

Stehrer, Robert

Research Report

Neue Technologien, Firmenperformance und Beschäftigung: Erste Analysen basierend auf österreichischen Firmendaten

wiiw Forschungsbericht, No. 26

Provided in Cooperation with:

The Vienna Institute for International Economic Studies (wiiw) - Wiener Institut für Internationale
Wirtschaftsvergleiche (wiiw)

Suggested Citation: Stehrer, Robert (2024) : Neue Technologien, Firmenperformance
und Beschäftigung: Erste Analysen basierend auf österreichischen Firmendaten, wiiw
Forschungsbericht, No. 26, The Vienna Institute for International Economic Studies (wiiw), Vienna

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/307677>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen
Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle
Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich
machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen
(insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten,
gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort
genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal
and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to
exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the
internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content
Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise
further usage rights as specified in the indicated licence.*

Forschungsbericht 26

Neue Technologien, Firmenperformance und Beschäftigung:

Erste Analysen basierend auf
österreichischen Firmendaten

Robert Stehrer

FB

Neue Technologien, Firmenperformance und Beschäftigung:

Erste Analysen basierend auf österreichischen Firmendaten

ROBERT STEHRER

Robert Stehrer ist wissenschaftlicher Direktor am Wiener Institut für Internationale Wirtschaftsvergleiche (wiiw).

Forschungsbericht im Rahmen des Projektes: „Verwendung von IKT und Beschäftigungs- und Lohnstrukturen: Analysen basierend auf neuen österreichischen Mikrodaten“ für die AK Wien.

Zusammenfassung

Dieser Bericht untersucht basierend auf Firmendaten für Österreich – der IKTU-Erhebung und den LSE-Daten – den Zusammenhang von neuen Technologien mit der Firmenperformance und Beschäftigungsstrukturen. Neue Technologien – untersucht werden der Einsatz von Robotern, 3D-Druck, Big-Data-Analysen, Verwendung von Cloud- und Chat-Services, CRM-Software oder automatisierter Datenaustausch, Verwendung sozialer Medien sowie auch die Beschäftigung von IKT-Spezialisten und -Spezialistinnen bzw. die Durchführung von IKT-Schulungen – korrelieren stark positiv mit der Größe der Firmen gemessen am Umsatz, der Beschäftigung und den Investitionen. Firmen, die neue Technologien verwenden, sind auch durchschnittlich produktiver und zahlen durchschnittlich etwas höhere Löhne. Letzteres gilt jedoch nicht, wenn man auch für die Größe kontrolliert. Es zeigen sich keine signifikanten Wachstumseffekte in Bezug auf diese Variablen, und somit finden sich auch keine signifikanten Beschäftigungseffekte, die – wie oftmals befürchtet – von der Anwendung der neuen Technologien ausgehen. Auch hinsichtlich der Beschäftigungsstrukturen (unter Kontrolle von Firmengröße) – untersucht wurden der Anteil von Frauen, geringfügig bzw. Teilzeitbeschäftigten und der Anteil der Lehrlinge – finden sich kaum signifikante bzw. robuste Resultate dahingehend, dass sich Firmen, die neue Technologien anwenden, von denen unterscheiden, die das nicht tun. Auch hier gibt es keinerlei Hinweise darauf, dass sich die Beschäftigungsanteile bei den beiden Typen der Firmen unterschiedlich stark verändern. Diese Resultate können und sollen auf Basis der hier verwendeten und weiterer Daten als Grundlage für weitere Untersuchungen dienen (z. B. für detailliertere Beschäftigungsstrukturen), um mögliche Auswirkungen der „digitalen Revolution“ auf Beschäftigung auf Firmenebene besser abschätzen zu können.

Schlüsselwörter: IKT, neue Technologien, Beschäftigung

JEL-Klassifikation: O33, O5

INHALT

Zusammenfassung.....	5
1 Einleitung.....	9
2 Neue Technologien und Beschäftigung: Ein Streifzug durch die Literatur	11
3 Methodischer Ansatz	16
3.1 Einleitung	16
4 IKT-Beschäftigung und -Schulungen	18
4.1 IKT-Fachleute und Firmenperformance	18
4.2 IKT-Schulungen und Firmenperformance.....	22
5 Neue Technologien, Performance und Beschäftigung – Ausgewählte Ergebnisse.....	25
5.1 Verwendung von Robotern	25
5.2 Verwendung von 3D-Druck.....	26
5.3 Ergebnisse für weitere Indikatoren zur Verwendung neuer Technologien (Zusammenfassung) ..	27
6 Schlussbemerkungen	29
7 Literatur	30
Appendix A – Überblick über verwendete Mikrodaten des AMDC	33
A.1 Erhebung des IKT-Einsatzes in österreichischen Unternehmen.....	33
A.2 LSE – Leistungs- und Strukturhebung	34

TABELLEN

Tabelle 4.1 / Beschäftigung von IKT-Fachleuten und Größenperformance	18
Tabelle 4.2 / Beschäftigung von IKT-Fachleuten und Performance.....	19
Tabelle 4.3 / Beschäftigung von IKT-Fachleuten und Wachstumsperformance	20
Tabelle 4.4 / Anteile von Beschäftigungsgruppen	21
Tabelle 4.5 / Anteilsänderungen von Beschäftigungsgruppen.....	21
Tabelle 4.6 / IKT-bezogene Schulungen und Größenperformance	22
Tabelle 4.7 / IKT-bezogene Schulungen und Performance	23
Tabelle 4.8 / Beschäftigungsanteile und IKT-Schulungen	24
Tabelle 5.1 / Verwendung von Robotern und Größenperformance	25
Tabelle 5.2 / Verwendung von Robotern und Performance	26
Tabelle 5.3 / 3D-Druck und Größenperformance.....	27
Tabelle 5.4 / Verwendung von 3D-Druck und Performance.....	27

1 Einleitung

Die derzeitige Debatte über die Auswirkungen der neuen Technologien auf die Beschäftigung spiegelt die weit verbreitete Befürchtung wider, dass neue Technologien viele Arbeitsplätze vernichten könnten, starke und rasche Anpassungsprozesse erfordern und zu erheblichen Einkommensverschiebungen führen könnten. In der Wirtschaftsgeschichte haben solche Debatten eine lange Tradition, beginnend mit David Ricardos berühmtem Kapitel 31, "On Machinery", in der dritten Auflage seiner Principles (Ricardo, 1821), gefolgt von Diskussionen über "technologische Arbeitslosigkeit" von John Maynard Keynes (Keynes, 1930), Sir John Hicks, Wassily Leontief und vielen anderen. In jüngerer Zeit (beim Aufkommen der IKT-Revolution in den 80er und Anfang der 90er Jahre) behaupteten Publizisten wie Jeremy Rifkin das "Ende der Arbeit" (Rifkin, 1995).

Heute gibt es eine ähnliche Debatte mit Schwerpunkt auf der Digitalisierung und disruptiven Technologien im Zusammenhang mit wichtigen neuen Trends wie dem Internet der Dinge (IoT), Big Data, virtueller und erweiterter Realität, 3D-Druck, Blockchain-Technologien, Künstlicher Intelligenz (KI), Robotik, Nanotechnologie und Biotechnologie.¹ In der neueren Literatur werden solche Bedenken in einer breiten Perspektive erörtert, z. B. von Brynjolfsson und McAfee (2011), Servoz (2019), oder der OECD (2019a). Trotz dieser Bedenken disruptiver Auswirkungen der neuen Technologien wie IKT, Roboter oder KI ist das Beschäftigungsniveau jedoch im Allgemeinen im Laufe der Zeit gestiegen, gemessen entweder an der Zahl der Beschäftigten oder an den Beschäftigungs- und Erwerbsquoten. Mit diesen allgemeinen Beschäftigungstrends sind auch andere Ansichten vereinbar, wie die Aussage des Nobelpreisträgers Bob Solow: „Man kann das Computerzeitalter überall sehen, nur nicht in den Produktivitätsstatistiken“. Es ist weithin anerkannt, dass das Wachstum der Arbeitsproduktivität in den letzten Jahrzehnten trotz des Aufstiegs der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) auf einem historisch niedrigen Niveau lag. Die Gründe für dieses Produktivitätsparadoxon sind weithin umstritten.²

Diese Debatte scheint weitgehend ungelöst, wobei eine Reihe von Studien sowohl Befürchtungen als auch Erwartungen hinsichtlich der Beschäftigungseffekte wecken. Im nächsten Abschnitt werden ausgewählte Studien zusammengefasst. Argumente aus theoretischer Perspektive sprechen sowohl für beschäftigungssparende als auch beschäftigungsschaffende Effekte (z. B. impliziert der arbeitssparende Charakter des technischen Wandels auch ein höheres Realeinkommen, was zu positiven Beschäftigungseffekten führt). Folglich bleibt die Untersuchung der Auswirkungen des technischen Wandels auf die Beschäftigung hauptsächlich eine empirische Aufgabe. Die rezente Literatur konzentriert sich hauptsächlich auf die Auswirkungen der Verwendung von Robotern auf Beschäftigung und industrielles Wachstum.

¹ Zur Messung von "Digitaler Transformation" siehe z. B. OECD (2019b) und IMF (2018). Die Europäische Kommission zusammen mit Eurostat haben einen Index entwickelt (siehe <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>), der diese Entwicklungen abbilden soll.

² Beschäftigungsentwicklungen sind auch durch demografische Trends und Änderungen in den Partizipationsraten getrieben (siehe z. B. Prettnner and Bloom, 2020; Leitner and Stehrer, 2019a,b; Leitner et al., 2019). Siehe in diesem Kontext auch die 'secular stagnation' Hypothese, die von Larry Summers thematisiert wurde (<https://larrysummers.com/wp-content/uploads/2014/06/NABE-speech-Lawrence-H.-Summers1.pdf>).

Studien zur Verwendung von neuen Technologien und zu ihren Auswirkungen auf Firmenebene sind bislang – insbesondere für Österreich – kaum verfügbar. Die Abschnitte 4 und 5 zeigen daher – basierend auf einem (bedingt durch die verfügbaren Daten) einfachen methodischen Ansatz, der in Abschnitt 3 dargestellt wird – ausgewählte Resultate der Verwendung von bestimmten neuen Technologien in Hinblick auf Firmenperformance und Beschäftigungsstrukturen als erste mögliche Annäherungen an dieses Thema anhand der verfügbaren Mikrodaten, die seit kurzem über das AMDC zur Verfügung stehen. Diese ersten Analysen sollten auch dazu dienen, mögliche weitere Fragestellungen und methodische Verbesserungen zu generieren. Abschnitt 6 bietet eine kurze Zusammenfassung und einen Ausblick.

