

Gunther Tichy

Geht der Arbeitsgesellschaft die Arbeit aus?

Geht der Arbeitsgesellschaft die Arbeit aus?

Die vielfach diskutierte "digitale Beschleunigung" hat nach manchen Schätzungen das Potential, bis zur Hälfte der bestehenden Arbeitsplätze obsolet zu machen. Die heftige publizistische und öffentliche Reaktion übersieht, dass andere Schätzungen bloß auf ein Zehntel kommen; Überdies geht es um Bruttofreisetzungen: die gleichzeitig arbeitsplatzschaffende Wirkung einer eventuellen digitalen Beschleunigung wird somit nicht berücksichtigt. Wie historische Erfahrungen zeigen, schafft der technische Fortschritt per Saldo eher Arbeitsplätze als sie zu vernichten. Auch ist bisher eine Verstärkung des technischen Fortschrittes durch digitale Beschleunigung und technologisch verursachte Freisetzungen nicht zu verzeichnen. Die derzeit relativ hohe Arbeitslosigkeit hat neben schwacher Nachfrage Immigration, einen Anstieg der Erwerbsbeteiligung und Rationalisierungen zur Ursache. Die vorliegenden Studien differieren nicht bloß über das Ausmaß der potentiellen digitalisierungsbedingten Freisetzungen, es besteht auch keineswegs Einigkeit darüber, ob primär ungelernete Tätigkeiten davon betroffen sein würden. Selbst wenn die Wahrscheinlichkeit massiver technologisch bedingter Nettofreisetzungen auf absehbare Zeit nicht sehr groß sein dürfte, sollte die Wirtschaftspolitik bereits jetzt reagieren. An erster Stelle sollte die Schlechterstellung der Arbeit relativ zu anderen Produktionsfaktoren im Abgabensystem korrigiert werden, was zugleich auch den Rationalisierungsdruck mindern würde. Zweitens gilt es, durch Aus- und Weiterbildung sowie durch Umschulungen die entsprechenden digitalen Qualifikationen bereitzustellen und drittens die Regulierungen entsprechend anzupassen. Viertens muss durch geeignete Nachfragepolitik ein Klima geschaffen werden, in dem der Übergang zwischen den Arbeitsplätzen erleichtert wird. Fünftens muss durch entsprechende Wettbewerbs- und Verteilungspolitik dafür gesorgt werden, dass die Automatisierungsgewinne nicht einigen wenigen Unternehmen oder Personen zufallen.

Is the Working Society Running Out of Jobs?

The widely-debated "digital acceleration" has, in the view of some analysts, the potential of making up to half of the existing jobs obsolete. The fervid reaction of the media and the public at large overlooks that other estimates expect "only" one job out of ten to become redundant. In addition, such estimates refer to gross job losses that do not consider any job-creating effects of a purported digital acceleration. Yet, historical evidence suggests that technical progress raises on balance the number of jobs rather than reducing it. Besides, there is no evidence so far that digital acceleration and technology-induced labour shedding have speeded up technical progress. The current high unemployment has its roots, apart from sluggish demand, in immigration, rising labour force participation and rationalisation of production. The studies at hand differ not only with regard to the scope of potential job losses due to digitalisation, but also on the perception whether such losses will primarily affect unskilled workers. Even if the danger of a massive technology-induced discharge of labour (in net terms) appears small for the foreseeable future, economic policy should take appropriate action as from now. First and foremost, the disproportionately high tax burden on labour in relation to other production factors needs to be corrected, which would also ease the pressure towards rationalisation. Second, the education and training system as well as vocational redeployment measures ought to provide the qualifications required for the digital era and, third, the regulatory framework should be adjusted accordingly. Fourth, aggregate demand management must create overall economic conditions that facilitate transition from one job to another. Finally, competition policy and the design of income (re-)distribution need to ensure that the benefits from industrial automation will not be enjoyed by a handful of companies and persons only.

