infrastruktur und wirtschaftliche Entwicklung gewinnen und somit zumindest Indizien der ökonomischen Wirkung von Erweiterungen in die Infrastruktur ableiten und statistisch untermauern. Die Daten des RTR-Netztests ermöglichen somit Einblicke in die regionale Beschäftigungs- und Bevölkerungsentwicklung im Kontext der Entwicklung des Breitbandinternets in der jüngeren Vergangenheit in einem ökonometrischen Rahmen, welcher zwar die Problematik der Endogenität in der empirischen Analyse nicht gänzlich aufhebt, diese allerdings deutlich reduziert.

Die jeweilig zu erklärende Größe wird in einem N -dimensionalen Vektor Δy zusammengefasst, wobei N die Gesamtzahl der beobachteten österreichischen Gemeinden darstellt ($N=2.122$). Hauptaugenmerk wird in den nachfolgenden Analysen auf die lokalen Beschäftigungseffekte von Breitbandverfügbarkeit gelegt. Die zu erklärende Variable errechnet sich somit vornehmlich aus der Beschäftigung auf Gemeindeebene (gemessen am Arbeitsort). Im Rahmen der Analyse werden jedoch zahlreiche alternative Modellvariationen angewandt, welche etwa auf die Beschäftigungseffekte in ausgewählten Branchen oder auf Bevölkerungsveränderungen abzielen. Die geschätzten Regressionsmodelle können generell wie folgt dargestellt werden:

$$\text{Gleichung 5.1} \quad \Delta y = \alpha + y_{t_0}\beta_0 + X\beta + \varepsilon$$

Die abhängige, zu erklärende Variable Δy ist ein N -dimensionaler Vektor und ist definiert durch $\Delta y = (\log y_T - \log y_{t_0}) \cdot 100$, wobei T das Ende des Beobachtungszeitraums (2016) und t_0 die Anfangsperiode (2014) definiert. y_T und y_{t_0} stellen die zu erklärende Zielgröße zum Zeitpunkt T bzw. t_0 dar. Δy wird erklärt durch¹³⁷⁾:

- Eine Konstante, mit zugehörigem Schätzparameter α .
- Dem "Anfangswert" (2014) der endogenen Größe: Diese Größe stellt ein zentrales Element in der Schätzung dar. Die Aufnahme dieser Variable hat eine essentielle Bedeutung zur Abschwächung von Endogenitätsproblemen. Im Rahmen von Wachstumsregressionen (Barro, 1991) wie sie in der obigen Gleichung dargestellt sind, hat diese Größe auch einen hohen interpretativen Charakter, da der geschätzte Koeffizient auf bedingte Konvergenz bzw. Divergenz in der Beschäftigungs- bzw. Bevölkerungsentwicklung zwischen den Gemeinden innerhalb des Beobachtungszeitraums hinweist.
- Matrix X : Sie beinhaltet weitere regionalökonomische Variablen, die entweder zur direkten Erklärung von Δy beitragen sollen oder eine Kontrollfunktion wahrnehmen, um

¹³⁷⁾ Hier ist allerdings anzumerken, dass aufgrund der Datenverfügbarkeit prinzipiell auch ein früherer Zeitpunkt als Startperiode (nämlich 2013) gewählt werden kann. Rechnungen mit diesem verlängerten Zeitraum veränderten die Grundaussagen der nachfolgenden Regressionsergebnisse kaum. Im Jahr 2013 wurden jedoch weit weniger RTR-Netztest-Abfragen registriert als im Folgejahr 2014. Dies führte dazu, dass für das Jahr 2013 als Referenzperiode wesentlich mehr Gemeindebeobachtungen imputiert werden mussten, als dies für 2014 der Fall war. Um die Ergebnisse aufgrund dieser Imputationen für die gemeindenspezifische Downloadrate möglichst wenig zu verfälschen, wurde daher der Beobachtungszeitraum entsprechend verkürzt.

mögliche Verzerrungen der zu schätzenden Parameter abzumildern. Als besonders essentiell erscheint dabei, dass die gewählten Informationen, die in Matrix X einfließen, möglichst am Beginn des Beobachtungszeitraums gemessen werden. Dies ist insofern von Bedeutung, da angenommen wird, dass der Wirkungskanal im obig dargestellten Regressionsmodell "von rechts nach links" verläuft. Das bedeutet, dass die Erklärungsgrößen auf der rechten Seite der Gleichung zwar die abhängige Variable beeinflussen, allerdings keine Beeinflussung von Δy auf die Variablen auf der rechten Seite stattfinden sollte. Aus diesem Grund wurden alle Informationen, welche in Matrix X einfließen, im Jahre 2014 gemessen. Diese zeitliche Strukturierung kann in diesem Modellrahmen zwar durchaus als notwendige, nicht jedoch als unbedingt hinreichende Maßnahme zur Vermeidung der zuvor diskutierten Endogenitätsprobleme betrachtet werden.

- Räumlich verzögerte erklärende Variablen WX : Da die Gemeindeebene eine sehr kleinräumige Analyseebene ist, scheint eine explizite Berücksichtigung von räumlichen Abhängigkeiten und sogenannten Spillover-Effekten zwischen den Gemeinden sinnvoll. Die Matrix der nichtkonstanten erklärenden Variablen X und y_{t0} wird dabei mit einer zeilenstandardisierten $N \times N$ Matrix W prämultipliziert. In den Modellrechnungen wurde die sogenannte räumliche Gewichtsmatrix W als eine Kontiguitätsmatrix angenommen¹³⁸). Das Matrixprodukt WX fließt in diesen Schätzszenarien gleichsam wie die restlichen Kontrollvariablen als zusätzliche erklärende Variable in die Modellgleichung ein und stellt durch die Zeilenstandardisierung einen gewichteten Durchschnitt der erklärenden Variablen in den Nachbargemeinden dar¹³⁹).
- ε : Ein Fehlerterm mit Mittelwert 0 und Varianz σ^2 .

α , β_0 , sowie β sind nicht beobachtete, zu schätzende Parameter, welche den Einfluss der jeweiligen erklärenden Variablen auf Unterschiede in der abhängigen Variablen zwischen den Gemeinden abbilden. Als Schätzansatz wurde die Methode der kleinsten Quadrate ("ordinary least squares", OLS) gewählt.

Wie bereits erwähnt, enthält Matrix X Informationen über weitere potentielle Einflussfaktoren zur Erklärung der abhängigen Variable. Als Kontrollvariablen wurden – neben dem Anfangswert der jeweils zu erklärenden Variable und dem Breitbandindikator aus dem RTR-Netztest – zahlreiche weitere regionalökonomische Charakteristika auf Gemeindeebene herangezogen. Die Wahl der zusätzlichen Kontrollvariablen orientiert sich einerseits an der bestehenden empirischen Literatur zur Modellierung von regionalen Wachstumsprozessen (siehe etwa *Crespo Curesma et al.*, 2014) und umfasst im Wesentlichen Indikatoren des Arbeitsmarkts, der Bevölkerungs- und Bildungsstruktur sowie der lokalen Wirtschaftsstruktur. Andererseits ist allerdings

¹³⁸) Im Rahmen von Robustheitschecks wurden diverse alternative Varianten von räumlichen Gewichtsmatrizen W getestet. Die Wahl von W beeinflusste die Schätzergebnisse jedoch kaum. Darüber hinaus wurden auch sogenannte räumlich autoregressive Modellspezifikationen (siehe *LeSage – Pace*, 2009) getestet. Diese lieferten im Wesentlichen ebenfalls sehr ähnliche Ergebnisse.

¹³⁹) Alternativ zur dargestellten Schätzgleichung könnte auch eine Spezifikation in Niveaus ($\log y_T$ anstatt Δy als abhängige Variable) gewählt werden. Es kann jedoch gezeigt werden, dass die alternativen Spezifikationen idente Ergebnisse liefern.

anzumerken, dass aufgrund der sehr kleinräumigen Betrachtungsebene auch einige bedeutsame Abstriche in der Wahl der erklärenden Variablen gemacht werden mussten. Dies betrifft insbesondere Daten zur regionalen Wertschöpfung, welche aus theoretischer Perspektive zwar besonders bedeutsam erscheinen, allerdings auf Gemeindeebene nicht verfügbar sind. Konkret werden die erklärenden Variablen wie folgt spezifiziert:

- y_{2014} : Die zu erklärende Größe zu Beginn des Beobachtungszeitraums (y_{t0}); In verschiedenen Modellvariationen werden hierbei Informationen über die Anzahl der Beschäftigten insgesamt bzw. der Beschäftigten in wissensintensiven Marktdienstleistungen (für Schätzungen zu Arbeitsmarkteffekten) bzw. Daten aus der Wanderungstatistik der österreichischen Gemeinden (für Schätzungen zu Bevölkerungseffekten) herangezogen. Der Einbezug dieser Variablen ist notwendig, um für generelle räumliche Konvergenz- bzw. Divergenzprozesse in der Beschäftigungs- bzw. Bevölkerungsentwicklung zu kontrollieren. Mit Ausnahme der Downloadgeschwindigkeit aus dem RTR-Netztest wurden alle weiteren Variablen von Statistik Austria bezogen.
- Downloadgeschwindigkeit: Die aus den Daten des RTR-Netztest ermittelte Downloadgeschwindigkeit (gemessen in Mbit/s)¹⁴⁰). Die Downloadgeschwindigkeit wird in einer logarithmierten Skala einbezogen¹⁴¹). Dieser Variablen gilt im Rahmen der folgenden Analyse das Hauptinteresse.
- Bevölkerungsdichte: Als Maß für den Urbanisierungsgrad einer Gemeinde wurde die Bevölkerungsdichte (Bevölkerung dividiert durch Gemeindefläche in km²) in die Regressionen miteinbezogen. Aufgrund der Skalierung der Variable wurde auch hier eine logarithmierte Skalierung verwendet. Das Weglassen dieser Variablen würde zu deutlichen Verzerrungen der Schätzergebnisse zum Einfluss der Breitbandqualität führen, da der Urbanisierungsgrad sowohl systematische Unterschiede in der Beschäftigungs- bzw. Bevölkerungsentwicklung als auch Unterschiede in der Downloadgeschwindigkeit zwischen den Gemeinden ursächlich begründen kann.
- Erwerbsquote: Der Anteil der Erwerbspersonen an der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter.
- Tertiärisierungsgrad: Diese Variable misst die Bedeutung des tertiären Sektors in der jeweiligen Gemeinde und errechnet sich aus den Beschäftigten im tertiären Sektor als Anteil an der Gesamtbeschäftigung (gemessen nach dem Arbeitsortprinzip).
- Anteil Geringqualifizierte bzw. Anteil Hochqualifizierte: Anzahl der Personen mit einem Pflichtschulabschluss als höchstem erreichten Bildungsgrad (Anteil Geringqualifizierte) bzw. Anzahl der Personen mit einem tertiären Bildungsabschluss (Anteil Hochqualifizierte) als Anteil der Bevölkerung.

¹⁴⁰) Darüber hinaus wurde auch versucht, anstatt der Download- die jeweiligen Uploadgeschwindigkeiten für die Modellrechnungen heranzuziehen. Diese führten allerdings zu keiner merklichen Veränderung der Resultate.

¹⁴¹) Durch die Einbeziehung von logarithmierten Größen können in linearen Regressionsmodellen auch nicht-lineare Zusammenhänge abgebildet werden. Logarithmierte Variablen erlauben oftmals wünschenswertere Interpretationen der Parameter. Darüber hinaus können negative Effekte von Ausreißern in den Beobachtungen verringert werden, da logarithmierte Größen die Spannweite der Messgrößen verringern können.

Darüber hinaus wurden noch weitere erklärende Variablen (wie etwa die Arbeitslosenquote oder Maßzahlen zur Bevölkerungsstruktur) in diversen Modellrechnungen getestet. Da diese zusätzlichen Variablen allerdings kaum einen Erklärungsgehalt aufwiesen und auch die restlichen Schätzgrößen *grasso modo* nicht beeinflussten, wurden sie von den im Bericht präsentierten und diskutierten Modellrechnungen ausgeschlossen.

Um den Erklärungsgehalt des zu schätzenden Modells weiter zu verbessern, kann die Liste der erklärenden Variablen mit sogenannten fixen Effekten erweitert werden. Besonders relevant erscheint diesbezüglich eine Berücksichtigung regionsspezifischer Unterschiede, welche die Entwicklungen innerhalb einer Gemeinde erheblich beeinflussen können, jedoch nicht durch die oben dargestellten, ins Modell einbezogenen Eigenschaften einer Gemeinde begründet sind. Dies bedeutet, dass das oben skizzierte Modell regional unterschiedliche Konstanten (fixe Effekte) für unterschiedliche Regionen innerhalb Österreichs zulässt. Dadurch können etwa unterschiedliche durchschnittliche Veränderungsraten in den jeweiligen Gemeindegruppierungen explizit berücksichtigt werden. Beispielsweise war die Beschäftigungsentwicklung in westösterreichischen Regionen während des Beobachtungszeitraums – begünstigt durch die Nähe zum dynamisch wachsenden süddeutschen Raum – insgesamt höher als in der Ost- und Südregion. In einigen Schätzszenarien wurden daher auch fixe Effekte auf (insgesamt 35) NUTS-3-Regionen berücksichtigt, welche Gruppierungen von jeweils mehreren benachbarten Bezirken in Österreich darstellen. Um die Robustheit der Schätzergebnisse mit bzw. ohne fixe Effekte zu untermauern, werden im Folgenden Resultate für insgesamt vier Szenarien ausgewiesen. Neben einer Basispezifikation, wie sie in der obigen Gleichung dargestellt ist, wird auch eine Erweiterung mit räumlich verzögerten Variablen (WX) geschätzt. Für beide Szenarien werden darüber hinaus Schätzergebnisse mit und ohne regionale fixe Effekte (NUTS 3) ausgewiesen.

5.4 Regressionsergebnisse

5.4.1 Beschäftigungswachstum

Übersicht 5.1 zeigt den Regressionsoutput für die gemeindespezifische Beschäftigungsentwicklung (nach Arbeitsortprinzip)¹⁴²⁾. Die Regressionsergebnisse werden dabei sowohl ohne (1) als auch mit (2) regionsspezifischen fixen Effekten (nach NUTS-3-Regionen) ausgewiesen. Schätzergebnisse mit zusätzlich räumlich verzögerten Kontrollvariablen werden in den Spalten (3) (ohne fixe Effekte) und (4) (mit fixen Effekten) ausgewiesen. In der Übersicht werden für die berücksichtigten erklärenden Variablen die geschätzten Koeffizienten sowie die dazugehörigen Standardfehler (in Klammern) angegeben. Darüber hinaus indiziert die Anzahl der ausgewiesenen Sterne die statistische Signifikanz der jeweiligen Koeffizienten. Ausgewiesene Indikatoren ***, (**), (*) für die einzelnen Schätzkoeffizienten indizieren Signifikanz auf dem 1%, (5%), (10%) Niveau. Als Maß für die Anpassungsgüte der jeweiligen Modellspezifikation wird auch das so-

¹⁴²⁾ Die gemeindespezifische Beschäftigungsentwicklung bezieht sich auf die aktive Erwerbstätigkeit und beinhaltet sowohl selbständig als auch unselbständig Beschäftigte.

genannte R^2 bzw. eine modifizierte Version "Adjusted R^2 " ausgewiesen¹⁴³). Das genannte Gütekriterium (R^2) misst, wie viel Variation in den Daten durch das Regressionsmodell erklärt werden kann. Als zusätzliches Maß für die Modellgüte wird das sogenannte Bayes'sche Informationskriterium (BIC) ausgewiesen¹⁴⁴).

Je nach Modellspezifikation zeigt Übersicht 5.1 geschätzte Koeffizienten für den Anfangswert der abhängigen Variable y_{t0} zwischen $-0,806$ und $-0,677$. Diese sind hoch signifikant negativ. Ein negativer Wert bedeutet, dass in der der Schätzperiode 2014 bis 2016 (gegeben die anderen, in der Regression berücksichtigten Einflussfaktoren) eine leichte Konvergenz in der Beschäftigung zwischen den österreichischen Gemeinden beobachtbar ist. In Gemeinden mit einer niedrigen Beschäftigung im Jahr 2014 wuchs diese somit ceteris paribus überproportional gegenüber jenen mit einer hohen Beschäftigung.

Ebenfalls signifikant und mit positivem Einfluss zeigt sich der aus dem RTR-Netztest abgeleitete Breitbandindikator. Der geschätzte Koeffizient zur Downloadgeschwindigkeit liegt – je nach Spezifikation – zwischen $0,333$ und $0,374$. Gemäß der konkreten Modellspezifikation und entsprechender Transformation der abhängigen Variable führt demnach eine Verdoppelung der Bitrate im Download zu einem Anstieg des Beschäftigungswachstums in den beiden Folgejahren insgesamt um etwa $0,26$ bis $0,30$ Prozentpunkte¹⁴⁵). Diese geschätzten Effekte erscheinen zwar nicht sonderlich hoch, angesichts der teilweise sehr hohen Wachstumsraten der Downloadgeschwindigkeiten in den vergangenen Jahren führen diese gemäß den Schätzergebnissen allerdings zu potentiell nicht zu vernachlässigenden Beschäftigungswirkungen. Legt man diese berechneten Elastizitäten auf Beschäftigungseffekte um, so ergibt sich im Beobachtungszeitraum (2014 bis 2016) bei einer flächendeckenden Verdoppelung der Bitraten im Download ceteris paribus eine Erhöhung der Gesamtbeschäftigung um 11.000 bis 12.000 Beschäftigte. Darüber hinaus zeigt sich der geschätzte Effekt als statistisch signifikant und über die dargestellten Modellvariationen hinweg als "robust" (kaum anfällig für geringfügige Modifikationen der Modellspezifikation)¹⁴⁶). Bei der Interpretation der geschätzten Koeffizienten für die Downloadgeschwindigkeit sollte jedoch berücksichtigt werden, dass diese lediglich im Rahmen der Beobachtungsperiode interpretiert werden sollten. Geht man in Zukunft von sehr hohen Stei-

¹⁴³) Da herkömmliche Bestimmtheitsmaße (R^2) definitionsgemäß bei einer zusätzlichen Aufnahme von erklärenden Variablen wachsen (z. B. auch durch Aufnahme von fixen Effekten), wird eine korrigierte Version (Adjusted R^2) verwendet, um der Gefahr eine "Überanpassung" (over fit) des Modells entgegenzuwirken.

¹⁴⁴) Beim BIC ist allerdings zu beachten, dass es als $BIC = -2 \log \hat{L} + N \log k$ definiert ist, wobei k die Anzahl der zu schätzenden Parameter und \hat{L} die maximierte Likelihood darstellt. Somit ist – anders als beim R^2 – eine Spezifikation mit möglichst niedrigem BIC zu bevorzugen.

¹⁴⁵) Durch die konkreten nichtlinearen (log-log)-Transformationen der Modellspezifikationen ergeben sich diese Werte aus $\exp(a\hat{\beta}) - 1$, wobei $a = \log\left(\frac{100+p}{100}\right)$ und $p = 100$ (Verdoppelung bzw. 100-prozentige Erhöhung der Bitrate im Download). $\hat{\beta}$ bezeichnet den jeweiligen Schätzkoeffizienten für die Downloadrate.

¹⁴⁶) Als weitere Modellvariationen wurden auch Spezifikationen mit zusätzlichen erklärenden Variablen getestet. Darüber hinaus wurde als Robustheitscheck der Zeitraum der Schätzung variiert (z. B. 2013 bis 2016 bzw. 2013 bis 2015). In all diesen Modellvariationen zeigte sich ein positiver Effekt der Bitrate im Download auf das Beschäftigungswachstum. Die gemeindespezifische Uploadrate als Breitbandindikation erzielt ebenfalls, sowohl qualitativ als auch quantitativ, sehr ähnliche Ergebnisse.

gerungsraten in den Bandbreiten aus, sind zwar damit auch Beschäftigungseffekte zu erwarten. Das konkrete Ausmaß der in Zukunft zu erwartenden Beschäftigungseffekte bleibt dabei jedoch ungewiss.

Daneben zeigt aber auch die Bevölkerungsdichte im Jahr 2014 in beiden Schätzszenarien einen *ceteris paribus* positiven Einfluss auf das Beschäftigungswachstum 2014 bis 2016¹⁴⁷). Einen positiven und ebenfalls hoch signifikanten Einfluss auf das Beschäftigungswachstum zeigt außerdem der Tertiärisierungsgrad im Ausgangsjahr 2014. In Gemeinden mit höherem Dienstleistungsanteil war das Beschäftigungswachstum also im Durchschnitt höher. Betrachtet man die partiellen Effekte der beiden Bildungsvariablen (Bildung niedrig bzw. Bildung hoch), so ist festzuhalten, dass die jeweilig geschätzten Einflussgrößen in Relation zur Referenzgruppe (Bildung mittel) zu interpretieren sind. In Relation zu dieser Referenzgruppe zeigen sowohl das untere als auch das obere Bildungsspektrum ein negatives Vorzeichen, wobei sich nur der negative Effekt des Anteils der Geringqualifizierten in allen Spezifikationen als signifikant erweist¹⁴⁸). Der Koeffizient für den Anteil der Hochqualifizierten wird statistisch insignifikant, sobald für regionale fixe Effekte kontrolliert wird.

In der Literatur wird häufig diskutiert, ob eine bessere Breitbandinfrastruktur auch in ländlichen Gebieten positive ökonomische Effekte entfaltet. Auch wenn allgemein angenommen wird, dass die Breitbandinfrastruktur die lokale Wirtschaft und die Arbeitsmärkte ankurbelt, scheinen empirische Erkenntnisse über deren Wirkung in ländlichen Gebieten weit weniger gesichert (siehe Kapitel 2).

Um zwischen den zu erwartenden Effekten einer Verbesserung der Breitbandinfrastruktur zwischen städtischen und ländlichen Gemeinden zu differenzieren, können die Schätzgleichungen für die zwei Kategorien getrennt geschätzt werden. Dazu wurden sowohl Aufteilungen mittels der Bevölkerungszahl als auch der Bevölkerungsdichte vorgenommen. Grundsätzlich zeigte sich jedoch, dass die konkrete Aufteilung recht wenig Einfluss auf die geschätzten Wirkungen zwischen städtischen und ländlichen Gemeinden aufwies.

In Übersicht 5.2 und Übersicht 5.3 werden Schätzungen für städtische bzw. ländliche Gemeinden gemäß deren Einwohnerzahl dargestellt. Gemeinden mit einer Einwohnerzahl von weniger als 5.000 wurden dabei als ländlich, jene über 5.000 als städtisch klassifiziert¹⁴⁹). Wie in Übersicht 5.2 dargestellt, zeigt sich unter den bevölkerungsreicheren Gemeinden kein signifikanter Effekt

¹⁴⁷) Die ausgewiesenen Bestimmtheitsmaße (R^2) nehmen – je nach Modellspezifikation – Werte zwischen 0,020 und 0,046 an. Somit erscheint die Anpassungsgüte für die geschätzten Spezifikationen sehr gering. Hier sei allerdings darauf hingewiesen, dass dies auch Resultat der gewählten Wachstumsgleichung (Barro, 1991) ist. Spezifiziert man hingegen die jeweilige abhängige Variable in Niveaus (und nicht in Veränderungsraten), so würden sich per definitionem numerisch idente Schätzkoeffizienten β und dazugehörige Standardfehler bei sehr hohem R^2 ergeben. Die niedrige Anpassungsgüte ist somit auch Folge der gewählten Spezifikation und sollte daher nicht überinterpretiert werden.

¹⁴⁸) Wie in Kapitel 2 dargelegt, sind insbesondere in Regionen mit einem hohen Anteil an hochqualifizierten Arbeitskräften stärkere Beschäftigungseffekte zu erwarten. In einer weiteren Spezifikation wurde daher eine Interaktion zwischen Bildung und der Downloadrate getestet. Eine Berücksichtigung von Interaktionstermen ergab allerdings keine signifikanten Ergebnisse.

¹⁴⁹) Da bereits bei einem "relativ niedrigen" Schwellenwert von 5.000 Einwohnern weniger als 300 Gemeinden als "städtisch" klassifiziert wurden, scheint es problematisch, diesen noch weiter anzuheben.

der Breitbandinfrastruktur auf die Beschäftigungsentwicklung. Die geschätzten Koeffizienten zur Downloadgeschwindigkeit zeigen sogar ein negatives Vorzeichen. Ergebnisse für bevölkerungsärmere Gemeinden (Übersicht 5.3) zeigen hingegen hoch signifikant positive Effekte auf die Beschäftigungsentwicklung. Die geschätzten Effekte der Downloadgeschwindigkeit übertreffen sogar jene in Übersicht 5.1. Eine Verdoppelung der Downloadgeschwindigkeit führt somit zu einem erwarteten Anstieg des Beschäftigungswachstums in bevölkerungsarmen Regionen in den beiden Folgejahren insgesamt um etwa 0,27 bis 0,32 Prozentpunkte. Somit zeigt sich im Rahmen der gegenständlichen Analyse, dass insbesondere ländliche Gemeinden von einem Breitbandausbau profitieren, während Beschäftigungseffekte für urbane Gemeinden unklar sind. Dieses Ergebnis ist konsistent mit den Befunden aus Kapitel 4. Auch in Bezug auf den Digitalisierungsgrad der lokalen Wirtschaft wurden in diesem Kapitel positive Effekte für nicht-urbane (d.h. industriell und ländlich geprägte) Bezirke festgestellt, während die Ergebnisse für urbane Bezirke weitgehend insignifikant blieben.

Neben einer Differenzierung der Beschäftigungswirkungen von Breitbandinfrastruktur zwischen städtischen und ländlichen Gebieten ist davon auszugehen, dass die Höhe der zu erwartenden Beschäftigungseffekte auch vom Ausgangsniveau der regionalen Breitbandverfügbarkeit abhängt. Insbesondere ist davon auszugehen, dass ein Breitbandausbau in Regionen mit schwacher Breitbandversorgung vergleichsweise höhere Beschäftigungswirkungen entfaltet. Aus diesem Grund wurde des Weiteren eine Analyse der regionalen Beschäftigungswirkungen getrennt nach Gemeinden mit langsamer und schneller Anfangsausstattung an Internetgeschwindigkeit durchgeführt. Die Aufteilung in Regionen mit langsamer bzw. schneller Downloadgeschwindigkeit erfolgte mithilfe des Medianwertes der Anfangsausstattung in der Downloadgeschwindigkeit.

Übersicht 5.4 und Übersicht 5.5 zeigen die Regressionsanalysen für geringe bzw. hohe Downloadgeschwindigkeiten. Während die Ergebnisse für Gemeinden mit hoher Anfangsausstattung an Breitbandinfrastruktur in allen Modellvarianten keine signifikanten Effekte der Downloadgeschwindigkeiten auf die Beschäftigungsveränderungen ergeben, zeigen die Ergebnisse für Gemeinden mit relativ niedriger Anfangsausstattung signifikant positive Effekte. Die signifikant positiven Wirkungen von Breitbandinfrastruktur auf das Beschäftigungswachstum werden somit insbesondere von Gemeinden mit relativ geringen Bitraten getrieben.

Übersicht 5.1: Regressionsergebnisse: Beschäftigungswachstum nach dem Arbeitsortprinzip

	(1)	(2)	(3)	(4)
Y 2014	-0,746*** (0,237)	-0,677** (0,266)	-0,806*** (0,273)	-0,688** (0,281)
Downloadgeschwindigkeit	0,333** (0,160)	0,374** (0,163)	0,362** (0,161)	0,358** (0,163)
Bevölkerungsdichte	1,046*** (0,276)	1,035*** (0,321)	0,671 (0,423)	0,575 (0,424)
Erwerbsquote	0,033 (0,055)	-0,020 (0,070)	-0,112 (0,078)	-0,109 (0,079)
Tertiärisierungsgrad	0,064*** (0,016)	0,059*** (0,017)	0,059*** (0,017)	0,060*** (0,017)
Anteil Geringqualifizierte	-0,096 (0,059)	-0,169** (0,075)	-0,141* (0,084)	-0,162* (0,085)
Anteil Hochqualifizierte	-0,183** (0,089)	-0,228** (0,101)	-0,170 (0,123)	-0,197 (0,123)
NUTS-3 Fixe Effekte	Nein	Ja	Nein	Ja
WX	Nein	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	2.122	2.122	2.122	2.122
BIC	16.075	16.293	16.116	16.332
R ²	0,020	0,039	0,026	0,046
Adjusted R ²	0,016	0,020	0,019	0,024

Q: WIFO-Berechnungen. – Standardfehler in Klammern. ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%)-, (10%)- Niveau.

Übersicht 5.2: Regressionsergebnisse: Beschäftigungswachstum in urbanen Gemeinden

	(1)	(2)	(3)	(4)
Y 2014	0,301 (0,479)	0,630 (0,521)	0,721 (0,529)	0,965* (0,579)
Downloadgeschwindigkeit	-0,199 (0,904)	-1,001 (1,052)	-0,621 (0,943)	-1,171 (1,068)
Bevölkerungsdichte	0,590 (0,413)	-0,076 (0,560)	-0,227 (0,678)	-0,487 (0,778)
Erwerbsquote	0,251** (0,105)	0,097 (0,169)	0,177 (0,182)	0,050 (0,216)
Tertiärisierungsgrad	0,078*** (0,030)	0,068** (0,034)	0,081*** (0,030)	0,072** (0,034)
Anteil Geringqualifizierte	-0,106 (0,107)	-0,256 (0,179)	-0,209 (0,165)	-0,346* (0,204)
Anteil Hochqualifizierte	-0,266** (0,114)	-0,407*** (0,149)	-0,436** (0,171)	-0,511*** (0,192)
NUTS-3 Fixe Effekte	Nein	Ja	Nein	Ja
WX	Nein	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	268	268	268	268
BIC	1.697	1.855	1.730	1.889
R ²	0,050	0,141	0,073	0,156
Adjusted R ²	0,025	-0,010	0,022	-0,024

Q: WIFO-Berechnungen. – Standardfehler in Klammern. ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%)-, (10%)- Niveau.

Übersicht 5.3: Regressionsergebnisse: Beschäftigungswachstum in ruralen Gemeinden

	(1)	(2)	(3)	(4)
Y 2014	-0,927*** (0,310)	-0,983*** (0,342)	-1,080*** (0,348)	-1,002*** (0,358)
Downloadgeschwindigkeit	0,349** (0,171)	0,401** (0,174)	0,387** (0,172)	0,382** (0,175)
Bevölkerungsdichte	1,141*** (0,315)	1,199*** (0,364)	0,832* (0,477)	0,722 (0,479)
Erwerbsquote	0,013 (0,061)	-0,034 (0,076)	-0,133 (0,085)	-0,131 (0,086)
Tertiärisierungsgrad	0,060*** (0,018)	0,055*** (0,019)	0,054*** (0,018)	0,057*** (0,019)
Anteil Geringqualifizierte	-0,088 (0,067)	-0,152* (0,084)	-0,135 (0,095)	-0,150 (0,096)
Anteil Hochqualifizierte	-0,147 (0,110)	-0,181 (0,121)	-0,152 (0,146)	-0,186 (0,146)
NUTS-3 Fixe Effekte	Nein	Ja	Nein	Ja
WX	Nein	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	1.854	1.854	1.854	1.854
BIC	14.241	14.442	14.282	14.480
R ²	0,020	0,045	0,026	0,052
Adjusted R ²	0,016	0,024	0,019	0,027

Q: WIFO-Berechnungen. – Standardfehler in Klammern. ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%)-, (10%)- Niveau.

Übersicht 5.4: Regressionsergebnisse: Beschäftigungswachstum in Gemeinden mit geringer Downloadgeschwindigkeit

	(1)	(2)	(3)	(4)
Y 2014	-1,146*** (0,414)	-1,430*** (0,476)	-1,448*** (0,483)	-1,509*** (0,506)
Downloadgeschwindigkeit	0,420* (0,244)	0,520** (0,250)	0,478* (0,246)	0,479* (0,252)
Bevölkerungsdichte	1,725*** (0,466)	1,904*** (0,550)	2,197*** (0,745)	1,956** (0,759)
Erwerbsquote	0,138 (0,087)	0,124 (0,112)	0,058 (0,120)	0,074 (0,124)
Tertiärisierungsgrad	0,104*** (0,026)	0,100*** (0,027)	0,097*** (0,027)	0,098*** (0,027)
Anteil Geringqualifizierte	-0,069 (0,099)	-0,174 (0,126)	-0,129 (0,137)	-0,161 (0,139)
Anteil Hochqualifizierte	-0,277 (0,181)	-0,311 (0,205)	-0,330 (0,225)	-0,364 (0,230)
NUTS-3 Fixe Effekte	Nein	Ja	Nein	Ja
WX	Nein	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	1.061	1.061	1.061	1.061
BIC	8.371	8.561	8.409	8.600
R ²	0,033	0,070	0,044	0,078
Adjusted R ²	0,027	0,033	0,031	0,035

Q: WIFO-Berechnungen. – Standardfehler in Klammern. ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%)-, (10%)- Niveau.

Übersicht 5.5: Regressionsergebnisse: Beschäftigungswachstum in Gemeinden mit hoher Downloadgeschwindigkeit

	(1)	(2)	(3)	(4)
Y 2014	-0,425 (0,270)	-0,270 (0,295)	-0,332 (0,305)	-0,246 (0,310)
Downloadgeschwindigkeit	-0,839 (0,665)	-0,778 (0,675)	-0,794 (0,665)	-0,803 (0,675)
Bevölkerungsdichte	0,378 (0,311)	0,075 (0,360)	-0,669 (0,454)	-0,754* (0,455)
Erwerbsquote	-0,094 (0,065)	-0,189** (0,082)	-0,312*** (0,096)	-0,350*** (0,097)
Tertiärisierungsgrad	0,020 (0,019)	0,005 (0,020)	0,014 (0,019)	0,007 (0,020)
Anteil Geringqualifizierte	-0,141** (0,068)	-0,181** (0,087)	-0,139 (0,099)	-0,185* (0,101)
Anteil Hochqualifizierte	-0,090 (0,091)	-0,132 (0,103)	-0,031 (0,130)	-0,056 (0,130)
NUTS-3 Fixe Effekte	Nein	Ja	Nein	Ja
WX	Nein	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	1.061	1.061	1.061	1.061
BIC	7.607	7.786	7.632	7.813
R ²	0,012	0,065	0,035	0,084
Adjusted R ²	0,006	0,027	0,022	0,040

Q: WIFO-Berechnungen. – Standardfehler in Klammern. ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%)-, (10%)- Niveau.

5.4.2 Beschäftigungseffekte in wissensintensiven Diensten

Eine verbesserte Ausstattung an Breitbandinfrastruktur wirkt allerdings nicht notwendigerweise über alle Sektoren hinweg gleichermaßen. Für IKT- und datenintensive Branchen scheint schnelles Breitbandinternet jedenfalls ungleich bedeutender als etwa für die Bauwirtschaft oder weniger wissensintensive, distributive Dienstleistungen (z. B. Handel, Gastronomie). Es empfiehlt sich daher, nicht nur die Beschäftigungsdynamik der österreichischen Gemeinden im Aggregat zu betrachten. In weiterer Folge wird daher der Blick auf jene Sektoren gelenkt werden, welche besonders wissens- und digitalisierungsaffin erscheinen. Eine solche sektorale Aufgliederung stellt allerdings auf Gemeindeebene eine Herausforderung dar: Durch die sehr kleinräumige Analyseebene weisen einige Gemeinden auf Branchenebene keine bzw. nur sehr geringe Fallzahlen auf, was eine angemessene Analyse der Wachstumsdynamik erschwert. Dies bewirkt insbesondere, dass eine detaillierte Branchengliederung auf Ebene von ÖNACE-2-Stellern – welcher die in Kapitel 3 beschriebenen Branchentaxonomien zur Digitalisierung zugrunde liegen – auf Ebene der Gemeinden nicht verfügbar ist. Aus diesem Grund finden die dort beschriebenen und in Abschnitt 5.4.2 verwendeten Taxonomien in diesem Abschnitt keinerlei Anwendung. Vielmehr beschränkt sich die nachfolgende Analyse auf die verfügbare 1-Steller-Ebene der ÖNACE 2008-Branchenklassifikation und dabei auf die folgenden digitalisierungsaffinen, wissensintensiven Dienstleistungsbranchen: Abteilungen J (Information und Kommunikation), K (Erbringung von Finanz- und Versicherungsdienstleistungen) und M (Erbringung von

freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen)¹⁵⁰). Diese Branchen-
gruppe scheint auch insofern für eine vertiefende Analyse besonders geeignet, als sie zuneh-
mend als regionaler Wachstumsmotor gilt (vgl. Mayerhofer – Firgo, 2016).

Übersicht 5.6: Regressionsergebnisse: Beschäftigungswachstum in wissensintensiven Diensten

	(1)	(2)	(3)	(4)
Y 2014	-2,922*** (0,648)	-3,232*** (0,699)	-3,814*** (0,714)	-3,719*** (0,726)
Downloadgeschwindigkeit	1,027** (0,470)	0,849* (0,474)	0,845* (0,473)	0,760 (0,475)
Bevölkerungsdichte	2,458*** (0,830)	3,411*** (0,945)	4,230*** (1,239)	3,934*** (1,233)
Erwerbsquote	-0,381** (0,161)	0,065 (0,204)	-0,166 (0,230)	-0,091 (0,230)
Tertiärisierungsgrad	-0,013 (0,048)	-0,026 (0,050)	-0,021 (0,049)	-0,026 (0,050)
Anteil Geringqualifizierte	-0,713*** (0,174)	-0,313 (0,220)	-0,434* (0,249)	-0,360 (0,250)
Anteil Hochqualifizierte	-0,035 (0,266)	0,309 (0,302)	0,686* (0,368)	0,740** (0,365)
Fixe Effekte	Nein	Ja	Nein	Ja
WX	Nein	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	2.122	2.122	2.122	2.122
BIC	20.682	20.855	20.717	20.893
R ²	0,022	0,061	0,030	0,068
Adjusted R ²	0,019	0,043	0,024	0,037

Q: WIFO-Berechnungen. – Standardfehler in Klammern. ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Ni-
veau.