2 Neue Technologien und Beschäftigung: Ein Streifzug durch die Literatur

Der voranschreitende technologische Wandel wird als Serie von potenziell „disruptiven“ Technologien wie – aufbauend auf digitalen Technologien – Robotik und maschinelles Lernen, 3D-Druck oder Künstliche Intelligenz (KI) gesehen. Es wird debattiert, ob und inwieweit diese neuen Technologien eine industrielle Revolution auslösen können, da sie das Potenzial haben, die physische, digitale und biologische Welt miteinander zu verschmelzen und sich somit auf viele Bereiche auswirken könnten („general purpose technologies“). Eine der Fragen, die dabei im Vordergrund stehen, ist, wie diese neuen Technologien das Beschäftigungsniveau und -wachstum beeinflussen und welche Änderungen sie in den Beschäftigungsstrukturen hervorrufen könnten. Hinsichtlich des Niveaus kann man argumentieren, dass der technologische Wandel in der Vergangenheit längerfristig mehr Arbeitsplätze geschaffen als vernichtet hat (dank des Prozesses der schöpferischen Zerstörung nach Joseph A. Schumpeter, der z. B. in Aghion et al. (2021) diskutiert wird), obwohl es zu Phasen „technologischer Arbeitslosigkeit“ kommen kann (Keynes, 1930). Unbestritten scheint, dass sich die neuen Technologien auf Beschäftigungsstrukturen – insbesondere nach Qualifikationsniveaus, Berufsbildern und Aufgaben („Tasks“) und damit verbunden auf Strukturen hinsichtlich z. B. des Geschlechts, Alters oder Qualifikationsniveaus – auswirken. Diese Aspekte werden in diesem Literaturüberblick zusammengefasst.³

Schätzungen der womöglich von Automatisierung bedingten Arbeitsplatzverluste reichen von 47 %, wie von Frey und Osborne (2017) festgestellt, bis zu weniger als 10 %, wie – aufbauend auf dem Ansatz von Frey und Osborne (2017) – die OECD in Arntz et al. (2016) berichtet. Der Unterschied zu Frey und Osborne (2017) besteht darin, dass hier nicht ganze Beschäftigungssektoren betrachtet werden, sondern die potenzielle Automatisierbarkeit (definiert als das Automatisierungsrisiko von über 70 %) von Aufgaben innerhalb eines Berufs bewertet werden. Nedelkoska und Qunitini (2018) erweitern die Erfassung von Ländern und Berufsbezeichnungen und kommen zu dem Schluss, dass etwa 14 % der Arbeitsplätze in den OECD-Ländern dem Risiko ausgesetzt sind, in hohem Maße automatisierbar zu sein. Allerdings werden in diesen Studien die Zeitspannen, über die dies geschehen könnte, nicht thematisiert bzw. angegeben. Dies ist jedoch ein wichtiger Aspekt, denn je länger die Zeiträume solcher Veränderungen sind, desto eher lassen sich durch Anpassungsprozesse und wirtschaftspolitische Maßnahmen die Auswirkungen abmildern.

Allerdings ist auch die entsprechende empirische Literatur (die sich in den letzten Jahren mit den Auswirkungen von IKT und Robotisierung befasst hat) keineswegs eindeutig (siehe z. B. auch Vivarelli, 2024, für einen Überblick). Eine Reihe von Arbeiten hat sich bislang mit den Auswirkungen der Einführung von Robotern beschäftigt. Erste Arbeiten von Sachs und Kotlikoff (2012), Benzell et al. (2015a) und Sachs et al. (2015) kommen zu dem Schluss, dass die Einführung von Robotern kurzfristig die Produktivität steigern, langfristig aber Löhne und Konsum senken würde. Acemoglu und Restrepo (2017) postulieren, dass Roboter bestimmte Arbeiten bzw. Aufgaben ersetzen können, was wahrscheinlich zu einem Rückgang von Beschäftigung und Löhnen führen werde. Umgekehrt können

³ Der Überblick ist eine übersetzte und leicht revidierte Version aus Stehrer (2024a).

Arbeitskräfte neue Aufgaben übernehmen, bei denen sie einen komparativen Vorteil gegenüber Robotern haben. Mit Schwerpunkt auf den US-Arbeitsmärkten stellen Acemoglu und Restrepo (2018) für den Zeitraum 1970-2007 fest, dass die Einführung von Robotern zu doch starken Rückgängen bei Beschäftigung und Löhnen geführt hat.

Graetz und Michaels (2018) untersuchen die Auswirkungen des Robotereinsatzes auf das Wachstum der Arbeitsproduktivität, das TFP-Wachstum, die Erzeugerpreise und die Beschäftigung und finden im Gegensatz keine signifikanten negativen Auswirkungen auf die Beschäftigung. Als Grund wird angeführt, dass Roboter zwar das Arbeitsproduktivitätswachstum und das TFP-Wachstum erhöhen, diese Produktivitätsgewinne aber auch die Produktionspreise senken und einen gegenläufigen Effekt haben. Ein aktueller Bericht der Europäischen Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (EBRD, 2018) kommt zu ähnlichen Ergebnissen für Schwellenländer.

Autor und Salomons (2018) untersuchen die folgenden Auswirkungen von TFP-Wachstum (als Proxy für das Aufkommen neuer Technologien) auf die Beschäftigung über verschiedene Kanäle: (i) Effekte in der eigenen Industrie, (ii) Effekte in vorgelagerten Industrien, (iii) Effekte in nachgelagerten Industrien und (iv) Effekte auf die Endnachfrage.⁴ Sie kommen zu dem Schluss, dass TFP-Wachstum (getrieben durch Patente und neue Technologien) negative direkte Auswirkungen, aber positive indirekte Auswirkungen auf die Beschäftigung hat, wobei insbesondere inter-industrielle Verknüpfungen und Effekte auf die Finalgüternachfrage dominieren. Der Gesamteffekt des technischen Fortschritts auf die Beschäftigung ist dadurch leicht positiv.⁵ Ghodsi et al. (2019) verwenden diesen Rahmen und quantifizieren die Auswirkungen von Robotern auf die Beschäftigung unter Verwendung einer größeren Stichprobe von Ländern. Ihre Ergebnisse zeigen keine signifikanten Auswirkungen auf die Beschäftigung, aber eine positive und signifikante Auswirkung auf das Wachstum der realen Wertschöpfung.

Auch die rezenten Arbeiten zeigen, dass die Auswirkungen der Robotisierung auf das Beschäftigungswachstum in Europa – wenn überhaupt signifikant – sehr gering und in manchen Fällen sogar leicht positiv sind (siehe beispielsweise Antón et al., 2020, und Jestl, 2022, für Studien auf regionaler Ebene). Aghion et al. (2023) geben einen Überblick über die neuere Literatur und stellen zwei Aspekte über die direkten und indirekten Auswirkungen der Automatisierung (d. h. des Einsatzes von Robotern) auf die Beschäftigung gegenüber. Unter Verwendung von Daten auf Unternehmensebene deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Automatisierung eine positive "direkte Auswirkung" hat, da die Nachfrage nach Produkten aufgrund niedrigerer qualitätsbereinigter Preise steigt, was den Effekt der Marktanteilsverschiebungen von Konkurrenten (der eine negative "indirekte Auswirkung" darstellen würden) überwiegt. Reljic et al. (2023) untersuchen ebenfalls die Auswirkungen von Robotern auf die Beschäftigung und kommen zu dem Ergebnis, dass sich die Robotisierung positiv auf die Beschäftigung im verarbeitenden Gewerbe auswirkt. In dieser Arbeit werden aber differenzierte Auswirkungen nach Ländergruppen und Berufen hervorgehoben, wobei die grundsätzlich positiven Auswirkungen für Länder in peripheren Lagen und für Arbeiter nicht bestätigt werden. Koch et al. (2019) (basierend auf spanischen Firmendaten über einen langen Zeitraum) finden robuste Evidenz dafür, dass größere und produktivere Unternehmen eher Roboter verwenden. Sie stellen fest, dass die Einführung von Robotern innerhalb von vier Jahren zu erheblichen Produktionssteigerungen in der Größenordnung von 20-25 % führt, den Anteil der Arbeitskosten um 5-7 Prozentpunkte senkt und zur Schaffung von 10 % neuen Arbeitsplätzen führt.

⁴ In einer früheren Arbeit über F&E spillovers wählten Nishioka und Ripoll (2012) einen ähnlichen Ansatz.

⁵ Siehe auch Autor und Salomons (2017) und Autor (2015) für einen Überblick.

Sie weisen aber auch auf erhebliche Arbeitsplatzverluste in Unternehmen hin, die keine Roboter einführen, und eine produktivitätssteigernde Umverteilung der Arbeitskräfte zwischen den Unternehmen, weg von den Nicht-Einführern und hin zu den Einführern.

Ausgehend von einem heterodoxen Modellrahmen leiten Dosi et al. (2021) ein Modell ab, in dem die Arbeitsnachfrage in den vorgelagerten Industrien von der Wertschöpfung, dem Lohnsatz und den F&E-Ausgaben abhängt und in den nachgelagerten Industrien ebenfalls von der Wertschöpfung, dem Lohnsatz sowie von expansiven und ersetzenden Investitionen. Sie schätzen ein dynamisches Panelmodell und finden einen positiven Effekt von Wertschöpfung und F&E in den vorgelagerten Industrien auf die Arbeitsnachfrage. In den nachgelagerten Industrien haben expansive Investitionen einen positiven und Ersatzinvestitionen einen negativen Einfluss auf die Beschäftigung. Stehrer (2022 und 2024a) findet ebenfalls positive Effekte auf Beschäftigungswachstum von IKT-Investitionen auf Industriebene für europäische Länder.