Kontakt:

Univ.-Prof. i.R. Dr. Gunther Tichy: WIFO, 1030 Wien, Arsenal, Objekt 20, Gunther.Tichy@wifo.ac.at

JEL-Codes: E24, O33, O47 • **Keywords:** Technischer Fortschritt, Digitalisierung, Technologisch bedingte Arbeitslosigkeit

Der Autor dankt Kurt Bayer, Heinz Kurz, Ewald Walterskirchen, dem Gutachter und den Diskutanten im Seminar WIFO-Intern am 1. Dezember 2016 für wichtige Hinweise und Kommentare.

Begutachtung: Michael Peneder • **Wissenschaftliche Assistenz:** Alexandros Charos (Alexandros.Charos@wifo.ac.at)

Nicht bloß die gegenwärtige Arbeitslosigkeit beunruhigt derzeit die Bevölkerung der Industrieländer¹⁾, sondern zunehmend auch die Angst vor künftiger automatisierungsbedingter Arbeitslosigkeit – die Angst, Roboter²⁾ würden menschliche Arbeit überflüssig machen. Schlagworte wie "automation jobless", "automation anxiety", "work without men", "the trauma we await", "Roboter erobern die Arbeitswelt", "Ro-

Roboterisierungsbedingte Arbeitslosigkeit? Oder sättigungsbedingte? Oder altersbedingter Arbeitskräftemangel?

¹⁾ Gemäß Eurobarometer 83 vom Frühjahr 2016 sehen 42% der EU-Bürger und EU-Bürgerinnen Arbeitslosigkeit als das größte Problem vor Immigration (23%).

²⁾ "The term 'robots' refers broadly to any sort of machinery, from computers to artificial intelligence programs, that provides a good substitute for work currently performed by humans" (Freeman, 2015, S. 1).

boter schlägt Mensch" oder "end of work" prägen die Diskussion³). Von den Medien zumeist falsch interpretierte Ergebnisse wissenschaftlicher Studien tragen dazu nicht unerheblich bei: Etwa 47% der Beschäftigten würden in den USA in Berufen arbeiten, die innerhalb der nächsten ein bis zwei Jahrzehnte von Computern und Algorithmen ersetzt werden könnten (Frey – Osborne, 2013); nach einer etwas weniger bedrohlichen Studie der OECD könnten immerhin 12% der österreichischen Arbeitsplätze von Automatisierung betroffen sein, mehr als in allen anderen Industrieländern (Arntz – Gregory – Zierahn, 2016). Interessanterweise hat die Angst vor technologisch und durch Roboterisierung bedingter Arbeitslosigkeit (RRTC – Routine-Replacing Technological Change) die Angst vor aus Nachfragemangel resultierender, sättigungsbedingter Arbeitslosigkeit (z. B. Falkinger, 1986) verdrängt. Überdies steht die Diskussion des *Mangels an Beschäftigungsmöglichkeiten* in merkwürdigem Gegensatz zu der zugleich vertretenen Befürchtung eines *Mangels an Arbeitskräften* infolge des alterungsbedingten Schrumpfens der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter – in diesem Fall wäre der Ersatz von menschlicher Arbeit durch Roboter keine Gefahr, sondern ein zentraler Lösungsbeitrag.

Im Folgenden wird zunächst daran erinnert, dass die Gefährdung von Arbeitsplätzen durch neue Technologien ein altes Problem ist, das, wie der zweite Abschnitt zeigt, einer kontinuierlichen Ausweitung der Beschäftigung bisher nicht im Wege stand. Der dritte Abschnitt referiert die Argumente, die einen Bruch mit der bisherigen Entwicklung behaupten: Zunehmend könnten auch nicht routinemäßige kognitive Aufgaben automatisiert werden, und die Roboter würden auch immer komplexere manuelle Aufgaben übernehmen; rein technisch könnte das Freisetzungspotential bis zur Hälfte der Beschäftigten ausmachen. Im vierten Abschnitt werden diesem Freisetzungspotential die viel geringere Freisetzungswahrscheinlichkeit und die arbeitsplatzschaffende Wirkung neuer Technologien gegenübergestellt; ein radikaler Bruch mit der bisherigen Entwicklung scheint insofern wenig wahrscheinlich. Das Schlusskapitel betont die verteilungspolitischen Folgen extremer Freisetzung und diskutiert wirtschaftspolitische Maßnahmen, die einer potentiellen automatisierungsbedingten Arbeitslosigkeit (RRTC) entgegenwirken könnten.