Übersicht 5.6 zeigt die Regressionsergebnisse für die Beschäftigungsentwicklung nach ÖNACE
2008-Abteilungen J+K+M im Zeitraum 2014 bis 2016 als endogene Variable (gemessen nach
dem Arbeitsortprinzip). Dementsprechend bezieht sich die Kontrollvariable y_{t0} ebenfalls auf die
Abteilungen J+K+M und nicht auf die Gesamtbeschäftigung. Betrachtet man den partiellen
Effekt der Downloadgeschwindigkeit, so zeigt sich auch in dieser sektoralen Betrachtung ein
positiver Zusammenhang zwischen Downloadgeschwindigkeit und sektoralem Beschäftigungs-
wachstum. Besonders auffällig erscheint, dass der geschätzte Effekt dabei höher ausfällt als bei
der Gesamtbeschäftigung. Eine 100-prozentige Erhöhung der Bitrate im Download führt gemäß
Modellresultaten ceteris paribus zu einem Anstieg des Beschäftigungswachstums in den
ÖNACE 2008-Abteilungen J+K+M in den beiden Folgejahren um insgesamt 0,69 bis 1,04 Pro-
zentpunkte (verglichen mit 0,26 bis 0,30 Prozentpunkten für die Gesamtbeschäftigung). Aller-
dings sei darauf hingewiesen, dass der geschätzte Effekt eine reduziertere statistische

¹⁵⁰) Selbst die Zusammenfassung dieser drei ÖNACE 2008-Abteilungen ergab einige Gemeinden ohne Beschäftigte in
dieser Branchengruppe. Da die Anfangs- und Endwerte der sektorspezifischen Beschäftigung in die Regression in lo-
garithmierter Form eingehen, wurde in allen Gemeinden vor der Logarithmierung für beide Zeitpunkte der Wert 1 zur
Zahl der Beschäftigten addiert.

Signifikanz aufweist. Auch die Heterogenität der Ergebnisse zwischen den einzelnen Modellspezifikationen scheint bei dieser sektoralen Betrachtung etwas höher¹⁵¹).

Eine Betrachtung der übrigen Modellparameter ergibt grosso modo sehr ähnliche Ergebnisse. Auch bei dieser sektoralen Betrachtung für die Periode 2014 bis 2016 zeigt sich *ceteris paribus* ein signifikanter Konvergenzprozess im sektoralen Beschäftigungswachstum zwischen den österreichischen Gemeinden. Der Anteil der Bevölkerung mit einem tertiären Bildungsabschluss hat zwar in drei der vier Modellvarianten ein positives Vorzeichen, dieser Effekt ist jedoch lediglich in der Variante (4) (räumlich verzögerte erklärende Variablen und fixe Effekte) schwach signifikant.

5.4.3 Effekte auf die Bevölkerungsentwicklung und Wanderungsbewegungen

In den vorangehenden Analysen wurden die Effekte der Breitbandinfrastruktur auf die (sektoralen) Beschäftigungsveränderungen (nach Arbeitsortprinzip) in den österreichischen Gemeinden untersucht. In weiterer Folge wird die Entwicklung der Bevölkerung sowie Wanderungsbewegungen zwischen den österreichischen Gemeinden einer ähnlichen Analyse unterzogen. Dies soll Aufschluss darüber geben, ob bzw. in welchem Ausmaß die Qualität des lokalen Breitbandinternets die Wohnortwahl beeinflusst. Darüber hinaus lassen die Ergebnisse auch Rückschlüsse über die Bedeutung der Möglichkeit zu Internet-basiertem Teleworking in der Wohnortwahl zu.

Betrachtet man die Bevölkerungsentwicklung als abhängige Variable, so ergibt sich der in Übersicht 5.7 dargestellte Regressionsoutput. Hier zeigen sich für alle vier Modellspezifikationen hoch insignifikante Effekte der Downloadgeschwindigkeit auf das Bevölkerungswachstum¹⁵²). Mit Ausnahme der Erwerbsquote, welche laut Modellrechnung einen hoch signifikant positiven Effekt auf die Bevölkerungsentwicklung aufweist, sind die übrigen Koeffizienten ähnlich zu jenen bezüglich der Beschäftigungsveränderungen.

Da Bevölkerungsveränderungen primär von Geburten und Sterbefällen bestimmt werden, zieht eine weitere Spezifikation auch Binnenwanderungsbewegungen zwischen den Gemeinden aus der Wanderungsstatistik von Statistik Austria heran, um den Einfluss von Breitbandinfrastruktur auf Wohnortverlegungen statistisch näher zu beleuchten. Als zentrale Größe wurde hier der Wanderungssaldo (Zuzüge minus Wegzüge) gewählt. Da diese Wanderbewegungen lediglich die Verlegung der Wohnsitze von Personen betreffen, scheint diese Metrik für die gegenständliche Analyse aussagekräftiger als die Betrachtung der allgemeinen Bevölkerungsentwicklungen. Der Wanderungssaldo als Flussgröße gestaltet sich allerdings über die österreichischen Gemeinden hinweg als sehr heterogen und weist daher eine relativ hohe Spannweite auf. Aus diesem Grund wurde der Wanderungssaldo in Relation zur jeweiligen Bevölkerungszahl gesetzt.

¹⁵¹) Da die allgemeine Signifikanz des Einflusses der Downloadrate bei dieser Modellspezifikation geringer ausfällt, verglichen mit den Wirkungen auf die Gesamtbeschäftigung, ergaben Modellrechnungen getrennt nach Gemeindegrößen bzw. nach unterschiedlicher Anfangsausstattung an Breitbandinfrastruktur keine signifikanten Ergebnisse.

¹⁵²) Ein ähnliches Ergebnis zeigt sich bei Betrachtung der Beschäftigungsdynamiken nach dem Wohnort- anstatt des Arbeitsortprinzips.

Um eine Kohärenz mit den übrigen Regressionsergebnissen zu gewährleisten, wurde wiederum das Wachstum dieser Maßzahl als abhängige Variable verwendet.

Übersicht 5.8 zeigt die Regressionsergebnisse für die Binnenwanderungsbewegungen. Während der Einfluss der Bitrate im Download auf die allgemeine Bevölkerungsdynamik (Übersicht 5.7) zwar nicht signifikant erscheint, zeigt ein Blick auf die Wanderungsbewegungen ein gänzlich anderes Bild. In allen vier Modellspezifikationen zeigt sich ein signifikanter und positiver Effekt der Downloadgeschwindigkeit. Gemeinden mit einer besseren Ausstattung an Breitbandinfrastruktur scheinen (nach Kontrolle für zusätzliche Einflussfaktoren) somit eine Verbesserung des Binnenwanderungssaldos zu erfahren. Ob dieser positive Effekt auf einer Erhöhung der Zuzüge oder auf einer Verminderung der Wegzüge (oder beides) fußt, kann im Rahmen dieser Analyse jedoch nicht geklärt werden.

Übersicht 5.7: Regressionsergebnisse: Bevölkerungswachstum

	(1)	(2)	(3)	(4)
Y 2014	-0,086 (0,075)	0,188** (0,081)	0,147* (0,084)	0,240*** (0,085)
Downloadgeschwindigkeit	-0,003 (0,036)	-0,011 (0,035)	-0,007 (0,036)	-0,016 (0,035)
Bevölkerungsdichte	0,676*** (0,064)	0,497*** (0,070)	0,419*** (0,094)	0,389*** (0,092)
Erwerbsquote	0,080*** (0,012)	0,054*** (0,015)	0,075*** (0,017)	0,067*** (0,017)
Tertiärisierungsgrad	0,014*** (0,004)	0,005 (0,004)	0,011*** (0,004)	0,006 (0,004)
Anteil Geringqualifizierte	-0,064*** (0,013)	-0,124*** (0,016)	-0,102*** (0,019)	-0,115*** (0,018)
Anteil Hochqualifizierte	-0,011 (0,020)	-0,067*** (0,022)	-0,019 (0,027)	-0,024 (0,026)
Fixe Effekte	Nein	Ja	Nein	Ja
WX	Nein	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	2.122	2.122	2.122	2.122
BIC	9.708	9.775	9.703	9.809
R ²	0,142	0,216	0,165	0,224
Adjusted R ²	0,139	0,201	0,160	0,206

Q: WIFO-Berechnungen. – Standardfehler in Klammern. ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

Übersicht 5.8: Regressionsergebnisse: Wanderungsbewegungen

	(1)	(2)	(3)	(4)
Y 2014	0,059** (0,024)	0,040* (0,024)	0,052** (0,024)	0,036 (0,024)
Downloadgeschwindigkeit	0,001*** (0,0002)	0,001** (0,0002)	0,001** (0,0002)	0,001** (0,0002)
Bevölkerungsdichte	0,003*** (0,0004)	0,003*** (0,0004)	0,004*** (0,001)	0,004*** (0,001)
Erwerbsquote	0,0002*** (0,0001)	0,0003*** (0,0001)	0,0004*** (0,0001)	0,0004*** (0,0001)
Tertiärisierungsgrad	0,0001** (0,00002)	0,00004* (0,00002)	0,00005* (0,00002)	0,00004* (0,00002)
Anteil Geringqualifizierte	-0,0003*** (0,0001)	-0,0004*** (0,0001)	-0,0003** (0,0001)	-0,0003** (0,0001)
Anteil Hochqualifizierte	-0,0003** (0,0001)	-0,0004*** (0,0001)	-0,0001 (0,0002)	-0,0001 (0,0002)
Fixe Effekte	Nein	Ja	Nein	Ja
WX	Nein	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	2.122	2.122	2.122	2.122
BIC	-11.681	-11.493	-11.648	-11.449
R ²	0,076	0,107	0,085	0,111
Adjusted R ²	0,073	0,090	0,079	0,090

Q: WIFO-Berechnungen. – Standardfehler in Klammern. ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%)-, (10%)- Niveau.

5.5 Zwischenfazit

In diesem Kapitel wurde versucht, die Auswirkungen der regionalen Internetgeschwindigkeit auf das Beschäftigungswachstum auf möglichst kleinräumiger Ebene zu untersuchen. Der Breitbandatlas des bmvit als zentrale Informationsquelle der Breitbandversorgung in Österreich liefert allerdings keine ausreichenden Informationen über die historische Genese der Infrastrukturausstattung. Solche Informationen scheinen jedoch essentiell, um Ursache und Wirkung von Infrastrukturausstattung und wirtschaftlicher Aktivität besser entflechten zu können.

Aus diesem Grund wurden Informationen des RTR-Netztests herangezogen, um geeignete Maßzahlen der Breitbandinfrastruktur auf Gemeindeebene zu erstellen. Mittels RTR-Netztest können Nutzerinnen und Nutzer die aktuelle Dienstqualität der Internetverbindung testen, wobei wesentliche Messparameter (z. B. Download- und Uploadgeschwindigkeit) sowie Zeitpunkt und Standort der Messung aufgezeichnet und als Open Data zur Verfügung gestellt werden. Da diese Messergebnisse jedoch erst seit der jüngeren Vergangenheit zur Verfügung stehen, scheinen potentielle Endogenitätsprobleme in der Messung möglicher Effekte zwar weiterhin problematisch, können aber deutlich abgeschwächt werden.

Die auf Gemeindeebene ermittelten Downloadgeschwindigkeiten des RTR-Netztests wurden in weiterer Folge mit den angegebenen Geschwindigkeiten des Breitbandatlas (Stand Oktober 2015) verglichen. Da der Breitbandatlas lediglich Informationen über einzelne Kategorien in den Downloadgeschwindigkeiten auf sehr kleinräumiger Ebene enthält, mussten die Daten für einen Vergleich erst auf Gemeindeebene aggregiert werden. Ein Vergleich für die ausgewählte Periode ergab einen deutlichen Zusammenhang zwischen den ermittelten Download-

geschwindigkeiten des RTR-Netztests und des Breitbandatlas. Dieser Zusammenhang konnte jedoch lediglich für das Mobilfunknetz im Breitbandatlas festgestellt werden. Zwischen Downloadgeschwindigkeiten des RTR-Netztests und jenen aus den Festnetzdaten des Breitbandatlas konnte kein Zusammenhang festgestellt werden. Die Korrespondenz zwischen Mobilfunknetz des Breitbandatlas und Downloadgeschwindigkeiten des RTR-Netztests ist auch statistisch signifikant.

In einem weiteren Schritt wurden die auf Gemeindeebene aggregierten Downloadgeschwindigkeiten des RTR-Netztests verwendet, um im Rahmen eines ökonomischen Modelles die Effekte einer verbesserten Internetgeschwindigkeit auf die Beschäftigungsentwicklung in den Gemeinden abzuschätzen. Dabei ergaben sich für eine Reihe von Modellspezifikationen positive und statistisch signifikante Effekte.

Eine kurze Übersicht der geschätzten Effekte der Downloadgeschwindigkeit auf die jeweiligen abhängigen Kerngrößen ist in Übersicht 5.9 dargestellt. Die Übersicht zeigt in der ersten Spalte die jeweils untersuchte abhängige Variable. Die zweite Spalte zeigt den geschätzten partiellen Effekt einer Verdoppelung der regionalen Downloadgeschwindigkeit auf die jeweilige abhängige Variable. Für jede ausgewählte abhängige Variable wurde der Effekt jener Spezifikation mit dem höchsten "Adjusted R²" herangezogen. Der geschätzte Effekt einer Verdoppelung der Downloadgeschwindigkeit wurde grau hinterlegt, wenn dieser statistisch signifikant auf dem 10%-Niveau ist.

Eine Verdoppelung der Bitrate im Download führte im Zeitraum 2014 bis 2016 demgemäß ceteris paribus zu einer Erhöhung des Beschäftigungswachstums um etwa 0,28 Prozentpunkte. Anders ausgedrückt, führt eine flächendeckende Verdoppelung der Downloadgeschwindigkeit im Beobachtungszeitraum zu einem Anstieg der Gesamtbeschäftigung um etwa 11.500 Beschäftigte. Ein Vergleich der geschätzten Effekte zwischen bevölkerungsreichen und bevölkerungsarmen Gemeinden zeigte, dass insbesondere in ländlichen Gebieten ein positiver Effekt zu erwarten ist, während jener in urbanen Regionen unklar bleibt (statistisch insignifikant). Darüber hinaus zeigte sich, dass der zu erwartende positive Effekt von Breitbandinfrastruktur auf das Beschäftigungswachstum besonders von Regionen mit einer relativ geringen Anfangsausstattung an Breitbandinfrastruktur getrieben wird.

Betrachtet man hingegen nur die Beschäftigungseffekte in wissensintensiven Marktdienstleistungen (ÖNACE-Abteilungen J+K+M), so ergeben sich etwas stärkere Effekte. Eine Verdoppelung der Downloadgeschwindigkeit führt demnach zu einer Ausweitung des Beschäftigungswachstums um etwa 0,80 Prozentpunkte in diesen Sektoren. Die Beschäftigungseffekte für wissensintensive Marktdienste zeigen jedoch auch über die verschiedenen Modellspezifikationen hinweg eine größere Streuung sowie eine etwas schwächere statistische Signifikanz. Ebenfalls positive – wenngleich sehr schwache – Auswirkungen einer Verbesserung der lokalen Breitbandinfrastruktur konnten auch auf die Wanderungsbewegungen zwischen den Gemeinden ausgemacht werden. Diese Effekte zeigten sich zwar statistisch signifikant, allerdings sind sie

von einer vernachlässigbaren ökonomischen Größenordnung¹⁵³). Effekte auf die allgemeine Bevölkerungsentwicklung konnten hingegen nicht festgestellt werden.

Übersicht 5.9: Zusammenfassung der Effekte einer Verdoppelung der gemeindespezifischen Downloadgeschwindigkeit

Abhängige Variable	Effekt Verdoppelung Downloadgeschwindigkeit (in PP)
Beschäftigungswachstum nach Arbeitsortprinzip	+0,282
Beschäftigungswachstum in urbanen Gemeinden	-0,129
Beschäftigungswachstum in ruralen Gemeinden	+0,303
Beschäftigungswachstum in Gemeinden mit geringer Downloadgeschwindigkeit	+0,384
Beschäftigungswachstum in Gemeinden mit hoher Downloadgeschwindigkeit	-0,427
Beschäftigungswachstum in wissensintensiven Marktdienstleistungen	+0,801
Bevölkerungswachstum	-0,011
Wanderungssaldo/Bevölkerung, pro Person	+0,0004

Q: WIFO-Berechnungen. – Die Spalte "Effekt Verdoppelung Downloadgeschwindigkeit" bezieht sich auf den geschätzten Effekt einer Verdoppelung der gemeindespezifischen Downloadgeschwindigkeit jener Spezifikation mit dem höchsten Adjusted R². Grau hinterlegt, wenn statistisch signifikant auf dem 10%-Niveau.

¹⁵³) Eine Verdoppelung der Downloadgeschwindigkeit in einer Gemeinde würde demnach pro 10.000 Einwohner/innen einen Nettowanderungssaldo von lediglich +4 Personen bedeuten.

6. Wirtschaftspolitische Notwendigkeiten zur Begleitung der Digitalisierung

6.1 Einleitung

Sowohl die Ergebnisse des strukturierten Literatursurveys als auch die beiden empirischen Teile der vorliegenden Studie zeigen vorwiegend positive Gesamteffekte aus der fortschreitenden Digitalisierung auf die Beschäftigung. Ängste vor dem massenhaften Verlust von Arbeitsplätzen durch das Rationalisierungspotential aus der Verwendung digitaler Technologien scheinen daher – zumindest aus heutiger Sicht – bislang unbegründet. Angesichts der vielfältigen Wirkungsstränge digitaler Technologien und deren Verflechtungen werden die Auswirkungen daher häufig zu linear gedacht. Neben Expansionseffekten technologischer Neuerungen auf die Nachfrage bzw. Produktion, die zu einer Erhöhung der Nachfrage nach Arbeitskräften führen, können vor allem flexible Güter- und Arbeitsmärkte dafür sorgen, dass durch Digitalisierung freigesetzte Arbeitskräfte möglichst schnell wieder in neue Beschäftigungsverhältnisse finden.

Tätigkeitanforderungen an Arbeitsplätze ändern sich, werden erweitert und umgeformt, Berufsbilder wandeln sich und Unternehmen verlagern ihre Geschäftsschwerpunkte. Der Strukturwandel passiert folglich auf verschiedenen Ebenen, indem sich etwa Unternehmen an die veränderten technologischen und wirtschaftlichen Bedingungen anpassen. Allerdings ist natürlich keinesfalls gesichert, dass die verschwindenden Arbeitsplätze durch neue gleichwertige Arbeitsplätze ersetzt werden. Eine Voraussetzung für, auch während der Anpassungsphase an den digitalen Wandel, kurz- und mittelfristig stabile Arbeitsmärkte ist eine innovative, wohlüberlegte und vorausschauende Politik, die sowohl die Bevölkerung als auch die Unternehmen zeitnah in die Lage versetzt, den technologischen Wandel aktiv zu nutzen bzw. zu gestalten. Allein aufgrund der bereits jetzt erreichten Nutzungsrate digitaler Technologien ist die Frage danach, ob sich Digitalisierung durchsetzt, bereits beantwortet. Offen ist daher lediglich die Frage nach der Geschwindigkeit und Zeitlichkeit des Wandels (Vogler-Ludwig, 2017) und wie wir diesen gestalten.

Wenn also davon auszugehen ist, dass gefährdeten Arbeitsplätzen neu geschaffene Jobs mit veränderten Tätigkeitsprofilen und Qualifikationsanforderungen gegenüberstehen, muss eine entsprechende Qualifizierung der heutigen wie künftigen Arbeitskräfte für die neuen Arbeitsplatzanforderungen das arbeitsmarktpolitische Kernanliegen schlechthin sein. Strukturkonservierende Politiken zum Halten von durch Digitalisierung gefährdeten Arbeitsplätzen bzw. Tätigkeiten und Berufen scheinen deshalb in einer längerfristigen Perspektive wenig Erfolgchancen zu haben. Eine notwendige politische Strategie zur pro-aktiven Steuerung des Prozesses stellt allerdings hohe Anforderungen an alle beteiligten Gruppen, in Bezug auf die räumliche und inhaltliche Mobilität und Flexibilität sowohl der Beschäftigten und Jugendlichen als auch der Unternehmen und Politik, einschließlich der Aus- und Weiterbildungssysteme (Vogler-Ludwig, 2017).

Um die positiven Effekte des digitalen Wandels in vollem Umfang ausschöpfen zu können, muss eine politische Strategie im Kern die folgende Ausrichtung aufweisen:

- Infrastrukturausbau genügt nicht: Digitalisierung bedeutet wesentlich mehr als eine technische Herausforderung. Die Durchdringung der Wirtschaft und Gesellschaft mit digitalen Technologien verändert alles, sowohl das Privat- und Arbeitsleben als auch Bildung und Werte, ebenso wie Politik und gesellschaftlichen Zusammenhalt. Deshalb kommt dem Humankapital die größte Bedeutung zu. Für die zentralen Digitalthemen ist daher eine integrierte Politik mit umfassender Zusammenarbeit aus den unterschiedlichsten Ressorts (Wirtschaft/Bildung/Soziales/Infrastruktur) notwendig. Zentral ist dabei nicht nur die Frage nach der Finanzierung der wirtschaftspolitischen Maßnahmen, sondern ein Aufbrechen der konventionellen Denkstrukturen in spezifischen Resort-Mustern, um der Komplexität der mit Digitalisierung verbundenen Wirkungen gerecht zu werden (Bock-Schappelwein et al., 2018; Hartung – Schmitt, 2018).
- Digitalisierung zwingt zu Gleichzeitigkeit: Da die Diffusion und Durchdringung aller Wirtschafts- und Gesellschaftsbereiche rasch erfolgt und die exponentielle Entwicklung in der Natur digitaler Technologien liegt, gilt es umfassende Maßnahmen koordiniert und parallel umzusetzen (Hartung – Schmitt, 2018). Durch eine zeitlich verzögerte Abfolge diverser Vorhaben verliert die Politik Anschluss an die rasanten technischen Entwicklungen. Der rasche Wandel bedarf daher auch eines langfristigen politischen Denkens.
- Die Lösung von Verteilungsfragen wird zu einem zentralen Thema: Gerade die jüngsten Fortschritte in digitalen Technologien (künstliche Intelligenz, Machine Learning, automatisiertes Fahren, 3D-Druck, Augmented Reality) versprechen neue Produktivitätsschübe, die sich negativ auf die Beschäftigungsmöglichkeiten in potenziell standardisierbaren Tätigkeiten auswirken dürften. Es gilt daher frühzeitig Maßnahmen zu ergreifen, um die Gefahr eines Auseinanderdriftens der Gesellschaft abzuwenden¹⁵⁴).
- Räumlich differenzierte Politik ist in allen Bereichen notwendig: "Regionalpolitik" darf nicht als einer unter vielen politischen Bereichen betrachtet werden, sondern muss sich als Querschnittsthema durch alle Politikbereiche ziehen. Da Digitalisierung die geographischen Disparitäten ohne politische Steuerung eher verschärft, weil sie die ökonomischen und sozialen Effekte der ursprünglichen Ausstattung mit Humanressourcen verstärkt (Moretti, 2012), sind Politikmaßnahmen notwendig, die spezifisch auf den jeweiligen regionalen Kontext abgestimmt werden. Aufgrund der unterschiedlichen Bevölkerungs-, Qualifikations- und Wirtschaftsstrukturen zwischen Stadt und Land sowie Nachteilen in Infrastruktur- und Agglomerationsaspekten muss jede politische Maßnahme den regionalen Kontext und die Spezifika bzw. Nachteile ländlicher Räume gegenüber Zentralräumen berücksichtigen. Andernfalls drohen sich die Tendenzen der regionalen (wirtschaftlichen wie politischen) Polarisierung angesichts der Standortvorteile der Zentren im Zuge des digitalen Wandels weiter zu verstärken.

Im Folgenden soll nun auf wesentliche Politikdimensionen im Detail eingegangen werden.

¹⁵⁴) So ist etwa für die US-Präsidentenwahl 2016 empirisch belegt, dass die unmittelbare Betroffenheit von Automatisierung im Bereich der Niedrigqualifizierten einen hoch signifikanten Beitrag zur Erklärung des Wahlverhaltens aufweist (Frey – Berger – Chen, 2017).

6.2 Regionale Struktur- und Innovationspolitik

Strukturpolitik

Um ein weiteres Auseinanderklaffen regionaler Entwicklungstrends zu verhindern, ist eine integrative regionale Strukturpolitik vonnöten (Vogler-Ludwig, 2017). Sowohl der Literaturüberblick in Kapitel 2 als auch die empirischen Entwicklungen für Österreich in Kapitel 3 haben illustriert, dass die fortschreitende Digitalisierung bislang kaum zu einer räumlichen Konvergenz der Wirtschafts- und Beschäftigungsentwicklung beiträgt. Kapitel 4 hat jedoch gezeigt, dass gerade außerhalb der urbanen Zentren kräftige Impulse aus hoch digitalisierten Branchen auf die gesamte lokale Beschäftigungsentwicklung möglich sind, wenn die entsprechenden Voraussetzungen dafür erfüllt sind. Dies bezieht sich einerseits auf eine adäquate Breitbandinfrastruktur (Kapitel 5), andererseits jedoch auch stark auf das Vorhandensein entsprechender komplementärer Arbeitskräfte und Branchenstrukturen (Kapitel 4).

Aufgrund der ungleichen Ausstattung in Bezug auf Qualifikations- und Wirtschaftsstruktur zwischen urbanen und industriell bzw. ländlich geprägten Regionen ist es daher von zentraler Bedeutung, wirtschafts- und arbeitsmarktpolitische Probleme regional zu erfassen und anzugehen. Eine auf die jeweiligen Stärken und Schwächen einer Region abgestimmte Strukturpolitik erhöht deren Durchschlagskraft und erleichtert die Umsetzung einer erfolgreichen Digitalisierungsstrategie. Dies erfordert eine stärkere Differenzierung und Dezentralisierung der strukturpolitischen Maßnahmen sowie eine bessere Abstimmung der Maßnahmen zwischen unterschiedlichen Akteuren (Sozialpartner, Akteure der Wirtschaftsförderung, Bildungs- und Forschungseinrichtungen, Infrastrukturanbieter und politische Vertreter), um gemeinsame Ziel- und Maßnahmenkataloge zu erarbeiten. Dies ist umso wichtiger, weil auf nationaler Ebene angesiedelte Institutionen den regionalen Kontext von Problemstellungen häufig zu wenig berücksichtigen.

Kontraproduktiv (und schädlich für das Wachstum) ist die Stützung schrumpfender Industrien und alternder bzw. gealterten Technologien, mit der Absicht die regionale Ungleichheit zu dämpfen. Innovation, neue Industrien und Technologien basieren auf externen Effekten durch Wissensdiffusion und benötigen daher die Clusterung bzw. räumliche Nähe zu anderen innovativen Unternehmen. Allerdings spielt auch die technologische Nähe zu anderen Unternehmen vor Ort eine entscheidende Rolle für die Wahrscheinlichkeit dafür, dass vorhandenes Wissen neu- bzw. rekombiniert wird und zu neuen Ideen und Innovationen führt¹⁵⁵). Wenig zielführend erscheinen daher Versuche, in ländlichen Regionen mit allzu offensiver Ansiedlungspolitik wissensintensive, hoch digitalisierte Branchen anzulocken, wenn vor Ort die strukturelle Basis an "verwandten" Unternehmen bzw. entsprechendem Humankapital für diese Branchen fehlt. Die Standortnachteile gegenüber Ballungszentren wiegen in solchen Fällen zu stark, weshalb öffentliche Subventionen für solche Versuche ineffizient sind.

¹⁵⁵) Für umfassende theoretische Überlegungen und empirische Befunde für Österreich dazu siehe Firgo – Mayerhofer, 2015.

Unter diesem Aspekt scheint es jedenfalls zentral, Strategien auf vorhandene Stärken einer Region abzustimmen und ein innovationsfreundliches Klima zu schaffen, damit sich die vorhandenen Stärken in neuen Ideen und Strukturen um diese Stärkefelder herum niederschlagen ("smart diversification"). Neben der Förderung digitaler Skills der ansässigen Bevölkerung und Unternehmen, erscheint es daher für ländliche Regionen besonders wichtig, hochqualifizierte und innovative Arbeitskräfte mit entsprechenden digitalen Skills anzuhalten, nach der Ausbildung in den Zentren wieder zurück in ihre Heimatregion zu kommen bzw. nach erfolgter Ausbildung in der Heimatregion nicht in Richtung der boomenden Zentren abzuwandern. Diese "Locals" kennen die vorhandenen Strukturen und Stärken und können diese mit neuem Wissen verbinden und erweitern.

Um die Attraktivität des ländlichen Raums für diese und andere qualifizierte Bevölkerungsgruppen zu steigern, ist eine solide Breitbandinfrastruktur allein nicht genug, wie die Ergebnisse aus Kapitel 5 zum stark limitierten Einfluss der Breitbandqualität auf den Wanderungssaldo der Gemeinden belegen. Vielmehr dürften berufliche Entwicklungsmöglichkeiten (insbesondere für Frauen) und eine hohe Lebensqualität entscheidend für die Wohnortwahl sein. Das erfordert neben hochwertigen Arbeitsplätzen auch umfassende Kinderbetreuungs- und Altenpflegeangebote, eine gute öffentliche Verkehrsanbindung sowie kulturelle, kulinarische und andere Freizeitangebote, die dem "urbanen" Lebensstil (junger), gut gebildeter Bevölkerungsgruppen entsprechen. *Bock-Schappelwein – Famira-Mühlberger – Leoni (2017)* finden im Rahmen von Fallstudien für Österreich deutliche Hinweise darauf, dass der Unternehmensstandort stark mitentscheidend dafür ist, ob Unternehmen Schwierigkeiten haben, Arbeitskräfte mit den benötigten spezifischen Qualifikationen und Kompetenzen rekrutieren zu können. Weniger entscheidend für den Standort ist demnach, ob ein Betrieb in einer städtischen Region angesiedelt ist, sondern ob es an relevanten Kontextfaktoren fehlt, wie etwa eine adäquate Anbindung an den öffentlichen Verkehr.

Dass ein solches attraktives Umfeld nicht überall von heute auf morgen geschaffen werden kann, liegt auf der Hand. Der Schlüssel liegt darin, die lokalen Zentren ländlicher Regionen, etwa die Bezirkshauptstädte und deren Infrastruktur(-anbindung) langfristig zu stärken. Dafür bedarf es einer stärkeren räumlichen Konzentration der Wirtschafts- und Siedlungsstrukturen anstelle weiterer Zersiedelung und sterbender Ortskerne. Der Raumordnung, der regionalen und lokalen Strukturpolitik sowie Flächenwidmungsplänen kommt dabei eine entscheidende Rolle zu. Eine auf den digitalen Wandel abgestimmte regionale Strukturpolitik muss jedenfalls zusammen mit einem gesamtwirtschaftlichen Konzept zur Stärkung ländlicher Regionen gedacht werden (vgl. Ansätze zur räumlichen Infrastrukturpolitik, damit lokale Zentren im digitalen Zeitalter eine Funktion als "Innovations-Hub" erfüllen können).

Innovationspolitik

Eine auf die Entwicklungsfähigkeit des Standorts zielende Logik wirtschaftspolitischer Intervention erscheint im Lichte des rasanten Fortschritts digitaler Technologien zentral. Das betrifft sowohl die Anpassungsfähigkeit des Systems an Veränderungen, die von außen vorgegeben

sind, als auch solche, die man selbst gestalten und vorantreiben möchte (*Peneder – Firgo – Streicher, 2018*). Die wirtschaftlichen Effekte digitaler Technologien sind daher nicht nur durch die technologische Entwicklung bestimmt, sondern insbesondere durch die Fähigkeit der Unternehmen, deren Potentiale zu nutzen. Hier besteht in Österreich aufholbedarf, wie etwa bei Betrachtung der Ergebnisse des Digital Economy and Society Index (DESI) (Europäische Kommission, 2018) deutlich wird. So gelten laut Index in Österreich erst knapp ein Viertel aller Unternehmen als hoch bzw. sehr hoch digitalisiert, mehr als ein Drittel der Unternehmen trägt das Attribut "sehr schwach digitalisiert". In den digitalen Vorreiter-Ländern (Skandinavien, Niederlande) sind bereits zwischen 35% und mehr als 40% der Unternehmen (sehr) hoch und jeweils weniger als ein Viertel sehr schwach digitalisiert.

Für Österreich zeigt sich, dass insbesondere Klein- und mittlere Unternehmen (KMU) Schwierigkeiten haben, digitale Technologien einzusetzen. Dies gilt nicht nur für den Einsatz von Industrie-4.0-Technologien (*BMWWF – BMVIT, 2017*). Großen Aufholbedarf weisen die österreichischen KMU laut DESI insbesondere bei der Nutzung von Cloud Services auf sowie beim Onlinehandel. Lediglich 16,5% aller KMU gaben im Zuge der nationalen IKT-Unternehmensbefragung durch Statistik Austria an, 2017 online zu verkaufen. Dieser Wert bedeutet lediglich Rang 14 unter den 28 Mitgliedsstaaten der EU. Noch schlechter fällt das Zeugnis bei den Umsätzen aus dem Internethandel aus. Der Anteil der Online-Erlöse am Gesamterlös der österreichischen KMU betrug 2017 lediglich 6,5%. Nur in 5 Ländern der EU war dieser Anteil 2017 geringer.

Gleichzeitig zeigt die internationale Literatur eindrucksvoll die große Bedeutung, die der Einsatz digitaler Technologien, insbesondere der Einstieg in den Online-Verkauf für KMU aufweist. Eine Vielzahl empirischer Befunde für die USA und die EU zeigen, dass durch die verstärkte Nutzung von digitalen Technologien KMU eine ähnlich hohe Wahrscheinlichkeit wie Großunternehmen aufweisen, Exportaktivitäten aufzunehmen. Ebenso bedienen KMU mit digitalen Geschäftskanälen im Vergleich zu traditionellen KMU eine höhere Anzahl von ausländischen Märkten und integrieren sich leichter in globale Wertschöpfungsketten (*Meltzer, 2014; USITC, 2014; Lendle et al., 2013; Ebay, 2012; Europäische Kommission, 2015*). Darüber hinaus belegen *Lendle et al. (2013)*, dass bei Unternehmen, die über Online-Plattformen agieren, der Anteil der Exporteure unabhängig von der Unternehmensgröße bei über 90% liegt, während bei traditionellen Unternehmen sich nur zwischen 5% bis 15% im Export engagieren. Die digitale Transformation trägt somit dazu bei, den Prozess der Internationalisierung, insbesondere bei KMU und Dienstleistungsunternehmen, zu beschleunigen (*Nordås, 2015*).

Um digitale Innovationen zu fördern, gilt es daher insbesondere IKT-Kompetenzen in KMU zu stärken. Innovationspolitik sollte daher jedenfalls zum Ziel haben, die Adoption digitaler Technologien für Unternehmen, insbesondere für KMU zu erleichtern. Dies kann etwa über die Förderung bzw. den Ausbau von Beratungsangeboten ("Digitalisierungsschecks") erfolgen (*Peneder – Firgo – Streicher, 2018*). Andererseits muss Innovationspolitik insbesondere auch auf Produktinnovation ausgerichtet sein, um digitale Gründungen und die Entwicklung neuer digitaler Dienste und Anwendungen zu erleichtern. Dies umso mehr als österreichische Unternehmen bislang bei der digitalen Transformation primär auf die Produktionsseite fokussieren und die

Entwicklung von neuen digitalen Produkten und Diensten die Minderheit darstellt (Lassnig et al, 2016). Während digitale Prozessinnovationen die Produktivität erhöhen und damit die Stückkosten senken, können die positiven Nachfrageeffekte der Digitalisierung erst dann voll ausgeschöpft werden, wenn in ausreichendem Maße neue Produkte und Dienstleistungen geschaffen werden, die einen Mehrwert für Kunden bieten, und über eine entsprechende zusätzliche Nachfrage Wirtschafts- und Beschäftigungswachstum generiert wird (BMVIT, 2017).

Inhaltliche Ausrichtungen sollten sich auf regionaler Ebene einerseits an den bereits vorhandenen regionalen Stärkefeldern orientieren und zur Erweiterung dieser beitragen (Firgo – Mayerhofer, 2015). Andererseits scheinen gezielte technologische Schwerpunkte für neue IKT-Lösungen für gesellschaftliche Herausforderung wie Alterung und Ressourceneffizienz sinnvoll, um möglichst positive externe Effekte aus den Innovationen zu erlangen (Peneder – Firgo – Streicher, 2018).