Andere Veröffentlichungen konzentrieren sich auf die Veränderungen der Beschäftigungsstruktur. Prettner und Bloom (2020; Kapitel 3) fassen eine Reihe von Arbeiten zusammen. Sie kommen im Großen und Ganzen zu dem Schluss, dass die Automatisierung positive Auswirkungen auf die Arbeitsproduktivität hat. Allerdings gibt es negative Beschäftigungs- und Lohneffekte für gering qualifizierte Arbeitnehmer (hauptsächlich im verarbeitenden Gewerbe), während die Effekte für hoch qualifizierte Arbeitnehmer unbedeutend oder sogar positiv sind. Insgesamt führt dies zu einem Rückgang des Anteils des Arbeitseinkommens. Dies sollte jedoch im längerfristigen Kontext gesehen werden. Seit den 1980er Jahren haben sich die Zusammensetzung der Erwerbsbevölkerung und die Entlohnung von Qualifikationen in den fortgeschrittenen Volkswirtschaften strukturell verändert, und insbesondere die Nachfrage nach Schulabgängern (mit mittlerer Qualifikation) ist im Vergleich zu Hochschulabsolventen (mit hoher Qualifikation) zurückgegangen, wie in Goos et al. (2019) dokumentiert. In verschiedenen Arbeiten wird auch dokumentiert, dass die Nachfrage nach Arbeitskräften mit mittlerer Qualifikation im Vergleich zu gering qualifizierten Arbeitskräften sogar zurückgegangen ist, was zu einer sogenannten Polarisierung des Arbeitsmarktes geführt hat, die vor allem in den USA und im Vereinigten Königreich, in geringerem Maße aber auch im übrigen Europa dokumentiert ist (Goos und Manning, 2007; Goos et al., 2009; Acemoglu und Autor, 2011). Insbesondere die Durchdringung mit digitalen Technologien seit den 1980er Jahren hat diesen Prozess beschleunigt (Autor et al., 2003). Allerdings dürften nicht nur der technologische Wandel, sondern auch der internationale Handel und Produktionsverlagerungen wichtige Antriebskräfte für dieses Muster gewesen sein (wie in Goos et al., 2014; Autor et al., 2015; Acemoglu et al., 2016 betont wird).

Diese Arbeiten stützen sich oft auf die von Autor et al. (2003) vorgeschlagene „Routinisierungshypothese“. Diese Theorie besagt, dass IKT-Kapital Arbeit bei Routineaufgaben, die einem sich wiederholenden Muster folgen und von einem Algorithmus oder einer programmierbaren Maschine ausgeführt werden können, leichter ersetzen kann. Im Gegensatz dazu kann Kapital die Arbeit bei nicht-routinemäßigen kognitiven Aufgaben ergänzen, d. h. bei Aufgaben, die sich nicht ohne weiteres als eine Reihe programmierbarer Regeln ausdrücken lassen. Da sich Routineaufgaben hauptsächlich auf Berufe im mittleren Bereich der Lohnverteilung konzentrieren, während nicht-routinemäßige kognitive Aufgaben hauptsächlich von hochqualifizierten Arbeitskräften ausgeführt werden, führt die Diffusion der IKT (aufgrund der sinkenden Preise für IKT) zu einem Anstieg der Nachfrage nach Arbeitskräften in gut bezahlten Berufen, aber zu einer geringeren Nachfrage nach Arbeitsplätzen mit mittlerem Einkommen, wie z. B. Angestellten und Handwerkern. Während die

Beschäftigung in Berufen mit mittlerem Einkommen in fast allen entwickelten Volkswirtschaften zurückgegangen ist und die Beschäftigung in Berufen mit hohem Einkommen zugenommen hat, haben Arbeitsplätze mit niedrigem Einkommen vor allem in den USA (Autor et al., 2003) und im Vereinigten Königreich (Goos und Manning, 2007) zugenommen, in geringerem Maße jedoch in der EU (Goos et al., 2019). Michaels et al. (2014) finden für 11 OECD-Länder im Zeitraum 1980-2004, dass ein Anstieg der IKT-Intensität eines Sektors, gemessen an der IKT-Kapitalentschädigung, mit einem steigenden Lohnanteil für hochqualifizierte Arbeitnehmer zum Nachteil der mittelqualifizierten Arbeitnehmer verbunden war. Es gibt jedoch auch Hinweise darauf, dass sich diese Muster nach der globalen Finanzkrise geändert haben könnten. Pichler und Stehrer (2021) bestätigen die wichtigsten Ergebnisse von Michaels et al. (2014) für diesen Zeitraum. Sie konzentrierten sich auf jüngere Jahre und stellen auf der Grundlage der 2019 veröffentlichten EU-KLEMS-Daten fest, dass ein stärkerer Anstieg der IKT-Intensität im Zeitraum 2011-2016 im Allgemeinen nicht mit einer steigenden (sinkenden) Nachfrage nach hoch-(mittel-)qualifizierten Arbeitskräften verbunden war. Im Gegensatz zu den Ergebnissen für den Zeitraum 1980-2004 für die westeuropäischen Volkswirtschaften argumentieren sie außerdem, dass eine höhere IKT-Intensität in den osteuropäischen Volkswirtschaften im Zeitraum 2011-2016 mit einem Anstieg (Rückgang) der mittel-(hoch-)qualifizierten Arbeitskräfte verbunden war. Die treibende Kraft hinter diesem Muster scheint der Dienstleistungssektor zu sein.

Die beschriebenen strukturellen Verschiebungen der Arbeitsnachfrage wurden in erster Linie als Veränderung der Arbeitsstunden in bestimmten Berufen gemessen. Andere Arbeiten verbinden diese These auch mit Veränderungen in den Einkommensstrukturen. So messen Acemoglu und Autor (2011) sowie Oesch und Menés (2011) Berufe auf der Grundlage ihres Einkommens in einem Basisjahr (in eine Rangfolge gebracht) und die Veränderungen der Beschäftigung innerhalb dieser Berufe. Auf der Grundlage von US-Daten aus dem Jahr 1980 verknüpfen Michaels et al. (2014) die Berufe mit dem Qualifikationsniveau der Arbeitskräfte (gemessen an der Bildung) und stellen fest, dass Berufe, die sich durch nicht-routinemäßige kognitive Aufgaben auszeichnen, meist von hochqualifizierten Arbeitnehmern ausgeübt werden. Arbeitnehmer mit mittleren Qualifikationen führen dagegen manuelle und kognitive Routineaufgaben aus. Gering qualifizierte Arbeitnehmer schließlich bilden die größte Gruppe innerhalb der nicht-routinemäßigen manuellen und routinemäßigen kognitiven Berufe. Die Routinisierungshypothese sagt also voraus, dass IKT die Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitnehmern erhöht, die Nachfrage nach mittelqualifizierten Arbeitnehmern jedoch verringert, aber sie liefert keine eindeutigen Vorhersagen für geringqualifizierte Arbeitnehmer. Neuere Studien zeigen, dass die Lohnprämie für Hochschulabsolventen in den USA um die Jahrtausendwende langsamer gestiegen oder sogar zum Stillstand gekommen ist (Valetta, 2018; Acemoglu und Autor, 2011).

In ähnlicher Weise stellten Castex und Dechter (2014) fest, dass die Rendite nicht-kognitiver Fähigkeiten seit den 1990er Jahren gestiegen ist. Beaudry et al. (2016) bezeichnen diesen Trend als "Umkehrung der Nachfrage nach Fähigkeiten". Edin et al. (2017) fassen mehrere Erklärungen zusammen, die zur Erklärung dieses Trends vorgebracht werden. Deming (2017) behauptet, dass sich die Nachfrage nach Qualifikationen verlagert, und hebt hervor, dass das Lohnwachstum in Berufen, die soziale Kompetenzen erfordern, stärker ist. Beaudry et al. (2016) argumentieren, dass in der frühen Investitionsphase eine hohe und wachsende Nachfrage nach kognitiven Aufgaben besteht, um die Einführung digitaler Technologien zu erleichtern. Als digitale Fähigkeiten und die Nutzung von IKT allgegenwärtig wurden, erreichte die Technologie ihre Reife und reduzierte schließlich die Prämie für digitale Fähigkeiten. Hershbein und Kahn (2017) bestätigen dieses Argument und zeigen, dass Berufe, die traditionell durch Routineaufgaben gekennzeichnet waren, eine Höherqualifizierung erfuhren,

insbesondere während der globalen Finanzkrise. Dies bedeutet, dass Arbeitnehmer mit kognitiven Fähigkeiten zunehmend von weniger gut bezahlten Berufen angezogen werden. Ein ergänzendes Argument von Brynjolfsson und McAfee (2014) besagt, dass der Fortschritt in der Computertechnologie es dem Kapital ermöglicht hat, effektiver mit nicht-routinemäßigen kognitiven Aufgaben zu konkurrieren, wodurch die Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften gesunken ist.

Dieser Überblick zeigt die potenziellen vielfältigen Mechanismen und Effekte, die man durch das Aufkommen und die Diffusion neuer Technologien erwarten kann. Sie zeigen nicht unbedingt in nur eine Richtung, sondern können vielfältige Implikationen haben, die wesentlich auch durch institutionelle und wirtschaftspolitische Faktoren bedingt sind (siehe Acemoglu und Johnson, 2023, für einen historischen Überblick in dieser Hinsicht). Die Literatur zeigt aber auch, dass die Forschung hinsichtlich der Untersuchungen der Messung und somit Auswirkungen von neuen Technologien wie Robotisierung, KI, Verwendung von Big Data, Nano- und Biotechnologien erst am Anfang steht, unabhängig von der Frage, ob man aus Analysen der Vergangenheit Schlussfolgerungen für zukünftige Entwicklungen ableiten kann.

3 Methodischer Ansatz

3.1 EINLEITUNG

In diesem Abschnitt werden einfache (deskriptive) Regressionen gezeigt, die den Zusammenhang zwischen der Verwendung von ausgewählten IKT-Variablen, Firmenperformance und schließlich Beschäftigungsstrukturen zeigen. Die untersuchten IKT-Variablen aus der IKTU-Erhebung⁶, für die detaillierte Ergebnisse gezeigt werden, sind:⁷

- › Beschäftigung von IKT-Fachleuten
- › Durchführung von IKT-Schulungen für (i) IKT-Fachleute und (ii) für Nicht-Fachleute
- › Verwendung von Robotern
- › Verwendung von 3D Druck

Weitere Indikatoren hinsichtlich der Verwendung von IKT und neuen Technologien wurden ebenfalls getestet. Da die Resultate jedoch alle qualitativ ähnlich sind, wie in diesem Abschnitt erörtert, werden die Ergebnisse nur am Schluss kurz zusammengefasst.