1. Arbeitsplatzgefährdung durch technischen Fortschritt: Ein altes Problem

Technologisch bedingte Freisetzungen in Landwirtschaft und Textilindustrie brachten soziale Probleme mit sich, die Einführung des Fließbandes in der Autoproduktion durch Ford ging hingegen wenig problematisch mit Lohnerhöhungen und Preissenkungen einher.

In der europäischen Geschichte traten immer wieder technologische Sprünge auf, die die Arbeitsplätze ganzer Berufsgruppen überflüssig machten. Der quantitativ wohl bedeutendste war die Mechanisierung der *Landwirtschaft*: Beschäftigte sie gegen Ende des 18. Jahrhunderts noch 90% der Erwerbstätigen, sind es jetzt nur noch etwa 3%. Für die Freigesetzten verlief das keineswegs unproblematisch – bis in die jüngste Vergangenheit waren die Arbeitsplätze, die als Ersatz zur Verfügung standen, zumeist prekär in einer fremden, zumeist städtischen Umgebung –, doch die Umschichtung erfolgte mangels Organisationsfähigkeit der Betroffenen eher unbeachtet. Kontroversieller verlief die Mechanisierung der *Textilindustrie*: In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts hatte die Handweberei noch hunderttausende Arbeitskräfte beschäftigt, von denen die meisten durch die neuen Spinn- und Webetechnologien rasch ersetzt wurden. Überall brachen Weber-Aufstände aus, in England zerschlugen die Ludditen die automatischen Webstühle; die Regierung ließ die Aufstände durch das Militär niederschlagen.

Friedlicher verlief die Einführung des *Fließbandes* ab 1913 durch den Autohersteller Ford⁴). Mehrere Ursachen spielten dabei zusammen (Böning, 1993, Haußer, 2008,

³) *Time Magazine* (1961), Akst (2013), Seligman (1966), <http://www.faz.net> (17. Jänner 2016), Focus Online (9. Dezember 2014) und Rifkin (1995).

⁴) Entgegen den üblichen Darstellungen gab es durchaus Vorläufer: Bereits im späten 15. Jahrhundert wurden in Venedig Schiffe fließbandartig gefertigt; ab 1833 verwendete man in England ein Fließband zur Herstellung von Schiffszwieback; 1870 wurden in den Schlachthöfen von Cincinnati, später in den Union Stock Yards Chicagos (https://de.wikipedia.org/wiki/Union_Stock_Yards) hochgelegte Transportbänder eingesetzt, um die Schweine von einem Arbeiter zum nächsten zu transportieren. Sie waren Vorbild für das Ford'sche Fließband.

Neubauer, 1980): Erstens erfolgte die Einführung schrittweise: Zunächst wurden die Teile noch händisch von Station zu Station geschoben, zahlreiche Arbeitsschritte erfolgten abseits des Bandes und wurden erst allmählich integriert. Zweitens wurde der Verkaufspreis des Modells T parallel zu der allmählichen Umstellung auf Fließbandfertigung (bis etwa 1920) von 850 \$ auf 295 \$ gesenkt. Drittens verdoppelte Ford die Löhne im Jahr nach der Einführung des Fließbandes auf 5 \$ pro Tag und verringerte gleichzeitig die tägliche Arbeitszeit von 9 auf 8 Stunden. Das erfolgte allerdings nicht (nur) aus sozialen Erwägungen; vielmehr konnten sich die Arbeiter zunächst nicht an die Takt-Bindung und das vorgegebene Tempo gewöhnen, sodass die Fluktuation untragbar hoch wurde. Viertens ermöglichten die drastischen Preissenkungen eine enorme Ausweitung der Produktion – Mitte 1924 wurde das 10-millionste Modell T erzeugt, Mitte 1927 das 15-millionste. Die verbilligungsbedingte Produktionssteigerung⁵⁾ und die Zunahme der Kaufkraft gehörten zu den wichtigsten Gründen des eher unproblematischen Überganges vom Pferd zum Auto, der natürlich unzählige Wagner, Kutschenbauer, Hufschmiede, Pferdezüchter usw. arbeitslos machte.