6.3 Räumliche Infrastrukturpolitik

Die Breitbandinfrastruktur steht bislang im Zentrum der wirtschaftspolitischen Diskussion zur voranschreitenden Digitalisierung. Eine moderne Breitbandinfrastruktur ist die Grundlage für viele Anwendungen der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), die das heutige gesellschaftliche und wirtschaftliche Leben prägen¹⁵⁶). Aus diesem Grund gilt Breitbandinternet als "General-Purpose"-Technologie. Datennetze in adäquater Qualität sind somit ein Teil der grundlegenden Infrastruktur (Friesenbichler, 2016a). Die Zielvorgaben der EU und der österreichischen Bundesregierung sehen sowohl eine Erhöhung der Nutzungsraten als auch eine Erhöhung der Übertragungsgeschwindigkeiten vor. Das Regierungsprogramm 2017-2022 der neuen Bundesregierung bekennt sich zu einer "modernen Infrastruktur als Fundament der Digitalisierung". In diesem wird als Zwischenziel – zum Gigabit-Netz – die "flächendeckende Breitbandversorgung von zumindest 100 Mbit/s" genannt. Weiters werden als Ziele sogar die "landesweite Versorgung mit Gigabit-Anschlüssen, zusätzlich zur landesweiten mobilen Versorgung mit 5G" genannt. Teils ähnliche Ziele waren auch bereits in dem Arbeitsprogramm 2017/2018 der vorigen Bundesregierung sowie in der Digital Roadmap Austria zu finden. Hinter diesen Zielen steckt die Annahme, dass die Zurverfügungstellung von ultraschnellen Breitbandanschlüssen auch eine entsprechende Nachfrage (Supply-Push-Effekt) nach diesen hohen Breitbandraten generiert (Bärenthaler-Sieber – Böheim, 2018).

Seit der Liberalisierung des Telekommunikationssektors werden Telekommunikationsdienste und meist auch die Netze grundsätzlich durch private Anbieter angeboten. Dem politischen Wunsch, auf schnellem Breitbandinternet basierende Dienste allgemein verfügbar zu machen, liegt der Gedanke zugrunde, allen Mitgliedern der Gesellschaft den Zugang zu einem wesentlichen Instrument der modernen Kommunikation zu gewährleisten. Dadurch wird künftig die Teilhabe am gesellschaftlichen Leben ermöglicht, die freie Meinungsäußerung gefördert und

¹⁵⁶) Eine moderne Breitbandinfrastruktur ist zunehmend eine notwendige, jedoch keine hinreichende Voraussetzung für Wettbewerbsfähigkeit (siehe die folgenden Abschnitte).

der soziale und territoriale Zusammenhalt gestärkt. Aus dieser Perspektive ist jeder Eingriff in den Markt (sozial-)politisch motiviert (Friesenbichler, 2016a).

Aus ökonomischer Perspektive ist die öffentliche Förderung des Breitbandausbaus im ländlichen Raum sinnvoll, um die Entstehung bzw. Verstärkung dauerhafter Standortnachteile zu verhindern. Der Anschluss an eine schnelle Breitbandverbindung bildet künftig unbestritten eine notwendige Grundvoraussetzung für die adäquate Nutzung digitaler Technologien und damit für die künftige Wettbewerbsfähigkeit einer Region. Diese Infrastruktur steht Unternehmen in Zentralräumen bereits heute lückenlos zur Verfügung. Unternehmen in ländlichen Gebieten erleiden deshalb bei Fehlen einer adäquaten Internetanbindung (zusätzliche) Standortnachteile. Dies umso mehr, da Unternehmen in Ballungszentren durch die räumliche Nähe leichteren Zugang zu wissensintensiven Dienstleistungen haben, die hauptsächlich in den größeren Zentren angesiedelt sind und immer stärker die Grundlage unternehmerischer Wettbewerbsfähigkeit bilden. Der Zugang zu digitalen Technologien bietet daher die Chance, dass auch Unternehmen in der Peripherie leichteren Zugang zu diesen Diensten bekommen (vgl. Firgo – Mayerhofer, 2016).

Die Bereitstellung von Breitbandinfrastruktur und -services ist grundsätzlich marktgetrieben. Die Rolle der öffentlichen Hand besteht in der Sicherung der Verfügbarkeit und Versorgung einerseits und der Sicherung des Wettbewerbs unter Infrastrukturanbietern andererseits. Staatliches Eingreifen ist deshalb gerechtfertigt, da Breitband als "General-Purpose"-Technologie, wie beschrieben, eine Grundvoraussetzung für die wirtschaftliche Entwicklung und den sozialen Zusammenhalt darstellt, private Investitionen in Gebieten mit niedriger Bevölkerungsdichte und damit niedriger Nachfrage aufgrund fehlender wirtschaftlicher Anreize aber häufig ausbleiben. Dies schafft eine "digitale Kluft" zwischen Ballungszentren und ländlichen Gebieten und steht im Gegensatz zum politischen Grundsatz gleichwertiger Lebensbedingungen in Österreich. Eine öffentliche Unterstützung des Ausbaus ist deshalb dort (aber auch nur dort) notwendig, wo der Markt keine entsprechenden Netze zur Verfügung stellt.

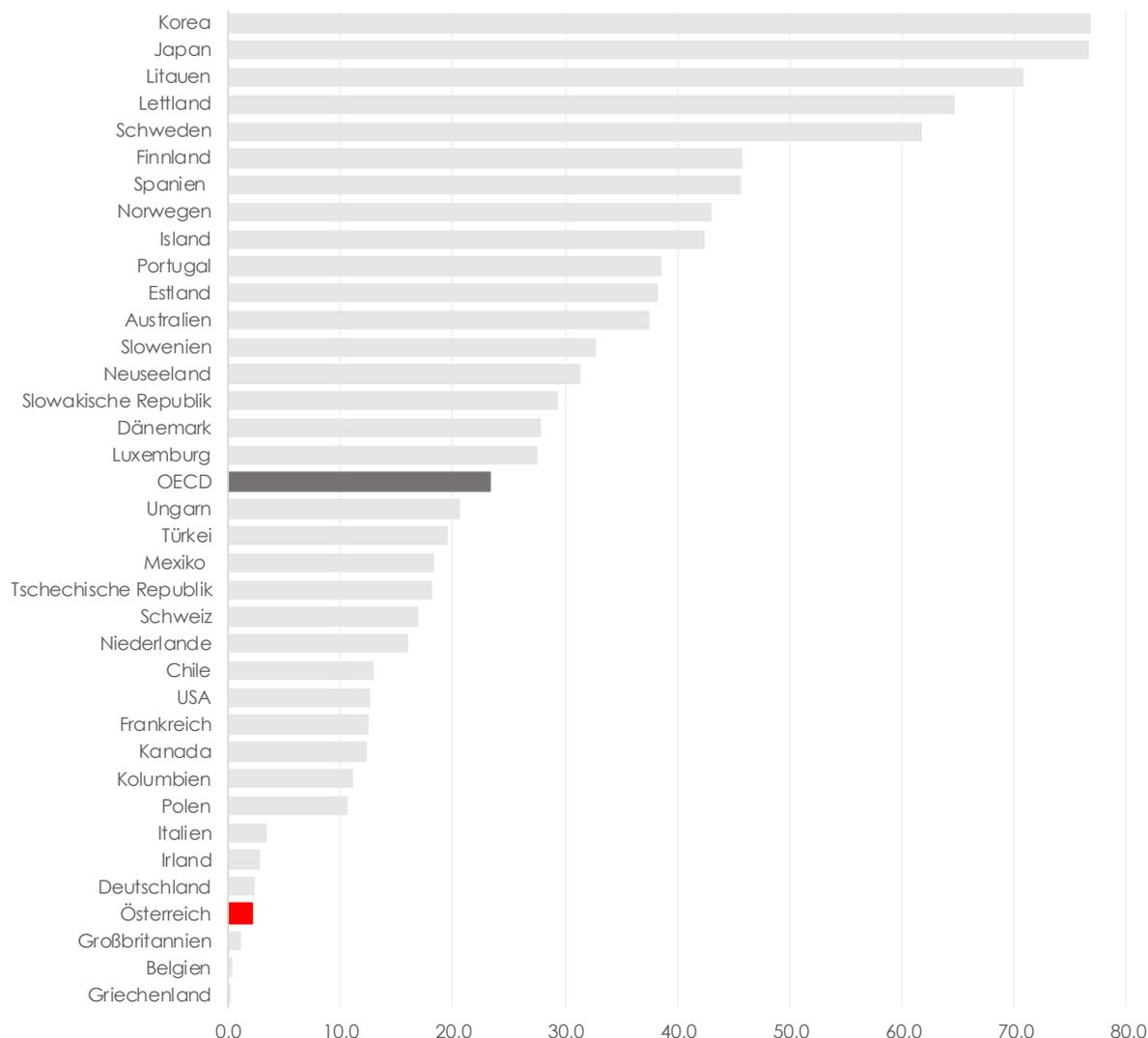
Wie die empirischen Ergebnisse in Kapitel 5 dieser Studie zeigen, war auf Ebene der Gemeinden eine Verdoppelung der Bitrate in der Downloadgeschwindigkeit laut RTR-Netztests im Zeitraum 2014 bis 2016 im Durchschnitt mit einer Erhöhung des lokalen Beschäftigungswachstums um etwa 0,28 Prozentpunkte verbunden. Eine flächendeckende Verdoppelung der Downloadgeschwindigkeit wäre demnach im Beobachtungszeitraum mit einem Anstieg der Gesamtbeschäftigung in Österreich um etwa 11.500 Beschäftigte verbunden gewesen. Ein Vergleich der geschätzten Effekte zwischen bevölkerungsreichen und bevölkerungsarmen Gemeinden zeigt in der Analyse zudem, dass insbesondere in ländlichen Gebieten ein positiver Effekt zu erwarten ist, während jener in urbanen Regionen unklar bleibt (statistisch insignifikant). Darüber hinaus zeigte sich, dass der positive Effekt einer besseren Breitbandinfrastruktur auf das Beschäftigungswachstum besonders von Regionen mit einer relativ geringen Anfangsausstattung an Breitbandinfrastruktur getrieben wird. Zudem wurden insbesondere für die wissensintensiven Marktdienstleistungen, die einen hohen Grad an Digitalisierung aufweisen, hohe lokale Beschäftigungseffekte aus einer Erhöhung der Bandbreiten festgestellt.

Als Instrument für die Verhinderung der Abwanderung der Bevölkerung aus einer Region ist der Ausbau von Breitband hingegen nur sehr begrenzt geeignet. In Bezug auf die Wanderungsbilanz der Gemeinden hat die Verbesserung der lokalen Breitbandinfrastruktur zwar ebenso einen statistisch signifikanten Effekt, dieser ist in seiner Größenordnung jedoch ökonomisch vernachlässigbar: So erhöht sich im Zeitraum 2014-2016 bei einer Verdoppelung der Übertragungsgeschwindigkeit der Saldo aus Zuwanderungen minus Abwanderungen einer Gemeinde um gerade 4 Personen je 10.000 EinwohnerInnen (siehe Kapitel 5). Für Bayern wurden kürzlich ähnlich niedrige Effekte geschätzt: Hier führte die durch Förderung erreichte Erhöhung der Bandbreiten in ländlichen Gemeinden (für 2010 und 2011) zu einer Zunahme der (erwerbstätigen) Bevölkerung um durchschnittlich 6 Personen je Gemeinde (*Briglauer et al.*, 2018).

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse der vorliegenden Studie und den Erfahrungen aus Deutschland, ist die Reduktion der nicht mit NGA-Breitband (Next Generation Access; >30 Mbit/s Geschwindigkeit) versorgten Haushalte von 20% auf ca. 14% aller Wohnsitze im Zuge der Phase 1 der Breitbandstrategie 2020 in Österreich ein wesentlicher Schritt. Aktuell weist Österreich im internationalen Vergleich bereits eine relativ hohe Abdeckung mit Breitbandzugängen der Kategorie NGA auf. Unter dem EU-Durchschnitt liegt in Österreich allerdings die Verfügbarkeit von Breitbandanschlüssen mit einer Geschwindigkeit von >100 Mbit/s (*Bärenthaler-Sieber – Böheim*, 2018).

Auffällig ist in Österreich die – im internationalen Vergleich – geringe Nachfrage der Haushalte nach solchen Anschlüssen. Das gilt sowohl für Bandbreiten über 30 Mbit/s als auch für die Nachfrage nach Anschlüsse über 100 Mbit/s. 2017 wiesen nur 19% aller Breitband-Verträge in Österreich >30 Mbit/s (33% in der EU), und nur 5% aller Verträge über 100 Mbit/s (15% in EU) auf (*Europäische Kommission*, 2018). Einen noch deutlicheren Aufholbedarf weist Österreich (ebenso wie Deutschland) im Bereich der Glasfasernetze auf. Dieser ist insbesondere auf der Nachfrageseite eklatant, wie in Abbildung 6.1 dargestellt. So beruhten laut OECD im Dezember 2017 österreichweit nur 2,1% aller Breitbandabonnements auf Glasfaserverbindungen, während dies bei den internationalen Spitzenreitern (Japan, Südkorea) bereits bei mehr als drei Viertel aller Breitband-Verträgen der Fall war. Auch unter den Europäischen Spitzenreitern (Litauen, Lettland, Schweden) betrug deren Anteil Ende 2017 bereits mehr als 60%.

Abbildung 6.1: Anteil von Glasfaserverbindungen an den gesamten Breitbandabonnements In % (Dezember, 2017)



Q: OECD Broadband Portal; WIFO-Darstellung.

Im Rahmen einer umfassenden Studie durch WIK Consult (Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste) und WIFO zur Zwischenevaluierung der Breitbandstrategie 2020 und des Masterplans zur Breitbandförderung, wurde eine Liste von Reformvorschlägen erarbeitet (Neumann et al., 2017; für eine Zusammenfassung siehe Bärenthaler-Sieber – Böheim, 2018). Im Lichte der Ergebnisse der vorliegenden Studie scheinen daraus insbesondere Vorschläge zur stärkeren Berücksichtigung des Ausbaus von Glasfasernetzen und – technologieunabhängig – zur Priorisierung von Bandbreiten von deutlich über dem derzeitigen Ziel von 100 Mbit/s liegenden Bandbreiten relevant. Letzteres ist auf lange Sicht besonders wichtig, um der digitalen Beschleunigung und den rasant wachsenden Datenvolumina zur Nutzung von Cloud-

basierten Diensten Rechnung zu tragen und um Lock-in-Effekte aus langsameren Technologien zu vermeiden. Insbesondere zur Verbesserung der 5G Readiness (vgl. *Arthur D. Little, 2017*) Österreichs ist die Glasfaseranbindung einer möglichst großen Zahl an Mobilfunkstandorten sowie der Flächenausbau des Glasfasernetzes von großer Bedeutung. Die Orientierung auf Glasfasernetze als universelle Festnetzinfrastruktur wird im internationalen Vergleich immer deutlicher und in immer mehr Ländern Realität (siehe Abbildung 6.1).

Nicht außer Acht gelassen werden sollte jedoch das Verhältnis von Kosten und Nutzen der Förderung, wenn der Ausbau ultraschneller Breitbandinfrastruktur tatsächlich (nahezu) flächendeckend erfolgen soll. *Neumann et al. (2017)* geben Förderkosten von etwa 250 Euro je neu versorgtem Wohnsitz an. Eine ähnliche Größenordnung nennen *Duso – Nardotto – Seldeslachts (2018)* mit 290 Euro für Deutschland, gleichzeitig mahnen die Autoren zur Besonnenheit bei der Förderung der Netze der neuen Generation, für welche die Förderkosten je Anschluss mehr als das Zehnfache (etwa 3.300 Euro) früherer Subventionen für die Grundversorgung ausmachen werden.

Gerade in dünn besiedelten Regionen ohne lokale Zentren ist der tatsächlich flächendeckende Ausbau mit hohen Bandbreiten daher eine sehr teure Investition. Auch in ländlichen Regionen sollte daher für ein vertretbares Kosten-Nutzen-Verhältnis stärker verdichteten Zonen Priorität bei der Versorgung mit kostspieligen Technologien eingeräumt werden. Gleichzeitig gilt es, in der Raumordnung und Flächenwidmung auf eine stärkere Verdichtung der Siedlungsstrukturen abzielen und dem weiteren Voranschreiten der Zersiedelung entgegenzuwirken. Dies würde nicht nur die Kosten für die Bereitstellung moderner Breitbandinfrastruktur senken, sondern die Stärkung lokaler Zentren würde auch eine wichtige Rolle bei der Attraktivierung ländlicher Regionen für hochqualifizierte, innovative Arbeitskräfte spielen. Letzteres ist wiederum Voraussetzung für positive lokale Effekte aus der verstärkten Digitalisierung der Wirtschaft und Gesellschaft (siehe Kapitel 2 und 4 bzw. die folgenden Abschnitte).

Da Grabungsarbeiten mit 70% bis 90% den wesentlichen Teil der Ausbaurkosten ausmachen, kommt auch der Leerrohrinfrastruktur eine essentielle Bedeutung für ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis des Ausbaus zu (*RTR, 2018*). Ist bereits eine möglichst flächendeckende und hochqualitative Leerrohrinfrastruktur vorhanden, weil diese im Zuge anderer Grabungsarbeiten mitverlegt wurde, sind die Kosten für den künftigen Breitbandausbau wesentlich günstiger. Eine verstärkte Anreizsetzung zur Verlegung von Leerrohren scheint daher notwendig. Dies insbesondere, da laut *Neumann et al. (2017)* in Phase 1 (2015/16) des Subventionsprogrammes der Bundesregierung lediglich 40% der für Leerrohre bereitgestellten Fördermittel vergeben wurden.

Nachfrageseitig schlägt das WIFO in einer aktuellen Studie (*Bärenthaler-Sieber et al., 2018*) folgende Maßnahmen seitens der öffentlichen Hand vor, um die Nutzung von ultraschnellem Breitbandinternet zu forcieren: Der Staat sollte sich als Lead User für Hochgeschwindigkeitsbreitband etablieren. Bund, Länder und Gemeinden sowie alle öffentlichen Einrichtungen (sämtliche Unis, FHs, Schulen, Behörden, etc.) sollten flächendeckend mit Hochgeschwindigkeitsbreitbandanschlüssen versorgt werden. Diese Maßnahme würde zumindest eine Grundauslastung der Infrastruktur sicherstellen. Darüber hinaus wird den Menschen der Zusatznutzen von

Hochgeschwindigkeitsbreitband indirekt (über die Interaktion mit öffentlichen Institutionen) nähergebracht. Entsprechende Spillover-Effekte auf das private Nutzerverhalten und damit ein Nachfrageimpuls bei Privatanschlüssen erscheinen (sehr) wahrscheinlich. Um die private Nachfrage nach Hochgeschwindigkeitsbreitband zu unterstützen, erscheint ein – gegebenenfalls an finanzielle Bedürftigkeit gekoppelter – "Breitbandausbildungsscheck" für Haushalte von Schülerinnen, Lehrlingen und Studierenden, der den Menschen einen kostenlosen bzw. vergünstigten Zugang zu einem Hochgeschwindigkeitsbreitbandanschluss für die Zeit ihrer Ausbildung ermöglicht, sinnvoll.

6.4 Bildungspolitik

Wie die umfassende Sichtung der internationalen Literatur (Kapitel 2) und die empirische Analyse für Österreich (Kapitel 4) verdeutlicht, kommt der Ausbildung der Bevölkerung neben der Infrastruktur als Grundvoraussetzung die entscheidende Rolle schlechthin für die Entfaltung der positiven Effekte der Digitalisierung auf die Entwicklung von Arbeitsmarkt und Wirtschaft zu. Als zentral erscheint deshalb die Identifikation von Qualifikationen, Kompetenzen und Fertigkeiten, welche für die Beschäftigungsfähigkeit im Zuge des digitalen Wandels tatsächlich benötigt werden und, wie diese, Eingang in Lehrpläne und Curricula und auch in das Weiterbildungssystem finden. Eine "Höherqualifizierung" greift zu kurz, da zunehmend neben formalen Qualifikationen auch IT-Fertigkeiten gefragt sind (z. B. *Bock-Schappelwein – Famira-Mühlberger – Leoni, 2017*). Der beschriebene, bereits heute existierende Mismatch zwischen Angebot und Nachfrage auf dem Arbeitsmarkt wird sich im Zuge des digitalen Wandels weiter erhöhen, wenn etwa die beträchtliche Mehrheit von Jobs für FacharbeiterInnen IT-Kenntnisse erfordert oder viele höherqualifizierte Berufe Wissen zu künstlicher Intelligenz und Big Data voraussetzen (*Hartung – Schmitt, 2018*). Das Erlernen digitaler Skills muss daher für möglichst alle Teile der Bevölkerung möglich sein, einerseits für Kinder und Jugendliche, andererseits für Personen, die bereits im Erwerbsleben stehen. Erlernte digitale Kompetenzen tragen zur Beschäftigungsfähigkeit bei. Im Bildungssystem besteht jedenfalls die dringende Notwendigkeit, dass Kinder und Jugendliche ausreichende Basiskompetenzen erwerben, die eine Grundlage für die digitalisierte Arbeitswelt darstellen (*Bock-Schappelwein – Huemer, 2017*). Das Erlernen von IKT-Skills ist in zunehmendem Maße sowohl für den individuellen Arbeitsmarkterfolg entscheidend, entscheidet aber auch über den wirtschaftlichen Erfolg von Unternehmen. Zentral ist daher, dass Kinder und Jugendliche über ausreichend Basisqualifikationen verfügen, um digitale Skills erwerben zu können und Erwachsene die Möglichkeit erhalten, im Rahmen der Weiterbildung solche zu erwerben. Schulstandorte sind mit entsprechender IT-Infrastruktur auszustatten und zudem gilt es, besonderes Augenmerk jenen Kindern und Jugendlichen zu widmen, die Schwierigkeiten haben, die Basisqualifikationen zu erwerben und solche Schulen mit schwieriger Ausgangssituation oder Problemen in der Kompetenzvermittlung mit entsprechenden finanziellen Mitteln auszustatten und sie bei deren Verwendung zu unterstützen (etwa durch indexbasierte Ressourcensteuerung – mit Indikatoren wie die Schulbildung der Eltern, dem Netto-Haushaltseinkommen der Schüler-Familien, Muttersprache, etc. als Basis; *Bock-Schappelwein – Huemer, 2017; Bacher –*

Altrichter - Nagy, 2010). Der Ausbau von Online-Plattformen für Open-Online-Kurse in Ausbildungsstätten kann zudem sicherstellen, dass alle SchülerInnen unabhängig vom Standort Zugang zu Ausbildungsinhalten haben. Dies soll nicht substitutiv, sondern komplementär zum Offline-Unterricht erfolgen und ein Online-Tool bieten, das Lehrenden eine stärkere Individualisierung des Unterrichts ermöglicht.

Die möglichst umfangreiche Integration digitaler Lernbehelfe scheint eine Notwendigkeit zur umfassenden "digitalen Alphabetisierung" von SchülerInnen und Lehrlingen. Allerdings ist dafür eine entsprechende technische Ausstattung der Schulen (Breitbandgeschwindigkeit, Qualität der Endgeräte) unerlässlich. Eine Sicherstellung des Zugangs zum Internet für alle Personen in Ausbildung trägt über "learning by doing" unweigerlich zur Akkumulation von IKT-Skills bei. Ebenso müssen digitale Kompetenzen integrale Bestandteile der Weiterbildung von Lehrenden sein.

Wichtig bei der Implementierung digitaler Skills in Lehrplänen und Curricula ist die Anerkennung der Tatsache, dass sich das digitale Umfeld rasant verändert. Diese Geschwindigkeit des digitalen Wandels bringt die Gefahr mit sich, dass erlernte Skills innerhalb kurzer Zeit obsolet werden. Notwendig ist daher zunächst die Vermittlung möglichst umfassender digitaler Basis-Skills über ein möglichst generelles IKT-Training, das mit einer Toolbox an Fähigkeiten ausstattet, mit der unterschiedliche und sich wandelnde Anforderungen bewältigbar sind und bleiben. Eine entsprechend ausgerichtete Bildung bietet jedenfalls beste Voraussetzungen, um die mit dem rasanten technologischen Wandel einhergehenden Unsicherheiten zu bewältigen.

Neben der steigenden Bedeutung von digitalen Kompetenzen in allen Berufsgruppen und der vermehrten Ausbildung hochqualifizierter IT-Fachkräfte, besteht die größte Herausforderung langfristig darin, soziale Fähigkeiten zu vermitteln wie etwa soziale Kompetenz, Kommunikationsfähigkeit, Problemlösungskompetenz oder Urteilsvermögen in Bezug auf unstrukturierte Aufgaben. Das Aus- und Weiterbildungssystem ist gefordert, Souveränität zu vermitteln, mit Wandel und Brüchen selbstbewusst umgehen zu können und Menschen im Denken und Urteil sicherer zu machen (*Hartung – Schmitt, 2018*).

Auf Ebene der tertiären Bildung ist die finanzielle Ausstattung der Universitäten und Fachhochschulen für die Ausbildung von SpezialistInnen zu erhöhen. In MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik) hat Österreich zu den führenden europäischen Ländern zwar aufgeholt, weist im Vergleich zu Deutschland und den skandinavischen Ländern aber immer noch geringere Absolventinnenzahlen auf Master- und Doktoratsniveau auf (*Europäische Kommission, 2016*). Zudem sind Frauen in diesen Fächern im internationalen Vergleich immer noch unterrepräsentiert. Die Schaffung von Lehrstühlen für Industrie 4.0, Transportlogistik, Big Data, etc. waren sinnvolle erste Schritte, weitere sollten jedoch folgen.

Im Zuge des digitalen Wandels benötigt auch die berufsbildende höhere Ausbildung ein neues Leitbild: Beschäftigungsmöglichkeiten für TechnikerInnen finden sich bisher idealtypisch in größeren Unternehmen. Allerdings bildet die überall wachsende Start-up-Szene auch für diese Berufsgruppen neue Chancen (*Hartung – Schmitt, 2018*). Kenntnisse in Bezug auf Entrepreneurship und Gründungskultur sollten daher stärker in diese Ausbildung integriert werden.

Die bislang vorgebrachten Forderungen bedeuten jedoch nicht, dass nicht auch sozial-, rechts- und geisteswissenschaftliche Ausbildungen weiterhin zentral sind. Die zunehmende Bedeutung und Vielfalt von künstlicher Intelligenz und Machine Learning verursacht ethische Dilemmata, die sich nicht mit technischer Expertise beantworten lassen. Eine profunde Debatte über ethische und soziale Folgen des Einsatzes digitaler Technologien in zunehmend allen Lebensbereichen macht eine Gesellschaft erst urteilsfähig (*Hartung – Schmitt, 2018*).

6.5 Arbeitsmarktpolitik

Qualifizierungspolitik

Unbestritten ist, dass die künftigen Arbeitsmarktanforderungen durch den digitalen Wandel noch nicht im Detail abschätzbar sind. Klar scheint in diesem Zusammenhang jedoch auch, dass manuelle Routinetätigkeiten vermehrt betroffen sind. Unsicher bleibt derzeit jedoch das Ausmaß, mit dem auch hochqualifizierte Tätigkeiten betroffen sind. So kann künstliche Intelligenz und der Zugang zu großen Datenbanken einerseits etwa dazu führen, dass die medizinische Diagnostik künftig hauptsächlich durch Maschinen erfolgt und dies mit einem abnehmenden Bedarf an medizinischem Personal bzw. ForscherInnen verbunden ist (*Falck, 2017*). Andererseits kann dies aber bedeuten, dass dies mit einem Wandel der Arbeitsinhalte verbunden ist und Ärzte dadurch künftig vermehrt andere, individuellere Aufgaben wahrnehmen. Ähnliche Implikationen haben Entwicklungen des E-Learnings auf die künftigen Aufgaben des Lehrpersonals. Bildungseinrichtungen sind daher so aufzustellen, dass sie die notwendigen Anpassungen der Arbeitskräfte an die sich rasch ändernden Bedingungen durch individuell maßgefertigte Maßnahmen unterstützen. Erleichtert wird der Transformationsprozess, wenn Anreize geschaffen werden, die betroffenen Arbeitskräften den Zugang und die Teilnahme an Bildungsmaßnahmen ermöglicht. Eine besondere Bedeutung kommt im Zuge des digitalen Wandels Umschulungen zu. Daher bedarf es eines leistungsfähigen Systems der Aus- und Weiterbildung für Erwachsene. Die wesentlichen Instrumente zur Existenzsicherung in Weiterbildungsphasen in Österreich – Bildungskarenz, Bildungsteilzeit, Fachkräftestipendium und Selbsterhalterstipendium – bieten jenen, die insbesondere vom Strukturwandel und der Digitalisierung der Arbeitswelt betroffen sind, nur unzureichende Unterstützung. Es bedarf daher einer Anpassung der vorhandenen Instrumente der existenzgesicherten Weiterbildung, die insbesondere auf Personen mit geringen und mittleren Qualifikationen fokussiert (*Bock-Schappelwein – Famira-Mühlberger – Huemer, 2017*).

Wegen der bereits jetzt spürbaren Engpässe und des mit der gesellschaftlichen Alterung verbundenen Rückgangs im Arbeitskräftepotential in den kommenden Jahrzehnten kann die berufliche Erstausbildung den Fachkräftebedarf wohl kaum decken. Deshalb ist die Erwachsenenbildung als zusätzliche Säule des Bildungssystems auszubauen (*Vogler-Ludwig, 2017*), damit Arbeitskräfte, die durch den rasanten technologischen Fortschritt in ihren Berufen bzw. Tätigkeiten freigesetzt wurden, rasch in Tätigkeiten qualifiziert werden können, in welchen die technologischen Entwicklungen einen Mangel erzeugen (etwa von Controlling zu Big Data). So

zeigen etwa *Hözl et al.* (2016), dass der überwiegende Teil der Unternehmen, die ihr Produktportfolio verändert haben, neue Kompetenzen benötigt.

Eine ausschließlich technikzentrierte Weiterentwicklung bringt jedoch alleine nicht das kreative Potential mit sich, das für den verstärkten Fokus auf nicht-strukturierte, Nicht-Routinetätigkeiten notwendig ist. Weiterbildung muss daher, ähnlich wie oben bei der Schulbildung vorgeschlagen, insbesondere auch auf Fähigkeiten wie vernetztes Denken, Kreativität, Teamfähigkeit, bereichsübergreifendes Wissen, und soziale Kompetenz neben dem technischen Verständnis setzen (vgl. *BMVIT*, 2017).

Arbeitsmarktpolitik kann den Strukturwandel sowohl durch die Förderung der beruflichen wie räumlichen Mobilität als auch durch die Absicherung von Arbeitskräften in Phasen von Arbeitslosigkeit und beruflicher Neuorientierung unterstützen (*Vogler-Ludwig*, 2017). Weitere Ansatzpunkte sind die bessere Verknüpfung von Arbeitslosigkeit und Weiterbildung und die bessere soziale Absicherung von Ein-Personen-Unternehmen.

Förderung Teleworking

Teleworking kann sowohl für ArbeitnehmerInnen als auch für ArbeitgeberInnen von Vorteil sein, wenn die Politik Rahmenbedingungen sicherstellt, welche die positiven Effekte verstärken und die negativen Effekte minieren (vgl. Kapitel 2). Dies kann etwa durch die Förderung des regelmäßigen Teleworkings auf der einen und eine arbeitsrechtliche Beschränkung des zusätzlichen (zur Regelarbeitszeit) Teleworkings auf der anderen Seite erfolgen. Die durch Digitalisierung induzierten Änderungen in der Organisation der Arbeitszeiten müssen jedenfalls klar in die Regulierung der gesetzlichen Arbeitszeit einfließen, zumal das begleitende Teleworking zusätzlich zur regulären Arbeitszeit (etwa durch Lesen bzw. Schreiben von E-Mails außerhalb der Arbeitszeit) letztendlich unbezahlte Überstunden darstellt.

Teleworking kann jedenfalls ein wirksames Instrument zur Erhöhung der Arbeitsmarktpartizipation bestimmter Bevölkerungsgruppen sein, wie etwa für in ihrer Mobilität eingeschränkte Personen oder Personen mit Kinderbetreuungspflichten (insbesondere im ländlichen Raum). Wirtschaftspolitische Initiativen zur Förderung bzw. Bereitstellung von entsprechenden Rahmenbedingungen erscheinen dazu sinnvoll. Auch eine stärkere Berücksichtigung von für Teleworking relevanten Skills (self-motivation, self-management) in Arbeitskräfte-Entwicklungsprogrammen erscheint wichtig, um die Produktivität von Teleworking positiv zu beeinflussen.

Aufgrund der Möglichkeiten zur Verbesserung der regionalökonomischen Bedingungen in peripheren Regionen – wie etwa das Verhindern der "Menschenleere" ganzer Auspendlerorte während der Wochentage – sollte eine Verstärkung der Anreize für Unternehmen, Angebote für Teleworking zu verbessern, im Interesse regionaler Politiken sein. Zudem bietet Teleworking die Möglichkeit, wachsende Unternehmen in ländlichen Regionen zu halten, die andernfalls wegen des in der Peripherie häufig auftretenden Mangels an einschlägig qualifizierten Arbeitskräften, die Region verlassen würden. Letztendlich kann Teleworking einen Beitrag zu Attraktivitätssteigerung der Regionen liefern. Daher ist Teleworking sowohl als begleitende Maßnahme für Ansiedelungsbestrebungen (zur Sicherung qualifizierter Arbeitskräfte vor Ort) als auch als

Alternative zu Ansiedelungsbestrebungen zu sehen, indem Teleworking von außerhalb der Region (auch über internationale Grenzen hinweg) dazu beitragen kann, Unternehmen in der Region zu halten bzw. die ansässigen Unternehmen im Wachstum zu unterstützen. Wie die empirischen Ergebnisse für Österreich in Kapitel 5 dieser Studie verdeutlichen, dürfte die Erhöhung der Bandbreiten – im Gegensatz zu den damit verbundenen, deutlich positiven Beschäftigungseffekten – bislang jedoch (falls überhaupt) nur in vernachlässigbarem Ausmaß zur Bevölkerungsansiedelung beigetragen haben. Vielmehr scheinen dafür in ländlichen Regionen Verbesserungen in der Infrastruktur des täglichen Lebens notwendig, um die Attraktivität des ländlichen Raums für die erwerbstätige Bevölkerung zu steigern.

6.6 Wettbewerbs- und Regulierungspolitik

Wie die Analyse der internationalen Literatur in Kapitel 2 ergeben hat, ist Wettbewerb ein zentrales Element dafür, dass sich die positiven Effekte der Digitalisierung auch einstellen. Die Intensität des Wettbewerbs ist mitentscheidend für das Ausmaß von Innovation und von Preisanpassungen, die sich aus den kostendämpfenden Effekten des Einsatzes digitaler Technologien ergeben. Wettbewerb bestimmt daher maßgeblich das Ausmaß der mit Digitalisierung verbundenen positiven Nachfrageeffekte.

Gerade die zweiseitigen Plattformmärkte weisen allerdings aufgrund ihrer Kostenstruktur und den Netzwerkeffekten Monopolisierungstendenzen auf. Klassische Regulierungsansätze, die auf physische Märkte abzielen, erscheinen wenig adäquat, um dieses Problem zu adressieren, gerade auch, weil es für Gesetzgebung und Regulierungsbehörden kaum möglich ist, mit der Geschwindigkeit des technischen Fortschritts mitzuhalten. Die Universalität und Raumunabhängigkeit digitaler Lösungen und Märkte machen zudem wirksame nationale Regulierungen unmöglich. Für die Wahrung von Wettbewerb und die Durchsetzung von Wettbewerbsrechten sind daher supranationale Lösungen (zumindest auf Ebene der EU) vonnöten. Für eine ausführliche Diskussion dazu sei an dieser Stelle auf eine rezente Studie des WIFO verwiesen (Bock-Schappelwein et al., 2018). Auf nationaler Ebene muss in Österreich in diesem Zusammenhang der Fokus daher vermehrt im Abbau von Markteintrittsbarrieren liegen. Dies insbesondere bei freiberuflichen Tätigkeiten, da anzunehmen ist, dass gerade in wissensintensiven Dienstleistungen viel Innovationen und Unternehmen – und damit Arbeitsplätze – in Zusammenhang mit digitalen Technologien entstehen werden. Dazu können auf einzelstaatlicher Ebene Anstrengungen zur strengeren Kontrolle der Geschäftspraktiken großer (zunehmend KI-gestützter) Plattformen in Bezug auf Preisgestaltung, die Nutzung persönlicher Daten der KonsumentInnen und das Verhalten gegenüber Mitbewerbern verstärkt werden. Auch die Prüfung arbeits- und abgabenrechtlicher Angelegenheiten bietet Ansatzpunkte auch auf (sub-)nationaler Ebene (wie jüngst etwa die Beispiele AirBnB oder Uber in Wien zeigen).

Digitalisierung erzwingt neue Felder und Ansätze der Regulierungspolitik und eine Koordinierung auf supranationaler Ebene. Als Beispiel kann etwa die europäische Datenschutz-Grundverordnung genannt werden, die einen wichtigen Beitrag zu einer Harmonisierung des Regulierungsrahmens in der EU lieferte. Dennoch bleibt die Behördenzuständigkeit bei der Umsetzung auf

der nationalen Ebene und die Art der Umsetzung ein Faktor im Standortwettbewerb um hoch digitalisierte, datengetriebene Geschäftsfelder.

Eine Herausforderung ist zudem die asymmetrische Regulierung von Dienstleistungen, welche Substitute für KonsumentInnen darstellen können. So führt die Nicht-Regulierung von neuen Diensten zu Wettbewerbsverzerrungen zulasten traditioneller (regulierter) Konkurrenzdienste (etwa Uber vs. Taxigewerbe). Die Implikationen von Plattformökonomien für den Wettbewerb sind jedenfalls bei der Förderung des flächendeckenden Breitbandausbaus und den digitalen Skills der Bevölkerung mitzubedenken. Dem rechtzeitigen Gegensteuern von Monopolisierungstendenzen und Wettbewerbsverzerrungen kommt daher, insbesondere aufgrund der verteilungspolitischen Konsequenzen dieser Entwicklungen, eine entscheidende regulierungspolitische Rolle zu.