Alle verwendeten Technologievariablen zeigen an, ob ein Unternehmen die jeweilige Technologie tatsächlich anwendet oder nicht. Die erklärende Variable ist daher ein Dummy (1/0). Firmenperformance (als abhängige Variable) wird durch die logarithmierten Werte (aus der Leistungs- und Strukturhebung, LSE) mit folgenden Variablen gemessen:

- › Größe: Anzahl der beschäftigten Personen, Vollzeitäquivalente, Umsatz, Investitionen gesamt und Investitionen in Software
- › Produktivität: Umsatz pro Arbeitsstunde bzw. pro Beschäftigtem
- › Entlohnung per Arbeitsstunde bzw. pro Beschäftigtem

Weiters werden Beschäftigungsstrukturen (mit Daten aus der LSE) untersucht, nämlich

- › Anteil der geringfügig Beschäftigten (relativ zu der Gesamtbeschäftigung)
- › Anteil der Lehrlinge (relativ zu der Gesamtbeschäftigung)
- › Anteil der Teilzeitbeschäftigten (relativ zu der Gesamtbeschäftigung)
- › Anteil der Frauen an der Gesamtbeschäftigung
- › Anteil der Frauen bei den geringfügigen Beschäftigten

⁶ Für einen detaillierten Überblick siehe Stehrer (2024b).

⁷ Eine weitere Variable, bezüglich der Verwendung von Künstlicher Intelligenz (KI), wurde versucht. Die Verwendung von KI wird jedoch nur von wenigen Firmen bestätigt. Da auch die Frage nur im Jahr 2021 gestellt wurde und die LSE-Erhebung nur bis 2020 verfügbar ist, gab es keine Übereinstimmung bei den Firmen, sodass keine Analysen analog zu den in diesem Kapitel gezeigten durchgeführt werden konnten.

› Anteil der Frauen bei den Lehrlingen

Die IKTU-Erhebung ändert sich über die Zeit und manche Fragen werden nur in wenigen Jahren oder auch nur in einem einzigen Jahr gestellt. Daher wird der gesamte Zeitraum der IKTU-Erhebung (2015-2022) verwendet und das Maximum der 0/1-Variable über die Zeit gebildet. D. h., wenn eine Firma zu einem Zeitpunkt angibt, die entsprechende Technologie zu verwenden, wird sie mit „1“ klassifiziert. Analog werden die abhängigen Variablen ebenfalls als Durchschnitte bzw. Mediane (für Wachstumsraten)⁸ über die Zeit berechnet.

Die geschätzte OLS-Regressionsgleichung in Niveaus ist dann

$$\ln X = \alpha + \beta \text{IKT} + \text{Dummies} + \varepsilon$$

Dabei gibt X die abhängige Variable als Proxy für die Größe eines Unternehmens (z. B. Umsatz, Beschäftigung, etc.) oder die Performance pro Beschäftigten an (z. B. Umsatz pro Beschäftigtem, etc.). In letzterem Fall wird für Größe durch Indikatorvariablen für KMU-Klassen (10-49, 50-249, und 250+) kontrolliert. IKT bezeichnet die Verwendung von neuen Technologien (0/1) und ε ist der Fehlerterm. In allen Regressionen wird für Industrie-Fixeffekte auf NACE-Revision 2-Steller Ebene kontrolliert (Dummies). Für die Gleichungen in Wachstumsraten oder Änderungen wird der Median der Wachstumsraten über die Zeit verwendet. Bei den Anteilen wurde der Durchschnitt der Änderungen der Anteile in Prozentpunkten über die Zeit verwendet. In diesen Gleichungen wird für die Größe des Unternehmens mit dem logarithmierten Umsatz kontrolliert.

$$\Delta X = \alpha + \beta \text{IKT} + \ln \text{Umsatz} + \text{Dummies} + \varepsilon$$

Der Effekt der 0/1-Variable (IKT) auf die abhängige Variable kann dann mit $\exp(\beta)$ berechnet werden.

Es wird betont, dass es sich bei diesen Analysen um konditionale Korrelationen handelt, die keineswegs ein kausaler Effekt interpretiert werden sollten. Es sollte auch berücksichtigt werden, dass das Sample der IKTU-Erhebung nach Industriegruppen und Größe stratifiziert und relativ klein ist (im Durchschnitt etwa 3.000 antwortende Firmen). Die Befragung ist auch nicht obligatorisch, sodass sie eher eine Zufallsstichprobe abbildet (siehe Stehrer, 2024b). Zusätzlich ändern sich auch die Fragen über die Zeit und es werden nicht alle Variablen in allen Jahren abgefragt. Das sind auch die Gründe dafür, dass nur Querschnittsresultate gezeigt werden. Für die Regressionen werden lediglich die Firmen verwendet, die angeben, dass die jeweilige Frage relevant ist.

Als Robustheitstest wurden auch noch Regressionen mit einem eingeschränkten Sample mit Firmen durchgeführt, die in der LSE über den ganzen Zeitraum verfügbar sind. Diese Resultate werden in den Fällen erwähnt, in denen sich diese Ergebnisse von den anderen unterscheiden.

⁸ Trotzdem gibt es bei den Wachstumsraten „Ausreißer“, die noch nicht vollständig kontrolliert werden konnten, wodurch manche Koeffizienten unplausibel groß sind.

4 IKT-Beschäftigung und -Schulungen

4.1 IKT-FACHLEUTE UND FIRMENPERFORMANCE

In diesem Abschnitt untersuchen wir zunächst den Zusammenhang zwischen der Verwendung von IKT-Fachleuten bzw. IKT-Schulungen und der Firmenperformance. Fast die Hälfte der Firmen (46.4 %) gibt an, IKT-Fachleute zu beschäftigen (Stehrer, 2024b). Zur Analyse des Zusammenhanges zwischen Firmenperformance und IKT-Verwendung werden – wie oben ausgeführt – einfache Zusammenhänge durch OLS-Regressionen geschätzt. Wie Tabelle 4.1 zeigt, gibt es einen signifikanten Zusammenhang, da Unternehmen, die IKT-Fachleute beschäftigen, drei- bis fünfmal größer sind (hinsichtlich der Anzahl der Beschäftigten oder Vollzeitäquivalenten bzw. Umsatz und Investitionen). Interessanterweise zeigen sich diese Zusammenhänge auch dann, wenn man für Größe kontrolliert, wie im zweiten Teil der Tabelle 4.1 zu sehen ist.

Tabelle 4.1 / Beschäftigung von IKT-Fachleuten und Größenperformance

	Beschäftigte	Arbeitsstunden	VZE	Umsatz	Investitionen	Software-Investitionen
YES	1,164*** (0,021)	1,355*** (0,032)	1,217*** (0,021)	1,395*** (0,026)	1,475*** (0,036)	1,517*** (0,046)
Konstante	3,013*** (0,925)	11,164*** (0,521)	2,868*** (0,953)	8,210*** (0,814)	5,248*** (1,590)	0,327 (1,228)
Beobachtungen	10.153	3.967	10.150	10.154	9.993	7.016
R ²	0,335	0,418	0,353	0,420	0,356	0,295
R ² adj	0,331	0,414	0,349	0,417	0,352	0,289
F	81,84	91,27	88,94	118,0	88,52	47,04

	Beschäftigte	Arbeitsstunden	VZE	Umsatz	Investitionen	Software-Investitionen
YES	0,259*** (0,014)	0,231*** (0,020)	0,264*** (0,014)	, ,	0,237*** (0,032)	0,480*** (0,046)
Ln Umsatz	0,649*** (0,005)	0,679*** (0,007)	0,682*** (0,005)	, ,	0,882*** (0,011)	0,761*** (0,016)
Konstante	-1,734*** (0,391)	3,587*** (0,282)	-2,077*** (0,387)	, ,	-2,240* (1,235)	-1,904 (1,514)
Beobachtungen	10.151	3.967	10.148	.	9.991	7.014
R ²	0,765	0,842	0,788	,	0,614	0,469
R ² adj	0,764	0,841	0,787	,	0,611	0,464
F	521,3	654,3	596,6	,	250,4	97,30

YES: Beschäftigung von IKT-Fachleuten

Standardfehler in Klammern.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Quelle: AMDC der Statistik Austria; eigene Berechnungen.

Auch sind Unternehmen mit IKT-Fachleuten etwa 30 % produktiver und zahlen etwa 20 % höhere Löhne (oberes Panel in Tabelle 4.2). Das gilt auch, wenn man für Größe mit Dummies nach KMU-Klassen kontrolliert (unteres Panel in Tabelle 4.2).

Tabelle 4.2 / Beschäftigung von IKT-Fachleuten und Performance

	Umsatz pro Arbeitsstunde	Löhne und Gehälter pro Arbeitsstunde	Umsatz pro Beschäftigtem	Löhne und Gehälter pro Beschäftigtem
YES	0,297*** (0,022)	0,170*** (0,008)	0,232*** (0,016)	0,186*** (0,008)
Konstante	0,039 (0,348)	-3,268*** (0,132)	4,629*** (0,488)	3,782*** (0,334)
Beobachtungen	3.967	3.967	10.151	10.150
R2	0,232	0,383	0,442	0,458
R2adj	0,226	0,378	0,439	0,454
F	38,30	78,76	128,9	137,2

	Umsatz pro Arbeitsstunde	Löhne und Gehälter pro Arbeitsstunde	Umsatz pro Beschäftigtem	Löhne und Gehälter pro Beschäftigtem
YES	0,198*** (0,025)	0,091*** (0,009)	0,198*** (0,018)	0,136*** (0,008)
Konstante	0,053 (0,347)	-3,237*** (0,129)	4,679*** (0,488)	3,766*** (0,331)
Beobachtungen	3.967	3.967	10.151	10.150
R2	0,242	0,420	0,443	0,468
R2adj	0,236	0,415	0,440	0,464
F	37,01	83,61	123,5	136,4

Bemerkung: In der unteren Tabelle wurde für Größenklassen kontrolliert.

YES: Beschäftigung von IKT-Fachleuten

Standardfehler in Klammern.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Quelle: AMDC der Statistik Austria; eigene Berechnungen.