Die aus damaliger Sicht geradezu unvorstellbare Produktivitätssteigerung als Folge der Industriellen Revolution und die dramatischen Übergangsprobleme verunsicherten die Bevölkerung und schürten die Angst vor technologisch bedingter Arbeitslosigkeit; der rasche technische Fortschritt prägte aber auch das Denken der Ökonomen im frühen 19. Jahrhundert (Kurz, 2010). In dem der 3. Auflage hinzugefügten Kapitel 31 "On machinery" seiner "Principles" diskutierte David Ricardo 1821 (Sraffa – Dobb, 1973) die Möglichkeit der Verdrängung menschlicher Arbeit durch Maschinen und sah nicht bloß die Gefahr technologisch bedingter Arbeitslosigkeit, sondern selbst die auch heute noch zu wenig beachteten daraus resultierenden Verteilungskonflikte: "If machinery could do all the work that labour now does, there would be no demand for labour. Nobody would be entitled to consume any thing who was not a capitalist, and who could not buy or hire a machine" (David Ricardo in Sraffa – Dobb, 1973, S. 399-400; siehe dazu weiter unten Kapitel 4 und 5). Auch Marx war überzeugt, dass die Arbeitnehmer durch den technischen Fortschritt selbst langfristig verlieren; Produktivitätssteigerungen würden einen Abbau von Arbeitsplätzen auslösen und eine "industrielle Reservearmee" beschäftigungsloser Proletarier entstehen lassen. Keynes erwartete Arbeitslosigkeit in einer späteren Phase der Entwicklung, wenn auch aus unterschiedlichen Gründen⁶⁾. Es kam jedoch anders: die Beschäftigung stieg! Mokyr – Vickers – Ziebarth (2015, S. 38) warnen allerdings davor, die Prognosen früherer Generationen von Ökonomen zu verwerfen: Wenn auch die Erwartung weit verbreiteter technologisch bedingter Arbeitslosigkeit im Großen und Ganzen falsch gewesen sei, dürfe man die Kosten für die jeweils Freigesetzten nicht übersehen; die Unselbständigen profitierten zwar in der langen Frist, aber die dauerte zur Zeit der Industriellen Revolution vielfach länger als die Lebensspanne einer Generation.

Wie die Geschichte des 19. Jahrhunderts generell zeigt, war zu dieser Zeit physisches Kapital infolge der technischen und organisatorischen Innovationen komplementär zu ungeschulter Arbeit und ersetzte relativ sachkundige Handwerker (Reinstaller – Hölzl, 2004). Nach Frey – Osborne (2013, S. 9, Hervorhebung des Autors) ist "the idea that technological advances favor *more skilled workers* . . . a twentieth century phenomenon". Die historische Erfahrung zeigt aber auch, dass keineswegs alle neuen Technologien menschliche Arbeit ersetzen: Die Dampfmaschine verdrängte primär Wasserkraft, in weiterer Folge tierische Zugkraft; die Elektrizität ersetzte die Dampfmaschine und weniger effiziente Lichtquellen. Auch dauert die Diffusion neuer Technologien zumeist relativ lang, die Folgen sind daher zumeist über eine erhebliche Zeitspanne verteilt und manche der erwarteten oder befürchteten Effekte

Die Problematik des technischen Fortschrittes erkannten schon die klassischen Ökonomen.

Nicht jede neue Technologie gefährdet Arbeitsplätze.

⁵⁾ Gleichmaßen hatte die Mechanisierung der Textilproduktion eine markante Verbilligung und massive Steigerung der Produktion zur Folge.