7. Literaturverzeichnis

7.1 Allgemeine Literatur

- Aarland, K., Davis, J.C., Henderson, V., Ono, Y., "Spatial Organization of Firms: The Decision to split Production and Administration", *RAND Journal of Economics*, 38, 2007, 480-494.
- Acemoglu, D., Autor, D., "Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings", in Card, D., Ashenfelter, O. (eds.), *Handbook of Labor Economics*, Vol. 4, Part B, Ch. 12, Elsevier, 2011, 1043-1171.
- Acemoglu, D., Restrepo, P., "Artificial Intelligence, Automation and Work", NBER Working Paper, 24196, Cambridge, MA., 2018.
- Acemoglu, D., Restrepo, P., "Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets", NBER Working Paper, 23285, Massachusetts, MA., 2017.
- Acemoglu, D., Restrepo, P., "The Race between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment", NBER Working Paper, 22252, Cambridge, MA, 2016.
- Agrawal, A.K., Animesh, A., Prasad, K., "Social Interactions and the 'Digital Divide': explaining Variations in Internet Use", *Information Systems Research*, 20, 2009, 277-294.
- Aguilera, A., "Business Travel and mobile Workers", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(8), 2008, 1109-1116.
- Ahlfeld, G.M., Pantelis, K., Valletti, T., "Speed 2.0: Evaluating Access to universal digital Highways", *Journal of the European Economic Association*, 15(3), 2017, 586-625.
- Akerman, A., Gaarder, I., Mogstad, M., "The Skill Complementarity of Broadband Internet", *The Quarterly Journal of Economics*, 130(4), 2015, 1781-1824.
- Alaveras, G. Martens, B., "International Trade in Online Services", JRC Working Papers on Digital Economy, 2015-08, Joint Research Centre, Seville, 2015.
- Allen, R.C., "Engels' Pause: Technical Change, Capital Accumulation and Inequality in the British Industrial Revolution", *Explorations in Economic History*, 46(4), 2009, 418-435.
- Anderson, C., "The Long Tail. Why the Future of Business is selling Less of More", Hyperion, 2006.
- Andreev, P., Salomon, I., Pliskin, N., "Review: State of Teleactivities", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 18(1), 2010, 3-20.
- Armstrong, S., Sotola, K., ÓÉigeartaigh, S.S., "The Errors, Insights and Lessons of famous AI Predictions – and what they mean for the Future", *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 26, 2014, 317-342.
- Arntz, M., Gregory, T., Lehmer, F., Matthes, B., Zierahn, U., "Dienstleister haben die Nase vorn. Arbeitswelt 4.0 – Stand der Digitalisierung in Deutschland", *IAB-Kurzbericht*, 22/16, 2016.
- Arntz, M., Gregory, T., Zierahn, U., "Revisiting the Risks of Automation", *Economics Letters*, 159, 2017, 157-160.
- Arthur D. Little, Österreich als 5G Vorreiter, *Der Weg an die Spitze*, Studie im Auftrag der Internetoffensive Österreich, Wien, 2017.
- Arvin, B.M., Pradhan, R.P., "Broadband Penetration and Economic Growth Nexus: Evidence from Cross-Country Panel Data", *Applied Economics*, 46(35), 2014, 4360-4369.
- Atasoy, H., "Effects of Broadband Internet Expansion on Labor Market Outcomes", *Industrial and Labor Relations Review*, 66(2), 2013, 315-345.
- Atasoy, H., Banker, R.D., Pavlou, P.A., "On the longitudinal Effects of IT-Use on Firm-Level Employment", *Information Systems Research* 27(1), 2016 6-26.
- Atkinson, R., Miller, B., "Are Robots taking our Jobs or making them?", *The Information Technology and Innovation Foundation*, Washington, DC, 2013.
- Autor, D., Dorn, D., "The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market", *American Economic Review*, 103(5), 2013, 1553-1597.
- Autor, D., Dorn, D., Katz, L., Patterson, C., Van Reenen, J. (2017a), "Concentrating on the Fall of the Labor Share", NBER Working Paper, 23108, Cambridge, MA., 2017.

- Autor, D., Dorn, D., Katz, L., Patterson, C., Van Reenen, J. (2017b), "The Fall of the Labor Share and the Rise of Superstar Firms", NBER Working Paper, 23396, Cambridge, MA., 2017.
- Autor, D., Salomons, A., "Is Automation Labor-displacing? Productivity Growth, Employment, and the Labor Share", NBER Working Paper, 24871, Cambridge, MA., 2018.
- Autor, D.H., "Polanyi's Paradox and the Shape of Employment Growth", NBER Working Paper, 20485, Cambridge, MA, 2014.
- Autor, D.H., "Why are there still so many Jobs? The History and Future of Workplace Automation", *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 2015, 3-30.
- Autor, D.H., "Wiring the Labor Market", *Journal of Economic Perspectives*, 15(1), 2001, 25-40.
- Autor, D.H., Dorn, D., Hanson, G., "Untangling Trade and Technology: Evidence from local Labour Markets", *Economic Journal*, 125(584), 2015, 621-646.
- Autor, D.H., Katz, L.F., Kearney, M.S., "The Polarization of the U.S. Labor Market", *American Economic Review*, 96(2), 2006, 189-194.
- Autor, D.H., Levy, F., Murnane, R., "The Skill Content of recent Technological Change: an Empirical Exploration", *The Quarterly Journal of Economics*, 118(4), 2003, 1279-1333.
- Bacher, J., Altrichter, H., Nagy, G., "Ausgleich unterschiedlicher Rahmenbedingungen schulischer Arbeit durch eine indexbasierte Mittelverteilung". *Erziehung & Unterricht* 160, 2010, S. 384-400.
- Bailey, D.E., Kurland, N.B., "A Review of Telework Research: Findings, new Directions, and Lessons for the Study of modern Work", *Journal of Organizational Behavior*, 23(4), 2002, 383-400.
- Bakos, Y., Brynjolfsson, E., "Bundling Information Goods: Price, Profits, and Efficiency", *Management Science*, 45(12), 1999, 1613-1630.
- Baldwin, R., "The Great Convergence: Information Technology and the New Globalization", Harvard University Press, Cambridge, MA., 2016.
- Bärenthaler-Sieber, S., Böheim, M., "Breitbandstrategie und Breitbandförderung in Österreich", *WIFO-Monatsberichte*, 2018, 91(11), 813-821.
- Bärenthaler-Sieber, S., Böheim, M., Piribauer, P., Reschenhofer, P., "Österreichs Breitbandnachfragedefizit, WIFO-Studie im Auftrag der A1 Telekom Austria AG, 2018.
- Barro, R.J., "Economic growth in a cross section of countries", *Quarterly Journal of Economics*, 1991, 106, (2), 407-443.
- Baruch, Y., Nicholson, N., "Home, sweet Work: Requirements for effective Home Working", *Journal of General Management*, 23, 1997, 15-30.
- Bauernschuster, S., Falck, O., Woessmann, L., "Surfing Alone? The Internet and Social Capital: Evidence from an unforeseeable technological Mistake", *Journal of Public Economics*, 117, 2014, 73-89.
- Baumol, W.J., "Macroeconomics of Unbalanced Growth: the Anatomy of Urban Crisis", *American Economic Review*, 57(3), 1967, 415-426.
- Beaudry, P., Doms, M., Lewis, E., "Should the Personal Computer be considered a Technological Revolution? Evidence from U.S. Metropolitan Areas", *Journal of Political Economy*, 118, 2010, 988-1036.
- Beaudry, P., Green, D.A., Sand, B.M., "The Great Reversal in the Demand for Skill and cognitive Tasks", *Journal of Labor Economics*, 34(s1/2), 2016, 199-247.
- Beauregard, A., Basile, K., Canonico, E., "Home is where the Work is: a new Study of Homeworking in Acas – and beyond", Acas, London, 2013.
- Bélanger, F., "Workers' Propensity to telecommute: an empirical Study", *Information & Management*, 35, 1999, 139-153.
- Bentley, T., McLeod, L., Bosua, R., Gloet, M., Teo, S., Tan, F., "The Future of Work Program: The Telework Survey", New Zealand Work Research Institute AUT and IBES, University of Melbourne, 2013.
- Berger, T., Frey, C.B., "Did the Computer Revolution shift the Fortunes of U.S. Cities? Technology Shocks and the Geography of new Jobs", *Regional Science and Urban Economics*, 57, 2016, 38-45.
- Berger, T., Frey, C.B., "Industrial Renewal in the 21st Century: Evidence from U.S. Cities", *Regional Studies*, 51(3), 2017, 404-413.
- Bertschek, I., Briglauer, W., Hüschelrath, K., Kauf, B., Niebel, T., "The economic Impacts of Telecommunications Networks and Broadband Internet: A Survey", *ZEW Discussion Papers*, 16-056, Mannheim, 2016.

- Bertschek, I., Cerquera, D., Klein, G.J., "More Bits – more Bucks? Measuring the Impact of Broadband Internet on Firm Performance", *Information Economics and Policy*, 25(3), 2013, 190-203.
- Bertschek, I., Niebel, T., "Mobile and more productive? Firm-Level Evidence on the Productivity Effects of mobile Internet Use", *Telecommunications Policy*, 40(9), 2016, 888-898.
- Bessen, J., "AI and Jobs: The Role of Demand", NBER Working Paper, 24235, Cambridge, MA., 2018.
- Bessen, J., "Learning by Doing: the real Connection between Innovation, Wages, and Wealth", Yale University Press, New Haven, 2016.
- Beugelsdijk, S., Van Schaik, T., "Social Capital and Growth in European Regions: an empirical Test", *European Journal of Political Economy*, 21, 2005, 301-324.
- Biagi, F., Falk, M., "The Impact of ICT and e-Commerce on Employment in Europe", *Journal of Policy Modelling*, 39, 2017, 1-18.
- Bibby, A., "Teleworking: Thirteen Journeys to the Future of Work", Calouste Gulbenkian Foundation, London, 1995.
- Bilbao-Orosio, B., Soumitra, D., Bruno, L. (eds.), "Global Information Technology Report: Growth and Jobs in a hyper-connected World", World Economic Forum and INSEAD, Geneva, 2013.
- Blien, U., Ludewig, O., "Technological Progress and (Un)Employment Development", IAB Discussion Paper, 22/2016, Nürnberg, 2016.
- Blinder, A.S., "How many US Jobs might be offshorable?"; *World Economics*, 10(2), 2009, 41-78.
- Blinder, A.S., "Offshoring: The next Industrial Revolution?", *Foreign Affairs*, 85, 2006, 113-128.
- Bloom, N., Berinato, S., "To raise Productivity, let more Employees work from Home", *Harvard Business Review*, 92, 2014, 28-29.
- Bloom, N., Garicano, L., Sadun, R., Van Reenen, J., "The distinct Effects of Information Technology and Communication Technology on Firm Organization", *Management Science*, 60(12), 2014, 2859-2885.
- Bloom, N., Jones, C.I., Van Reenen, J., Webb, M., "Are Ideas getting harder to find?", NBER Working Paper, 23782, Cambridge, MA., 2017.
- Bloom, N., Liang, J., Roberts, J., Ying, Z.J., "Does Working from Home work? Evidence from a Chinese Experiment", *Quarterly Journal of Economics*, 130(1), 2015, 165-218.
- Bloom, N., Sadun, R., Van Reenen, V., "Americans do it better: US Multinationals and the Productivity Miracle", *American Economic Review*, 102(1), 2012, 167-201.
- Blount, Y., (2015a), "Pondering the Fault Lines of Anywhere Working (Telework, Telecommuting): A Literature Review", *Foundations and Trends in Information Systems*, 1(3), 2015, 163-276.
- Blount, Y. (2015b), "Telework: Not Business as usual", in Haider, A., *Business Technologies in contemporary Organizations: Adoption, Assimilation, and Institutionalization*, IGI Global, 2015, 95-114.
- Blum, B.S., Goldfarb, A., "Does the Internet defy the Law of Gravity?", *Journal of International Economics*, 70(2), 2006, 384-405.
- Blundell, R., Costa-Dias, M., "Alternative Approaches to Evaluation in empirical Microeconomics, Working Paper, 2008/05, CETE – Research Center on Industrial, Labour and Managerial Economics, London, 2008.
- BMFSFJ, "Unternehmensmonitor – Familienfreundlichkeit 2013", Bundesministerium für Familien, Senior/innen, Frauen und Jugend, Berlin, 2013.
- BMVIT (Hg.), "Beschäftigung und Industrie 4.0. Technologischer Wandel und die Zukunft des Arbeitsmarkts", Studie von Austrian Institute of Technology, WIFO und Fraunhofer Austria, Wien, 2017.
- BMWF, BMVIT (Hg.), Österreichischer Forschungs- und Technologiebericht 2017, Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, 2017.
- Bock-Schappelwein, J., "Digitalisierung und Arbeit", in Peneder, M., Bock-Schappelwein, J., Firgo, M., Fritz, O., Streicher, G., "Österreich im Wandel der Digitalisierung", WIFO-Studie, Wien, 2016.
- Bock-Schappelwein, J., Böheim, M., Christen, E., Ederer, S., Firgo, M., Friesenbichler, K.S., Hölzl, W., Kirchner, M., Köppl, A., Kügler, A., Mayrhuber, C., Piribauer, P., Schratzenstaller, M., Politischer Handlungsspielraum zur optimalen Nutzung der Vorteile der Digitalisierung für Wirtschaftswachstum, Beschäftigung und Wohlstand, WIFO, 2018.
- Bock-Schappelwein, J., Famira-Mühlberger, U., Huemer, U., "Instrumente der Existenzsicherung in Weiterbildungsphasen in Österreich", *WIFO-Monatsberichte*, 2017, 90(5), S.393-402.

- Bock-Schappelwein, J., Famira-Mühlberger, U., Leoni, T., "Arbeitsmarktchancen durch Digitalisierung", WIFO-Studie, Wien, 2017.
- Bock-Schappelwein, J., Huemer, U., "Österreich 2025 – Die Rolle ausreichender Basiskompetenzen in einer digitalisierten Arbeitswelt", WIFO-Monatsberichte, 90(2), 2017, 131-140.
- Böheim, M. (Hg.), Ederer, S., Schratzenstaller, M., Hölzl, W., Kügler, A., Christen, E., Firgo, M., Friesenbichler, K., Piribauer, P., Bock-Schappelwein, J., Mayrhuber, C., Kirchner, M., "Politischer Handlungsspielraum zur optimalen Nutzung der Vorteile der Digitalisierung für Wirtschaftswachstum, Beschäftigung und Wohlstand", WIFO-Studie, Wien, 2017.
- Bolotaeva, V., Cata, T., "Marketing Opportunities with Social Networks", Journal of Internet Social Networking and Virtual Communities, 2010, 1-8.
- Bonin, H., Gregory, T., Zierahn, U., "Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland", Kurzexpertise Nr. 57 an das Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Mannheim, 2015.
- Bowles, J., "The Computerisation of European Jobs", Bruegel, Brussels, 2014, <http://brugel.org/2014/07/chart-of-the-week-54-of-eu-jobs-at-risk-of-computerization/>.
- Brenke, K., "Home Office: Möglichkeiten werden bei weitem nicht ausgeschöpft", DIW Weekly Report, 5, 2016, Berlin.
- Bresnahan, T., Trajtenberg, M., "General Purpose Technologies. Engines of Growth?", Journal of Econometrics, 65, 1995, 83-108.
- Bresnahan, T.F., Greenstein, S., "Technical Progress and Co-Invention in Computing and in the Uses of Computers", Brookings Papers on Economic Activity: Microeconomics, 1996, 1-78.
- Briglauer, W., Dürr, N., Falck, O., Hüschelrath, K., "Does State Aid for Broadband Deployment in Rural Areas close the digital and economic Divide?", ZEW Discussion Paper, 16(64), Mannheim, 2016.
- Brown, J., Goolsbee, A., "Does the Internet make Markets more competitive? Evidence from the Life Insurance Industry", Journal of Political Economy, 110(3), 2002, 481-507.
- Brynjolfsson, E., Hitt, L.M., "Computer Productivity: Firm-level Evidence", Review of Economics and Statistics, 85, 2003, 793-808.
- Brynjolfsson, E., Hu, Y., Rahman, M.S., "Battle of the Retail Channels: How Product Selection and Geography drive Cross-Channel Competition", Management Science, 55(11), 2009, 1755-1765.
- Brynjolfsson, E., McAfee, A., "Race against the Machine – How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, driving Productivity and irreversibly Transforming Employment and the Economy", Digital Frontier Press, Lexington, MA, 2012.
- Brynjolfsson, E., McAfee, A., "The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of brilliant Technologies", W. W. Norton & Company, 2014.
- Brynjolfsson, E., McElheran, K., "The rapid Adoption of Data-Driven Decisionmaking", American Economic Review, 106(5), 2016, 133-139.
- Brynjolfsson, E., Rock, D., Syverson, C., "Artificial Intelligence and the modern Productivity Paradox: a Clash of Expectations and Statistics", in Agrawal, A., Gans, J.S., Goldfarb, A., The Economics of Artificial Intelligence, University of Chicago Press, Chicago, 2017.
- Brynjolfsson, E., Smith, M., "Frictionless Commerce? A Comparison of Internet and conventional Retailers", Management Science, 46(4), 2000, 563-585.
- Brzeski, C., Burk, I., "Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt", Ing-Diba Economic Research, Frankfurt, 2015.
- Cairncross, F., "The Death of Distance 2.0", Texere Publishing, London, 2001.
- Cairncross, F., "The Death of Distance", Harvard University Press, Cambridge, MA, 1997.
- Cairns, T.D., "What will tip the Scales for flexibgle Work Arrangements – Motivation or Collaboration?", Employment Relations Today, 40(2), 2013, 29-33.
- Calvino F., Criscuolo C., Marcolin L, Squicciarini M., A Taxonomy of Digital Intensive Sectors, OECD Science, Technology and Industry Working Paper 2018/14, OECD, Paris.
- Canzian, G., Poy, S., Schuller, S., "Broadband Diffusion and Firm Performance in rural Areas: Quasi-experimental Evidence", IZA Working Paper, 9429, Bonn, 2015.

- CBS - TNO, "Netherlands Working Conditions Survey", <http://www.monitorarbeid.tno.nl/publicaties/netherlands-working-conditions-survey>, 2014.
- Celbis, M.G., De Crombrughe, D., "Can Internet Infrastructure help reduce regional Disparities? Evidence from Turkey", United Nations University – MERIT Working Paper Series, 2014-078, Maastricht, 2014.
- Ceruzzi, P.E., "A History of Modern Computing", 2nd Ed., MIT Press, Boston, 2003.
- Charlot, S., Duranton, G., "Cities and Workplace Communication: some quantitative French Evidence", *Urban Studies*, 43, 2006, 1365-1394.
- Chun, H., Kim, J.-W., Lee, J., "How does Information Technology improve aggregate Productivity? A new Channel of Productivity Dispersion and Reallocation", *Research Policy*, 44, 2015, 999-1016.
- Ciriani, S., Perin, P., "Current Perspectives on the Employment Impact of digital Technologies", *Digiworld Economic Journal*, 100, 2015, 145-163.
- Cirillo, V., Guarescio, D., "Jobs and Competitiveness in a polarised Europe. You are here", *Intereconomics*, 50(3), 2015, 156-160.
- Cirillo, V., Pianta, M., Nascia, L., "The Shaping of Skills: Wages, Education, Innovation", University of Urbino Carlo Bo Working Paper, 1406, 2014.
- Clarke, G.R., "Has the Internet increased Exports for Firms from Low and Middle Income Countries?", *Information Economics and Policy*, 20(1), 2008, 16-37.
- Cockburn, I.M., Henderson, R., Stern, S., "The Impact of Artificial Intelligence on Innovation", in Agrawal, A., Gans, J.S., Goldfarb, A., *The Economics of Artificial Intelligence*, University of Chicago Press, Chicago, 2017.
- Cockburn, I.M., Henderson, R., Stern, S., "The Impact of Artificial Intelligence on Innovation", NBER Working Paper, 24449, Cambridge, MA., 2018.
- Cohen-Blankshtain, G., Rotem-Mindali, O., "Key Research Themes on ICT and sustainable Urban Mobility", *International Journal of Sustainable Transportation*, 34(5), 2013, 562-582.
- Colombo, M.G., Croce, A., Grilli, L., "ICT Services and Small Businesses' Productivity Gains: An Analysis of the Adoption of Broadband Internet Technology", *Information Economics and Policy*, 25(3), 2013, 171-189.
- Combes, P.-P., Van Ypersele, T., "The Role and Effectiveness of Regional Investment Aid", European Commission, Luxembourg, 2013.
- Cortés, G.M., Salvatori, A., "Task Specialization within Establishments and the Decline of Routine Employment", University of Manchester and University of Essex, 2015.
- Crafts, N.F.R., "Steam as a General Purpose Technology: a Growth Accounting Perspective", *The Economic Journal*, 114(495), 2004, 338-351.
- Crandall, R., Lehr, W., Litan, R., "The Effects of Broadband Deployment on Output and Employment: a cross-sectional Analysis of U.S. Data", *Issues in Economic Policy Discussion Paper*, 6, 2007, Brookings Institution.
- Crespo Cuaresma, J., Doppelhofer, G., Feldkircher, M., "The determinants of economic growth in European regions", *Regional Studies*, 48 (1), 2014, 44-67.
- Cumming, D., Johan, S., "The differential Impact of the Internet on spurring regional Entrepreneurship", *Entrepreneurship Theory and Praxis*, 34(5), 2010, 857-883.
- Czernich, N., "Does Broadband Internet reduce the Unemployment Rate? Evidence for Germany", *Information Economics and Policy*, 29, 2014, 32-45.
- Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, T., Woessmann, L., "Broadband Infrastructure and Economic Growth", *The Economic Journal*, 121, 2011, 505-532.
- Da Silva, N., Meghna, V., "Facilitating Telecommuting: exploring the Role of Telecommuting Intensity and Differences between Telecommuters and Non-Telecommuters", College of Business, San José State University, San José, 2010.
- Dana, J.D., Orlov, E., "Internet Penetration and Capacity Utilization in the US Airline Industry", *American Economic Journal: Microeconomics*, 6(4), 2014, 106-137.
- Daniels, P.W., Bryson, J.R., "Sustaining Business and Professional Services in a Second City Region", *Service Industries Journal*, 25, 2005, 505-525.
- Dao, M., Das, M., Koczan, Z., Lian, W., "Why is Labor receiving a smaller Share of Global Income? Theory and empirical Evidence", IMF Working Paper, Washington, 2017.

- Dauth, W., Findeisen, S., Suedekum, J., Woessner, N., "German Robots. The Impact of Industrial Robots on Workers", CEPR Discussion Paper, 12306, London, 2017.
- David, H., Levy, F., Murnane, R.J., "The Skill Content of recent Technological Changes: an empirical Exploration", Quarterly Journal of Economics, 118(4), 2003, 1279-1333.
- De Abreu e Silva, J., Melo, P.C., "The Effects of home-based Telework on Household total Travel: a Path Analysis Approach of British Households", Transportation Research Procedia, 27, 2017, 832-840.
- De Stefano, T., Kneller, R., Timmis, J., "The (fuzzy) Digital Divide: The Effect of Broadband Internet Use on UK Firm Performance", University of Nottingham Discussion Paper, 14/06, 2014.
- Deloitte, "Value of Connectivity: Economic and social Benefits of expanding Internet Access", Dublin, 2014.
- Dengler, K., Matthes, B., "Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeit von Berufen in Deutschland", IAB-Forschungsbericht, 11, 2015.
- Dewan, S., Riggins, F., "The Digital Divide: current and future Research Directions", Journal of the Association for Information Systems, 6(12), 2005, 298-337.
- Duranton, G., Puga, D., "From sectoral to functional Urban Specialization", Journal of Urban Economics, 57, 2005, 343-370.
- Duranton, G., Puga, D., "Micro-Foundations of Urban Agglomeration Economies", in Henderson, V., Thisse, J.-F., Handbook of Regional and Urban Economics, Vol.4, 2004, 2063-2117.
- Duso, T., Nardotto, M., Seldeslachts, J., "Ausbau der deutschen Grundbreitbandversorgung: Lehren aus der Vergangenheit mahnen zur Besonnenheit", DIW Wochenbericht, 25, 2018, 544-551.
- Duxbury, L.E., Higgins, C.A., Irvin, R.H., "Attitudes of Managers and Employees to Telecommuting", INFOR, 25(3), 1987, 273-285.
- Ebay, "Enabling traders to Enter and Grow on the Global Stage, Story of an Online Marketplace: Opportunities also for Small Traders and Developing Countries", Brussels, 2012.
- Eden, M., Gaggl, P., "On the Welfare Implications of Automation", Review of Economic Dynamics, 29, 2018, 15-43.
- Eichhorst, W., Buhlmann, F., "Die Zukunft der Arbeit und der Wandel der Arbeitswelt", IZA Standpunkte, 77, Bonn, 2015.
- Ellison, G., Ellison, S.F., "Search, Obfuscation, and Price Elasticities on the Internet", Econometrica, 77(2), 2009, 427-452.
- Ellison, G., Ellison, S.F., Liu, D., Zhang, H., Bhattacharya, V., "Match Quality, Search, and the Internet Market for used Books", Massachusetts Institute of Technology, 2014.
- Ellison, N.B., Steinfeld, C., Lampe, C., "The Benefits of Facebook 'Friends': Social Capital and College Students' Use of Online Social Network Sites", Journal of Computer-mediated Communication, 12, 2007, 1143-1168.
- Ettema, D., "The Impact of Telecommuting on Residential Relocation and Residential Preferences: a latent Class Modelling Approach", Journal of Transport and Land Use, 3(1), 2010, 7-24.
- Eurofound, "Sixth European Working Conditions Survey 2015: Overview Report", Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2016.
- Europäische Kommission, "Bericht über den digitalen Fortschritt der Mitgliedstaaten: Österreich", GD CNECT, Brüssel, 2016.
- Europäische Kommission, "Meine Region, mein Europa, unsere Zukunft. Siebter Bericht über den wirtschaftlichen, sozialen und territorialen Zusammenhalt", GD Regionalpolitik und Stadtentwicklung, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Brüssel, 2017.
- Europäische Kommission, A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy, Communication Paper, European Commission, Brussels, 2015.
- Europäische Kommission, The Digital Economy and Society Index (DESI) 2018, DG Connect, Brüssel, 2018.
- European Commission, "Analysis of the Impact of Robotic Systems on Employment in the European Union – 2012 Data Update", Luxembourg, 2016.
- Evangelista, R., "Sectoral Patterns of Technological Change in Services", Economics of Innovation and new Technology, 9, 2000, 183-221.
- Evangelista, R., Guerrieri, P., Melicani, V., "The economic Impact of digital Technologies in Europe", Economics of Innovation and New Technology, 23(8), 2014, 802-824.

- Fabritz, N., "The Impact of Broadband on Economic Activity in Rural Areas: Evidence from German Municipalities", IFO Working Paper, 166, 2013.
- Falck, O., "Does Broadband Infrastructure boost Employment? Broadband Infrastructure has differing Effects on Workers of different Skills", IZA World of Labor, 341, 2017.
- Falck, O., Mazat, A., Stockinger, B., "Broadband Infrastructure and Entrepreneurship", Ifo Working Paper, Munich, 2016.
- Falk, M., Biagi, F., "Empirical Studies on the Impacts of ICT Usage in Europe", JRC Technical Reports, Institute for Prospective Technological Studies Digital Economy Working Papers, 2015/14, Brussels, 2015.
- Felstead, A. Jewson, N., "In Work, at Home: Towards an Understanding of Homeworking", Routledge, London, 2000.
- Felten, E., Raj, M., Seamans, R., "A Method to link Advances in Artificial Intelligence to occupational Abilities", American Economic Association Papers & Proceedings, 108, 2018, 54-57.
- Firgo, M., "Digitalisierung und regionales Beschäftigungswachstum in Österreich: eine ökonometrische Analyse", in Peneder et al., 2016, 84-109.
- Firgo, M., Mayerhofer, P., "Wissensintensive Unternehmensdienste, Wissens-Spillovers und regionales Wachstum. Teilprojekt 3: Zur Standortstruktur von wissensintensiven Unternehmensdiensten – Fakten, Bestimmungsgründe, regionalpolitische Herausforderungen", WIFO-Studie, Wien, 2016.
- Firgo, M., Mayerhofer, P., Wissensintensive Unternehmensdienste, Wissens-Spillovers und regionales Wachstum. Teilprojekt 1: "Wissens-Spillovers und regionale Entwicklung – Welche strukturpolitische Ausrichtung optimiert das Wachstum?", WIFO, 2015.
- Fleder, D. M., Hosanagar, K., "Blockbuster Culture's next Rise or Fall: The Impact of Recommender Systems on Sales Diversity", Management Science, 55(5), 2009, 697-712.
- Floridi, L., "The Fourth Industrial Revolution", Berkeley School of Information, Oxford, 2014.
- Ford, M., "Rise of the Robots: Technology and the Threat of Mass Unemployment", Basic Books, New York, 2015.
- Forman, C., "How has Information Technology Use shaped the Geography of Economic Activity?", in Giarratani, F., Hewings, G.J.D., McCann, P. (eds.), Handbook of Industry Studies and Economic Geography, Edward Elgar, Cheltenham, 2013, 253-270.
- Forman, C., Ghose, A., Goldfarb, A., "Competition between local and electronic Markets: how the Benefit of Buying Online depends on where you live", Management Science, 55, 2009, 47-57.
- Forman, C., Goldfarb, A., Greenstein, S., "How did Location affect the Adoption of the commercial Internet? Global Village vs. Urban Density", Journal of Urban Economics, 58, 2005, 389-420.
- Forman, C., Goldfarb, A., Greenstein, S., "How Geography shapes – and is shaped by – the Internet", in Clark, G.L., Feldman, M.P., Gertler, M.S., Wojcik, D., The New Oxford Handbook of Economic Geography, Oxford University Press, Oxford, 2018.
- Forman, C., Goldfarb, A., Greenstein, S., "Information Technology and the Distribution of Inventive Activity", in Jaffe, A.B., Jones, B.F. (eds.), The changing Frontier: Rethinking Science and Innovation Policy, University of Chicago Press, Chicago, IL, 2015, 169-196.
- Forman, C., Goldfarb, A., Greenstein, S., "The Internet and local Wages: A Puzzle", American Economic Review, 102(1), 2012, 556-575.
- Forman, C., Goldfarb, A., Greenstein, S., "Understanding the Inputs into Innovation: do Cities substitute for internal Firm Resources?", Journal of Economics and Management Strategy, 17, 2008, 295-316.
- Fort, T.C., "Technology and Production Fragmentation: Domestic versus foreign Sourcing", The Review of Economic Studies, 84(2), 2017, 650-687.
- Foster, L.S., Grim, C., Haltiwanger, J., Wolf, Z., "Macro and Micro Dynamics of Productivity: From devilish Details to Insights", NBER Working Paper, 23666, Cambridge, MA., 2017.
- Freeman, R.B., "Who owns the Robots rules the World", IZA World of Labor, 5/15, Bonn, 2015.
- Freund, C., Weinhold, D., "The Effect of the Internet on International Trade", Journal of International Economics, 62, 2004, 171-189.
- Frey, C.B., Osborne, M., "The Future of Employment: how susceptible are Jobs to Computerisation?", Technological Forecasting and Social Change, 114, 2017, 254-280.
- Friedman, T., "The World is flat: a brief History of the Twenty-First Century", Farrar, Straus & Giroux, New York, 2005.

- Friesenbichler, K.S. (2016a), Hebel zur Förderung von Investitionen in Breitbanddatennetze, WIFO-Studie im Rahmen von Österreich 2025, Wien, 2016.
- Friesenbichler, K.S. (2016b), "Österreich 2025 – Zur Zukunft der Telekommunikationspolitik in Österreich", WIFO-Monatsberichte 89(12), 2016, 885-894.
- Frolick, M.N., Wilkes, R.B., Urwiler, R., "Telecommuting as a Workplace Alternative: an Identification of significant Factors in American Firms' Determination of Work-at-Home Policies", *Journal of Strategic Information Systems*, 2, 1993, 206-222.
- Furman, J., Seamans, R., "AI and the Economy", NBER Working Paper 24689, National Bureau of Economic Research, Cambridge, 2018.
- Gajendran, R.S., Harrison, D.A., "The good, the bad, and the unknown about Telecommuting: Meta-Analysis of psychological Mediators and individual Consequences", *Journal of Applied Psychology*, 92(6), 2007, 1524-1541.
- Gallardo, R., "Responsive Countryside: The Digital Age and Rural Communities", Mississippi State University, Starkville, MS., 2016.
- Gallardo, R., Scammahorn, R., "Determinants of innovative vs. non-innovative Entrepreneurs in three southern States", *Review of Regional Studies*, 41(2), 2011, 103-117.
- Gallardo, R., Whitacre, B., "21st Century Economic Development: Telework and its Impact on local Income", *Regional Science Policy and Praxis*, 2018, 1-21.
- García, P.P., Thapa, B., Niehaves, B., "Bridging the Digital Divide at the regional Level? The Effects of regional and national Policies on Broadband Access in Europe's Regions", in Janssen, M., Scholl, H.J., Wimmer, M.A., Bannister, F., 13th International Conference on Electronic Government (EGOV), Dublin, Ireland, 2014. Springer, Lecture Notes in Computer Science, 2014, 218-229.
- Garicano, L., "Hierarchies and the Organization of Knowledge in Production", *Journal of Political Economy*, 108(5), 2000, 874-904.
- Gaspar, J., Glaeser, E.L., "Information Technology and the Future of Cities", *Journal of Urban Economics*, 43(1), 1998, 136-156.
- Gillet, S., Lehr, W., Sirbu, M., "Measuring Broadband's Economic Impact", MIT ESD Working Papers, 2006-02, Cambridge, MA., 2006.
- Girard, Y., Mattes, A., Michelsen, C., "Gigabitzugang in Deutschland: Im internationalen Vergleich rückständig, aber auch wenig nachgefragt", *DIW Wochenbericht*, 25, 2018, 532-541.
- Glaeser, E.L., "The Triumph of the City", Penguin, New York, 2011.
- Glaeser, E.L., Ponzetto, G.A.M., "Did the Death of Distance hurt Detroit and help New York?", NBER Working Paper, 13710, 2007.
- Gnangnon, S.K., Iyer, H., "Does Bridging the Internet Access Divide contribute to enhancing Countries' Integration into the Global Trade in Service Markets?", *Telecommunication Policy*, 42, 2018, 61-77.
- Goldfarb, A., "The (Teaching) Role of Universities in the Diffusion of the Internet", *International Journal of Industrial Organization*, 24, 2006, 203-225.
- Goldfarb, A., Tucker, C., "Digital Economics", NBER Working Paper, 23684, Cambridge, MA., 2017.
- Goldmanis, M., Hortascu, A., Syverson, C., Emre, N., "E-Commerce and the Market Structure of Retail Industries", *The Economic Journal*, 120(545), 2010, 651-682.
- Goolsbee, A., "Public Policy in an AI Economy", NBER Working Paper, 24653, Cambridge, MA, 2018.
- Goolsbee, A., Klenow, P.J., "Evidence on Learning and Network Externalities in the Diffusion of Home Computers", *Journal of Law and Economics*, 45, 2002, 317-343.
- Goos, M., Manning, A., "Lousy and lovely Jobs: the rising Polarization of Work in Britain", *The Review of Economics and Statistics*, 2007, 89, 118-133.
- Goos, M., Manning, A., Salomons, A., "Explaining Job Polarization: Routine-based Technological Change and Offshoring", *American Economic Review*, 104(8), 2014, 2509-2526.
- Goos, M., Manning, A., Salomons, A., "Job Polarization in Europe", *American Economic Review*, 99(2), 2009, 58-63.
- Gordon, R.J., "Is US economic Growth over? Faltering Innovation confronts the six Headwinds", NBER Research, Cambridge, MA, 2012.