Firmen, die IKT-Fachleute beschäftigen, weisen auch durchschnittlich höhere Wachstumsraten bei Umsatz, Investitionen, Softwareinvestitionen und Produktivität (pro Arbeitsstunde) auf, wie Tabelle 4.3 zeigt. Es zeigen sich aber keine signifikanten Beziehungen mit Beschäftigungswachstum (siehe Tabelle 4.3).⁹ Dabei wird für Firmengröße kontrolliert (da typischerweise größere Firmen geringere Wachstumsraten aufweisen). Qualitativ ähnliche Resultate erhält man, wenn man anstelle des logarithmierten Umsatzes Größenklassendummies verwendet. Allerdings wird durch diese Variablen nur eine geringere Varianz erklärt.

⁹ Die hohen Koeffizienten sind durch Ausreißer verursacht. Beschränkt man das Sample auf Firmen, die in der LSE-Statistik über den ganzen Zeitraum verfügbar sind, gehen diese signifikanten Korrelation sogar in den meisten Fällen verloren.

Tabelle 4.3 / Beschäftigung von IKT-Fachleuten und Wachstumsperformance

	Beschäftigte	Arbeitsstunden	VZE	Umsatz	Investitionen	Software-Investitionen
YES	0,076 (0,779)	-0,314 (1,412)	-0,788 (1,370)	168,072** (75,834)	61,289*** (16,799)	21,234*** (6,877)
Ln Umsatz	-0,444* (0,270)	-0,801* (0,478)	-0,389 (0,474)	-39,155 (26,226)	-40,370*** (5,819)	8,271*** (2,446)
Konstante	4,314 (29,888)	15,976 (19,413)	3,193 (37,251)	325,647 (2,061,526)	353,883 (638,930)	-90,354 (220,613)
Beobachtungen	9.606	3.730	9.604	9.607	9.458	6.476
R2	0,012	0,012	0,007	0,002	0,011	0,024
R2adj	0,00536	0,00322	0,000384	-0,00482	0,00415	0,0139
F	1,822	1,376	1,058	0,269	1,626	2,452

	Umsatz pro Arbeitsstunde	Löhne und Gehälter pro Arbeitsstunde	Umsatz pro Beschäftigtem	Löhne und Gehälter pro Beschäftigten
YES	6,596*** (2,009)	-0,105 (0,452)	2,087 (1,420)	-0,020 (0,216)
Ln Umsatz	-3,095*** (0,680)	-0,176 (0,153)	-0,776 (0,492)	-0,237*** (0,075)
Konstante	17,268 (27,613)	5,560 (6,212)	0,920 (38,583)	13,252 (8,283)
Beobachtungen	3.730	3.730	9.605	9.603
R2	0,012	0,007	0,003	0,014
R2adj	0,00382	-0,00111	-0,00359	0,00771
F	1,447	0,871	0,454	2,184

YES: Beschäftigung von IKT-Fachleuten

Standardfehler in Klammern.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Quelle: AMDC der Statistik Austria; eigene Berechnungen.

Hinsichtlich der untersuchten Beschäftigungsstrukturen zeigen sich nur geringe Unterschiede, wie Tabelle 4.4 zeigt. Firmen mit mehr IKT-Fachleuten haben durchschnittlich weniger weibliche Beschäftigte (um 1.2 Prozentpunkte) und der Anteil der weiblichen geringfügigen Beschäftigten (an den gesamten geringfügigen Beschäftigten) ist geringer (um 1.9 Prozentpunkte). Diese Resultate zeigen auch, dass bei größeren Firmen der Anteil geringfügiger Beschäftigter, von Lehrlingen, Teilzeitbeschäftigten und Frauen geringer ist. Über die Zeit sind hier jedoch Änderungen festzustellen (siehe Tabelle 4.5).

Tabelle 4.4 / Anteile von Beschäftigungsgruppen

	Geringfügig Beschäftigte	Lehrlinge	Teilzeit	Frauen	Frauen geringfügig	Frauen Lehrlinge
YES	0,008 (0,226)	-0,030 (0,123)	-0,391 (0,394)	-1,228*** (0,420)	-1,743* (0,965)	-0,861 (0,999)
Umsatz (in ln)	-1,816*** (0,076)	-0,230*** (0,042)	-2,719*** (0,133)	-0,511*** (0,142)	-0,421 (0,326)	0,315 (0,338)
Konstante	17,390*** (6,262)	5,517 (3,409)	31,838*** (10,926)	32,524*** (11,651)	34,386 (34,539)	61,199** (28,226)
Beobachtungen	10.151	10.151	10.151	10.151	8.631	5.536
R2	0,248	0,253	0,420	0,579	0,087	0,379
R2 adj.	0,243	0,249	0,416	0,577	0,0806	0,372
F-Wert	52,70	54,36	116,0	220,5	13,19	53,93

YES: Beschäftigung von IKT-Fachleuten

Standardfehler in Klammern.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Quelle: AMDC der Statistik Austria; eigene Berechnungen.

Tabelle 4.5 / Anteilsänderungen von Beschäftigungsgruppen

	Geringfügig Beschäftigte	Lehrlinge	Teilzeit	Frauen	Frauen geringfügig	Frauen Lehrlinge
YES	-0,038 (0,049)	0,018 (0,027)	-0,010 (0,099)	-0,036 (0,070)	0,374 (0,511)	-0,060 (0,375)
Umsatz (in ln)	0,036** (0,017)	0,007 (0,009)	0,006 (0,034)	0,046* (0,024)	-0,226 (0,175)	-0,234* (0,129)
Konstante	-0,044 (1,319)	-0,061 (0,739)	0,068 (2,691)	-0,695 (1,904)	1,923 (16,814)	0,227 (10,217)
Beobachtungen	9.605	9.605	9.605	9.605	7.248	4.973
R2	0,023	0,005	0,010	0,012	0,009	0,013
R2 adj.	0,0170	-0,00125	0,00329	0,00500	0,000553	0,00101
F-Wert	3,637	0,810	1,503	1,766	1,065	1,084

YES: Beschäftigung von IKT-Fachleuten

Standardfehler in Klammern.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Quelle: AMDC der Statistik Austria; eigene Berechnungen.

4.2 IKT-SCHULUNGEN UND FIRMENPERFORMANCE

Qualitativ analoge Resultate findet man für die Unternehmen, die Schulungen für IKT-Fachleute durchführen. Dabei wird unterschieden, ob diese Schulungen für IKT-Fachleute oder auch für Nicht-Fachleute angeboten werden. Immerhin geben 31 % der Firmen an, IKT-bezogene Schulungen oder Weiterbildungen für IKT-Fachleute durchzuführen. Sogar noch mehr Firmen (41 %) geben an, dass sie auch IKT-bezogene Schulungen oder Weiterbildungen für andere Beschäftigte als IKT-Fachleute durchführen. Auch hier deuten die Ergebnisse darauf hin, dass hauptsächlich größere Firmen IKT-bezogene Schulungen sowohl für IKT-Fachleute als auch für Nicht-Fachleute anbieten (Tabelle 4.6). Firmen, die IKT-Schulungen durchführen, sind auch produktiver und zahlen höhere Löhne (Tabelle 4.7).

Tabelle 4.6 / IKT-bezogene Schulungen und Größenperformance

Für IKT-Fachleute

	Beschäftigte	Arbeitsstunden	VZE	Investitionen	Software-Investitionen
YES	0,232*** (0,016)	0,215*** (0,022)	0,235*** (0,016)	0,259*** (0,035)	0,605*** (0,049)
Ln Umsatz	0,656*** (0,005)	0,686*** (0,007)	0,690*** (0,005)	0,879*** (0,011)	0,737*** (0,016)
Konstante	-2,870*** (0,397)	5,195*** (0,334)	-3,291*** (0,392)	-3,374*** (0,884)	-5,721*** (1,076)
Beobachtungen	10.119	3.810	10.102	9.958	6.966
R2	0,760	0,844	0,783	0,607	0,467
R2adj	0,758	0,842	0,782	0,604	0,462
F	497,2	618,1	565,8	238,7	94,42

YES: Schulungen für IKT-Fachleute

Für Nicht-Fachleute

	Beschäftigte	Arbeitsstunden	VZE	Investitionen	Software-Investitionen
YES	0,172*** (0,013)	0,129*** (0,018)	0,176*** (0,013)	0,177*** (0,029)	0,369*** (0,042)
Ln Umsatz	0,667*** (0,005)	0,702*** (0,006)	0,701*** (0,005)	0,891*** (0,011)	0,781*** (0,016)
Konstante	-2,928*** (0,398)	4,994*** (0,335)	-3,349*** (0,392)	-1,524* (0,880)	-2,974* (1,526)
Beobachtungen	10.038	3.775	10.021	9.880	6.921
R2	0,760	0,842	0,783	0,608	0,462
R2adj	0,758	0,840	0,782	0,606	0,457
F	492,7	603,2	561,6	238,2	91,89

YES: Schulungen für Nicht-Fachleute

Standardfehler in Klammern.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Quelle: AMDC der Statistik Austria; eigene Berechnungen.

Tabelle 4.7 / IKT-bezogene Schulungen und Performance*Für IKT-Fachleute*

	Umsatz pro Arbeitsstunde	Löhne und Gehälter pro Arbeitsstunde	Umsatz pro Beschäftigtem	Löhne und Gehälter pro Beschäftigtem
YES	0,251*** (0,027)	0,119*** (0,010)	0,279*** (0,020)	0,180*** (0,009)
Konstante	-2,556*** (0,415)	-3,698*** (0,155)	5,987*** (0,495)	3,685*** (0,239)
Beobachtungen	3.810	3.810	10.119	10.109
R2	0,261	0,429	0,443	0,466
R2 adj	0,254	0,424	0,439	0,462
F	38,07	81,09	121,1	132,8

YES: Schulungen für IKT-Fachleute

Für Nicht-Fachleute

	Umsatz pro Arbeitsstunde	Löhne und Gehälter pro Arbeitsstunde	Umsatz pro Beschäftigtem	Löhne und Gehälter pro Beschäftigtem
YES	0,174*** (0,023)	0,083*** (0,009)	0,164*** (0,016)	0,112*** (0,008)
Konstante	-2,623*** (0,417)	-3,732*** (0,156)	6,103*** (0,496)	3,638*** (0,241)
Beobachtungen	3.775	3.775	10.038	10.028
R2	0,255	0,424	0,438	0,456
R2 adj.	0,248	0,419	0,434	0,452
F	36,63	78,75	117,6	126,5

Bemerkung: In den Regressionen wurde für Größenklassen kontrolliert.