⁶⁾ Nicht als Folge der Mechanisierung, sondern als Folge Übermäßigen Sparens: "After twenty years of large scale investment" würde es nötig sein "to encourage wise consumption and discourage saving, and to absorb some part of the unwanted surplus by increased leisure, more holidays (which are a wonderful good way of getting rid of money) and shorter hours" (Keynes, 1943, S. 323).

bleiben überhaupt aus. Als Beispiel für ersteres sei das Productivity Paradox erwähnt, das in den 1980er-Jahren diskutiert wurde – "You see *the computer age everywhere* but in the *productivity statistics*" (Solow, 1987) – und offenbar nach wie vor virulent ist⁷⁾; als Beispiele für letzteres können die übertriebenen Erwartungen in das papierlose Büro oder in die Massive Open Online Courses (MOOC) erwähnt werden, die Hoffnung den akademischen Lehrbetrieb durch (kostenlose) Onlinekurse der besten Lehrer und Lehrerinnen zu ersetzen.

In unserer Zeit hat nicht bloß die Angst vor den Verdrängungseffekten von Computer- und Robotertechnologie, sondern auch der Eindruck steigender Arbeitslosigkeit die Angst vor der Verdrängung menschlicher Arbeit durch Maschinen wiederbelebt. Schon 1961 sorgte sich das Time Magazin über "The Automation Jobless"⁸⁾ und ein halbes Jahrhundert später sieht Fortune: "The greatest anxiety troubling workers today is embodied in a simple question: How will we humans add value? Popular culture is obsessed by it" (Colvin, 2015).

2. Bisher kontinuierlich steigende Beschäftigung

Trotz des raschen technischen Fortschrittes nahm die Beschäftigung in den Industrieländern bisher kontinuierlich zu und war im Durchschnitt der in Abbildung 1 angeführten Länder 2015 etwa doppelt so hoch wie 1870. Das ist keineswegs bloß Folge des Bevölkerungswachstums, auch die Partizipationsraten sind gestiegen (Abbildung 2). Ein Teil des Beschäftigtenwachstums resultiert allerdings aus einer Verkürzung der Arbeitszeit als Folge gesetzlicher und kollektivvertraglicher Regelungen, als Folge einer Ausweitung der (Teilzeit-)Frauenbeschäftigung, zuletzt auch als Folge konjunkturbedingter Kurzarbeit. Die rezente Zunahme der Arbeitslosigkeit in der EU ist vor allem Folge der Immigration aus Ländern mit Arbeitskräfteüberschuss und/oder niedrigen Löhnen, zum Teil aber auch Folge undifferenziert restriktiver Fiskalpolitik.

Rationalisierung gefährdet mehr Arbeitsplätze als technischer Fortschritt.

Die Evidenz kontinuierlich steigender Beschäftigung spricht – jedenfalls bisher – nicht für technologisch bedingte Arbeitsplatzgefährdung. Die Beschäftigung nahm zu, obwohl nicht bloß der technische Fortschritt, sondern auch Investitionen (Anstieg der Kapitalintensität) und Rationalisierung arbeitskräftesparend wirkten. Die Arbeitsproduktivität verdreifachte sich zwischen 1971 und 2015 in Deutschland wie in Österreich und erhöhte sich damit um gut die Hälfte stärker als die totale Faktorproduktivität, die als Maß für den technischen (und organisatorischen) Fortschritt gilt; sie sparte demgemäß entsprechend mehr Arbeitskräfte ein. Maßgebend für ihre kräftige Steigerung waren die Bemühungen der Politik um Effizienz- und Wachstumssteigerung, die Rationalisierung der Unternehmen, getrieben nicht zuletzt durch die hohe Abgabenbelastung des Faktors Arbeit relativ zu Kapital, Energie und Vorprodukten, sowie das beständige Bestreben der Unternehmer, Mehrwert anzueignen, indem Arbeit kodiert und als Blueprint in Maschinen integriert wird und damit von Arbeit auf Kapital übergeht (Reinstaller – Hölzl, 2004).