- Gordon, R.J., "The Demise of US Economic Growth: Restatement, Rebuttal, and Reflections", NBER Working Paper, 19895, Cambridge, MA., 2014.
- Graez, G., Michaels, G., "Robots at Work", CEP Discussion Paper, 1335, London School of Economics, London, 2015.
- Greenstein, S., "How the Internet became Commercial", Princeton University Press, Princeton, 2015.
- Greenworking, "Teleworking in large French Enterprises: How Distance transforms our Ways of Working", Synthesis Report delivered to the Minister for Industry, Energy and the Digital Economy, Paris, 2012.
- Gregory, T., Salomons, A., Zierahn, U., "Racing with or against the Machine? Evidence from Europe", ZEW Discussion Paper, 16-053, Mannheim, 2016.
- Gregory, T., Salomons, A., Zierahn, U., "Technological Change and regional Labor Market Disparities in Europe", ZEW, Mannheim, 2015.
- Griliches, Z., "Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change", *Econometrica*, 25(4), 1957, 501-522.
- Gruber, H., Hätönen, J., Koutroumpis, P., "Broadband Access in the EU: An Assessment of Future Economic Benefits", *Telecommunications Policy*, 38(11), 2014, 1046-1058.
- Grubestic, T.H., "Efficiency in Broadband Service Provision: a spatial Analysis", *Telecommunications Policy*, 34, 2010, 117-131.
- Grubestic, T.H., "The national Broadband Map: Data Limitations and Implications for Public Policy Evaluation", *Telecommunications Policy*, 36, 2012, 113-126.
- Grubestic, T.H., "The spatial Distribution of Broadband Providers in the United States: 1999-2004", *Telecommunication Policy*, 32, 2008, 212-233.
- Günther S., "Neue digitale Bequemlichkeit und die europäische Stadt", BBSR-Analysen Kompakt, 02/17, Bonn, 2017.
- Hall, B.A., "Innovation and Productivity", NBER Working Paper, 17178, Cambridge, MA., 2011.
- Hall, P., "The End of the City? 'The Report of my Death was an Exaggeration' 1", *City*, 7(2), 2003, 141-152.
- Haller, S.A., Lyons, S., "Broadband Adoption and Firm Productivity: Evidence from Irish Manufacturing Firms", *Telecommunications Policy*, 39(1), 2015, 1-13.
- Hamer, R., Kroes, E., Van Oostroom, H., "Teleworking in the Netherlands: An Evaluation of Changes in Travel Behaviour", *Transportation*, 18, 1991, 365-382.
- Harrington, S.J., Ruppel, C.P., "Telecommuting: a Test of Trust, competing Values, and relative Advantage", *IEEE Transactions on Professional Communication*, 42, 1999, 223-239.
- Hartung, M.J., Schmitt, S., Digitalisierung: Mehr Kabel? Mehr Bildung!, *Zeit Online*, <https://www.zeit.de/2018/08/digitalisierung-koalitionsvertrag-chancen>, abgerufen am 04.12.2018.
- He, S.Y., Hu, L., "Telecommuting, Income, and Out-of-Home Activities", *Travel Behaviour and Society*, 2, 2015, 131-147.
- Helminen, V., Ristimäki, M., "Relationship between Commuting Distance, Frequency and Telework in Finland", *Journal of Transport Geography*, 15, 2007, 331-342.
- Helpman, E., "General Purpose Technologies and Economic Growth", MIT Press, Cambridge, MA., 1998, 1-13.
- Hernandez, K., Faith, B., Martin, P.P., Ramalingam, B., "The Impact of Digital Technology on Economic Growth and Productivity, and its Implications for Employment and Equality: An Evidence Report", IDS Evidence Report, 207, Institute for Development Studies, 2016.
- Herrendorf, B., Rogerson, R., Valentinyi, A., "Two Perspectives on Preferences and Structural Transformation", *American Economic Review*, 103(7), 2013, 2752-2789.
- Hill, E.J., Ferris, M., Martinson, V., "Does it matter where to Work? A Comparison of how three Work Venues (traditional Office, virtual Office, and Home Office) influence Aspects of Work and Personal/Family Life", *Journal of Vocational Behavior*, 63(2), 2003, 220-241.
- Hirsch-Kreinsen, H., "Wandel von Produktionsarbeit – Industrie 4.0", *Soziologisches Arbeitspapier*, 38/2014, TU Dortmund, Dortmund, 2014.
- Hjorthol, R.J., "Teleworking in some Norwegian Urban Areas – Motives and Transport Effects", *Urban Geography*, 27(7), 2006, 610-627.

- Hofer, H., Titelbach, G., Vogtenhuber, S., "Polarisierung am österreichischen Arbeitsmarkt?", *Wirtschaft und Gesellschaft*, 43(3), 2017, 379-404.
- Hölzl, W., Friesenbichler, K., Kügler, A., Peneder, M., Reinstaller, A., Schwarz, G., "Österreich 2025 – Industrie 2025: Wettbewerbsfähigkeit, Standortfaktoren, Markt- und Produktstrategien und die Positionierung österreichischer Unternehmen in der internationalen Wertschöpfungskette", WIFO-Studie, Wien, 2016.
- Hölzl, W., Kügler, A., "Themenfeldanalyse: Wettbewerb", in Böheim, M. (Hg.), *Politischer Handlungsspielraum zur optimalen Nutzung der Vorteile der Digitalisierung für Wirtschaftswachstum, Beschäftigung und Wohlstand*, WIFO-Studie, Wien, 2017, 28-41.
- Hopkinson, P., James, P., "UK Report on national SUSTEL Fieldwork", SUSTEL IST-2001-33228, London, 2003.
- Houngbonon, G.V., Liang, J., "The Impact of Broadband Internet on Employment in France", mimeo, Paris School of Economics, Paris, 2018.
- Hui, X., "E-Commerce Platforms and international Trade: A large-scale Field Experiment", MIT, Sloan School of Management Working Paper, Boston, 2017.
- Huws, U., "Telework: Projections", *Futures*, 23(1), 1991, 19-31.
- Huws, U., Korte, W.B., Robinson, S., "Telework: towards the elusive Office", John Wiley & Sons, Chichester, 1990.
- Iammarino, S., Rodriguez-Pose, A., Storper, M., "Regional Inequality in Europe: Evidence, Theory and Policy Implications", CEPR Discussion Paper, London, 2018.
- ILO - Eurofound, "Working Anytime, Anywhere: The Effects on the World of Work", Joint ILO-Eurofound Report, Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2017.
- IMF, "World Economic Outlook. Chapter 3: Understanding the downward Trend in the Labour Share", International Monetary Fund, Washington, DC, 2017.
- Ivus, O., Boland, M., "The Employment and Wage Impact of Broadband Deployment in Canada", *Canadian Journal of Economics*, 48(5), 2015, 1803-1830.
- Jayakar, K., Park, E.A., "Broadband Availability and Employment: An Analysis of county-level Data from the National Broadband Maß", *Journal of Information Policy*, 3, 2013, 181-200.
- Jorgenson, D.W., Ho, M.S., Stiroh, K., "Productivity Volume 3: Information Technology and the American Growth Resurgence", MIT Press, Cambridge, MA., 2005.
- Jorgenson, D.W., Ho, M.S., Stiroh, K.J., "A retrospective Look at the U.S. Productivity Growth Resurgence", *Journal of Economic Perspectives*, 22(1), 2008, 3-24.
- Ju, J., "The Effects of Technological Change on Employment: The Role of ICT", *Korea and the World Economy*, 15(2), 2014, 289-307.
- Kandilov, I.T., Renkow, M., "Infrastructure Investment and Rural Economic Development: An Evaluation of USDA's Broadband Loan Program", *Growth and Change*, 41(2), 2010, 165-191.
- Kane, J., Tomer, A., "Since 2000, American Commuters more likely to work from Home or use alternative Modes", Brookings Institution, <https://www.brookings.edu/2015/09/28/since-2000-american-commuters-more-likely-to-work-from-home-or-use-alternative-modes/>, 2015.
- Karabarbounis, L., Neiman, B., "The Global Decline of the Labor Share", *Quarterly Journal of Economics*, 129(1), 2014, 61-103.
- Katz, R.L., Vaterlaus, S., Zenhäusern, P., Suter, S., "The Impact of Broadband on Jobs and the German Economy", *Intereconomics*, 45(1), 2010, 26-34.
- Keen, A., "The Internet is not the Answer", Atlantic, New York, 2015.
- Khan, L.M., "Amazon's Antitrust Paradox", *Yale Law Journal*, 126, 2017, 710-722.
- Kim, S.N., Choo, S., Mokhtarian, P.L., "Home-based Telecommuting and intra-Household Interactions in Work and Non-Work Travel: a seemingly unrelated censored Regression Approach", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 80, 2015, 197-214.
- Kim, S.N., Mokhtarian, P.L., Ahn, K.H., "The Seoul of Alonso: New perspectives of Telecommuting and residential Location from South Korea", *Urban Geography*, 33(8), 2012, 1163-1191.
- Kim, Y., Orazem, P., "Broadband Internet and Firm Entry: Evidence from Rural Iowa, Iowa State University Working Paper, 12026, 2012.

- Kim, Y., Orazem, P., "Broadband Internet and new Firm Location Decisions in Rural Areas", *American Journal of Agricultural Economics*, 99(1), 2017, 285-302.
- Koenig, B.E., Henderson, D.K., Mokhtarian, P.L., "The Travel and Emissions Impacts of Telecommuting for the State of California Telecommuting Pilot Project", *Transportation Research*, C4, 1996, 13-32.
- Kojo, I., Nenonen, S., "Evolution of Co-Working Places: Drivers and Possibilities", *Intelligent Building International*, 2014, 1-13.
- Kolko, J., "Broadband and local Growth", *Journal of Urban Economics*, 71(1), 2012, 100-13.
- Kolko, J., "The Death of Cities? The Death of Distance? Evidence from the Geography of commercial Internet Usage", in Vogelsang, I., Compaine, B.M. (eds.), *The Internet Upheaval*, MIT Press, Cambridge, MA, 2000, 73-98.
- Korte, W.B., Wynne, R., "Telework: Penetration, Potential and Practice in Europe", IOS Press, Amsterdam, 1996.
- Koutroumpis, P., "The economic Impact of Broadband on Growth: a simultaneous Approach", *Telecommunications Policy*, 33, 2009, 471-485.
- Kuhn, P., Mansour, H., "Is Internet Job Search still ineffective?", *Economic Journal*, 124(581), 2014, 1213-1233.
- Kummer, S., Moser, R., Schwarzbauer, W., Dieplinger, M., Lueghammer, W., Schachinger, W., Tihanyi, C., Vogelauer, C., "IND4LOG4. Industrie 4.0 und ihre Auswirkungen auf die Transportwirtschaft und Logistik", Studie im Auftrag des BMVIT, Wien, 2016.
- Kurz, H.D., "Auf der Schwelle zur 'Vierten industriellen Revolution'", *Wirtschaftsdienst*, 97(11), 2017, 785-792.
- Kushida, K.E., "The Politics of Commodification in global ICT Industries: A Political Economy Explanation of the Rise of Apple, Google, and Industry Disruptors", *Journal of Industry, Competition and Trade*, 15(1), 2015, 49-67.
- Lafferty, G., "Telework in Australia: Findings from a national Survey in selected Industries", *Australian Bulletin of Labour*, 26(3), 2000, 236-252.
- Lal, B., Dwivedi, Y.K., "Investigating Homeworker's Inclination to remain connected to Work at 'anytime, anywhere' via Mobile Phones", *Journal of Enterprise Information Management*, 23(6), 2010, 759-774.
- Lee, S.Y., Hong, J.H., "Does Family-friendly Policy matter? Testing its Impact on Turnover and Performance", *Public Administration Review*, 71(6), 2011, 870-879.
- Lendle, A., Olarreaga, M., Schropp, S., Vézina, P., "There Goes Gravity: eBay and the Death of Distance", *Economic Journal*, 126(591), 2016, 406-441.
- Lendle, A., Olarreaga, M., Schropp, S., Vézina, P.-L., "eBay's anatomy", *Economics Letters*, 121(1), 2013, S. 115-120.
- Lerner, J., Tirole, J., "Some simple Economics of Open Source", *The Journal of Industrial Economics*, 50(2), 2002, 197-234.
- LeSage, J. P., Pace, R. K., *Introduction to Spatial Econometrics*, Chapman and Hall/CRC, 2009.
- Levy, F., Murnane, R., "The New Division of Labor: how Computers are creating the next Job Market", Princeton University Press, Princeton, 2012.
- Lin, F., "Estimating the Effect of the Internet on international Trade", *The Journal of international Trade & Economic Development*, 24(3), 2015, 409-428.
- Lu, R., Chorus, C.G., Van Wee, B., "The Effects of different Forms of ICT on Accessibility: a behavioral Model and numerical Examples", *Transportmetrica A. Transport Science*, 10(3), 2012, 233-254.
- Lucking-Reiley, D., Bryan, D., Prasad, N., Reeves, D., "Pennies from e-Bay: The Determinants of Price in Online Auctions", *Journal of Industrial Economics*, 55(2), 2007, 223-233.
- Luukinen, A., "A Profile of Finnish Telework: Survey Results concerning the Nature, Extent and Potential of Telework in Finland", in Luukinen, A. (ed.), *Directions of Telework: Report by the Finnish Experience with Telework Project*, Ministry of Labour, Helsinki, 1995, 1-49.
- Mack, E., Faggian, A., "Productivity and Broadband. The Human Factor", *International Regional Science Review*, 36(3), 2013, 392-423.
- Mack, E., Grubesich, T.H., "Broadband Provision and Firm Location in Ohio: an exploratory Spatial Analysis", *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, 100(3), 2009, 298-315.
- Mack, E., Rey, S.J., "An Econometric Approach for Evaluating the Linkages between Broadband and Knowledge Intensive Firms", *Telecommunications Policy*, 38(1), 2014, 105-118.

- Mahler, J., "The Telework Divide: Managerial and personnel Challenges of Telework", *Review of Public Personnel Administration*, 32(4), 2012, 407-418.
- Malecki, E.J., "The economic Geography of the Internet's Infrastructure", *Economic Geography*, 78, 2002, 399-424.
- Manning, J.S., Mokhtarian, P.L., "Modeling the Choice of Telecommuting Frequency in California: an explanatory Analysis", *Technological Forecasting and Social Change*, 49, 1995, 49-73.
- Marcolin et al., Miroudot, S., Squicciarini, A., "Routine Jobs, Employment and technological Innovation in Global Value Chains", OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 16/01, OECD, Publishing, Paris, 2016.
- Marshall, A., "Principles of Economics", Macmillan, London, 1890.
- Maselli, I., "The evolving Supply and Demand for Skills in the Labour Market", *Intereconomics*, 47(1), 2012, 22-30.
- Mayerhofer, P., Firgo, M., "Wissensintensive Unternehmensdienste, Wissens-Spillovers und regionales Wachstum. Teilprojekt 2: Strukturwandel und regionales Wachstum – Wissensintensive Unternehmensdienste als "Wachstumsmotor"?", WIFO-Studie, Wien, 2015, <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/58503>.
- Mayerhofer, P., Klien, M., Unternehmensinvestitionen in den österreichischen Bundesländern. Entwicklung – Struktur – Funktion regionaler Förderung, WIFO-Studie im Auftrag der Wirtschaftskammer Österreich, Stabsabteilung Wirtschaftspolitik, Wien, 2016.
- McCoy, D., Lyons, S., Morgenroth, E., Palcic, D., Allen, L., "The Impact of Broadband and other Infrastructure on the Location of new Business Establishments", *Journal of Regional Science*, 58, 2018, 509-534.
- McKinsey Global Institute, "Jobs lost, Jobs gained: Workforce Transitions in a Time of Automation", 2018, <http://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Global%20Themes/Future%20of%20Organizations/What%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/MGI-Jobs-Lost-Jobs-Gained-reoirt.-december.6.2917.ashx>.
- Meijers, H., "Does the Internet generate Economic Growth, International Trade, or both?", United Nations University Working Paper Series, 2012(050), United Nations University, Maastricht, 2012.
- Meltzer, J. P., "The Importance of the Internet and Transatlantic Data Flows for U.S. and EU Trade and Investment", *Global Economy and Development*, Working Paper, 79, October 2014.
- Michaels, G., Natraj, A., Van Reenen, J., "Has ICT polarized Skill Demand? Evidence from eleven Countries over 25 Years", *Review of Economics and Statistics*, 96(1), 2014, 60-77.
- Michielsens, E., Bingham, C., Clarke, L., "Managing Diversity through flexible Work Arrangements: Management Perspectives", *Employee Relations*, 36(1), 2013, 49-69.
- Mills, B.F., Whitacre, B.E., "Understanding the non-metropolitan-metropolitan Digital Divide", *Growth and Change*, 34, 2003, 219-243.
- Mok, D., Wellman, B., Carrasco, J., "Does Distance matter in the Age of Internet?", *Urban Studies*, 47, 2010, 2747-2783.
- Mokhtarian, P.L., "A synthetic Approach to Estimating the Impacts of Telecommuting on Travel", *Urban Studies*, 35(2), 1998, 215-241.
- Mokhtarian, P.L., "A Typology of Relationships between Telecommunications and Transportation", *Transportation Research*, A24, 1990, 231-242.
- Mokhtarian, P.L., Collantes, G.O., Gertz, C., "Telecommuting, Residential Location, and Commute-Distance traveled: Evidence from State of California Employees", *Environment and Planning A*, 36, 2004, 1877-1897.
- Mokhtarian, P.L., Handy, S.L., Salomon, I., "Methodological Issues in the Estimation of the Travel, Energy, and Air Quality Impacts of Telecommuting", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 29, 1995, 283-302.
- Mokhtarian, P.L., Salomon, I., "Modeling the Desire to Telecommute: The Importance of attitudinal Factors in Behavioral Models", *Transport Research Record*, A31, 1997, 35-50.
- Mokhtarian, P.L., Salomon, I., Choo, S., "Measuring the Measurable: Why can't we agree on the Number of Telecommuters in the US?", *Quality and Quantity*, 39, 2005, 423-452.
- Mokhtarian, P.L., Varma, K.V., "The Trade-off between Trips and Distance traveled in analyzing the Emissions Impacts of Center-based Telecommuting", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 3(6), 1998, 419-428.
- Mokhtarian, P.L., Tal, G., "Impacts of ICT on Travel Behavior: a Tapestry of Relationships", in Rodrigue, J.P., Notteboom, T., Shaw, J., *The Sage Handbook of Transport Studies*, SAGE Publications, London, 2013, 241-260.
- Mokyr, J., "The lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress", Oxford University Press, New York, 1990.

- Mokyr, J., Vickers, C., Ziebarth, N.L., "The History of Technological Anxiety and the Future of Economic Growth: is this Time different?", *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 2015, 31-50.
- Montreuil, S., Lippel, K., "Telework and occupational Health: a Quebec empirical Study and regulatory Implications", *Safety Science*, 41(4), 2003, 339-358.
- Moseley, M.J., Owen, S., "The Future of Services in rural England: The Drivers of Change and a Scenario for 2015", *Progress in Planning*, 69(3), 2008, 93-130.
- Nagl, W., Titelbach, G., Valkova, K., "Digitalisierung der Arbeit: Substituierbarkeit von Berufen im Zuge der Automatisierung durch Industrie 4.0", Studie im Auftrag des Sozialministeriums, Wien, 2017.
- Nedelkoska, L., Quintini, G., "Automation, Skills Use and Training", OECD Social, Employment and Migration Working Papers, 202, Paris, 2018.
- Nelson, P., Safirova, E., Walls, M., "Telecommuting and Environmental Policy: Lessons from the e-Commute Program", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12(3), 2007, 195-207.
- Neufeld, D.J., Fang, Y., "Individual, social and situational Determinants of Telecommuter Productivity", *Information and Management*, 42(7), 2005, 1037-1049.
- Neumann, K.-H., Pflückebaum, T., Böheim, M., Bärenthaler-Sieber, S., "Evaluierung der Breitband-Initiative – bmvit 2015/2016. Executive Summary", Studie im Auftrag des bmvit, Bad Honnef, Wien, 2017.
- Nilles, J.M., "Telecommunications and organizational Decentralization", *Communications*, 23(10), 1975, 1142-1147.
- Nilles, J.M., "Telecommuting and Urban Sprawl: Mitigator or Inciter?", *Transportation*, 18, 1991, 411-432.
- Nilles, J.M., Carson, F.R., Gray, P., Hanneman, G., "The Telecommunications-Transportation Tradeoff: Options for Tomorrow", John Wiley & Sons, New York, 1976.
- Nilsson, N.J., "The Quest for Artificial Intelligence: A History of Ideas and Achievements", Cambridge University Press, Cambridge, MA., 2009.
- Noonan, M.C., Glass, J.L., "The hard Truth about Telecommuting", *Monthly Labor Review*, June, 2012, 38-45.
- Nordås, H. K., "Services SMEs in International Trade: Opportunities and Constraints", E15 Initiative, International Centre for Trade and Sustainable Development (ICTSD) and World Economic Forum, Geneva, 2015.
- Nordhaus, W.D., "Two Centuries of Productivity Growth in Computing", *The Journal of Economic History*, 67(1), 2015, 128-159.
- Nurul Habib, K.M., Sasic, A., Zaman, H., "Investigating Telecommuting Considerations in the Context of Commuting Mode Choice", *International Journal of sustainable Transportation*, 6(6), 2012, 362-383
- OECD, "Skills and Jobs in the Internet Economy", OECD Digital Economy Papers, 242, OECD Publishing, Paris, 2014.
- OECD, "ICT and Jobs: Complements or Substitutes? The Effects of ICT Investment on Labour Demand in 19 OECD Countries", OECD, Paris, 2015.
- OECD, "Innovation Policies for Inclusive Growth", OECD Publishing, Paris, 2015.
- OECD, "The Productivity – Inclusiveness Nexus", Preliminary Version, OECD Publishing, Paris, 2016.
- OECD (2016a), "Anticipating Change: Work, Skills and Job Quality", Paris, 2016.
- OECD, "Key Issues for Digital Transformation in the G20", OECD Publishing, Paris, 2017.
- OECD (2017a), "OECD Employment Outlook", Paris, 2017.
- OECD, "Productivity and Jobs in a globalised World. (How) Can all Regions benefit?", OECD Publishing, Paris, 2018.
- OECD (2018a), "Job Creation and Local Economic Development 2018. Preparing for the Future of Work". OECD Publishing, Paris, 2018.
- Oliner, S.D., Sichel, D.H., Stiroh, K.J., "Explaining a productive Decade", *Journal of Policy Modeling*, 30, 2008, 633-673.
- Olson, J.L., Munroe, D.K., "Natural Amenities and Rural Development in new Urban-Rural Spaces", *Regional Science Policy & Practice*, 4, 2012, 355-371.
- Orlov, E., "How does the Internet influence Price Dispersion? Evidence from the Airline Industry", *Journal of Industrial Economics*, 59(1), 2011, 21-37.
- Ory, D.T., Mokhtarian, P.L., "Which came first, the Telecommuting or the Residential Relocation? An empirical Analysis of Causality", *Urban Geography*, 27(7), 2006, 590-609.
- Pajarinen, M., Rouvinen, P., "Computerization threatens one Third of Finnish Employment", ETLA Brief, 22, Helsinki, 2014.

- Palander, T., "Beiträge zur Standorttheorie", Almqvist & Wisell, Uppsala, 1935.
- Pendyala, R.M., Goulias, K., Kitamura, R., "Impact of Telecommuting on spatial and temporal Patterns of Household Travel", *Transportation*, 18, 1991, 411-432.
- Peneder, M., Bock-Schappelwein, J., Firgo, M., Fritz, O., Streicher, G., "Österreich im Wandel der Digitalisierung", WIFO-Studie, Wien, 2016.
- Peneder, M., Firgo, M., Streicher, G., Stand der Digitalisierung in Österreich, Studie im Auftrag der Arbeiterkammer Wien, WIFO, 2018.
- Peneder, M., The employment of IT personnel, *National Institute Economic Review* No. 184, 2003, 70-81.
- Pérez, M.P.S., Martínez, A., De Luis Carnicer, M.P., Jiménez, M.J.V., "The environmental Impacts of Teleworking: a Model of urban Analysis and a Case Study", *Management of Environmental Quality*, 15(6), 2004, 656-671.
- Perkiö-Mäkelä, M., Hirvonen, M., "The national Work and Health Survey 2012", Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki, 2013.
- Peters, B., Dachs, B., Dünser, M., Hud, M., Köhler, C., Rammer, C., "Firm Growth, Innovation and the Business Cycle", Background Report for the 2014 Competitiveness Report, ZEW, Mannheim, 2014.
- Peters, P., Tijdens, K.G., Wetzels, C., "Employees' Opportunities, Preferences, and Practices in Telecommuting Adoption", *Information and Management*, 41(4), 2004, 469-482.
- Peters, P., Van der Lippe, T., "Access to home-based Telework: a multilevel and multi-Actor Perspective", in Van der Lippe, T., Peters, P., *Competing Claims in Work and Family Live*, Edward Elgar, Cheltenham, 2007, 233-248.
- Pfisterer, S., Streim, A., Hampe, K. (Hg.), "Arbeit 3.0: Arbeiten in der digitalen Welt", BITKOM, Berlin, 2013.
- Piketty, T., "Capital in the Twenty-First Century", Harvard University Press, Harvard, 2014.
- Pliskin, N., "The Telecommunication Paradox", *Information Systems Management*, 14(4), 1997, 15.
- Polanyi, M., "The Tacit Dimension", Doubleday, New York, 1966.
- Polèse, M., Shearmur, R., "Is Distance really dead? Comparing Industrial Location Patterns over Time in Canada", *International Regional Science Review*, 27, 2004, 431-457.
- Pratt, G.A., "Is a Cambrian Explosion coming for Robotics?", *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 2015, 51-60.
- Putnam, R.D., Leonardi, R., Nanetti, R.Y., "Making Democracy Work: Civic Traditions in modern Italy", Princeton University Press, Princeton, NJ, 1993.
- Raja, S., Ampah, M., "Will the digital Revolution help or hurt Employment?", World Bank Group, Connections Note 2016-2, New York, 2016.
- Rasel, F., "ICT and global Sourcing – Evidence for German Manufacturing and Service Firms", *Economics of Innovation and New Technology*, 26(7), 2017, 634-660.
- Rasmussen, E., Gareth, C., "Why isn't Teleworking working?", *New Zealand Journal of Employment Relations*, 33(2), 2008, 20-32.
- Rasmussen, W.D., "The Mechanization of Agriculture", *Scientific American*, 247(3), 1982, 76-89.
- Rhoads, M., "Face-to-face and Computer-mediated Communication: What does Theory tell us and what have we learned so far?", *Journal of Planning Literature*, 25(2), 2010, 111-122.
- Riker, D., "Internet Use and Openness to Trade", U.S. International Trade Commission, Working Paper, 14-12C, 2014.
- Robertson, M.M., Schleifer, L.M., Huang, Y.H., "Examining the Macroergonomics and Safety Factors among Teleworkers: Development of a conceptual Model", *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 41, 2012, 2611-2615.
- Rodríguez-Pose, A., Crescenzi, R., "Mountains in a flat World: why Proximity still matters for the Location of Economic Activity", *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 1, 2008, 371-388
- RTR, "Kommunikationsbericht 2016", Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH, Wien, 2017.
- RTR, Internetanschlüsse über Glasfaser in Österreich: Status Quo und Ausblick, Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH, Wien, 2018.
- Ruiz, Y., Walling, A., "Home-based Working using Communication Technologies", National Statistics Feature, ONS, London, 2005.

- Rutherford, J., Gillespie, A., Richardson, R., "The Territoriality of pan-European Telecommunications Backbone Networks", *Journal of Urban Technology*, 11, 2004, 1-34.
- Salemink, K., Strijker, D., Bosworth, G., "Rural Development in the Digital Age: a systematic Literature Review on unequal ICT Availability, Adoption, and Use in rural Regions", *Journal of Rural Studies*, 54, 2017, 360-371.
- Salomon, I., Salomon, M., "Telecommuting: The Employee's Perspective", *Technological Forecasting and Social Change*, 25(1), 1984, 15-28.
- Sardeshmukh, S.R., Sharma, D., Golden, T.D., "Impact of Telework on Exhaustion and Job Engagement: a Job Demands and Job Resources Model", *New Technology, Work and Employment*, 27(3), 2012, 193-207.
- Schleife, K., "What really matters: regional versus individual Determinants of the Digital Divide in Germany", *Research Policy*, 39, 2010, 173-185.
- Schurr, S., Sonenblum, S., Wood, D.O. (eds.), "Energy, Productivity, and Economic Growth", Oelgeschlager, Gunn and Hain, Cambridge, MA., 1983.
- Schwellnus, C., Kappeler, A., Pionnier, P., "Decoupling of Wages from Productivity: Macrolevel Facts", *OECD Economics Department Working Papers*, 1373, OECD Publishing, Paris, 2017.
- Shapiro, C., Varian, H.R., "Information Rules: A strategic Guide to the Network Economy", Harvard Business Press, 1998.
- Shearmur, R., Doloreux, D., "Urban Hierarchy or local Buzz? High-order Producer Services and (or) Knowledge-intensive Business Service Location in Canada, 1991-2001", *The Professional Geographer*, 60(3), 2008, 333-355.
- Shieh, A., Searle, G., "Telework and Spatial Trends in Australian Cities: a critical Review", School of Geography, Planning and Environmental Management, University of Queensland, 2013.
- Smith, M., Zentner, A., "Internet Effects on Retail Markets", SSRN 2594807, 2015 (mimeo).
- Steinmueller, W.E., "ICTs and the Possibilities for Leapfrogging by developing Countries", *International Labour Review*, 140(2), 2001, 193-210.
- Stockinger, B., "The Effect of Broadband Internet on Establishments' Employment Growth: Evidence from Germany", IAB Discussion Paper, 19/2017, Bonn, 2017.
- Stonier, T., "The natural History of Humanity: Past, Present and Future", *International Journal of Social Economics*, 7(1), 1980, 3-12.
- Syverson, C., "Challenges to Mismeasurement Explanations for the US Productivity Slowdown", *Journal of Economic Perspectives*, 31(2), 2017, 165-186.
- Tadelis, S., "What's in a Name? Reputation as a tradeable Asset", *The American Economic Review*, 89(3), 1999, 548-563.
- Tayyar, M.R., Khan, A.M., "The Effects of Telecommuting and intelligent Transport Systems on Urban Development", *Journal of Urban Technology*, 10(2), 2003, 87-100.
- Tichy, G., "Geht der Arbeitsgesellschaft die Arbeit aus?", *WIFO-Monatsberichte*, 89(12), 2016, 853-871.
- Tichy, G., "Polarisierung der beruflichen Anforderungen durch die Digitalisierung?", *WIFO-Monatsberichte*, 91(3), 2018, 177-190.
- Toffler, A., "The Third Wave", Collins, London, 1980.
- Townsend, L., Saththiaseelan, A., Fairburst, G., Wallace, C., "Enhanced Broadband Access as a Solution to the social and economic Problems of the rural Digital Divide", *Local Economics*, 28(6), 2013, 580-595.
- Tranos, E., "The causal Effect of the Internet Infrastructure on the economic Development auf European City-Regions", *Spatial Economic Analysis*, 7, 2012, 319-337.
- Tranos, E., "The Geography of the Internet: Cities, Regions and the Internet Infrastructure in Europe", Edward Elgar, Cheltenham, 2013.
- Tranos, E., "The Internet: its Geography, Growth and the Creation of (digital) Social Capital", in Shearmur, R., Carrincazeaux, C., Doloreux, D., *Handbook on the Geography of Innovation*, Edward Elgar, 2016, 356-369.
- Tranos, E., "The Topology and the emerging urban Geographies of the Internet Backbone and Aviation Networks in Europe: a comparative Study", *Environment and Planning A*, 43, 2011, 378-392.
- Tranos, E., Mack, E., "Broadband Provision and Knowledge Intensive Firms: a causal Relationship?", *Regional Studies*, 50, 2015, 1113-1126.

- Turetken, O., Jain, A., Quesenberry, B., Ngwenyama, O., "An empirical Investigation of the Impact of individual and Work Characteristics on Telecommuting Success", *Professional Communication*, 54(1), 2011, 56-67.
- USITC, "Digital Trade in the U.S. and Global Economies, Part 2", Publication 4485, Investigation No. 332540, Washington, DC, 2014.
- Van Ark, B., Frankema, E., Duteweerd, H., "Productivity and Employment Growth: an empirical Review of long and medium run Evidence", Background Working Paper for the World Employment Report 2004, International Labour Office, Geneva, 2004.
- Van Ark, B., Inklaar, R., McGuckin, R., "Changing Gear – Productivity, ICT and Service Industries in Europe and the United States", in Christensen, F., Maskell, P. (eds.), *The industrial Dynamics of the New Digital Economy*, Edward Elgar, Cheltenham, Northampton, 2003, 56-99.
- Van Lier, T., de Witte, A., Macharis, C., "How worthwhile is Teleworking from a sustainable Mobility Perspective? The Case of Brussels Capital Region", *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 14(3), 2014, 244-267.
- Van Wee, B., Geurs, K., Chorus, C., "Information, Communication, Travel Behavior and Accessibility", *Journal of Transport and Land Use*, 6(3), 2013, 1-16.
- Varian, H.R., "Copying and Copyright", *Journal of Economic Perspectives*, 19(2), 2005, 121-138.
- Vence, X., González, M., "Regional Concentration of the KBE in the EU: towards a renewed oligocentric Model", *European Planning Studies*, 16(4), 2008.
- Vicente, M.R., López, A.J., "Assessing the regional Digital Divide across the European Union-27", *Telecommunications Policy*, 35, 2011, 220-237.
- Vilhemson, B., Thulin, E., "Who and where are the flexible Workers? Exploring the current Diffusion of Telework in Sweden", *New Technology, Work and Employment*, 31(1), 2016, 77-96.
- Villas-Boas, J.M., "Price Cycles in Markets with Customer Recognition", *The RAND Journal of Economics*, 35(3), 2004, 486-501.
- Vogler-Ludwig, K., "Beschäftigungseffekte der Digitalisierung – eine Klarstellung", *Wirtschaftsdienst*, 12/17, 2017, 861-870.
- Von Hippel, E., "Economics of Product Development by Users: The Impact of 'sticky' local Information", *Management Science*, 44, 1998, 629-644.
- Vu, K., "ICT as a Source of Economic Growth in the Information Age: Empirical Evidence from the 1996-2005 Period", *Telecommunications Policy*, 35(4), 2011, 357-372.
- Waldfogel, J., Chen, L., "Does Information undermine Brand? Information intermediary Use and Preference for branded Web Retailers", *Journal of Industrial Economics*, 54(4), 2006, 425-449.
- Weijers, T., Meijer, R., Spoelman, E., "Teleworking remains ,made to measure': The large-scale Introduction of Telework in the Netherlands", *Futures*, 24(10), 1992, 1048-1055.
- Wellman, B., Haase, A.Q., Witte, J., Hampton, K., "Does the Internet increase, decrease, or supplement Social Capital? Social Networks, Participation, and Community Commitment", *American Behavioral Scientist*, 45(3), 2001, 437-456.
- Welz, C., Wolf, F., "Telework in the European Union", Eurofound, 2010.
- What Works Centre for Local Economic Growth, "Evidence Review 6, Broadband, March 2015", London School of Economics and Political Science, Centre for Cities, ARUP, London, 2015.
- Whitacre, B., Gallardo, R., Strover, S., "Broadband's Contribution to economic Growth in rural Areas: moving towards a causal Relationship", *Telecommunications Policy*, 38, 2014, 1011-1023.
- Whitacre, B., Gallardo, R., Strover, S. (2014a), "Does rural Broadband impact Jobs and Income? Evidence from spatial and first-differenced Regressions", *The Annals of Regional Science*, 53, 2014, 649-670.
- Wolter, M.I., Mönning, A., Hummel, M., Schneemann, C., Weber, E., Zika, G., Neuber-Pohl, C., "Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie. Szenarien-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsbildprojektionen", IAB Forschungsbericht, 13, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Nürnberg, 2016.
- World Bank, "World Development Report 2016: Digital Dividends", World Bank, Washington, DC, 2016.
- Yang, H., "Targeted Search and the long Tail Effect", *The RAND Journal of Economics*, 44(4), 2013, 733-756.
- Yap, C.S., Tng, H., "Factors associated with Attitudes towards Telecommuting", *Information and Management*, 19, 1990, 227-235.

- Yen, J.R., "Interpreting Employee Telecommuting Adoption: an economic Perspective", *Transportation*, 27(1), 2000, 149-164.
- Yousefi, A., "The Impact of Information and Communication Technology on Economic Growth: Evidence from Developed and Developing Countries", *Economics of Innovation and New Technology*, 20(6), 2011, 581-596.
- Zettelmeyer, F., Silva-Risso, J., "Internet Car Retailing", *Journal of Industrial Economics*, 49(4), 2001, 501-519.
- Zhu, P., "Telecommuting, Household Commute and Location Choice", *Urban Studies*, 50(12), 2013, 2441-2459.
- Zhu, P., Mason, S.G., "The Impact of Telecommuting of personal Vehicle Usage and environmental Sustainability", *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11(8), 2014, 2185-2200.
- Zilian, S., Unger, M., Polt, M., Altzinger, W., Scheuer, T., "Technologischer Wandel und Ungleichheit", Joanneum Research Policies, Institut für Wirtschafts- und Innovationsforschung, Forschungsinstitut Economics of Inequality, Wien, 2017.
- Zook, M.A., "The Geography of the Internet Industry: Venture Capital, Dot-coms, and local Knowledge", Blackwell Publishing, Malden, MA, 2005.
- Zysman, J., Kenney, M., "The next Phase in the Digital Revolution: Platforms, Automation, Growth, and Employment", BRIE Working Paper, 2017-2, University of California, Berkeley, 2017.

7.2 Literatur im empirischen Review

- (1) Acemoglu, D., Autor, D., "Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings", in Card, D., Ashenfelder, O. (eds.), *Handbook of Labor Economics*, Vol. 4, Ch. 12, Elsevier, 2011, 1043-1171.
- (2) Acemoglu, D., Restrepo, P., "Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets", NBER Working Paper, 23285, Massachusetts, MA., 2017.
- (3) Ahlfeld, G.M., Pantelis, K., Valletti, T., "Speed 2.0: Evaluating Access to universal digital Highways", *Journal of the European Economic Association*, 15(3), 2017, 586-625.
- (4) Akerman, A., Gaarder, I., Mogstad, M., "The Skill Complementarity of Broadband Internet", *The Quarterly Journal of Economics*, 130(4), 2015, 1781-1824.
- (5) Arntz, M., Gregory, T., Zierahn, U., "Revisiting the Risks of Automation", *Economics Letters*, 159, 2017, 157-160.
- (6) Atasoy, H., "Effects of Broadband Internet Expansion on Labor Market Outcomes", *Industrial and Labor Relations Review*, 66(2), 2013, 315-345.
- (7) Atasoy, H., Banker, R.D., Pavlou, P.A., "On the longitudinal Effects of IT-Use on Firm-Level Employment", *Information Systems Research* 27(1), 2016 6-26.
- (8) Autor, D.H., "Why are there still so many Jobs? The History and Future of Workplace Automation", *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 2015, 3-30.
- (9) Autor, D.H., Levy, F., Murnane, R.J., "The Skill Content of recent Technological Change: an empirical Explanation", *The Quarterly Journal of Economics*, 2003, 1279-1333.
- (10) Beaudry, P., Green, D.A., Sand, B.M., "The Great Reversal in the Demand for Skill and cognitive Tasks", *Journal of Labor Economics*, 34(s1/2), 2016, 199-247.
- (11) Berger, T., Frey, C.B., "Did the Computer Revolution shift the Fortunes of U.S. Cities? Technology Shocks and the Geography of new Jobs", *Regional Science and Urban Economics*, 57, 2016, 38-45.
- (12) Bertschek, I., Niebel, T., "Mobile and more productive? Firm-Level Evidence on the Productivity Effects of mobile Internet Use", *Telecommunications Policy*, 40(9), 2016, 888-898.
- (13) Bertschek, I., Cerquera, D., Klein, G.J., "More Bits – more Bucks? Measuring the Impact of Broadband Internet on Firm Performance", *Information Economics and Policy*, 25(3), 2013, 190-203.
- (14) Blinder, A.S., "How many US Jobs might be offshorable?"; *World Economics*, 10(2), 2009, 41-78.
- (15) Bloom, N., Garicano, L., Sadun, R., Van Reenen, J., "The distinct Effects of Information Technology and Communication Technology on Firm Organization", *Management Science*, 60(12), 2014, 2859-2885.
- (16) Bock-Schappelwein, J., "Digitalisierung und Arbeit", in Peneder et al., 2016, 110-126.
- (17) Bonin, H., Gregory, T., Zierahn, U., "Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland", Kurzex-pertise Nr. 57 an das Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Mannheim, 2015.