YES: Schulungen für Nicht-Fachleute

Standardfehler in Klammern.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Quelle: AMDC der Statistik Austria; eigene Berechnungen.

Hinsichtlich der Beschäftigungsstrukturen zeigt sich nur, dass Firmen mit IKT-Schulungen für Fachleute einen etwas geringeren Frauenanteil aufweisen; dies trifft jedoch nicht für Firmen zu, die IKT-bezogene Schulungen für Nicht-Fachleute angeben. Diese weisen jedoch einen etwas höheren Anteil bei Lehrlingen und bei geringfügig beschäftigten Frauen auf (siehe Tabelle 4.8). Hinsichtlich der Wachstumsperformance und Änderung der Beschäftigungsanteile finden sich so gut wie keine signifikanten Resultate.¹⁰

¹⁰ Die Resultate sind (qualitativ) robust, wenn man sie auf Firmen einschränkt, die über mehrere Jahre beobachtet werden.

Tabelle 4.8 / Beschäftigungsanteile und IKT-Schulungen*Für IKT-Fachleute*

	Geringfügig Beschäftigte	Lehrlinge	Teilzeit	Frauen	Frauen geringfügig	Frauen Lehrlinge
YES	0,186 (0,251)	0,175 (0,135)	-0,348 (0,439)	-1,365*** (0,471)	0,195 (1,066)	-0,807 (1,073)
Umsatz (in ln)	-1,840*** (0,078)	-0,249*** (0,042)	-2,706*** (0,137)	-0,398*** (0,147)	-0,717** (0,334)	0,383 (0,345)
Konstante	20,471*** (6,338)	2,454 (3,413)	42,676*** (11,063)	63,750*** (11,871)	49,530 (34,615)	-3,064 (28,334)
Beobachtungen	10.119	10.119	10.119	10.119	8.582	5.468
R2	0,242	0,253	0,411	0,567	0,087	0,374
R2 adj.	0,237	0,248	0,407	0,564	0,0801	0,367
F-Wert	50,08	53,28	109,4	205,4	12,67	51,32

YES: Schulungen für IKT-Fachleute

Standardfehler in Klammern.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Für Nicht-Fachleute

	Geringfügig Beschäftigte	Lehrlinge	Teilzeit	Frauen	Frauen geringfügig	Frauen Lehrlinge
YES	-0,236 (0,206)	0,590*** (0,111)	-0,322 (0,360)	0,066 (0,386)	1,673* (0,870)	-1,193 (0,892)
Umsatz (in ln)	-1,789*** (0,075)	-0,317*** (0,040)	-2,725*** (0,131)	-0,625*** (0,141)	-0,960*** (0,320)	0,476 (0,325)
Konstante	20,360*** (6,341)	2,754 (3,400)	42,857*** (11,059)	64,714*** (11,864)	37,084 (34,510)	61,084** (28,305)
Beobachtungen	10.038	10.038	10.038	10.038	8.517	5.434
R2	0,242	0,258	0,412	0,566	0,087	0,374
R2 adj.	0,237	0,253	0,408	0,564	0,0801	0,367
F-Wert	49,79	54,06	109,2	203,6	12,59	50,95

YES: Schulungen für Nicht-Fachleute

Standardfehler in Klammern.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Quelle: AMDC der Statistik Austria; eigene Berechnungen.

5 Neue Technologien, Performance und Beschäftigung – Ausgewählte Ergebnisse

5.1 VERWENDUNG VON ROBOTERN

Im Fokus der rezenten Literatur stehen die Auswirkungen von Robotern auf Beschäftigung (Jestl, 2022; Antón, 2020; Acemoglu und Restrepo, 2017 und 2018; Aghion et al., 2023). Stehrer (2024b) dokumentiert, dass durchschnittlich 12.6 % der befragten Firmen angeben, Industrieroboter zu verwenden; 3.9 % der befragten Firmen geben an, Serviceroboter zu verwenden. In diesem Abschnitt zeigen wir die Auswirkungen der Verwendung von Robotern von Firmen (als Indikator 0/1) auf die schon gezeigten Firmenvariablen und Beschäftigungsstrukturen (siehe Tabelle 5.1).

Tabelle 5.1 / Verwendung von Robotern und Größenperformance

	Beschäftigte	Arbeitsstunden	VZE	Investitionen	Software-Investitionen
Industrieroboter (0/1)	0,125*** (0,033)	0,137*** (0,032)	0,119*** (0,032)	0,394*** (0,069)	0,051 (0,096)
Dienstleistungsroboter (0/1)	0,024 (0,045)	0,006 (0,048)	0,017 (0,045)	0,172* (0,097)	0,224 (0,139)
Ln Umsatz	0,722*** (0,006)	0,724*** (0,008)	0,753*** (0,006)	0,942*** (0,013)	0,869*** (0,021)
Konstante	-1,599*** (0,576)	4,395*** (0,485)	-2,037*** (0,568)	-4,006*** (1,212)	-3,548** (1,564)
Beobachtungen	4.505	1.842	4.500	4.436	3.223
R ²	0,801	0,866	0,819	0,677	0,508
R ² adj	0,798	0,863	0,816	0,672	0,498
F	274,7	342,4	308,8	140,8	50,18

Standardfehler in Klammern.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Quelle: AMDC der Statistik Austria; eigene Berechnungen.

Die Regressionsanalysen zeigen (Tabelle 5.1), dass Unternehmen, die Roboter verwenden, hinsichtlich der Anzahl der Beschäftigten (Personen oder Vollzeitäquivalente), Umsatz oder Softwareinvestitionen größer sind als Unternehmen, die keine Roboter verwenden. Dies gilt jedoch nur für Industrieroboter. Unternehmen mit Robotern (insbesondere Dienstleistungsrobotern) sind auch etwas produktiver und zahlen auch etwas höhere Löhne (Tabelle 5.2).¹¹

¹¹ Die Resultate sind robust, wenn man die Gleichungen für Industrie- bzw. Dienstleistungsroboter separat schätzt. Bei den Performanceregressionen werden Größenklassendummies verwendet.

Tabelle 5.2 / Verwendung von Robotern und Performance

	Umsatz pro Arbeitsstunde	Löhne und Gehälter pro Arbeitsstunde	Umsatz pro Beschäftigtem	Löhne und Gehälter pro Beschäftigtem
Industrieroboter (0/1)	0,058 (0,040)	-0,011 (0,015)	0,080** (0,039)	0,040** (0,020)
Dienstleistungsroboter (0/1)	0,212*** (0,061)	0,055** (0,023)	0,236*** (0,055)	0,091*** (0,027)
Konstante	-2,023*** (0,606)	-3,785*** (0,228)	4,512*** (0,691)	3,888*** (0,345)
Beobachtungen	1.842	1.842	4.505	4.503
R ²	0,262	0,413	0,461	0,453
R ² adj	0,248	0,401	0,453	0,445
F	17,84	35,25	56,58	54,90

Bemerkung: In den Regressionen wurde für Größenklassen kontrolliert.

Standardfehler in Klammern.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Quelle: AMDC der Statistik Austria; eigene Berechnungen.

Es zeigen sich jedoch keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Beschäftigungsstrukturen (Anteil der geringfügig Beschäftigten, der Lehrlinge oder der Teilzeitarbeit) bzw. der Anteile der Frauen (in der gesamten Beschäftigung, der geringfügig Beschäftigten oder der Lehrlinge). Gleiches gilt für die Veränderung dieser Anteile. Es findet sich auch kein Zusammenhang der Verwendung von Robotern mit der Wachstumsperformance der Unternehmen. Insbesondere findet sich somit auch kein Hinweis darauf, dass Firmen, die Robotertechnologie verwenden, ein geringeres Beschäftigungswachstum aufweisen. Diese Ergebnisse bestätigen die von Aghion et al. (2023).

5.2 VERWENDUNG VON 3D-DRUCK

Eine analoge Analyse wurde für die Verwendung von 3D-Druck (additive Fertigung) durchgeführt. Laut Stehrer (2024b) verwenden 7.2 % der Firmen 3D-Druck über externe Unternehmen und 6.6 % der Firmen verwenden unternehmenseigene 3D-Drucker. Ähnlich wie bei der Verwendung von Robotik zeigt sich, dass Firmen, die 3D-Druck verwenden, tendenziell etwas größer hinsichtlich Beschäftigung und Investitionen sind. Jedoch ergeben sich hinsichtlich der Produktivität und Löhne keine signifikanten Zusammenhänge (Tabelle 5.4). Wiederum zeigen sich auch keine signifikanten Effekte hinsichtlich der Wachstumsperformance oder der Beschäftigungsstrukturen bzw. deren Veränderungen.

Tabelle 5.3 / 3D-Druck und Größenperformance

	Beschäftigte	Arbeitsstunden	VZE	Investitionen	Software-Investitionen
3D-Druck (0/1)	0,135* (0,070)	0,097 (0,067)	0,116* (0,068)	0,355** (0,141)	0,652*** (0,201)
Ln Umsatz	0,754*** (0,009)	0,741*** (0,011)	0,784*** (0,009)	0,976*** (0,018)	0,880*** (0,029)
Konstante	-2,615*** (0,593)	4,923*** (0,490)	-2,995*** (0,578)	-2,244* (1,193)	-5,253*** (1,585)
Beobachtungen	2.275	919	2.272	2.246	1.641
R ²	0,813	0,877	0,832	0,703	0,511
R ² adj	0,808	0,873	0,827	0,694	0,492
F	157,8	191,7	179,0	84,58	27,02

Standardfehler in Klammern.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Quelle: AMDC der Statistik Austria; eigene Berechnungen.

Tabelle 5.4 / Verwendung von 3D-Druck und Performance

	Umsatz pro Arbeitsstunde	Löhne und Gehälter pro Arbeitsstunde	Umsatz pro Beschäftigtem	Löhne und Gehälter pro Beschäftigtem
3D-Druck (0/1))	0,179** (0,084)	0,051 (0,031)	0,189** (0,081)	0,104*** (0,040)
Konstante	-2,564*** (0,607)	-3,695*** (0,227)	4,758*** (0,691)	3,669*** (0,339)
Beobachtungen	919	919	2.275	2.273
R ²	0,262	0,438	0,478	0,469
R ² adj	0,232	0,416	0,463	0,454
F	8,936	19,68	32,11	30,94

Bemerkung: In den Regressionen wurde für Größenklassen kontrolliert.