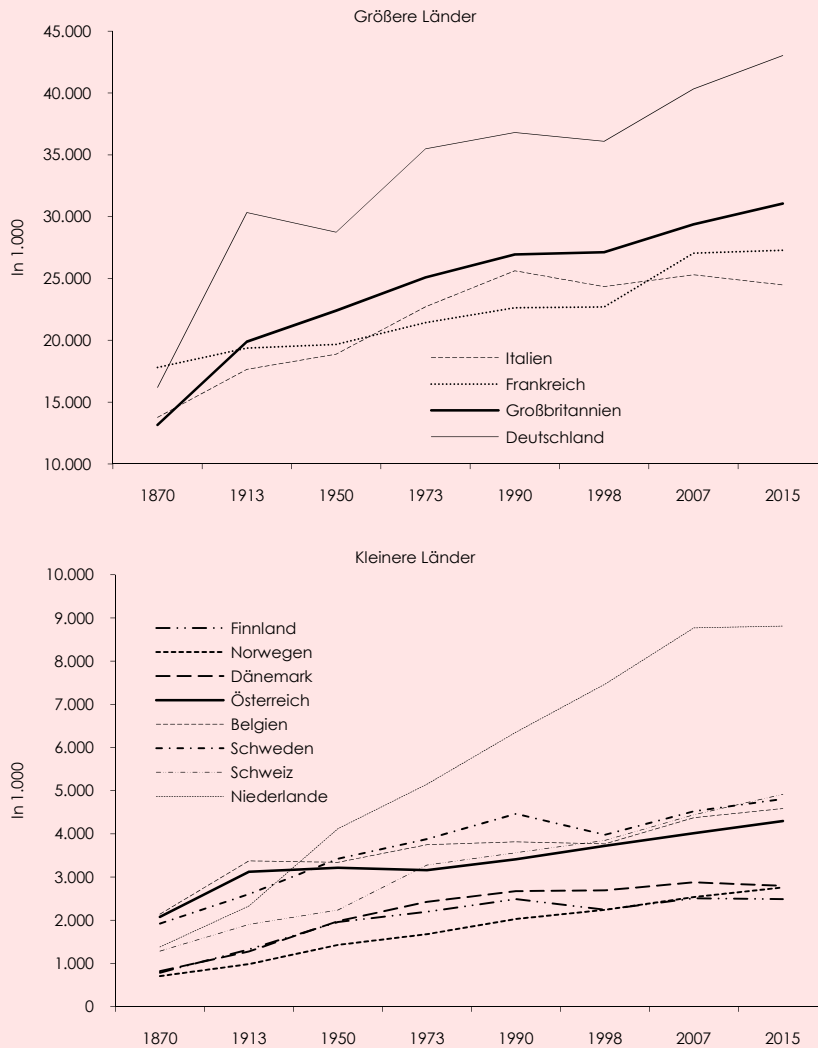
Auch für die zweite Befürchtung, der Arbeitsgesellschaft könnte die Arbeit infolge von Sättigung ausgehen, fehlt bisher überzeugende Evidenz. Der private Konsum hielt mit dem Wachstum der Einkommen durchaus Schritt⁹⁾, "citizens spend much of their leisure time consuming – shopping, traveling, dining, and, less pleasantly, obtaining medical care" (Autor, 2015, S. 8).

⁷⁾ Siehe dazu auch David (1990).

⁸⁾ "The rise in unemployment has raised some new alarms around an old scare word: automation. How much has the rapid spread of technological change contributed to the current high of 5,400,000 out of work? . . . What worries many job experts more is that automation may prevent the economy from creating enough new jobs. . . . Throughout industry, the trend has been to bigger production with a smaller work force. . . . In the past, new industries hired far more people than those they put out of business. But this is not true of many of today's new industries."

⁹⁾ "An average US worker in 2015 wishing to live at the income level on an average worker in 1915 could roughly achieve this goal by working about 17 weeks per year" (Autor, 2015, S. 8).