- (18) Bowles, J., "The Computerisation of European Jobs", Bruegel, Brussels, 2014, <http://brugel.org/2014/07/chart-of-the-week-54-of-eu-jobs-at-risk-of-computerization/>.
- (19) Briglauer, W., Dürr, N., Falck, O., Hüschelrath, K., "Does State Aid for Broadband Deployment in Rural Areas close the digital and economic Divide?", ZEW Discussion Paper, 16(64), Mannheim, 2016.
- (20) Brzeski, C., Burk, I., "Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt", Ing-Diba Economic Research, Frankfurt, 2015.
- (21) Canzian, G., Poy, S., Schuller, S., "Broadband Diffusion and Firm Performance in rural Areas: Quasi-experimental Evidence", IZA Working Paper, 9429, Bonn, 2015.
- (22) Czernich, N., "Does Broadband Internet reduce the Unemployment Rate? Evidence for Germany", Information Economics and Policy, 29, 2014, 32-45.
- (23) Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, O., Woessmann, L., "Broadband Infrastructure and Economic Growth", The Economic Journal, 121, 2011. 505-532.
- (24) Cirillo, V., Guarescio, D., "Jobs and Competitiveness in a polarised Europe. You are here", Intereconomics, 50(3), 2015. 156-160.
- (25) Cirillo, V., Pianta, M., Nascia, L., "The Shaping of Skills: Wages, Education, Innovation", University of Urbino Carlo Bo Working Paper, 1406, 2014.
- (26) Colombo, M.G., Croce, A., Grilli, L., "ICT Services and Small Businesses' Productivity Gains: An Analysis of the Adoption of Broadband Internet Technology", Information Economics and Policy, 25(3), 2013, 171-189.
- (27) Cortés, G.M., Salvatori, A., "Task Specialization within Establishments and the Decline of Routine Employment", University of Manchester and University of Essex, 2015.
- (28) Crandall, R., Lehr, W., Litan, R., "The Effects of Broadband Deployment on Output and Employment: a cross-sectional Analysis of U.S. Data", Issues in Economic Policy Discussion Paper, 6, 2007, Brookings Institution.
- (29) David, H., Levy, F., Murnane, R.J., "The Skill Content of recent Technological Changes: an empirical Exploration", Quarterly Journal of Economics, 118(4), 2003, 1279-1333.
- (30) Dauth, W., Findeisen, S., Suedekum, J., Woessner, N., "German Robots. The Impact of Industrial Robots on Workers", CEPR Discussion Paper, 12306, London, 2017.
- (31) Dengler, K., Matthes, B., "Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeit von Berufen in Deutschland", IAB-Forschungsbericht, 11, 2015.
- (32) De Stefano, T., Kneller, R., Timmis, J., "The (fuzzy) Digital Divide: The Effect of Broadband Internet Use on UK Firm Performance", University of Nottingham Discussion Paper, 14/06, 2014.
- (33) Eichhorst, W., Buhlmann, F., "Die Zukunft der Arbeit und der Wandel der Arbeitswelt", IZA Standpunkte, 77, Bonn, 2015.
- (34) European Commission, "Analysis of the Impact of Robotic Systems on Employment in the European Union – 2012 Data Update", Luxembourg, 2016.
- (35) Fabritz, N., "The Impact of Broadband on Economic Activity in Rural Areas: Evidence from German Municipalities", IFO Working Paper, 166, 2013.
- (36) Falck, O., Mazat, A., Stockinger, B., "Broadband Infrastructure and Entrepreneurship", Ifo Working Paper, Munich, 2016.
- (37) Firgo, M., "Digitalisierung und regionales Beschäftigungswachstum in Österreich: eine ökonometrische Analyse", in Peneder et al., 2016, 84-109.
- (38) Forman, C., Goldfarb, A., Greenstein, S., "How did Location affect the Adoption of the commercial Internet? Global Village vs. Urban Density", Journal of Urban Economics, 58, 2005, 389-420.
- (39) Forman, C., Goldfarb, A., Greenstein, S., "The Internet and local Wages: A Puzzle", American Economic Review, 102, 2012, 556-575.
- (40) Frey, C.B., Osborne, M., "The Future of Employment: how susceptible are Jobs to Computerisation?", Technological Forecasting and Social Change, 114, 2017, 254-280.
- (41) Gallardo, R., Scammahorn, R., "Determinants of innovative vs. non-innovative Entrepreneurs in three southern States", Review of Regional Studies, 41(2), 2011, 103-117.

- (42) Gillet, S., Lehr, W., Sirbu, M., "Measuring Broadband's Economic Impact", MIT ESD Working Papers, 2006-02, Cambridge, MA., 2006.
- (43) Goos, M., Manning, A., "Lousy and lovely Jobs: the rising Polarization of Work in Britain", *The Review of Economics and Statistics*, 2007, 89, 118-133.
- (44) Goos, M., Manning, A., Salomons, A., "Explaining Job Polarization: Routine-based Technological Change and Offshoring", *American Economic Review*, 104(8), 2014, 2509-2526.
- (45) Goos, M., Manning, A., Salomons, A., "Job Polarization in Europe", *American Economic Review*, 99(2), 2009, 58-63.
- (46) Graez, G., Michaels, G., "Robots at Work", CEP Discussion Paper, 1335, London School of Economics, London, 2015.
- (47) Gregory, T., Salomons, A., Zierahn, U., "Racing with or against the Machine? Evidence from Europe", ZEW Discussion Paper, 16-053, Mannheim, 2016.
- (48) Haller, S.A., Lyons, S., "Broadband Adoption and Firm Productivity: Evidence from Irish Manufacturing Firms", *Telecommunications Policy*, 39(1), 2015, 1-13.
- (49) Hofer, H., Titelbach, G., Vogtenhuber, S., "Polarisierung am österreichischen Arbeitsmarkt?", *Wirtschaft und Gesellschaft*, 43(3), 2017, 379-404.
- (50) Hounghonon, G.V., Liang, J., "The Impact of Broadband Internet on Employment in France", mimeo, Paris School of Economics, Paris, 2018.
- (51) Ivus, O., Boland, M., "The Employment and Wage Impact of Broadband Deployment in Canada", *Canadian Journal of Economics*, 48(5), 2015, 1803-1830.
- (52) Jayakar, K., Park, E.A., "Broadband Availability and Employment: An Analysis of county-level Data from the National Broadband Maß", *Journal of Information Policy*, 3, 2013, 181-200.
- (53) Kandilov, I.T., Renkow, M., "Infrastructure Investment and Rural Economic Development: An Evaluation of USDA's Broadband Loan Program", *Growth and Change*, 41(2), 2010, 165-191.
- (54) Katz, R.L., Vaterlaus, S., Zenhäusern, P., Suter, S., "The Impact of Broadband on Jobs and the German Economy", *Intereconomics*, 45(1), 2010, 26-34.
- (55) Kim, Y., Orazem, P., "Broadband Internet and Firm Entry: Evidence from Rural Iowa, Iowa State University Working Paper, 12026, 2012.
- (56) Kim, Y., Orazem, P., "Broadband Internet and new Firm Location Decisions in Rural Areas", *American Journal of Agricultural Economics*, 99(1), 2017, 285-302.
- (57) Kolko, J., "Broadband and local Growth", *Journal of Urban Economics*, 71(1), 2012, 100-13.
- (58) Koutroumpis, P., "The economic Impact of Broadband on Growth: a simultaneous Approach", *Telecommunications Policy*, 33, 2009, 471-485.
- (59) Kummer, S., Moser, R., Schwarzbauer, W., Dieplinger, M., Lueghammer, W., Schachinger, W., Tihanyi, C., Vogelauer, C., "IND4LOG4. Industrie 4.0 und ihre Auswirkungen auf die Transportwirtschaft und Logistik", Studie im Auftrag des BMVIT, Wien, 2016.
- (60) Mack, E., Faggian, A., "Productivity and Broadband. The Human Factor", *International Regional Science Review*, 36(3), 2013, 392-423.
- (61) Mack, E., Grubesich, T.H., "Broadband Provision and Firm Location in Ohio: an exploratory Spatial Analysis", *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, 100(3), 2009, 298-315.
- (62) Mack, E., Rey, S.J., "An Econometric Approach for Evaluating the Linkages between Broadband and Knowledge Intensive Firms", *Telecommunications Policy*, 38(1), 2014, 105-118.
- (63) Marcolin et al., Miroudot, S., Squicciarini, A., "Routine Jobs, Employment and technological Innovation in Global Value Chains", *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, 16/01, OECD, Publishing, Paris, 2016.
- (64) Maselli, I., "The evolving Supply and Demand for Skills in the Labour Market", *Intereconomics*, 47(1), 2012, 22-30.
- (65) McCoy, D., Lyons, S., Morgenroth, E., Palcic, D., Allen, L., "The Impact of Broadband and other Infrastructure on the Location of new Business Establishments", *Journal of Regional Science*, 58, 2018, 509-534.

- (66) Michaels, G., Natraj, A., Van Reenen, J., "Has ICT polarized Skill Demand? Evidence from eleven Countries over 25 Years", *Review of Economics and Statistics*, 96(1), 2014, 60-77.
- (67) Nagl, W., Titelbach, G., Valkova, K., "Digitalisierung der Arbeit: Substituierbarkeit von Berufen im Zuge der Automatisierung durch Industrie 4.0", Studie im Auftrag des Sozialministeriums, Wien, 2017.
- (68) OECD, "ICT and Jobs: Complements or Substitutes? The Effects of ICT Investment on Labour Demand in 19 OECD Countries", OECD, Paris, 2015.
- (69) OECD (2016a), "Anticipating Change: Work, Skills and Job Quality", Paris, 2016.
- (70) OECD (2017a), "OECD Employment Outlook", Paris, 2017.
- (71) Pajarinen, M., Rouvinen, P., "Computerization threatens one Third of Finnish Employment", ETLA Brief, 22, Helsinki, 2014.
- (72) Stockinger, B., "The Effect of Broadband Internet on Establishments' Employment Growth: Evidence from Germany", IAB Discussion Paper, 19/2017, Bonn, 2017.
- (73) Tranos, E., "The causal Effect of the Internet Infrastructure on the economic Development auf European City-Regions", *Spatial Economic Analysis*, 7, 2012, 319-337.
- (74) Tranos, E., Mack, E., "Broadband Provision and Knowledge Intensive Firms: a causal Relationship?", *Regional Studies*, 50, 2015, 1113-1126.
- (75) Vogler-Ludwig, K., "Beschäftigungseffekte der Digitalisierung – eine Klarstellung", *Wirtschaftsdienst*, 12/17, 2017, 861-870.
- (76) Whitacre, B., Gallardo, R., Strover, S., "Broadband's Contribution to economic Growth in rural Areas: moving towards a causal Relationship", *Telecommunications Policy*, 38, 2014, 1011-1023.
- (77) Whitacre, B., Gallardo, R., Strover, S. (2014a), "Does rural Broadband impact Jobs and Income? Evidence from spatial and first-differenced Regressions", *The Annals of Regional Science*, 53, 2014, 649-670.
- (78) Wolter, M.I., Mönning, A., Hummel, M., Schneemann, C., Weber, E., Zika, G., Neuber-Pohl, C., "Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie. Szenarien-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsbildprojektionen", IAB Forschungsbericht, 13, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Nürnberg, 2016.
- (79) World Bank, "World Development Report 2016: Digital Dividends", World Bank, Washington, DC, 2016.
- (80) Zilian, S., Unger, M., Polt, M., Altzinger, W., Scheuer, T., "Technologischer Wandel und Ungleichheit", Joanneum Research Policies, Institut für Wirtschafts- und Innovationsforschung, Forschungsinstitut Economics of Inequality, Wien, 2017.
- (81) Nedelkoska, L., Quintini, G., "Automation, Skills Use and Training", OECD Social, Employment and Migration Working Papers, 202, Paris, 2018.
- (82) OECD (2018a), "Job Creation and Local Economic Development 2018. Preparing for the Future of Work", OECD Publishing, Paris, 2018.

Anhang A Zum Digitalisierungsgrad der regionalen Wirtschaft

A.1 Details zur WIFO-Taxonomie der Beschäftigung von IKT-Fachkräften

Für technische Details zur durchgeführten Clusteranalyse siehe *Peneder – Firgo – Streicher* (2018). Übersicht A.1 gibt einen Überblick über die Definition von IKT-Fachkräften nach Berufsgruppen gemäß ISCO 08 Klassifikation laut Eurostat. Abbildung A.1 fasst das Ergebnis in Form sogenannte "Heatmaps" zusammen, wobei die Intensität der Farbe mit dem Beschäftigtenanteil der IKT-Fachkräfte relativ zu den anderen Beobachtungen von blassgelb bis hin zu dunkelrot zunimmt. Das Dendrogramm auf der linken Seite zeigt die relative Ähnlichkeit der auf der rechten Seite mit dem NACE Branchencode bezeichneten Beobachtungen.

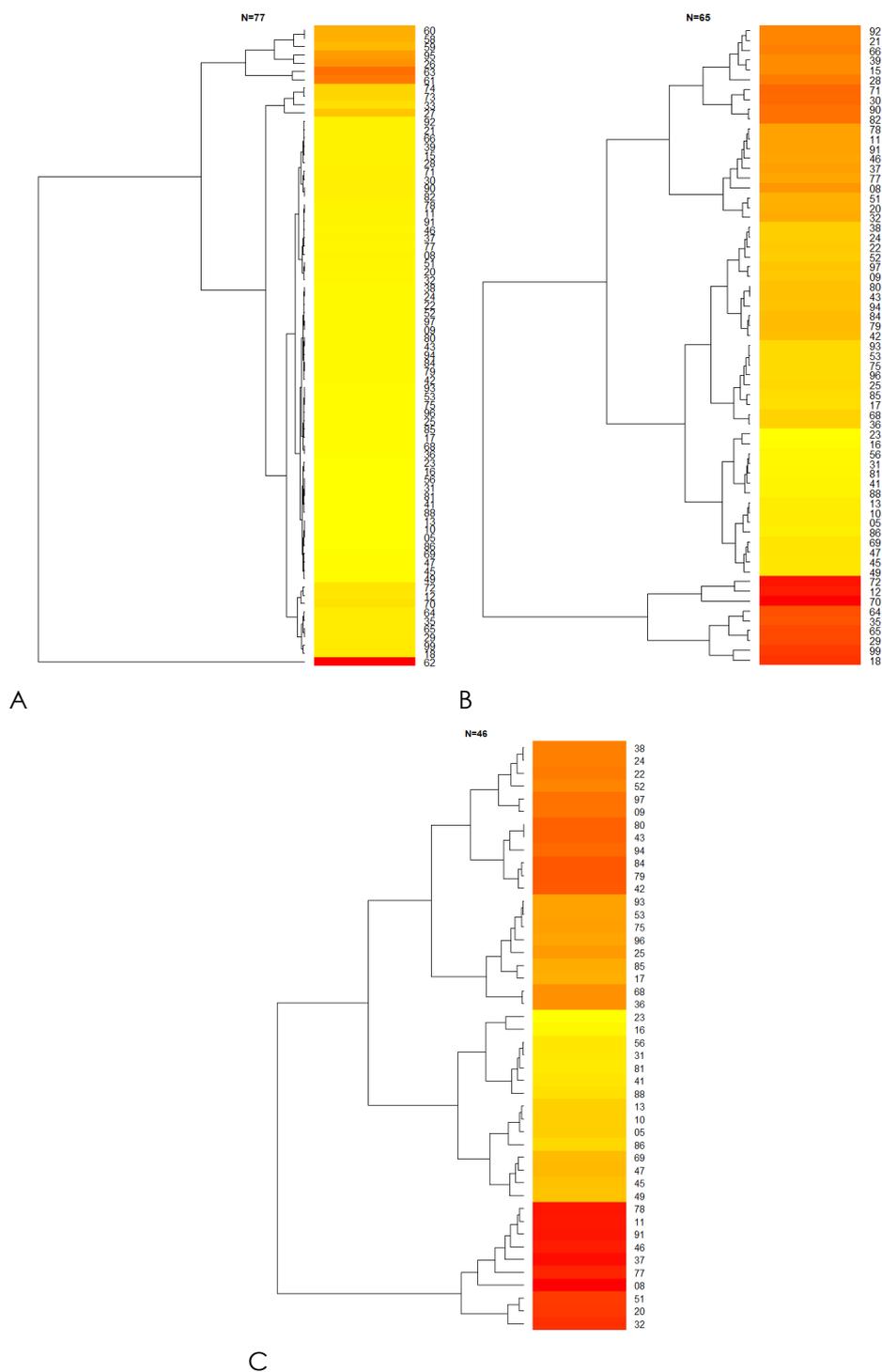
Übersicht A.1: Eurostat Definition von IKT-Fachkräften nach Berufsgruppen (ISCO 08)

ISCO 08	Bezeichnung
133	Führungskräfte in der Erbringung von Dienstleistungen im Bereich Informations- und Kommunikationstechnologie
2152	Ingenieure im Bereich Elektronik
2153	Ingenieure im Bereich Telekommunikationstechnik
2166	Grafik- und Multimediadesigner
2356	Ausbilder im Bereich Informationstechnologie
2434	Akademische und vergleichbare Fachkräfte im Vertrieb von Informations- und Kommunikationstechnologie
25	Akademische und vergleichbare Fachkräfte in der Informations- und Kommunikationstechnologie
35	Informations- und Kommunikationstechniker
3114	Techniker im Bereich Elektronik
7421	Elektroniker und Elektronik-Servicetechniker
7422	Installateure und Servicetechniker im Bereich Informations- und Kommunikationstechnik

Q: Eurostat. WIFO-Berechnungen.

Panel A in Abbildung A.1 zeigt die relative Ähnlichkeit des Beschäftigungsanteils der IKT-Fachkräfte für alle 77 erfassten Wirtschaftszweige. Da der Bedarf an IKT-Fachkräfte sehr schief verteilt ist, treten nur wenige Branchen mit sehr hohen Anteilen deutlich hervor. Zum einen sind das die IKT-produzierenden Dienstleistungen Computer Programmierung, Beratung u.ä. (Dienstleistungen der Informationstechnologie, NACE 62), Telekommunikation (NACE 61) und Informationsdienstleistungen (NACE 63), ebenso wie die IKT Produzenten in der Herstellung von Sachgütern, nämlich Computer, elektronische und optische Geräte (NACE 26) sowie die Reparatur von Computern, Geräten für den persönlichen Bedarf u.ä. (NACE 95). Diese werden daher in einer eigenen Gruppe als "IKT-Produzenten" zusammengefasst.

Abbildung A.1: Cluster Heatmap – IKT-Fachkräfte



Q: Eurostat Labour Force Survey (EU LFS), *Peneder – Firgo – Streicher* (2018); NB: Average Linkage Methode und Euklidisches Distanzmaß. Die Intensität der Farbe steigt mit der Höhe des Anteils von IKT Fachleuten relativ zu den anderen Beobachtungen. Das Dendrogramm auf der linken Seite indiziert die relative Ähnlichkeit der auf der rechten Seite mit dem NACE Branchencode bezeichneten Beobachtungen.

Zum anderen treten auch einige IKT-nutzende Branchen mit sehr hohem Anteil an IKT-Fachkräften hervor. Dazu gehören neben der Herstellung von elektrischen Ausrüstungen und Geräten (NACE 27) das Verlagswesen (NACE 58), die Film- und Musikbranche (NACE 59) sowie die Rundfunkveranstalter (NACE 60), die Werbung und Marktforschung (NACE 73), sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten (NACE 74) sowie die Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen (NACE 33).

Der Unterschied dieser Bereiche mit sehr hohem Anteil von IKT Fachkräften dominiert eindeutig gegenüber allen anderen Branchen. In Panel A sind daher die Unterschiede innerhalb der restlichen Wirtschaftszweige nur sehr unklar und wenig differenziert. In einem zweiten Schritt schärfen wir deshalb nach und wiederholen in Panel B die Analyse für die verbleibenden 65 Branchen. Auf diese Weise lassen sich zwei weitere Gruppen deutlich abgrenzen. Zunächst erkennen wir eine Gruppe von Wirtschaftszweigen mit hohem Anteil an IKT-Fachkräften, die z. B. die Bereiche Energieversorgung (NACE 35), Forschung und Entwicklung (NACE 72) ebenso umfasst wie Kfz-Hersteller (NACE 29) oder Versicherungen (NACE 65). Eine vollständige Auflistung findet sich in Übersicht A.2. Die zweite Gruppe, die in Panel B deutlich hervortritt, umfasst zehn Wirtschaftszweige mit mittel-hohen Anteilen der IKT-Fachkräfte. Dazu gehören z. B. der Maschinenbau (NACE 28), künstlerische und unterhaltende Tätigkeiten (NACE 90) oder das Spiel-, Wett- und Lotteriewesen (NACE 92).

In den verbleibenden Branchen sind die Anteile der IKT-Fachkräfte generell geringer und daher auch die absoluten Unterschiede kleiner. Daraus folgt aber nicht, dass diese Unterschiede auch ökonomisch weniger relevant wären. Panel C bestätigt, dass für die verbleibenden Wirtschaftszweige auf kleinerem Niveau auch geringere Unterschiede charakteristische Gruppen bilden. Anhand der Zuordnung im Dendrogramm lassen sich recht deutlich Gruppen mit mittleren, mittel-geringen, geringen und sehr geringen Anteilen unterscheiden. Aufgrund der schiefen Verteilung ist die Gruppe jener Branchen mit sehr geringem Anteil an IKT-Fachkräften am größten.

A.2 Der Digitalisierungsgrad der einzelnen Wirtschaftsbereiche nach WIFO- und OECD-Taxonomien

Übersicht A.2: Einteilung der Digitalisierungsintensität der ÖNACE-2-Steller nach OECD- und WIFO-Taxonomien

ÖNACE		WIFO			OECD			Online-Verkaufserlöse
		IKT Intensität	Anteil IKT-Fachkräfte	IKT-Allgemein	IKT-Vorl. (Waren)	IKT-Vorl. (Dienste)	Einsatz von Robotern	
A01	Landwirtschaft	Nutzer-Low	0.6	Low	Low	Low	Low	
A02	Forstwirtschaft	Nutzer-Low	0.6	Low	Low	Low	Low	
A03	Fischerei	Nutzer-Low	0.6	Low	Low	Low	Low	
B05	Kohlenbergbau	Nutzer-Low	0.8	Low	Med-high	Low	Low	
B06	Gewinnung Erdöl/Erdgas	Nutzer-Low	0.6	Low	Med-high	Low	Low	
B07	Erzbergbau	Nutzer-Low	0.6	Low	Med-high	Low	Low	
B08	Gewinnung Steine/Erden	Nutzer-Med	3.3	Low	Med-high	Low	Low	
B09	DL für den Bergbau	Nutzer-Med	1.9	Low	Med-high	Low	Low	
C10	Hst. Nahrungs-/Futtermittel	Nutzer-Low	0.7	Low	Med-low	Low	Med-high	High
C11	Getränkeherstellung	Nutzer-Med	3.0	Low	Med-low	Low	Med-high	High
C12	Tabakverarbeitung	Nutzer-High	7.1	Low	Med-low	Low	Med-high	High
C13	Hst. Textilien	Nutzer-Low	0.7	Med-low	Med-high	Med-low	Med-low	Med-low
C14	Hst. Bekleidung	Nutzer-Low	0.6	Med-low	Med-high	Med-low	Med-low	Med-low
C15	Hst. Leder/Schuhe	Nutzer-Med	3.7	Med-low	Med-high	Med-low	Med-low	Med-low
C16	Hst. Holz-/Korkwaren	Nutzer-Low	0.3	Med-high	Med-low	Med-high	Med-high	Low
C17	Hst. Papier/Pappe	Nutzer-Low	1.1	Med-high	Med-low	Med-high	Med-high	Low
C18	Hst. Druckerzeugnisse	Nutzer-High	6.4	Med-high	Med-low	Med-high	Med-high	Low
C19	Mineralölverarbeitung	Nutzer-Low	0.6	Med-low	Low	Low	Med-low	High
C20	Hst. chemische Erz.	Nutzer-Med	2.6	Med-low	Med-low	Med-low	Med-low	High
C21	Hst. pharmazeutige Erz.	Nutzer-Med	3.9	Med-low	Med-low	Med-low	Med-low	High
C22	Hst. Gummi-/Kunststoffwaren	Nutzer-Med	1.8	Med-low	Med-low	Med-low	High	Med-high
C23	Hst. Glas(waren), Verarb. Steine/Erden	Nutzer-Low	0.1	Med-low	Med-low	Med-low	High	Med-high
C24	Metallerzeugung/-bearb.	Nutzer-Med	1.7	Med-low	Med-low	Med-low	Med-high	Med-high
C25	Hst. Metallerzeugnisse	Nutzer-Low	1.4	Med-low	Med-low	Med-low	Med-high	Med-high
C26	Hst. DV-Geräte, elektron./opt. Erz.	Produzenten	30.4	Med-high		High	High	Med-high
C27	Hst. elektrische Ausrüstungen	Nutzer-High	15.9	Med-high		Med-high	High	High
C28	Maschinenbau	Nutzer-Med	4.2	Med-high		Med-high	Med-high	High
C29	Hst. Kraftwagen(teile)	Nutzer-High	5.8	High		Med-high	High	High
C30	Sonst. Fahrzeugbau	Nutzer-Med	4.8	High		Med-high	High	High
C31	Hst. Möbel	Nutzer-Low	0.4	Med-high	High	Med-high	High	Med-low
C32	Hst. Sonstige Waren	Nutzer-Med	2.7	Med-high	High	Med-high	High	Med-low
C33	Installation Maschinen	Nutzer-High	9.2	Med-high	High	Med-high	High	Med-low
D35	Energieversorgung	Nutzer-High	5.4	Low	Low	Med-low	Low	Med-low
E36	Wasserversorgung	Nutzer-Low	1.5	Low	Low	Med-low	Low	Med-low
E37	Abwasserentsorgung	Nutzer-Med	3.1	Low	Low	Med-low	Low	Med-low
E38	Abfallwirtschaft	Nutzer-Med	1.7	Low	Low	Med-low	Low	Med-low
E39	Sonstige Entsorgung	Nutzer-Med	3.8	Low	Low	Med-low	Low	Med-low
F41	Hochbau	Nutzer-Low	0.5	Low	Med-high	Low	Low	Low
F42	Tiefbau	Nutzer-Med	2.2	Low	Med-high	Low	Low	Low
F43	Bauinstallation/Ausbaugewerbe	Nutzer-Med	2.1	Low	Med-high	Low	Low	Low
G45	Handel/Reparatur Kraftfahrzeuge	Nutzer-Low	0.9	Med-high	Med-high	Med-high		Med-high
G46	Großhandel (ohne Kfz)	Nutzer-Med	2.9	Med-high	Med-high	Med-high		Med-high
G47	Einzelhandel (ohne Kfz)	Nutzer-Low	1.0	Med-high	Med-high	Med-high		Med-high

H49	Landverkehr	Nutzer-Low	0.9	Low	Low	Med-low	High
H50	Schifffahrt	Nutzer-Low	0.6	Low	Low	Med-low	High
H51	Luffahrt	Nutzer-Med	2.6	Low	Low	Med-low	High
H52	Lagerei, sonst. DL f. Verkehr	Nutzer-Med	1.6	Low	Low	Med-low	High
H53	Postdienste	Nutzer-Low	1.3	Low	Low	Med-low	High
I55	Beherbergung	Nutzer-Low	0.6	Low	Low	Low	Med-high
I56	Gastronomie	Nutzer-Low	0.4	Low	Low	Low	Med-high
J58	Verlagswesen	Nutzer-High	22.5	Med-high	Med-low	Med-high	Med-low
J59	Hst./Verleih/Vertrieb Filme	Nutzer-High	19.9	Med-high	Med-low	Med-high	Med-low
J60	Rundfunkveranstalter	Nutzer-High	22.5	Med-high	Med-low	Med-high	Med-low
J61	Telekommunikation	Produzenten	37.7	High	High	High	High
J62	Erbr. DL Informationstechnologie	Produzenten	71.7	High	High	High	Low
J63	Informationsdienstleistungen	Produzenten	40.7	High	High	High	Low
K64	Finanzdienstleistungen	Nutzer-High	5.5	High	Med-low	High	
K65	Versicherungen/Pensionskassen	Nutzer-High	5.8	High	Med-low	High	
K66	Mit FinanzDL verbundenen Tätigkeiten	Nutzer-Med	4.0	High	Med-low	High	
L68	Grundstücks-/Wohnungswesen	Nutzer-Low	1.5	Low	Low	Low	Low
M69	Rechts-/Steuerberatung	Nutzer-Low	1.0	High	High	High	Low
M70	Unternehmensberatung/-führung	Nutzer-High	8.0	High	High	High	Low
M71	Architektur-/Ingenieurbüros	Nutzer-Med	4.9	High	High	High	Low
M72	Forschung und Entwicklung	Nutzer-High	7.4	High	High	High	Low
M73	Werbung/Marktforschung	Nutzer-High	12.0	High	High	High	Low
M74	Sonst. freiberufl./wiss./tech. Dienste	Nutzer-High	11.9	High	High	High	Low
M75	Veterinärwesen	Nutzer-Low	1.3	High	High	High	Low
N77	Vermietung bewegliche Sachen	Nutzer-Med	2.8	High	High	High	Med-low
N78	Überlassung von Arbeitskräften	Nutzer-Med	3.0	High	High	High	Med-low
N79	Reisebüros/-veranstalter	Nutzer-Med	2.2	High	High	High	Med-low
N80	Wach-/Sicherungsdienste	Nutzer-Med	2.1	High	High	High	Med-low
N81	Gebäudebetreuung/Gartenbau	Nutzer-Low	0.4	High	High	High	Med-low
N82	sonstige Unternehmensdienste	Nutzer-Med	4.5	High	High	High	Med-low
O84	Öffentliche Verwaltung	Nutzer-Med	2.2	Med-high	Med-high	High	
P85	Erziehung/Unterricht	Nutzer-Low	1.2	Med-low	Low	Med-low	
Q86	Gesundheitswesen	Nutzer-Low	0.6	Med-low	High	Low	
Q87	Heime	Nutzer-Low	0.6	Med-low	High	Low	
Q88	Sozialwesen (ohne Heime)	Nutzer-Low	0.5	Med-low	High	Low	
R90	Kunst und Unterhaltung	Nutzer-Med	4.5	Med-high	Med-high	Med-high	
R91	Bibliotheken/Museen	Nutzer-Med	3.0	Med-high	Med-high	Med-high	
R92	Wett-/Lotteriewesen	Nutzer-Med	3.9	Med-high	Med-high	Med-high	
R93	Sport/Unterhaltung/Erholung	Nutzer-Low	1.3	Med-high	Med-high	Med-high	
S94	Interessensvertretungen	Nutzer-Med	2.0	High	Med-high	Med-high	
S95	Reparatur DV-Geräte/Gebrauchsgüter	Produzenten	27.8	High	Med-high	Med-high	
S96	Erbr. sonst. persönliche Dienste	Nutzer-Low	1.2	High	Med-high	Med-high	
T97	Private Haushalte	Nutzer-Med	1.9				
T98	Hst. f. Eigenbedarf private HH	Nutzer-Low	0.6				
U99	Exterritoriale Organisationen	Nutzer-High	6.2				

Q: OECD, WIFO-Berechnungen. – Eine leere Zelle bedeutet, dass die Branche nicht von der jeweiligen OECD Taxonomie erfasst wird.

A.3 Weitere Abbildungen zum Digitalisierungsgrad der lokalen Wirtschaft

Abbildung A.2: Landkarte der österreichischen Arbeitsmarktbezirke



Q: AMS, WIFO-Berechnungen.

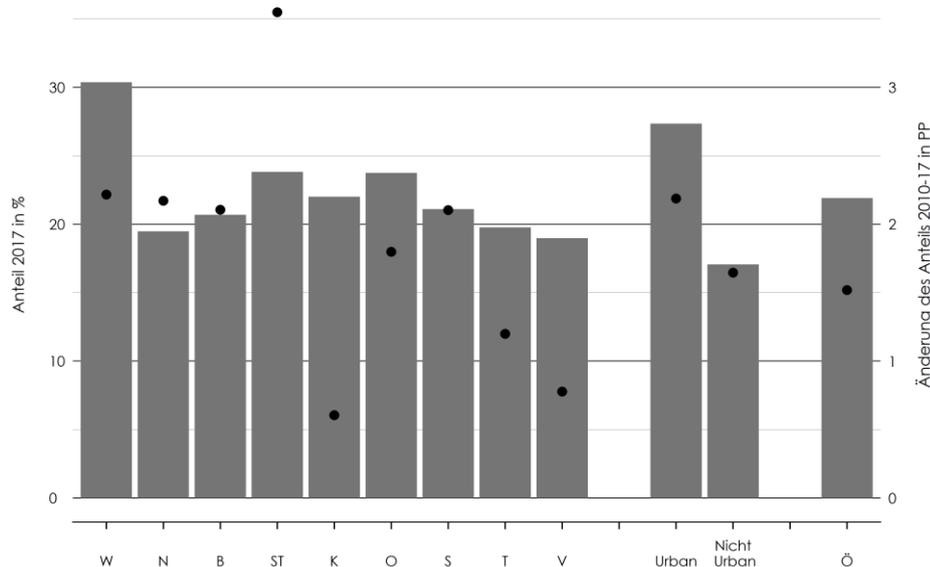
Übersicht A.3: Codes und Namen der österreichischen Arbeitsmarktbezirke

Code	Arbeitsmarktbezirk	Code	Arbeitsmarktbezirk	Code	Arbeitsmarktbezirk	Code	Arbeitsmarktbezirk
101	Eisenstadt	314	Korneuburg	409	Linz	611	Murau
102	Mattersburg	315	Krems	411	Perg	613	Knittelfeld
103	Neusiedl am See	316	Lilienfeld	412	Ried im Innkreis	614	Leibnitz
104	Oberpullendorf	317	Melk	413	Rohrbach	616	Leoben
105	Oberwart	319	Mistelbach	414	Schärding	618	Liezen
106	Stegersbach	321	Mödling	415	Steyr	621	Mürzzuschlag
107	Jennersdorf	323	Neunkirchen	418	Vöcklabruck	622	Voitsberg
201	Feldkirchen	326	St. Pölten	419	Wels	623	Weiz
202	Hermagor	328	Scheibbs	421	Traun	701	Imst
203	Klagenfurt	329	Schwechat	501	Bischofshofen	702	Innsbruck
204	Spittal/Drau	331	Tulln	503	Hallein	704	Kitzbühel
205	St. Veit/Glan	332	Waidhofen/Thaya	504	Salzburg	705	Kufstein
206	Villach	333	Waidhofen/Ybbs	505	Tamsweg	706	Landeck
207	Völkermarkt	334	Wr. Neustadt	506	Zell am See	707	Lienz
208	Wolfsberg	335	Zwettl	601	Bruck/Mur	708	Reutte
301	Amstetten	401	Braunau	603	Deutschlandsberg	709	Schwaz
304	Baden neu	402	Eferding	604	Feldbach	801	Bludenz
306	Bruck/Leitha	403	Freistadt	606	Gleisdorf	802	Bregenz
308	Gänserndorf	404	Gmunden	607	Graz	804	Dornbirn
311	Gmünd	406	Grieskirchen	609	Hartberg	805	Feldkirch
312	Hollabrunn	407	Kirchdorf/Krems	610	Judenburg	901	Wien
313	Horn						

Q: AMS, WIFO-Berechnungen.

Abbildung A.3: Beschäftigungsanteile von Branchen mit hohem Einsatz an IKT-Vorleistungen (Waren)

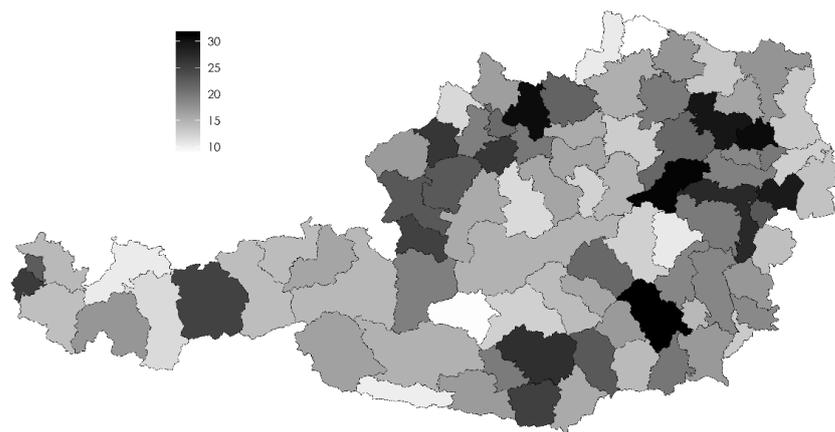
Balken: Beschäftigungsanteil 2017 (in %); Punkte: Anteilsveränderung 2010-2017 (in %-Punkten)



Q: AMS, BMAGSK, OECD, WIFO-Berechnungen. – Österreich-Wert basierend auf einzelnen Bundesländern zuordenbaren Beschäftigten; Werte für urban und nicht urban basierend auf regionalen Arbeitsmarktbezirken zuordenbaren Beschäftigten; berücksichtigte ÖNACE-2-Steller Wirtschaftsklassen siehe Übersicht A.2.