Standardfehler in Klammern.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Quelle: AMDC der Statistik Austria; eigene Berechnungen.

5.3 ERGEBNISSE FÜR WEITERE INDIKATOREN ZUR VERWENDUNG NEUER TECHNOLOGIEN (ZUSAMMENFASSUNG)

Analoge Analysen wurden weiters für eine Reihe anderer Variablen zur Verwendung neuer Technologien durchgeführt:

› Verwendung von Big Data

- Unternehmen, die erwogen haben, Big-Data-Analysen selbst oder von anderen Unternehmen oder Organisation durchführen zu lassen (bdaec)
- Unternehmen, die externe Unternehmen oder Organisationen mit der Durchführung von Big-Data-Analysen beauftragt haben (bdaext)

- › Unternehmen mit Cloud-Services (cc)
- › Chat-Service
 - Unternehmen mit einem Chat-Service, bei dem virtuelle Agenten automatisiert auf Kundenanfragen antworten (chtb)
 - Unternehmen mit einem Chat-Service, bei dem Personen auf Kundenanfragen antworten (chtp)
- › CRM-Software
 - Unternehmen mit CRM-Software zur Auswertung von Kundschaftsdaten für Marketingzwecke (crman)
 - Unternehmen mit CRM-Software zur Erfassung und Speicherung von Kundschaftsdaten (crmstr)
- › Unternehmen mit automatisiertem Datenaustausch im Rahmen des Supply Chain Managements (sisc)
- › Unternehmen mit sozialen Netzwerken (sm1_snet)

Die Resultate sind qualitativ den oben aufgeführten ähnlich. Es gibt oftmals signifikante Zusammenhänge zwischen der Firmengröße (gemessen an der Beschäftigung, den Investitionen, etc.) und der Produktivität. Nur in manchen Fällen zeigen sich signifikante (meist positive) Effekte auf Wachstumsraten verschiedener Variablen; diese Ergebnisse sind jedoch uneinheitlich und meistens nicht robust (wie verschiedene Analysen mit Ausreißer-Bereinigungen zeigen). Hinsichtlich der Beschäftigungsstrukturen zeigen sich keine großen Unterschiede (die nur in manchen Fällen signifikant sind) und bei den Veränderungen dieser Anteile über die Zeit so gut wie keine signifikanten Ergebnisse.

6 Schlussbemerkungen

Dieser Bericht untersucht die Verwendung und Auswirkung von ausgewählten neuen Technologien auf Firmenperformance und Beschäftigung basierend auf österreichischen Firmendaten, insbesondere der IKTU-Erhebung verknüpft mit der LSE-Erhebung über den Zeitraum 2015-2022 bzw. 2013-2020. Ein breiter Überblick über die Resultate der IKTU-Erhebung wird in Stehrer (2024b) geboten.

Die Resultate lassen sich wie folgt zusammenfassen: Neue Technologien – untersucht wurden die Verwendung von Robotern, 3D-Druck, Big-Data-Analysen, Cloud- und Chat-Services, CRM-Software oder automatisiertem Datenaustausch, Verwendung sozialer Medien, aber auch die Beschäftigung von IKT-Fachleuten bzw. die Durchführung von IKT-Schulungen – sind stark korreliert mit der Größe der Firmen gemessen am Umsatz, der Beschäftigung und den Investitionen. Firmen, die neue Technologien verwenden, sind auch durchschnittlich produktiver und zahlen durchschnittlich etwas höhere Löhne. Es zeigen sich jedoch so gut wie keine signifikanten Wachstumseffekte in Bezug auf diese Variablen. Insbesondere zeigen sich damit auch keinerlei signifikante negative Beschäftigungseffekte, die – wie oftmals befürchtet – von der Anwendung neuer Technologien ausgehen. Auch hinsichtlich der Beschäftigungsstrukturen (unter Kontrolle von Firmengröße) – untersucht wurden der Anteil von Frauen, geringfügig bzw. Teilzeitbeschäftigten und der Anteil der Lehrlinge – finden sich kaum signifikante bzw. robuste Resultate dahingehend, dass sich Firmen, die neue Technologien anwenden, von denen unterscheiden, die das nicht tun. Hier gibt es keinerlei Hinweise darauf, dass sich die Beschäftigungsanteile bei Firmen, die neue Technologien anwenden bzw. nicht anwenden, unterschiedlich stark verändern.¹² In diesem Zusammenhang soll nochmals darauf hingewiesen werden, dass es sich bei den Resultaten um (konditionale) Korrelationen handelt und keine kausalen Schlüsse gezogen werden können.

Somit ergibt sich im Zusammenhang mit dem Überblick der IKTU-Erhebung in Stehrer (2024b), dass neue Technologien (insbesondere Roboter, additive Fertigung, KI, Big-Data-Analysen) nur in einer relativ geringen Anzahl der Firmen verwendet werden und somit eventuell weniger schnell diffundieren und bislang daher weniger „disruptiv“ hinsichtlich Beschäftigungsniveaus bzw. -strukturen sind als erwartet oder befürchtet wurde bzw. wird. Natürlich können und werden jedoch – und das konnte aufgrund der vorhandenen Daten nicht untersucht werden – die neuen Technologien und digitalen Entwicklungen (starke) Veränderungen in bestimmten Tätigkeiten bzw. Aufgaben bewirken, was wesentlich detaillierterer Analysen bedarf.

¹² Die Resultate sind auch qualitativ robust, wenn man das Firmensample (LSE-Erhebung) auf Unternehmen einschränkt, die über mehrere Jahre beobachtet werden.

7 Literatur

Abeliansky, A., and K. Prettnner (2017). Automation and demographic change. Hohenheim Discussion Papers in Business, Economics, and Social Sciences, University of Hohenheim, Germany 05-2017.

Acemoglu, D., and S. Johnson (2023). Power and Progress: Our Thousand-Year Struggle Over Technology and Prosperity, PublicAffairs.

Acemoglu, D., and P. Restrepo (2017). Robots and jobs: Evidence from US labor markets. NBER Working Paper 23285.

Acemoglu, D., and P. Restrepo (2018). The race between machine and man: Implications of technology for growth, factor shares and employment. *American Economic Review* 108(6), 1488–1542.

Acemoglu, D., D. Autor, D. Dorn, G. Hanson, and B. Price (2016). Import competition and the great US employment sag of the 2000s. *Journal of Labor Economics* 34(1), 141–198.

Acemoglu, D., and D. Autor (2011). *Handbook of Labor Economics*, Volume Vol. 4, Chapter Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings, 1043–1171. Amsterdam: Elsevier.

Aghion, P., C. Antonin, and S. Bunel (2021). *The Power of Creative Destruction: Economic Upheaval and the Wealth of Nations*. Harvard University Press.

Aghion, P., C. Antonin, S. Bunel, and X. Jaravel (2023). The direct and indirect effects of automation on employment: A survey of the recent literature, forthcoming.

Antón, J.-I., D. Klenert, E. F. Fernández-Macías, M. C. Urzi Brancati, and G. Alaveras (2020). The labour market impact of robotisation in Europe. JRC Working Papers Series on Labour, Education and Technology 2020/06.

Arntz, M., T. Gregory, and U. Zierahn (2016). The risk of automation for jobs in OECD countries: A comparative analysis. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers* 189.

Autor, D., H. F. Levy, and R. J. Murnane (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly Journal of Economics* 118(4), 1279–1333.

Autor, D., H. D. Dorn, and G. H. Hanson (2015). Untangling trade and technology: Evidence from local labour markets. *The Economic Journal* 125(584), 621–646.

Autor, D. (2015). Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives* 29(3), 3–30.

Autor, D., and A. Salomons (2017). Robocalypse now – Does productivity growth threaten employment? In *European Central Bank (Ed.), Investment and Growth in Advanced Economies*, 45–118.

Autor, D., and A. Salomons (2018). Is automation labor-displacing? Productivity growth, employment, and the labor share. *Brookings Papers on Economic Activity* 49(1), 1–63.

Benzell, S., L. Kotlikoff, G. LaGarda, and J.D. Sachs (2015). Robots are us: Some economics of human replacement. NBER Working Paper 20941.

Beaudry, P., D. A. Green, and B. M. Sand (2016). The great reversal in the demand for skill and cognitive tasks. *Journal of Labor Economics* 34(1), 199–247.

Brynjolfsson, E., and A. McAfee (2014). *The Second Machine Age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York: W.W. Norton & Company.

- Brynjolfsson, E., and A. McAfee (2011). *Race Against the Machine. How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*. Lexington/Massachusetts: Digital Frontier Press.
- Dosi, G., M. Piva, M. Virgillito, and M. Vivarelli (2021). Embodied and disembodied technological change: The sectoral patterns of job-creation and job-destruction. *Research Policy* 50.
- EBRD (2018). *Work in Transition: Transition Report 2018-2019*. European Bank for Reconstruction and Development.
- Edin, P.-A., P. Fredriksson, M. Nybom, and B. Ockert (2017). The rising return to non-cognitive skill. Institute of Labor Economics (IZA).
- Frey, C., and M. Osborne (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change* 114, 254–280.
- Ghods, M., O. Reiter, R. Stehrer, and R. Stollinger (2019). Robotisation, employment and industrial growth intertwined across global value chains. *wiiw Working Paper* 177.
- Ghods, M., R. Stehrer and A. Barišić (2023), Assessing the impact of new technologies on wages and labour income shares, *Working Paper*, forthcoming.
- Goldin, C., and L. F. Katz (2009). *The Race Between Education and Technology*. Cambridge/Massachusetts: Harvard University Press.
- Goos, M., and A. Manning (2007). Lousy and lovely jobs: The rising polarization of work in Britain. *The Review of Economics and Statistics* 89(1), 118–133.
- Goos, M., A. Manning, and A. Salomons (2009). Job polarization in Europe. *American Economic Review* 99(2), 58–63.
- Goos, M., A. Manning, and A. Salomons (2014). Explaining job polarization: Routine-biased technological change and offshoring. *American Economic Review* 104(8), 2509–2526.
- Goos, M., M. Arntz, U. Zierahn, T. Gregory, S. C. Gomez, I. G. Vazquez, and K. Jonkers (2019). The impact of technological innovation on the future of work. *Joint Research Centre Working Papers: Series on Labour, Education and Technology*.
- Graetz, G., and G. Michaels (2018). Robots at work. *The Review of Economics and Statistics* 100(5), 753–768.
- Hershbein, B., and L. B. Kahn (2017). Do recessions accelerate routine-biased technological change? Evidence from vacancy postings. *Employment Research Newsletter* 24(4), 1–3.
- International Monetary Fund (2018). *Measuring the digital economy*. IMF Staff Working Paper.
- Jestl, S. (2022). Industrial robots, and information and communication technology: The employment effects in EU labour markets. *wiiw Working Paper* forthcoming.
- Keynes, J. M. (1930). *Essays in Persuasion*, Chapter Economic Possibilities for our Grandchildren, 358–373. New York: Harcourt Brace.
- Krueger, A. B. (1993). How computers have changed the wage structure: Evidence from microdata, 1984–1989. *The Quarterly Journal of Economics* 108(1), 33–60.
- Koch, M., I. Manuylov, and M. Smolka (2019). Robots and firms. *CESifo Working Paper* 7608.
- Leitner, S., R. Stehrer, and R. Grieveson (2019). EU faces a tough demographic reckoning. *wiiw Policy Note/Policy Report* 30.
- Leitner, S. M., and R. Stehrer (2019a). The automatisisation challenge meets the demographic challenge: In need of higher productivity growth. *ECFIN Discussion papers* (117).