Abbildung A.4: Beschäftigungsanteile von Branchen mit hohem Einsatz an IKT-Vorleistungen (Waren) nach Arbeitsmarktbezirken

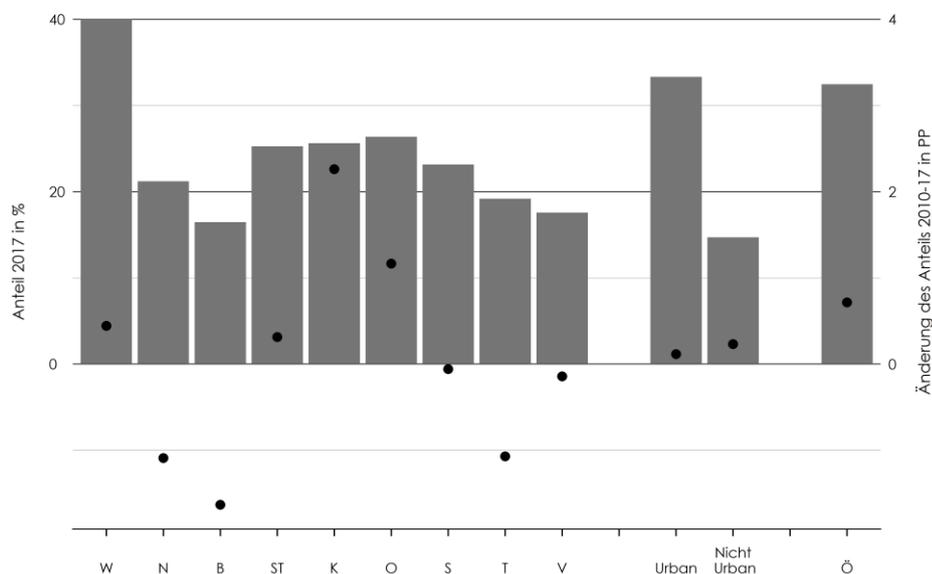
Anteil 2017 in %



Q: AMS, BMAGSK, OECD, WIFO-Berechnungen. – Berücksichtigt werden nur Beschäftigte, welche einem regionalen Arbeitsmarktbezirk zuordenbar sind; berücksichtigte ÖNACE-2-Steller Wirtschaftsklassen siehe Übersicht A.2.

Abbildung A.5: Beschäftigungsanteile von Branchen mit hohem Einsatz an IKT-Vorleistungen (Dienste)

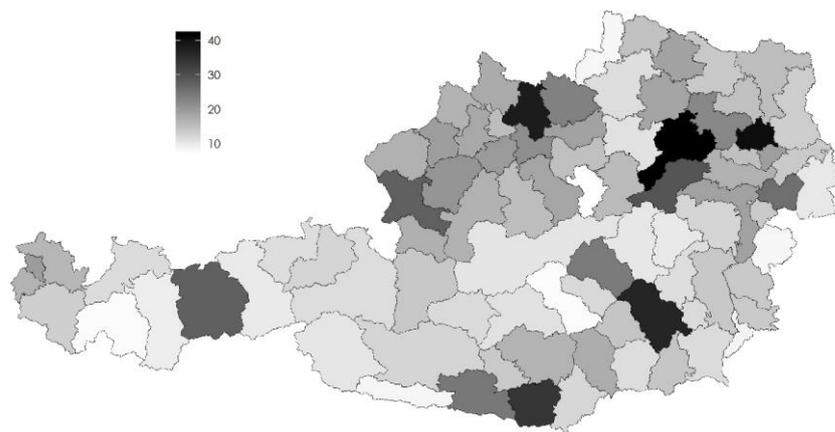
Balken: Beschäftigungsanteil 2017 (in %); Punkte: Anteilsveränderung 2010-2017 (in %-Punkten)



Q: AMS, BMAGSK, OECD, WIFO-Berechnungen. – Österreich-Wert basierend auf einzelnen Bundesländern zuordenbaren Beschäftigten; Werte für urban und nicht urban basierend auf regionalen Arbeitsmarktbezirken zuordenbaren Beschäftigten; berücksichtigte ÖNACE-2-Steller Wirtschaftsklassen siehe Übersicht A.2.

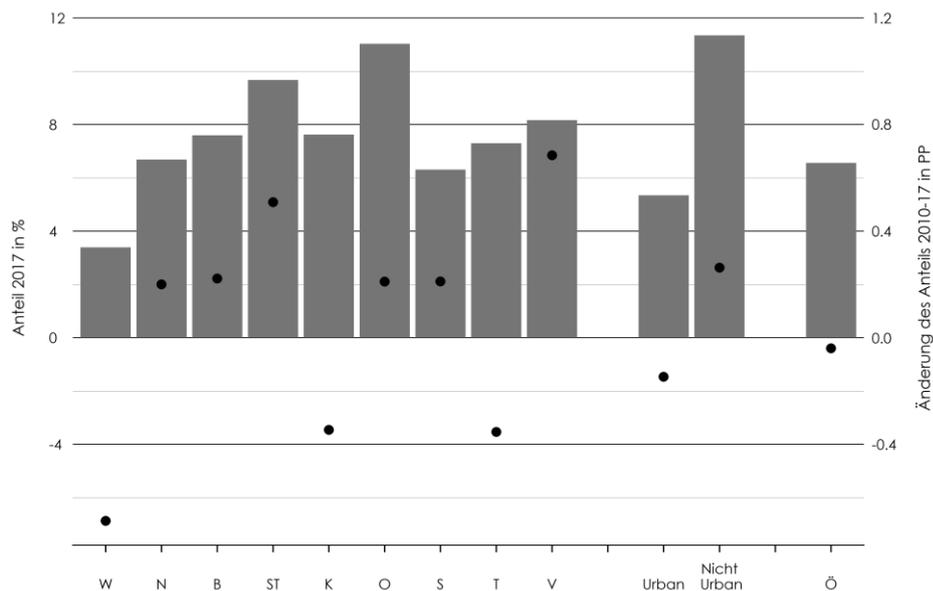
Abbildung A.6 Beschäftigungsanteile von Branchen mit hohem Einsatz an IKT-Vorleistungen (Dienste) nach Arbeitsmarktbezirken

Anteil 2017 in %



Q: AMS, BMAGSK, OECD, WIFO-Berechnungen. – Berücksichtigt werden nur Beschäftigte, welche einem regionalen Arbeitsmarktbezirk zuordenbar sind; Berücksichtigte ÖNACE-2-Steller Wirtschaftsklassen siehe Übersicht A.2.

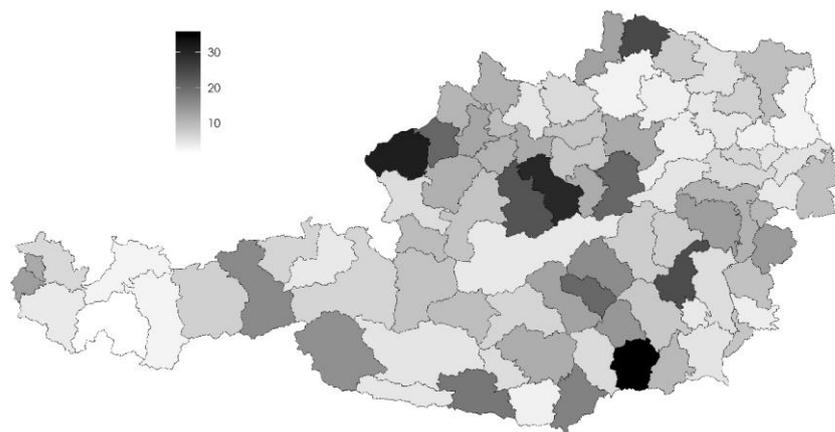
Abbildung A.7: Beschäftigungsanteile von Branchen mit hohem Einsatz von Robotern
 Balken: Beschäftigungsanteil 2017 (in %); Punkte: Anteilsveränderung 2010-2017 (in %-Punkten)



Q: AMS, BMAGSK, OECD, WIFO-Berechnungen. – Österreich-Wert basierend auf einzelnen Bundesländern zuordenbaren Beschäftigten; Werte für urban und nicht urban basierend auf regionalen Arbeitsmarktbezirken zuordenbaren Beschäftigten; berücksichtigte ÖNACE-2-Steller Wirtschaftsklassen siehe Übersicht A.2.

Abbildung A.8: Beschäftigungsanteile von Branchen hohem Einsatz von Robotern nach Arbeitsmarktbezirken

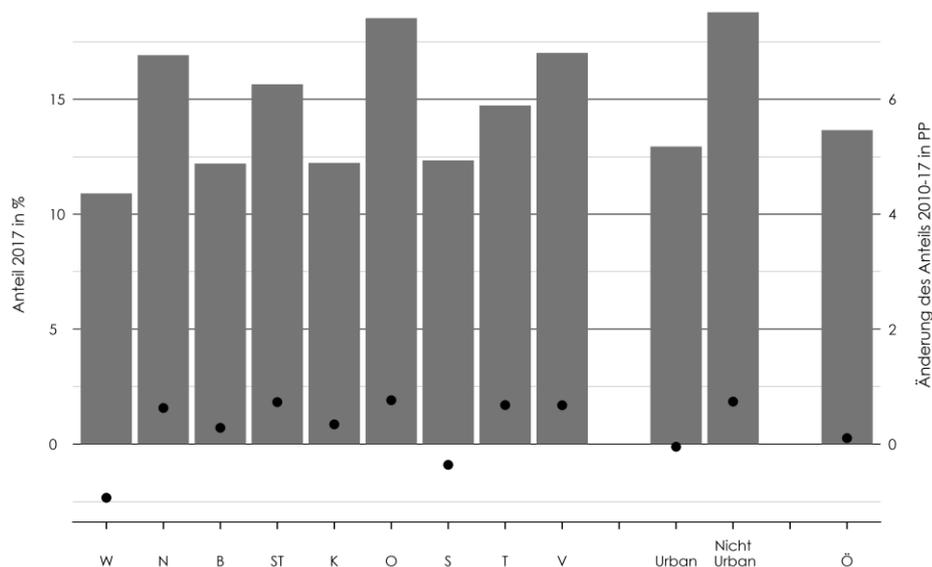
Anteil 2017 in %



Q: AMS, BMAGSK, OECD, WIFO-Berechnungen. – Berücksichtigt werden nur Beschäftigte, welche einem regionalen Arbeitsmarktbezirk zuordenbar sind; berücksichtigte ÖNACE-2-Steller Wirtschaftsklassen siehe Übersicht A.2.

Abbildung A.9: Beschäftigungsanteile von Branchen mit hohem Anteil an Online-Verkaufserlösen

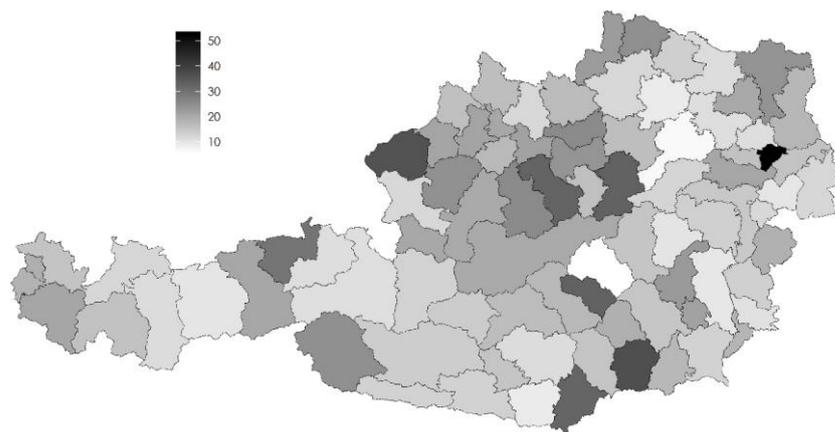
Balken: Beschäftigungsanteil 2017 (in %); Punkte: Anteilsveränderung 2010-2017 (in %-Punkten)



Q: AMS, BMAGSK, OECD, WIFO-Berechnungen. – Österreich-Wert basierend auf einzelnen Bundesländern zuordenbaren Beschäftigten; Werte für urban und nicht urban basierend auf regionalen Arbeitsmarktbezirken zuordenbaren Beschäftigten; berücksichtigte ÖNACE-2-Steller Wirtschaftsklassen siehe Übersicht A.2.

Abbildung A.10: Beschäftigungsanteile von Branchen mit hohen Online-Verkaufserlösen nach Arbeitsmarktbezirken

Anteil 2017 in %



Q: AMS, BMAGSK, OECD, WIFO-Berechnungen. – Berücksichtigt werden nur Beschäftigte, welche einem regionalen Arbeitsmarktbezirk zuordenbar sind; berücksichtigte ÖNACE-2-Steller Wirtschaftsklassen siehe Übersicht A.2.

Anhang B Regressionstabellen zu Kapitel 2

B.1 Regressionsergebnisse für alle Regionen

Übersicht B.1: Regressionsergebnisse IKT-Produzenten (alle Regionen)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Anteil IKT-Produzenten	0,621 (0,512)	0,349 (0,443)	1,044* (0,572)	0,738 (0,461)	1,231** (0,544)	1,717** (0,717)
Anteil IKT-Produzenten X Anteil Geringqual.						-6,338 (5,166)
Anteil Geringqualifizierte		-0,769 (0,588)	-0,866* (0,520)	-0,396 (0,531)	-0,468 (0,495)	-0,497 (0,483)
Anteil Sekundärer Sektor		-0,0874 (0,129)	-0,112 (0,151)	-0,0641 (0,124)	-0,0694 (0,135)	-0,0728 (0,136)
ln(Lohnniveau)		0,565*** (0,213)	0,341 (0,227)	0,427** (0,186)	0,319* (0,179)	0,391** (0,173)
Anteil Großbetriebe		2,387 (2,040)	1,468 (2,307)	1,499 (2,061)	0,759 (2,160)	0,625 (2,202)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeitfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646	646
R ²	0,587	0,616	0,741	0,645	0,765	0,768
BIC	-3119,6	-3140,1	-3529,8	-3158,3	-3560,8	-3561,6

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

Übersicht B.2: Regressionsergebnisse IKT-Intensivnutzer (alle Regionen)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Anteil IKT-Intensivnutzer	0,277 (0,192)	0,274 (0,185)	0,0361 (0,234)	0,295 (0,205)	0,114 (0,203)	0,711*** (0,246)
Anteil IKT-Intensivnutzer X Anteil Geringqual.						-4,985*** (1,779)
Anteil Geringqual.		-0,771 (0,573)	-0,621 (0,519)	-0,362 (0,503)	-0,218 (0,449)	-0,0874 (0,431)
Anteil Sekundärer Sektor		-0,0709 (0,123)	-0,0849 (0,151)	-0,0334 (0,117)	-0,0271 (0,139)	-0,0884 (0,137)
ln(Lohnniveau)		0,586*** (0,214)	0,326 (0,228)	0,437** (0,191)	0,297 (0,181)	0,381** (0,169)
Anteil Großbetriebe		2,256 (1,982)	1,844 (2,405)	1,482 (2,048)	1,217 (2,207)	0,662 (2,067)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeitfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646	646
R ²	0,590	0,620	0,735	0,647	0,757	0,772
BIC	-3123,3	-3147,6	-3514,5	-3162,0	-3538,4	-3573,1

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

Übersicht B.3: Regressionsergebnisse IKT-Fachkräfte (alle Regionen)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Anteil IKT-Fachkräfte	4,062*** (1,028)	3,706*** (0,887)	4,166*** (1,184)	4,415*** (0,911)	4,087*** (1,151)	5,008*** (1,215)
Anteil IKT-Fachkräfte X Anteil Geringqual.						-14,66** (6,629)
Anteil Geringqualifizierte		-0,831 (0,580)	-1,151** (0,543)	-0,398 (0,510)	-0,690 (0,513)	-0,485 (0,532)
Anteil Sekundärer Sektor		-0,0784 (0,128)	-0,0868 (0,145)	-0,0542 (0,107)	-0,0446 (0,130)	-0,0578 (0,131)
ln(Lohnniveau)		0,513** (0,210)	0,316 (0,228)	0,389** (0,178)	0,306* (0,180)	0,423** (0,172)
Anteil Großbetriebe		1,093 (1,935)	1,117 (2,283)	0,350 (2,036)	0,574 (2,331)	0,383 (2,288)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeifixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646	646
R ²	0,610	0,636	0,754	0,669	0,775	0,781
BIC	-3156,3	-3173,9	-3562,1	-3203,1	-3587,0	-3599,1

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

Übersicht B.4: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an IKT-Einsatz allgemein (alle Regionen)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Anteil IKT-Einsatz allgemein	0,276* (0,141)	0,350** (0,173)	0,495** (0,213)	0,341* (0,175)	0,502** (0,199)	0,741*** (0,240)
Anteil IKT- IKT-Einsatz allgemein X Anteil Geringqual.						-1,746 (1,176)
Anteil Geringqualifizierte		-0,912 (0,585)	-0,851* (0,485)	-0,546 (0,524)	-0,559 (0,444)	-0,533 (0,430)
Anteil Sekundärer Sektor		0,0837 (0,149)	0,0664 (0,164)	0,118 (0,133)	0,104 (0,146)	0,104 (0,141)
ln(Lohnniveau)		0,575*** (0,206)	0,303 (0,222)	0,457** (0,184)	0,335* (0,181)	0,402** (0,171)
Anteil Großbetriebe		1,221 (2,146)	1,566 (2,375)	0,595 (2,147)	0,648 (2,003)	0,458 (2,009)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeifixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646	646
R ²	0,597	0,631	0,752	0,658	0,779	0,782
BIC	-3134,4	-3166,6	-3556,3	-3181,9	-3600,1	-3603,1

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%)-, (10%)- Niveau.

Übersicht B.5: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an IKT-Vorleistungen (Waren; alle Regionen)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Anteil an IKT-Vorleistungen (Waren)	0,228 (0,157)	0,400 (0,245)	0,381 (0,241)	0,464** (0,231)	0,349* (0,192)	0,399 (0,257)
Anteil IKT-Vorleistungen (Waren) X Anteil Geringqual.						-0,410 (1,503)
Anteil Geringqualifizierte		-0,940 (0,588)	-0,774 (0,472)	-0,512 (0,530)	-0,348 (0,438)	-0,328 (0,458)
Anteil Sekundärer Sektor		0,145 (0,212)	0,0837 (0,191)	0,211 (0,195)	0,113 (0,179)	0,114 (0,179)
ln(Lohnniveau)		0,576*** (0,208)	0,330 (0,227)	0,436** (0,185)	0,420*** (0,158)	0,429** (0,164)
Anteil Großbetriebe		1,919 (2,070)	1,577 (2,489)	1,074 (2,022)	0,963 (2,272)	0,873 (2,191)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeitfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646	646
R ²	0,590	0,627	0,743	0,655	0,773	0,773
BIC	-3123,6	-3158,4	-3535,6	-3177,0	-3582,8	-3576,8

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

Übersicht B.6: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an IKT-Vorleistungen
(Dienste; alle Regionen)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Anteil IKT-Vorleistungen (Dienste)	0,400** (0,187)	0,531** (0,229)	0,377 (0,337)	0,541*** (0,205)	0,319 (0,264)	0,209 (0,296)
Anteil IKT-Vorleistungen (Dienste) X Anteil Geringqual.						0,731 (0,808)
Anteil Geringqualifizierte		-0,884 (0,570)	-0,793 (0,509)	-0,375 (0,495)	-0,468 (0,481)	-0,413 (0,474)
Anteil Sekundärer Sektor		0,214 (0,201)	0,0990 (0,266)	0,246 (0,192)	0,0654 (0,220)	0,0508 (0,221)
ln(Lohnniveau)		0,479** (0,201)	0,279 (0,208)	0,431** (0,184)	0,426*** (0,161)	0,391** (0,169)
Anteil Großbetriebe		0,190 (2,183)	0,752 (2,402)	-0,589 (2,116)	0,0199 (2,222)	0,127 (2,192)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeitfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646	646
R ²	0,601	0,634	0,742	0,667	0,775	0,776
BIC	-3142,0	-3171,5	-3533,0	-3199,9	-3588,0	-3585,5

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

Übersicht B.7: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Einsatz von Robotern (alle Regionen)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Anteil Roboter-Einsatz	0,383* (0,219)	0,358 (0,217)	0,401 (0,249)	0,374 (0,233)	0,444* (0,258)	0,936*** (0,307)
Anteil Roboter-Einsatz X Anteil Geringqual.						-4,264*** (1,550)
Anteil Geringqualifizierte		-0,743 (0,572)	-0,609 (0,514)	-0,373 (0,503)	-0,200 (0,437)	0,329 (0,474)
Anteil Sekundärer Sektor		-0,146 (0,136)	-0,189 (0,168)	-0,117 (0,127)	-0,145 (0,153)	-0,177 (0,144)
ln(Lohnniveau)		0,569*** (0,215)	0,314 (0,230)	0,438** (0,200)	0,291 (0,184)	0,191 (0,183)
Anteil Großbetriebe		1,690 (1,986)	1,143 (2,407)	1,097 (2,020)	0,412 (2,095)	0,723 (1,830)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeifixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646	646
R ²	0,596	0,625	0,740	0,651	0,763	0,775
BIC	-3133,9	-3155,2	-3527,9	-3170,3	-3554,8	-3582,7

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-,) (10%-) Niveau.

Übersicht B.8: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an Online-Verkaufserlösen
(alle Regionen)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Anteil Online-Verkaufserlöse	0,561*** (0,174)	0,516*** (0,184)	0,417** (0,203)	0,507*** (0,175)	0,427** (0,185)	0,509 (0,355)
Anteil Online-Verkaufserlöse X Anteil Geringqual.						-0,872 (2,857)
Anteil Geringqualifizierte		-0,708 (0,576)	-0,564 (0,517)	-0,311 (0,512)	-0,139 (0,464)	0,0831 (0,641)
Anteil Sekundärer Sektor		-0,179 (0,127)	-0,199 (0,151)	-0,122 (0,107)	-0,142 (0,135)	-0,143 (0,133)
ln(Lohnniveau)		0,506** (0,217)	0,243 (0,233)	0,382* (0,196)	0,221 (0,193)	0,221 (0,193)
Anteil Großbetriebe		3,010 (2,124)	1,919 (2,501)	2,759 (2,101)	1,361 (2,253)	1,391 (2,238)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeitfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646	646
R ²	0,605	0,631	0,741	0,659	0,763	0,764
BIC	-3148,0	-3165,6	-3529,5	-3183,9	-3553,7	-3549,7

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-,) (10%-) Niveau.

B.2 Regressionsergebnisse für städtische und ländliche Regionen

Übersicht B.9: Regressionsergebnisse IKT-Produzenten (urbane und nicht-urbane Regionen)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Anteil IKT-Produzenten Urban	0,873 (1,127)	1,351 (1,120)	1,806** (0,831)	0,419 (1,220)	0,914 (0,847)	1,335 (0,967)
Anteil IKT-Produzenten Nicht-urban	0,589 (0,550)	0,214 (0,480)	0,492 (0,420)	0,790 (0,493)	1,523** (0,614)	1,659* (0,945)
Anteil IKT-Produzenten X Anteil Geringqual. Urban						-10,34* (5,460)
Anteil IKT-Producer X Anteil Geringqual. Nicht-urban						-1,249 (6,686)
Anteil Geringqualifizierte		-0,817 (0,602)	-1,020* (0,563)	-0,374 (0,562)	-0,369 (0,553)	-0,475 (0,532)
Anteil Sekundärer Sektor		-0,0846 (0,129)	-0,108 (0,149)	-0,0649 (0,124)	-0,0693 (0,136)	-0,0509 (0,139)
ln(Lohnniveau)		0,578*** (0,209)	0,372 (0,224)	0,420** (0,184)	0,305* (0,173)	0,424** (0,172)
Anteil Großbetriebe		2,390 (2,045)	1,484 (2,371)	1,481 (2,076)	0,694 (2,153)	0,493 (2,185)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeitfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646	646
R ²	0,587	0,617	0,744	0,645	0,766	0,771
BIC	-3113,3	-3135,7	-3531,2	-3152,0	-3555,8	-3557,1

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

Übersicht B.10: Regressionsergebnisse IKT-Intensivnutzer (urbane und nicht-urbane Regionen)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Anteil IKT-Intensivnutzer Urban	-0,797 (0,841)	-1,045 (0,724)	-0,824 (0,867)	-0,721 (0,648)	-0,588 (0,706)	0,477 (0,862)
Anteil IKT-Intensivnutzer Nicht-urban	0,319 (0,206)	0,328 (0,203)	0,217 (0,192)	0,336 (0,222)	0,244 (0,198)	0,737*** (0,272)
Anteil IKT-Intensivnutzer X Anteil Geringqual. Urban						-4,692** (2,022)
Anteil IKT-Intensivnutzer X Anteil Geringqual. Nicht-urban						-4,983** (2,206)
Anteil Geringqualifizierte		-0,835 (0,576)	-0,810 (0,522)	-0,429 (0,511)	-0,428 (0,480)	-0,119 (0,510)
Anteil Sekundärer Sektor		-0,0727 (0,122)	-0,0762 (0,156)	-0,0349 (0,116)	-0,0257 (0,140)	-0,0925 (0,135)
ln(Lohnniveau)		0,597*** (0,211)	0,395* (0,215)	0,448** (0,190)	0,339* (0,175)	0,383** (0,174)
Anteil Großbetriebe		1,927 (1,945)	1,249 (2,384)	1,285 (2,030)	0,797 (2,289)	0,589 (2,064)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeifixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646	646
R ²	0,593	0,625	0,740	0,650	0,760	0,772
BIC	-3122,0	-3149,5	-3520,0	-3160,7	-3539,5	-3560,7

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-,) (10%-) Niveau.

Übersicht B.11: Regressionsergebnisse IKT-Fachkräfte (urbane und nicht-urbane Regionen)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Anteil IKT-Fachkräfte Urban	2,358 (2,513)	3,318 (2,580)	4,109*** (1,557)	1,682 (2,600)	2,564 (1,641)	3,676* (1,902)
Anteil IKT-Fachkräfte Nicht-urban	4,366*** (1,156)	3,778*** (0,944)	4,237*** (1,494)	4,978*** (0,970)	6,029*** (1,428)	7,130*** (1,556)
Anteil IKT-Fachkräfte X Anteil Geringqual. Urban						-15,13** (6,512)
Anteil IKT-Fachkräfte X Anteil Geringqual. Nicht-urban						-16,95* (10,05)
Anteil Geringqualifizierte		-0,821 (0,595)	-1,145* (0,582)	-0,292 (0,527)	-0,433 (0,551)	-0,173 (0,589)
Anteil Sekundärer Sektor		-0,0788 (0,128)	-0,0868 (0,146)	-0,0562 (0,106)	-0,0367 (0,136)	-0,0611 (0,134)
ln(Lohnniveau)		0,510** (0,209)	0,314 (0,228)	0,361** (0,177)	0,258 (0,170)	0,371** (0,170)
Anteil Großbetriebe		1,079 (1,944)	1,116 (2,282)	0,186 (2,073)	0,467 (2,290)	0,303 (2,225)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeifixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646	646
R ²	0,611	0,636	0,754	0,671	0,779	0,786
BIC	-3151,6	-3167,5	-3555,6	-3201,8	-3592,3	-3599,6

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

Übersicht B.12: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an IKT-Einsatz allgemein (urbane und nicht-urbane Regionen)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Anteil IKT-Einsatz allgemein Urban	0,568 (0,560)	0,614 (0,552)	0,821* (0,473)	0,539 (0,514)	0,807** (0,384)	1,072*** (0,406)
Anteil IKT-Einsatz allgemein Nicht-urban	0,247* (0,131)	0,318* (0,166)	0,375** (0,185)	0,317* (0,173)	0,396** (0,186)	0,783** (0,335)
Anteil IKT-Einsatz allgemein X Anteil Geringqual. Urban						-1,860 (1,343)
Anteil IKT-Allgemein X Anteil Geringqual. Nicht-urban						-3,045 (2,375)
Anteil Geringqualifizierte		-0,910 (0,582)	-0,933* (0,486)	-0,552 (0,524)	-0,676 (0,443)	-0,420 (0,474)
Anteil Sekundärer Sektor		0,0727 (0,146)	0,0354 (0,160)	0,111 (0,133)	0,0748 (0,140)	0,0342 (0,135)
ln(Lohnniveau)		0,576*** (0,208)	0,336 (0,222)	0,458** (0,186)	0,361* (0,183)	0,403** (0,173)
Anteil Großbetriebe		1,359 (2,107)	1,946 (2,399)	0,709 (2,126)	1,023 (2,057)	1,011 (2,015)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeitfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646	646
R ²	0,598	0,633	0,755	0,658	0,782	0,786
BIC	-3130,4	-3162,5	-3558,2	-3176,8	-3601,3	-3600,4

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

Übersicht B.13: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an IKT-Vorleistungen
(Waren; urbane und nicht-urbane Regionen)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Anteil IKT-Vorleistungen (Waren) Urban	0,327 (0,374)	0,457 (0,374)	0,424 (0,322)	0,396 (0,339)	0,312 (0,251)	0,369 (0,324)
Anteil IKT-Vorleistungen (Waren) Nicht-urban	0,205 (0,160)	0,381 (0,273)	0,322 (0,243)	0,489* (0,261)	0,401* (0,226)	0,502 (0,453)
Anteil IKT-Vorleistungen (Waren) X Anteil Geringqual. Urban						-0,632 (1,917)
Anteil IKT-Vorleistungen (Waren) X Anteil Geringqual. Nicht-urban						-0,586 (2,950)
Anteil Geringqualifizierte		-0,933 (0,600)	-0,788* (0,468)	-0,509 (0,525)	-0,316 (0,417)	-0,279 (0,609)
Anteil Sekundärer Sektor		0,136 (0,223)	0,0665 (0,208)	0,222 (0,206)	0,128 (0,195)	0,139 (0,194)
ln(Lohnniveau)		0,579*** (0,211)	0,344 (0,230)	0,434** (0,187)	0,410** (0,163)	0,420** (0,162)
Anteil Großbetriebe		1,962 (2,034)	1,624 (2,539)	1,007 (2,004)	0,902 (2,288)	0,722 (2,213)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeitfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646	646
R ²	0,590	0,627	0,744	0,655	0,773	0,774
BIC	-3117,6	-3152,1	-3529,7	-3170,9	-3576,9	-3564,8

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

Übersicht B.14: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an IKT-Vorleistungen
(Dienste; urbane und nicht-urbane Regionen)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Anteil IKT-Vorleistungen (Dienste) Urban	0,283 (0,451)	0,204 (0,467)	0,261 (0,494)	0,105 (0,422)	0,120 (0,372)	-0,0266 (0,382)
Anteil IKT-Vorleistungen (Dienste) Nicht-urban	0,428** (0,215)	0,653*** (0,242)	0,523* (0,282)	0,703*** (0,202)	0,567** (0,246)	0,291 (0,375)
Anteil IKT-Vorleistungen (Dienste) X Anteil Geringqual. Urban						1,097 (0,989)
Anteil IKT-Vorleistungen (Dienste) X Anteil Geringqual. Nicht-urban						2,202 (2,188)
Anteil Geringqualifizierte		-0,866 (0,569)	-0,792 (0,509)	-0,345 (0,494)	-0,446 (0,501)	-0,612 (0,559)
Anteil Sekundärer Sektor		0,273 (0,201)	0,156 (0,243)	0,326* (0,192)	0,161 (0,219)	0,189 (0,225)
ln(Lohnniveau)		0,497** (0,199)	0,276 (0,211)	0,452** (0,181)	0,420** (0,162)	0,394** (0,172)
Anteil Großbetriebe		-0,151 (2,179)	0,683 (2,350)	-1,071 (2,102)	-0,140 (2,165)	-0,141 (2,147)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeitfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646	646
R ²	0,602	0,637	0,743	0,672	0,778	0,780
BIC	-3136,1	-3170,4	-3529,2	-3203,9	-3590,3	-3584,5

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

Übersicht B.15: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Einsatz von Robotern (urbane und nicht-urbane Regionen)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Anteil Roboter-Einsatz Urban	0,691 (0,874)	0,405 (0,993)	0,270 (0,843)	0,173 (1,041)	0,249 (0,851)	1,418* (0,833)
Anteil Roboter-Einsatz Nicht-urban	0,371* (0,220)	0,357 (0,217)	0,420* (0,239)	0,381 (0,238)	0,474* (0,261)	0,967*** (0,308)
Anteil Roboter-Einsatz X Anteil Geringqual. Urban						-9,785*** (2,657)
Anteil Roboter-Einsatz X Anteil Geringqual. Nicht-urban						-4,719*** (1,510)
Anteil Geringqualifizierte		-0,743 (0,572)	-0,614 (0,526)	-0,376 (0,506)	-0,227 (0,482)	0,232 (0,538)
Anteil Sekundärer Sektor		-0,146 (0,136)	-0,188 (0,170)	-0,116 (0,128)	-0,142 (0,155)	-0,117 (0,145)
ln(Lohnniveau)		0,568*** (0,214)	0,325 (0,225)	0,440** (0,199)	0,295 (0,181)	0,218 (0,187)
Anteil Großbetriebe		1,686 (2,009)	1,176 (2,490)	1,112 (2,042)	0,430 (2,139)	0,445 (1,808)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeitfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646	646
R ²	0,597	0,625	0,741	0,652	0,763	0,783
BIC	-3127,9	-3148,7	-3521,8	-3164,0	-3549,0	-3592,6

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

Übersicht B.16: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an Online-Verkaufserlösen (urbane und nicht-urbane Regionen)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Anteil Online-Verkaufserlöse Urban	0,455 (0,418)	0,437 (0,424)	-0,0755 (0,552)	0,476 (0,378)	-0,0495 (0,445)	0,0323 (0,566)
Anteil Online-Verkaufserlöse Nicht-urban	0,576*** (0,189)	0,527*** (0,199)	0,574*** (0,189)	0,511*** (0,192)	0,570*** (0,189)	0,654** (0,288)
Anteil Online-Verkaufserlöse X Anteil Geringqual. Urban						-0,713 (3,417)
Anteil Online-Verkaufserlöse X Anteil Geringqual. Nicht-urban						-0,915 (2,274)
Anteil Geringqualifizierte		-0,708 (0,577)	-0,538 (0,521)	-0,311 (0,512)	-0,183 (0,456)	0,0495 (0,558)
Anteil Sekundärer Sektor		-0,179 (0,127)	-0,197 (0,151)	-0,122 (0,107)	-0,142 (0,135)	-0,149 (0,133)
ln(Lohnniveau)		0,505** (0,217)	0,285 (0,216)	0,381* (0,197)	0,239 (0,189)	0,229 (0,190)
Anteil Großbetriebe		3,005 (2,132)	2,209 (2,402)	2,753 (2,107)	1,508 (2,141)	1,586 (2,016)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeitfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646	646
R ²	0,605	0,631	0,745	0,659	0,766	0,767
BIC	-3141,7	-3159,3	-3531,9	-3177,4	-3555,3	-3544,8

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

B.3 Regressionsergebnisse für die Bundesländer

Übersicht B.17: Regressionsergebnisse IKT-Produzenten (nach Bundesländern)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Anteil IKT-Produzenten B	-0,469 (1,752)	-1,266 (1,667)	-3,191 (3,377)	-0,554 (1,649)	-2,645 (3,495)
Anteil IKT-Produzenten K	0,889 (0,623)	0,835** (0,319)	0,752*** (0,240)	1,549*** (0,329)	1,856*** (0,481)
Anteil IKT-Produzenten N	-2,484 (1,564)	-3,393* (1,727)	-3,758 (2,546)	-3,130* (1,693)	-3,206 (2,644)
Anteil IKT-Produzenten O	4,723** (2,295)	3,638* (2,138)	3,453* (1,974)	3,136 (2,194)	2,882 (1,991)
Anteil IKT-Produzenten S	-1,623 (1,000)	-2,292** (1,061)	-2,272*** (0,764)	-1,874 (1,819)	-3,685*** (0,884)
Anteil IKT-Produzenten ST	0,456 (1,186)	0,623 (1,255)	2,380*** (0,722)	0,947 (0,909)	1,793*** (0,629)
Anteil IKT-Produzenten T	-0,158 (0,658)	-0,0860 (0,670)	0,785 (0,956)	-0,646 (0,952)	-0,394 (0,935)
Anteil IKT-Produzenten V	5,370*** (1,824)	4,066** (1,754)	4,396*** (1,632)	2,021 (1,527)	2,637* (1,345)
Anteil IKT-Produzenten W	1,310 (1,169)	4,920*** (1,491)	6,478*** (1,934)	3,194* (1,610)	4,568** (1,759)
Anteil Geringqualifizierte		-1,008* (0,587)	-1,316*** (0,484)	-0,627 (0,531)	-0,820* (0,422)
Anteil Sekundärer Sektor		-0,0829 (0,130)	-0,152 (0,145)	-0,0609 (0,128)	-0,0917 (0,130)
ln(Lohnniveau)		0,538*** (0,203)	0,638*** (0,211)	0,460** (0,187)	0,552*** (0,179)
Anteil Großbetriebe		2,141 (2,092)	1,483 (2,260)	1,340 (2,078)	0,568 (2,111)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeitfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646
R ²	0,613	0,643	0,777	0,667	0,794
BIC	-3116,2	-3141,1	-3582,3	-3154,0	-3600,1

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-,) (10%-) Niveau.

Übersicht B. 18: Regressionsergebnisse IKT-Intensivnutzer (nach Bundesländern)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Anteil IKT-Intensivnutzer B	1,725 (1,963)	1,887 (1,858)	1,898 (2,292)	2,234 (1,803)	1,765 (2,440)
Anteil IKT-Intensivnutzer K	0,132 (0,114)	0,131 (0,106)	0,365 (0,381)	0,0496 (0,0837)	0,228 (0,246)
Anteil IKT-Intensivnutzer N	0,707*** (0,221)	0,679*** (0,215)	0,189 (0,514)	0,709*** (0,213)	0,331 (0,395)
Anteil IKT-Intensivnutzer O	-0,482 (0,796)	-0,670 (0,693)	-0,291 (0,534)	-0,588 (0,588)	-0,266 (0,461)
Anteil IKT-Intensivnutzer S	0,340 (0,386)	0,856 (0,522)	2,147* (1,153)	0,241 (0,744)	3,308 (2,378)
Anteil IKT-Intensivnutzer ST	0,491 (0,532)	0,652 (0,501)	0,148 (0,680)	0,752* (0,449)	0,305 (0,574)
Anteil IKT-Intensivnutzer T	-0,548 (0,581)	-0,788 (0,539)	-0,734 (0,769)	0,100 (0,624)	-0,143 (0,716)
Anteil IKT-Intensivnutzer V	-1,754 (1,583)	-1,595 (1,361)	-1,465 (1,161)	-0,298 (0,972)	-0,745 (0,963)
Anteil IKT-Intensivnutzer W	-0,552 (0,588)	-2,802*** (0,773)	-2,291** (1,069)	-2,146** (0,849)	-2,005** (0,929)
Anteil Geringqualifizierte		-0,748 (0,494)	-0,608 (0,536)	-0,355 (0,449)	-0,358 (0,435)
Anteil Sekundärer Sektor		-0,173 (0,130)	-0,153 (0,170)	-0,105 (0,118)	-0,0764 (0,150)
ln(Lohnniveau)		0,666*** (0,210)	0,618** (0,241)	0,484** (0,190)	0,511*** (0,186)
Anteil Großbetriebe		1,544 (1,834)	1,385 (2,407)	0,840 (1,973)	0,782 (2,281)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeifixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646
R ²	0,605	0,640	0,751	0,667	0,769
BIC	-3103,1	-3136,6	-3509,3	-3154,5	-3527,0

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

Übersicht B.19: Regressionsergebnisse IKT-Fachkräfte (nach Bundesländern)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Anteil IKT-Fachkräfte B	2,216 (1,485)	2,475* (1,397)	3,509 (2,934)	3,466** (1,522)	3,924 (2,855)
Anteil IKT-Fachkräfte K	3,708** (1,792)	3,734*** (1,072)	2,688*** (0,884)	5,206*** (1,157)	5,210*** (1,682)
Anteil IKT-Fachkräfte N	2,950 (2,741)	2,350 (2,787)	0,602 (4,128)	2,677 (2,884)	1,014 (4,244)
Anteil IKT-Fachkräfte O	11,37*** (3,262)	9,490*** (3,233)	8,226*** (2,792)	8,721*** (2,799)	7,448*** (2,707)
Anteil IKT-Fachkräfte S	-3,005 (2,864)	-5,034 (3,132)	-2,958 (1,990)	-7,145** (3,343)	-6,358*** (2,074)
Anteil IKT-Fachkräfte ST	2,704 (3,148)	3,458 (2,774)	5,199*** (1,204)	4,145* (2,463)	4,120*** (1,091)
Anteil IKT-Fachkräfte T	1,265 (0,793)	0,412 (2,194)	3,209* (1,924)	1,069 (2,070)	1,550 (1,755)
Anteil IKT-Fachkräfte V	20,36*** (3,164)	17,21*** (3,324)	16,57*** (3,279)	11,78*** (3,782)	12,45*** (3,381)
Anteil IKT-Fachkräfte W	4,779** (2,180)	10,71*** (2,906)	14,34*** (3,892)	6,255* (3,235)	9,640*** (3,607)
Anteil Geringqualifizierte		-0,846 (0,591)	-1,382*** (0,505)	-0,416 (0,505)	-0,899* (0,455)
Anteil Sekundärer Sektor		-0,0873 (0,141)	-0,115 (0,144)	-0,0628 (0,127)	-0,0817 (0,134)
ln(Lohnniveau)		0,407** (0,199)	0,562*** (0,211)	0,352* (0,179)	0,483** (0,190)
Anteil Großbetriebe		0,896 (1,960)	0,589 (2,216)	0,168 (1,965)	-0,0728 (2,214)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeifixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646
R ²	0,636	0,653	0,782	0,680	0,795
BIC	-3154,7	-3160,7	-3596,1	-3180,4	-3602,8

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

Übersicht B.20: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an IKT-Einsatz allgemein
(nach Bundesländern)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Anteil IKT-Einsatz allgemein B	-0,504 (0,575)	-0,0884 (0,641)	-0,389 (0,764)	-0,117 (0,655)	-0,421 (0,792)
Anteil IKT-Einsatz allgemein K	-0,00619 (0,0485)	-0,000191 (0,0443)	0,0800 (0,0922)	-0,0241 (0,0451)	0,0556 (0,105)
Anteil IKT-Einsatz allgemein N	0,540* (0,278)	0,621* (0,320)	0,464 (0,456)	0,613** (0,307)	0,562 (0,386)
Anteil IKT-Einsatz allgemein O	2,397*** (0,277)	2,174*** (0,280)	2,052*** (0,276)	2,079*** (0,229)	1,992*** (0,231)
Anteil IKT-Einsatz allgemein S	-0,390*** (0,108)	-0,288 (0,203)	-0,375* (0,216)	-0,512*** (0,183)	-0,595** (0,252)
Anteil IKT-Einsatz allgemein ST	0,551* (0,301)	0,681** (0,285)	1,034*** (0,265)	0,657** (0,252)	0,996*** (0,223)
Anteil IKT-Einsatz allgemein T	0,0154 (0,0335)	0,0403 (0,168)	0,0539 (0,156)	0,167 (0,149)	0,0585 (0,111)
Anteil IKT-Einsatz allgemein V	2,343*** (0,575)	2,205*** (0,495)	2,074*** (0,541)	1,599*** (0,572)	1,477** (0,579)
Anteil IKT-Einsatz allgemein W	1,204* (0,606)	3,260*** (1,061)	3,495*** (1,167)	1,767 (1,280)	2,100* (1,149)
Anteil Geringqualifizierte		-0,920* (0,532)	-1,020** (0,472)	-0,611 (0,467)	-0,737* (0,393)
Anteil Sekundärer Sektor		0,0184 (0,171)	-0,0241 (0,166)	0,102 (0,161)	0,00286 (0,137)
ln(Lohnniveau)		0,374* (0,220)	0,444** (0,209)	0,282 (0,210)	0,340* (0,185)
Anteil Großbetriebe		2,336 (2,178)	2,643 (2,297)	1,534 (2,145)	1,681 (2,004)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeitfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646
R ²	0,665	0,684	0,794	0,703	0,811
BIC	-3209,5	-3220,9	-3631,3	-3228,5	-3654,4

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

Übersicht B.21: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an IKT-Vorleistungen
(Waren; nach Bundesländern)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Anteil IKT-Vorleistungen (Waren) B	1,160 (1,037)	1,563* (0,864)	1,765*** (0,644)	1,747** (0,827)	1,968*** (0,685)
Anteil IKT-Vorleistungen (Waren) K	-0,110 (0,318)	0,0918 (0,224)	0,402* (0,224)	0,206 (0,198)	0,171 (0,147)
Anteil IKT-Vorleistungen (Waren) N	0,268 (0,298)	0,496 (0,355)	0,203 (0,484)	0,554* (0,315)	0,386 (0,406)
Anteil IKT-Vorleistungen (Waren) O	1,565*** (0,514)	1,466*** (0,501)	0,513 (0,406)	1,362*** (0,508)	0,279 (0,425)
Anteil IKT-Vorleistungen (Waren) S	-0,224* (0,116)	0,0911 (0,221)	-0,232 (0,336)	-0,196 (0,215)	-0,484 (0,322)
Anteil IKT-Vorleistungen (Waren) ST	-0,699 (0,512)	-0,462 (0,541)	0,581 (0,350)	-0,369 (0,478)	0,651* (0,352)
Anteil IKT-Vorleistungen (Waren) T	0,140 (0,122)	0,356 (0,265)	0,269 (0,249)	0,428* (0,223)	0,145 (0,199)
Anteil IKT-Vorleistungen (Waren) V	0,892 (0,759)	0,825 (0,784)	0,548 (0,824)	0,548 (0,619)	0,224 (0,616)
Anteil IKT-Vorleistungen (Waren) W	0,345 (0,340)	1,693*** (0,545)	1,924*** (0,640)	1,243* (0,627)	1,061* (0,589)
Anteil Geringqualifizierte		-0,595 (0,486)	-0,997** (0,479)	-0,309 (0,475)	-0,522 (0,418)
Anteil Sekundärer Sektor		0,226 (0,226)	0,0491 (0,207)	0,305 (0,205)	0,0284 (0,200)
ln(Lohnniveau)		0,551*** (0,198)	0,712*** (0,229)	0,392** (0,195)	0,560*** (0,197)
Anteil Großbetriebe		0,0738 (2,130)	1,474 (2,371)	-0,380 (2,081)	1,217 (2,340)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeitfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646
R ²	0,635	0,663	0,765	0,689	0,787
BIC	-3154,3	-3180,1	-3546,0	-3198,5	-3578,9

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-,) (10%-) Niveau.

Übersicht B.22: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an IKT-Vorleistungen
(Dienste; nach Bundesländern)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Anteil IKT-Vorleistungen (Dienste) B	0,369 (0,600)	0,445 (0,701)	-0,0279 (0,593)	0,404 (0,725)	-0,207 (0,623)
Anteil IKT-Vorleistungen (Dienste) K	0,296 (0,522)	0,302 (0,417)	-0,492 (0,355)	0,212 (0,364)	-0,379 (0,291)
Anteil IKT-Vorleistungen (Dienste) N	0,673** (0,300)	0,870** (0,392)	1,203** (0,473)	0,777** (0,383)	0,950** (0,422)
Anteil IKT-Vorleistungen (Dienste) O	1,664*** (0,474)	1,560*** (0,450)	1,004* (0,506)	1,472*** (0,432)	0,965** (0,469)
Anteil IKT-Vorleistungen (Dienste) S	-0,437*** (0,163)	-0,672** (0,313)	-0,242 (0,489)	-0,822*** (0,280)	-0,649*** (0,237)
Anteil IKT-Vorleistungen (Dienste) ST	0,753 (0,871)	0,720 (0,834)	0,0298 (0,860)	0,885 (0,800)	0,0849 (0,734)
Anteil IKT-Vorleistungen (Dienste) T	-0,0508 (0,120)	0,204 (0,257)	0,0899 (0,298)	0,446* (0,228)	0,175 (0,247)
Anteil IKT-Vorleistungen (Dienste) V	0,381 (0,449)	0,604* (0,330)	0,331 (0,388)	0,449*** (0,141)	0,401* (0,217)
Anteil IKT-Vorleistungen (Dienste) W	0,0136 (0,383)	1,422** (0,580)	0,780 (0,642)	0,801 (0,824)	0,473 (0,925)
Anteil Geringqualifizierte		-0,979* (0,582)	-0,752 (0,497)	-0,526 (0,500)	-0,560 (0,471)
Anteil Sekundärer Sektor		0,223 (0,223)	0,164 (0,226)	0,319 (0,213)	0,150 (0,214)
ln(Lohnniveau)		0,362* (0,199)	0,197 (0,194)	0,335* (0,178)	0,373** (0,163)
Anteil Großbetriebe		0,136 (2,126)	-0,0100 (2,390)	-0,805 (2,083)	-0,620 (2,115)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeitfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646
R ²	0,633	0,659	0,770	0,685	0,793
BIC	-3150,7	-3171,2	-3555,0	-3189,7	-3597,0

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

Übersicht B.23: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Einsatz von Robotern (nach Bundesländern)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Anteil Roboter-Einsatz B	2,132 (1,765)	1,587 (1,973)	2,799 (2,256)	1,928 (1,911)	2,994 (2,199)
Anteil Roboter-Einsatz K	0,206 (0,176)	0,196 (0,158)	0,285 (0,232)	0,158 (0,152)	0,288 (0,252)
Anteil Roboter-Einsatz N	0,838*** (0,272)	0,744** (0,321)	0,805* (0,459)	0,940*** (0,305)	1,002** (0,419)
Anteil Roboter-Einsatz O	0,481 (0,563)	0,542 (0,525)	0,532 (0,455)	0,647 (0,487)	0,622 (0,428)
Anteil Roboter-Einsatz S	0,0161 (0,194)	0,255 (0,273)	-0,483 (0,759)	-0,358 (0,362)	-1,089 (1,018)
Anteil Roboter-Einsatz ST	-0,0393 (0,760)	0,128 (0,686)	0,294 (0,577)	0,270 (0,742)	0,405 (0,580)
Anteil Roboter-Einsatz T	-0,370 (0,461)	-0,432 (0,349)	-0,597 (0,499)	-0,375 (0,382)	-0,387 (0,463)
Anteil Roboter-Einsatz V	3,108*** (1,023)	2,513** (1,006)	2,495** (0,964)	0,466 (0,924)	1,119 (0,877)
Anteil Roboter-Einsatz W	-0,451 (0,828)	-2,734** (1,191)	-2,774* (1,394)	-2,332* (1,244)	-2,820** (1,207)
Anteil Geringqualifizierte		-0,619 (0,489)	-0,546 (0,527)	-0,170 (0,452)	-0,297 (0,416)
Anteil Sekundärer Sektor		-0,173 (0,141)	-0,248 (0,177)	-0,159 (0,122)	-0,221 (0,157)
ln(Lohnniveau)		0,506** (0,237)	0,545** (0,223)	0,342 (0,224)	0,452** (0,172)
Anteil Großbetriebe		1,589 (2,035)	1,533 (2,389)	1,384 (2,106)	0,919 (2,138)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeitfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646
R ²	0,616	0,636	0,759	0,666	0,781
BIC	-3120,5	-3130,2	-3530,1	-3152,1	-3560,1

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

Übersicht B.24: Regressionsergebnisse Branchen mit hohem Anteil an Online-Verkaufserlösen
(nach Bundesländern)

Abhängige Variable: ln(Zahl der Beschäftigten)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Anteil Online-Verkaufserlöse B	-0,708 (0,778)	-1,068 (0,779)	-0,490 (1,116)	-0,841 (0,637)	0,000508 (1,198)
Anteil Online-Verkaufserlöse K	0,487 (0,749)	0,552 (0,675)	-0,148 (0,961)	0,564 (0,648)	-0,167 (0,967)
Anteil Online-Verkaufserlöse N	0,0411 (0,444)	-0,000724 (0,445)	-0,311 (0,497)	0,0976 (0,415)	-0,236 (0,496)
Anteil Online-Verkaufserlöse O	0,836*** (0,260)	0,775*** (0,226)	0,560** (0,274)	0,763*** (0,201)	0,574** (0,253)
Anteil Online-Verkaufserlöse S	0,754 (0,461)	0,933** (0,451)	1,030** (0,429)	0,836 (0,533)	1,033** (0,492)
Anteil Online-Verkaufserlöse ST	0,930*** (0,237)	0,911*** (0,249)	1,010*** (0,320)	0,770** (0,312)	0,921*** (0,304)
Anteil Online-Verkaufserlöse T	1,648*** (0,570)	1,631*** (0,458)	1,720*** (0,355)	1,691*** (0,390)	1,705*** (0,355)
Anteil Online-Verkaufserlöse V	0,735 (1,120)	0,399 (0,963)	0,796 (0,857)	0,374 (0,576)	0,490 (0,615)
Anteil Online-Verkaufserlöse W	-0,334 (0,568)	-2,387*** (0,756)	-2,382** (1,011)	-1,717** (0,838)	-2,038** (0,890)
Anteil Geringqualifizierte		-0,757 (0,593)	-0,719 (0,538)	-0,391 (0,522)	-0,510 (0,453)
Anteil Sekundärer Sektor		-0,200 (0,131)	-0,245* (0,144)	-0,144 (0,110)	-0,189 (0,130)
ln(Lohnniveau)		0,557** (0,224)	0,578** (0,230)	0,442** (0,207)	0,437** (0,185)
Anteil Großbetriebe		3,051 (2,063)	1,761 (2,453)	2,903 (2,076)	1,254 (2,210)
Bezirksfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeitfixe Effekte	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Räumlich verzögerte erklärende Variablen	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja
Gewichtete Schätzung	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja
Beobachtungen	646	646	646	646	646
R ²	0,622	0,651	0,770	0,673	0,784
BIC	-3130,6	-3156,8	-3559,5	-3166,2	-3567,9

Q: AMS, BMAGKS, WIFO-Berechnungen. – Robuste Standardfehler in Klammern, ***, (**), (*) indizieren Signifikanz auf dem 1%-, (5%-, (10%-) Niveau.

Anhang C RTR-Netztest und Breitbandatlas: Ein Vergleich

Wie bereits eingangs erwähnt, eignen sich Informationen des Breitbandatlas des bmvit¹⁵⁷⁾ für die gegenständliche Analyse der Beschäftigungseffekte von Breitbandinfrastruktur nur sehr bedingt, da historische Informationen zur regionalen Genese der Breitbandinfrastruktur nicht bzw. nur in sehr reduzierter Form vorliegen. Der Breitbandatlas kann für die vorliegende Analyse jedoch sinnvoll genutzt werden, um die ermittelten Indikatoren der Breitbandnutzung mittels RTR-Netztest mit den Informationen zur Breitbandinfrastruktur des Breitbandatlas zu vergleichen. Anhand eines Vergleiches kann ermittelt werden, ob in den resultierenden kleinräumigen Downloadgeschwindigkeiten zwischen den beiden Informationsquellen eine Korrespondenz vorliegt. Hier sei allerdings angemerkt, dass beide Indikatoren unterschiedliche Facetten der Breitbandverfügbarkeit betonen. Während der Breitbandatlas Informationen auf kleinräumiger Ebene zur potentiell verfügbaren Bitrate im Download liefert und somit die Infrastrukturausstattung akzentuiert, betonen Informationen aus dem RTR-Netztest verstärkt die regionale Qualität sowie Nutzung der Breitbandinfrastruktur. Da Indikatoren des RTR-Netztests direkt aus Nutzerdaten gewonnen werden, dürften diese auch etwaige regionale Auslastungsprobleme und somit die tatsächliche Breitbandqualität für den täglichen Einsatz besser abbilden. Trotz dieser Diskrepanz in der Interpretation der Indikatoren scheint ein Vergleich der RTR-Netztestdaten mit jenen des Breitbandatlas sinnvoll, da eine gute regionale Ausstattung an Breitbandinfrastruktur als Grundvoraussetzung für eine hohe Dienstqualität und damit qualitativ hochwertige Nutzung betrachtet werden kann.

Ein direkter Vergleich der Informationen des Breitbandatlas und des RTR-Netztest sind allerdings nicht nur inhaltlich, sondern auch methodisch problematisch. Dies rührt vornehmlich daher, dass die beide Informationsquellen die jeweiligen Daten in unterschiedlichen räumlichen Aggregationsniveaus ausweisen. Während im RTR-Netztest die entsprechenden Nutzerdaten punktspezifisch geocodiert sind, beziehen sich die Informationen aus dem Breitbandatlas auf Flächen. Eine weitere Differenzierung in der Art der verfügbaren Informationen im Breitbandatlas betrifft die Unterscheidung in Festnetz und Mobilnetz. Bezüglich Festnetzinfrastruktur beinhaltet der Breitbandatlas Daten über die Breitbandversorgungssituation auf besonders kleinräumiger Ebene (in 100x100 Meter Rastereinheiten). Beim Mobilnetz werden hingegen Informationen mittels Flächeneinheiten geocodiert. Um einen Vergleich zwischen RTR-Netztest und dem jeweiligen Typus im Breitbandatlas auch methodisch auf sinnvolle Art und Weise bewerkstelligen zu können, müssen die jeweiligen Daten erst entsprechend auf eine gemeinsame Ebene transformiert werden. Eine solche Aggregation bzw. Disaggregation von Daten bringt ganz grundsätzlich seine eigenen Probleme und Unschärfen mit sich. Diese methodischen Probleme werden in der Fachliteratur üblicherweise unter dem Begriff "change of support problem" (COSP) diskutiert (siehe Gotway – Young, 2002).

¹⁵⁷⁾ Siehe <https://breitbandatlas.info/>

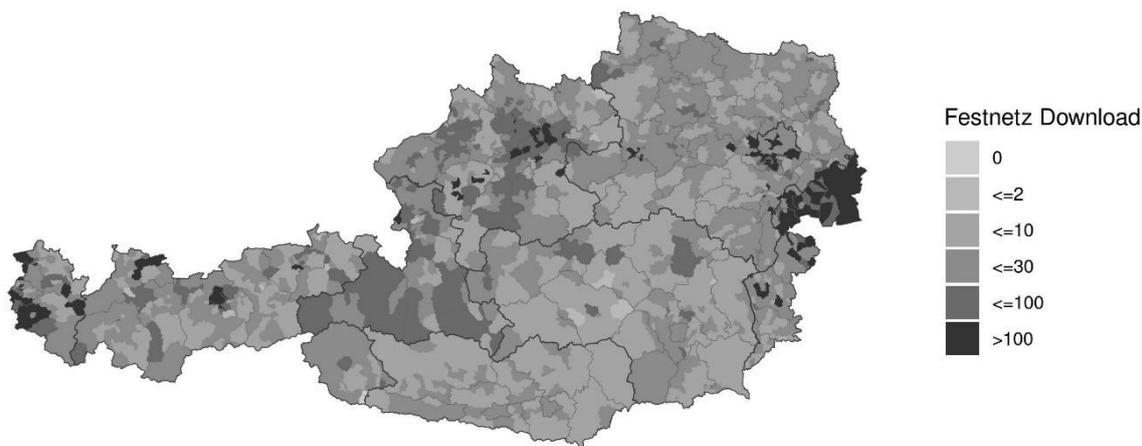
Eine weitere Hürde in der Vergleichbarkeit betrifft das Messniveau der beiden Informationsquellen. Das Datenmaterial des Breitbandatlas basiert auf freiwilligen Angaben der Telekommunikationsanbieter und beinhaltet die zur Verfügung stehende potentielle Downloadgeschwindigkeit in fünf Kategorien. Diese Informationen sind getrennt sowohl für Festnetz als auch Mobilnetz verfügbar. Die Downloadgeschwindigkeiten der einzelnen Messungen im Rahmen des RTR-Netztests sind hingegen metrisch (und nicht kategorial) und daher von unterschiedlichem Skalenniveau.

Um die Rohdaten des Breitbandatlas mit dem auf Gemeindeebene erstellten Indikator aus dem RTR-Netztest zu vergleichen, müssen diese daher erst entsprechend aggregiert werden. Dazu wurden Bevölkerungsdaten von Statistik Austria auf kleinräumiger Rasterebene herangezogen. Innerhalb einer Gemeinde wurden dabei nur jene Rasterzellen aggregiert, welche auch gemäß Rasterdaten von Statistik Austria bewohnt sind. Diese Mitberücksichtigung scheint insbesondere für das Mobilfunknetz des Breitbandatlas essentiell, da diese Daten auf irregulären Flächen (d. h. die Flächen sind – anders als bei Rasterdaten – von unterschiedlicher Größe) beruhen. Bei der Aggregation der Breitbandatlasdaten wurde – ähnlich wie bei der Aggregation der RTR-Netztestdaten – der Median der jeweiligen Kategorie in der Downloadgeschwindigkeit herangezogen, um aggregierte Informationen auf Gemeindeebene zu erhalten¹⁵⁸).

Dabei wurden die gemeindespezifischen potentiellen Downloadgeschwindigkeiten des Breitbandatlas (Version Oktober 2015) mit den gemessenen Raten aus dem RTR-Netztest aus dem Jahre 2015 verglichen. Die Wahl des Jahres 2015 begründet sich dadurch, dass dieses in der Mitte der Schätzperiode der in den Abschnitten 5.3 und 5.4 folgenden ökonomischen Analyse liegt.

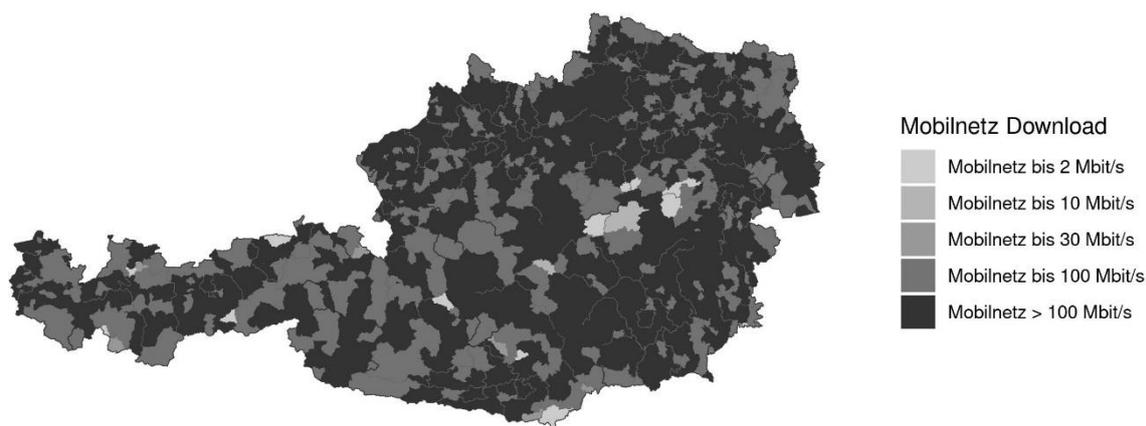
¹⁵⁸) Als Robustheitscheck wurde alternativ der Modus innerhalb einer Gemeinde herangezogen, was zu sehr ähnlichen Ergebnissen führte.

Abbildung C.1: Downloadgeschwindigkeiten Breitbandatlas auf Gemeindeebene (Festnetz), Oktober 2015



Q: Breitbandatlas, WIFO-Berechnungen.

Abbildung C.2: Downloadgeschwindigkeiten Breitbandatlas auf Gemeindeebene (Mobilnetz), Oktober 2015



Q: Breitbandatlas, WIFO-Berechnungen.

Abbildung C.1 und Abbildung C.2 zeigen die auf Gemeindeebene aggregierten potentiellen Downloadgeschwindigkeiten im Festnetz bzw. Mobilnetz für die im Breitbandatlas ausgewiesenen Bandbreitenkategorien. Während die in Abbildung C.2 veranschaulichte Downloadgeschwindigkeit im Mobilnetz nur bedingt räumliche Muster aufweist, so zeigt die in Abbildung C.1 dargestellte potentielle Bitrate im Festnetz ein räumlich weitaus differenzierteres Bild. Insbesondere im Nordburgenland, in Teilen Vorarlbergs sowie rund um Wien und in einigen Landeshauptstädten scheint die Festnetzinfrastruktur gemäß Breitbandatlas besonders gut ausgebaut zu sein.

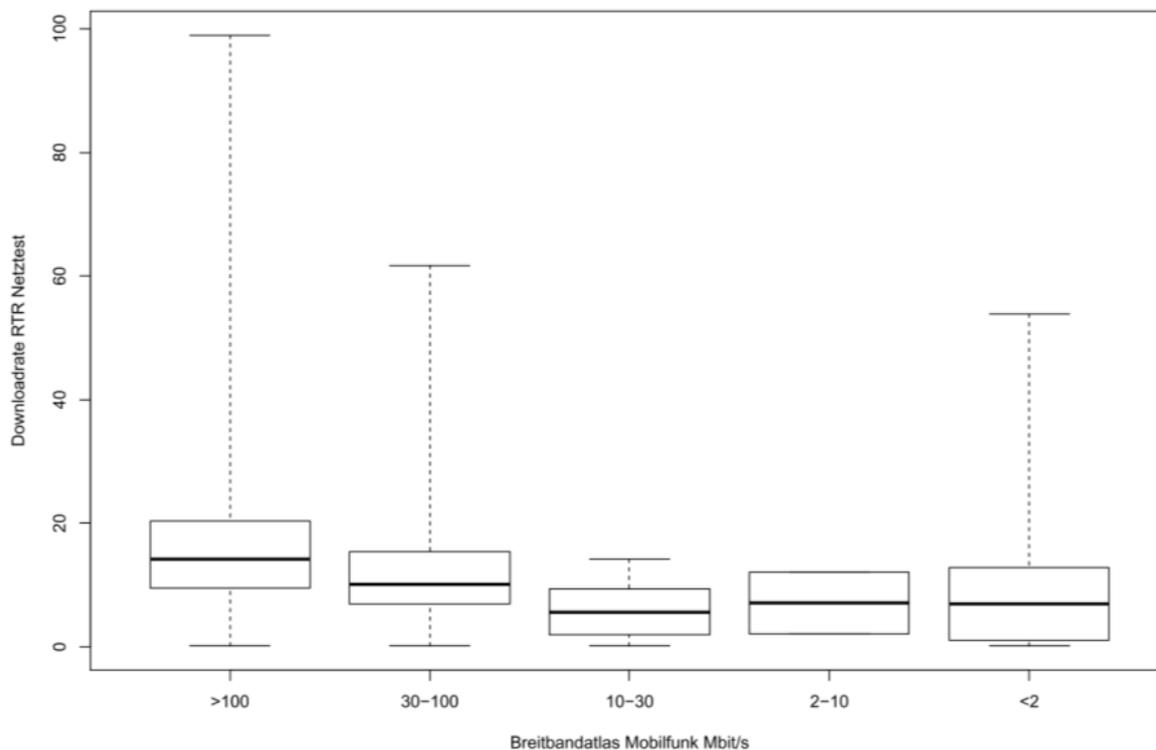
Abbildung C.3 und Übersicht C.1 skizzieren einen Vergleich der Median-Breitbandkategorie im Download des Breitbandatlas (Mobilnetz) mit den ermittelten Werten aus dem RTR-Netztest (beide auf Gemeindeebene). Die Infrastrukturdaten des Breitbandatlas stammen aus der Version Oktober 2015, während sich die Daten des RTR-Netztest auf das gesamte Jahr 2015 beziehen. Für jede der fünf ausgewiesenen Geschwindigkeitskategorien im Breitbandatlas (welche auf der horizontalen Achse aufgetragen sind), stellt die Abbildung die empirischen Verteilungen der Downloadgeschwindigkeiten (in Mbit/s) aus dem RTR-Netztest für die entsprechenden Gemeinden in Form von Box-Plots dar.

Die dicken horizontalen Linien in der Abbildung zeigen den jeweiligen Median-Wert in der Downloadgeschwindigkeit, während das untere/obere Ende des Kastens das 25. bzw. 75. Perzentil kennzeichnet. Die unteren und oberen sogenannten "Whisker" stellen den jeweiligen Minimal- bzw. Maximalwert der Verteilung dar. Insgesamt zeigt sich, dass die gemessenen Downloadgeschwindigkeiten im RTR-Netztest insbesondere am oberen Spektrum deutlich geringer ausfallen als die angegebenen Breitbandkategorien des Breitbandatlas. Wie bereits erwähnt, scheint dies jedoch kaum verwunderlich, da der Breitbandatlas auf die potentielle Bandbreitenausstattung abzielt und somit am oberen Spektrum höher ausfällt. Interessanterweise zeigt sich am unteren Rand hingegen der umgekehrte Fall, wo die gemessenen Downloadgeschwindigkeiten des RTR-Netztests jene des Breitbandatlas übersteigen.

Nichtsdestotrotz ist über die einzelnen Breitbandkategorien hinweg durchaus eine Korrespondenz zwischen RTR-Netztest und Breitbandatlas zu erkennen. So verzeichneten die 1.507 Gemeinden in der Kategorie "Mobilnetz >100 Mbit/s" eine durchschnittliche Downloadgeschwindigkeit von etwa 17 Mbit/s, die Kategorie "Mobilnetz 30-100 Mbit/s" (591 Gemeinden) hingegen lediglich 12,5 Mbit/s. Zur statistischen Untermauerung dieses Unterschiedes wurde zwischen diesen beiden Kategorien ein Zweistichproben-*t*-Test durchgeführt. Dieser ergab, dass sich die durchschnittlichen Downloadgeschwindigkeiten in den beiden Kategorien auch statistisch hoch signifikant voneinander unterscheiden. Diese Korrespondenz zwischen RTR-Netztest und Mobilfunkdaten des Breitbandatlas setzt sich gemäß den deskriptiven Statistiken auch für das untere Spektrum in den Bitraten fort. Aufgrund der geringen Fallzahlen in diesen Kategorien (insgesamt nur 22 Gemeinden) sind hier allerdings statistisch keine gesicherten Aussagen zulässig. Insgesamt zeigt sich jedoch, dass Gemeinden, welche im Breitbandatlas für Mobilfunk als besonders infrastrukturstark klassifiziert sind, tendenziell auch höhere Downloadgeschwindigkeiten im RTR-Netztest aufweisen.

Es bleibt jedoch zu betonen, dass diese Korrespondenz ausschließlich für das Mobilnetz gilt. Vergleicht man nämlich die Festnetzdaten des Breitbandatlas mit den Downloadgeschwindigkeiten des RTR-Netztests (wiederum für Oktober 2015), ergeben sich Übersicht C.2 bzw. Abbildung C.4. Betrachtet man die Box-Plots für die einzelnen Breitbandkategorien, so ist ersichtlich, dass zwischen den Festnetzinfrastrukturdaten des Breitbandatlas und dem RTR-Netztest keinerlei Zusammenhang besteht.

Abbildung C.3: Vergleich zwischen Breitbandatlas und RTR-Netztest (Mobilnetz), Oktober 2015



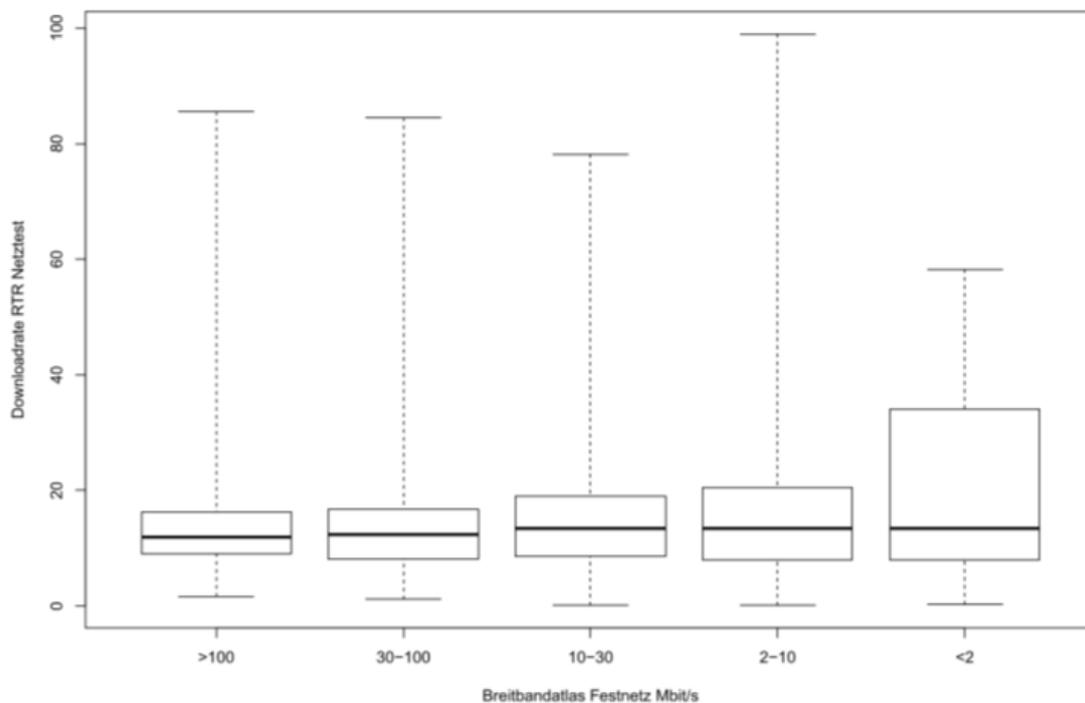
Q: Breitbandatlas, WIFO-Berechnungen.

Übersicht C.1: Vergleich zwischen Breitbandatlas und RTR-Netztest (Mobilnetz), Oktober 2015

Breitbandatlas Okt. 2015	Mittelwert Downloadgeschwindigkeit RTR-Netztest	Gemeinden
Mobilnetz >100 Mbit/s	17,009	1.507
Mobilnetz 30-100 Mbit/s	12,546	591
Mobilnetz 10-30 Mbit/s	6,154	6
Mobilnetz 2-10 Mbit/s	7,070	2
Mobilnetz < 2 Mbit/s	12,521	15

Q: Breitbandatlas, WIFO-Berechnungen.

Abbildung C.4: Vergleich zwischen Breitbandatlas und RTR-Netztest (Festnetz), Oktober 2015



Q: Breitbandatlas, WIFO-Berechnungen.

Übersicht C.2: Vergleich zwischen Breitbandatlas und RTR-Netztest (Festnetz), Oktober 2015

Breitbandatlas Okt. 2015	Mittelwert Downloadgeschwindigkeit RTR-Netztest	Gemeinden
Festnetz >100 Mbit/s	13,767	157
Festnetz 30-100 Mbit/s	13,946	273
Festnetz 10-30 Mbit/s	16,052	957
Festnetz 2-10 Mbit/s	16,129	717
Festnetz <2 Mbit/s	21,929	16

Q: Breitbandatlas, WIFO-Berechnungen.