- Leitner, S. M., and R. Stehrer (2019b). Demographic challenges for labour supply and growth. wiiw Working Papers (439).
- Michaels, G., A. Natraj, and J. van Reenen (2014). Has ICT polarized skill demand? Evidence from eleven countries over twenty-five years. *Review of Economics and Statistics* 96(1), 60–77.
- Nedelkoska, L., and G. Quintini (2018). Automation, skills use and training. OECD Social, Employment and Migration Working Papers 202.
- Nishioka, S., and M. Ripoll (2012). Productivity, trade and the R&D content of intermediate inputs. *European Economic Review* 56(8), 1573–1592.
- OECD (2019a). The Future of Work. OECD Employment Outlook 201.
- OECD (2019b). Measuring the Digital Transformation: A Roadmap for the Future. Paris: OECD Publishing.
- Oesch, D., and J. R. Menés (2011). Upgrading or polarization? Occupational change in Britain, Germany, Spain and Switzerland, 1990-2008. *Socio-Economic Review* 9(3), 503–531.
- O'Mahoni, M., M. Vecchi, and F. Venturini (2020). Capital heterogeneity and the decline of the labour share. *Economica*.
- Pichler, D., and R. Stehrer (2021). Is ICT still polarising labour demand after the crisis? wiiw Working Paper 207.
- Prettner, K. P., and D. E. Bloom (2020). Automation and Its Macroeconomic Consequences. Theory, Evidence and Social Impacts. London: Elsevier.
- Reljic, J., V. Cirillo, and D. Guarascio (2023). Regimes of robotization in Europe. *Economics Letters*.
- Ricardo, D. (1821). On the Principles of Political Economy and Taxation (3 ed.). London: John Murray.
- Rifkin, J. (1995). The End of Work: The Decline of the Global Labor Force and the Dawn of the Post-Market Era.
- Sachs, J., S. Benzell, and G. LaGarda (2015). Robots: Curse or blessing? A basic framework. NBER Working Paper 21091.
- Sachs, J., and L. Kotlikoff (2012). Smart machines and long-term misery. NBER Working Paper 18629.
- Servoz, M. (2019). AI. The Future of Work? Work of the Future! On how artificial intelligence, robotics and automation are transforming jobs and the economy in Europe. Report for the European Commission.
- Stehrer, R. (2022a). Capital accumulation, total factor productivity, and employment growth: Medium-term relations in a cross-section analysis. DG ECFIN Working Paper 161.
- Stehrer, R. (2024a). The impact of ICT and intangible capital accumulation on employment growth and labour income shares, *Structural Change and Economic Dynamics*, 70, 211-220.
- Stehrer, R. (2024b), Verwendung neuer Technologien und IKT-Beschäftigung in österreichischen Unternehmen: Ein Überblick, wiiw Statistical Report No. 12
- Valetta, R. G. (2018). Education, Skills, and Technical Change: implications for future US GDP growth, Chapter Recent Flattening in the Higher Education Wage Premium: polarization, skill downgrading, or both?, 313–342. Chicago: University of Chicago Press.
- Vivarelli, M. (2014). Innovation, employment and skills in advanced and developing countries: A survey of economic literature. *Journal of Economic Issues* 48(1), 123–154.

Appendix A – Überblick über verwendete Mikrodaten des AMDC

A.1 ERHEBUNG DES IKT-EINSATZES IN ÖSTERREICHISCHEN UNTERNEHMEN

Die IKT-Erhebung umfasst österreichische Unternehmen mit mindestens zehn Beschäftigten in ausgewählten Wirtschaftszweigen. Dabei stehen Themen wie Internetnutzung, E-Commerce, Nutzung von Cloud-Services, Internet of Things und Künstliche Intelligenz im Fokus. Die Erhebung des IKT-Einsatzes wird auf Basis einer Stichprobe durchgeführt. Sie beruht auf der EU-Verordnung über europäische Unternehmensstatistiken, ergänzt um Durchführungsverordnungen, welche die jährlich zu erhebenden Indikatoren enthalten. Dies ist eine (Zufalls-)Stichprobenerhebung von Unternehmen mit mindestens zehn Beschäftigten aus den ÖNACE 2008-Wirtschaftszweigen C, D, E, F, G, H, I, J, L, M, N, S (95.1). Die Teilnahme an der Erhebung ist für Unternehmen freiwillig.¹³ Die Grundgesamtheit (Durchschnitt über die Jahre) sind 41.062 Unternehmen, das Bruttosample 5.571. Im Durchschnitt wurden die Fragebögen von 2.904 Unternehmen pro Jahr beantwortet.

Diese Daten sind über den Zeitraum 2015-2022 verfügbar. Es wurden über alle Jahre hinweg insgesamt 17.246 Firmen zur Teilnahme aufgefordert, mit etwa 2.900 respondierenden Firmen pro Jahr im Durchschnitt. 13.907 Unternehmen wurden einmal befragt, 2.194 zweimal, 439 dreimal, 216 viermal, 182 fünfmal und 308 Firmen wurden sechsmal befragt. Somit kann diese Umfrage nur in eingeschränktem Ausmaß als Panelerhebung gesehen werden.

Den Unternehmen wird eine ‚Schichtnummer‘ nach 34 wirtschaftlichen Aktivitäten (*ia*) zugeteilt. Weiters werden drei Beschäftigungsgrößenklassen (*bkl*) unterschieden: 10-49, 50-249 und 250+. Die Schichtnummer oder ‚Schicht‘ (*schnr*) ergibt sich aus der Kombination der Schichtnummer nach wirtschaftlicher Aktivität mit diesen Größenklassen ($3 \times 34 = 102$ Kategorien). Weiters stehen Informationen zur Anzahl der ausgewählten Einheiten der jeweiligen Schicht (*n_brutto*) und der Grundgesamtheit in der Schicht (*n_gg*) zur Verfügung.

Die verfügbaren Variablen (Fragen) werden ausführlich im Text behandelt. Die Fragestellungen bzw. Themen werden jährlich adaptiert und sind daher nur in wenigen Fällen über den ganzen Zeitraum verfügbar. Daher werden in diesem Bericht immer nur Durchschnitte über den gesamten Zeitraum verwendet. Für weitere Details siehe Stehrer (2024b).

¹³ Für Details siehe <https://www.statistik.at/ueber-uns/erhebungen/unternehmen/ikt-einsatz-in-unternehmen>.

A.2 LSE – LEISTUNGS- UND STRUKTURERHEBUNG

Die LSE-Daten sind für die Jahre 2013-2020 mit insgesamt 274.805 Beobachtungen und 56.335 Firmen verfügbar. Die Anzahl der Firmen pro Jahr schwankt zwischen etwa 34.947 (2013) und 33.360 und ist über die Jahre etwas rückläufig. Der Datensatz beinhaltet Information für die NACE Rev. 2 2-Steller Industrien von 10 bis 99 (68 Industrien). Dabei reicht die Anzahl der beobachteten Firmen von 32.451 (NACE 46) zu 8 (NACE 99). Folgende Variablen wurden verwendet:

Variable	Beschreibung
jahr	Jahr
nace2	NACE
firm_id	Firmenidentifikation
gemeinde_id	Gemeindeidentifikation
vze	Vollzeitäquivalente
arbst	Arbeitsstunden
insges	Beschäftigte insgesamt
insgwei	Beschäftigte weiblich
angins	Angestellte insgesamt
angweib	Angestellte weiblich
arbins	Arbeiter insgesamt
arbweib	Arbeiter weiblich
geringf	Geringfügig Beschäftigte
gerwei	Geringfügig Beschäftigte weiblich
lehrins	Lehrlinge insgesamt
lehrwei	Lehrlinge weiblich
sbins	Selbständige insgesamt
sbweib	Selbständige weiblich
usbins	Unselbständige insgesamt
usbweib	Unselbständige weiblich
teilz	Teilzeit
lug	Löhne und Gehälter
umsatz	Umsatz

Quelle: Statistik Austria – AMDC; eigene Darstellung.

IMPRESSUM

Herausgeber, Verleger, Eigentümer und Hersteller:

Verein „Wiener Institut für Internationale Wirtschaftsvergleiche“ (wiiw),
Wien 6, Rahlgasse 3

ZVR-Zahl: 329995655

Postanschrift: A 1060 Wien, Rahlgasse 3, Tel: [+431] 533 66 10, Telefax: [+431] 533 66 10 50
Internet Homepage: www.wiiw.ac.at

Nachdruck nur auszugsweise und mit genauer Quellenangabe gestattet.

Offenlegung nach § 25 Mediengesetz: Medieninhaber (Verleger): Verein "Wiener Institut für Internationale Wirtschaftsvergleiche", A 1060 Wien, Rahlgasse 3. Vereinszweck: Analyse der wirtschaftlichen Entwicklung der zentral- und osteuropäischen Länder sowie anderer Transformationswirtschaften sowohl mittels empirischer als auch theoretischer Studien und ihre Veröffentlichung; Erbringung von Beratungsleistungen für Regierungs- und Verwaltungsstellen, Firmen und Institutionen.