Abbildung 1: Langfristige Entwicklung der Beschäftigung



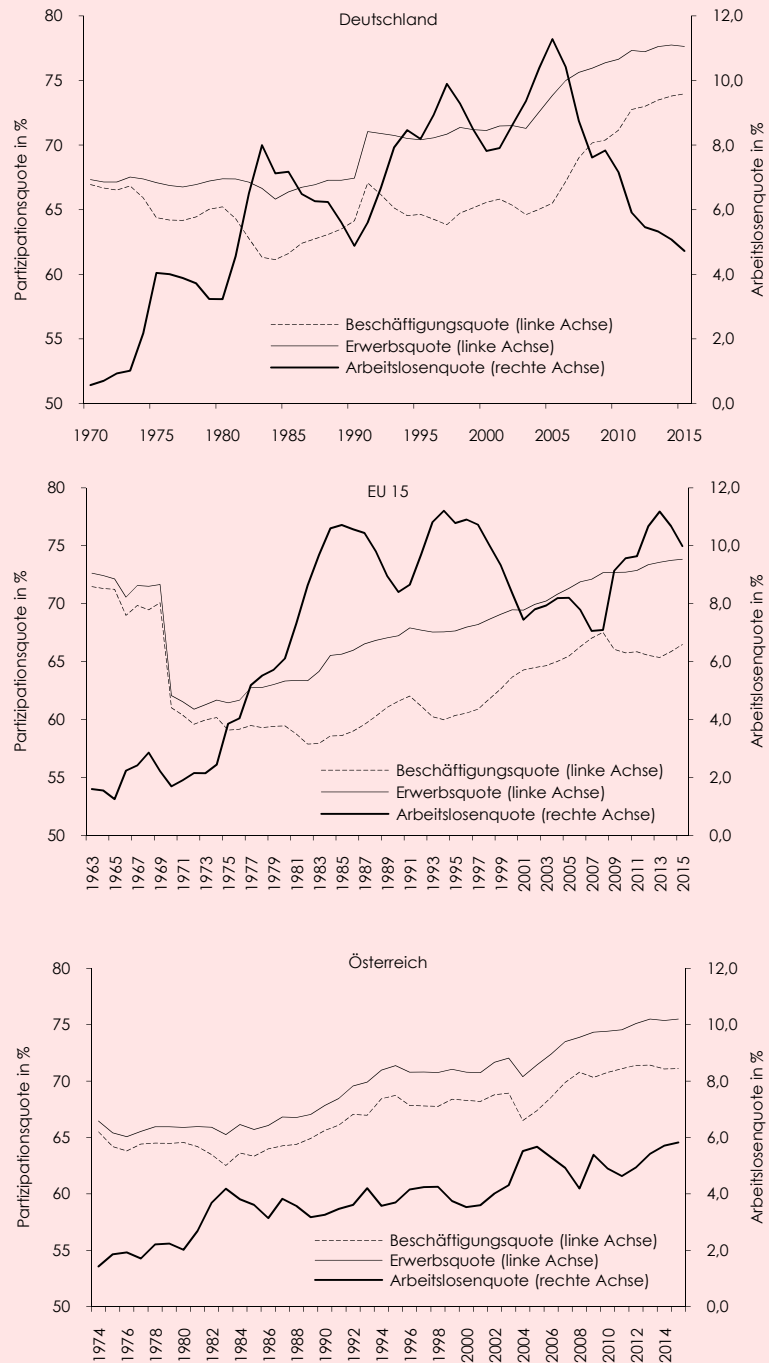
Q: Maddison (2001).

Andererseits zeigt die Entwicklung in der Vergangenheit aber auch, dass den Auswirkungen von technischem Fortschritt, Automatisierung und Rationalisierung auf die Struktur der Beschäftigung mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte. Entsprechend der weit verbreiteten Vorstellung eines skillbasierten technischen Fortschrittes (Goldin – Katz, 1998) wurden geraume Zeit tatsächlich vor allem ungeschulte Arbeitskräfte freigesetzt. Autor – Levy – Murnane (2003) vertraten gemäß der Vorstellung eines taskbasierten technischen Fortschrittes schon früh die Polarisierungsthese, der zufolge hauptsächlich die mittleren Qualifikationen ausgedünnt würden. Tatsächlich zeigt sich für die USA: "the rapid employment growth in both high- and low-education jobs . . . substantially reduced the share of employment accounted for by 'middle-skill' jobs. In 1979, the four middle-skill occupations (sales; office and administrative workers; production workers; and operatives) accounted for 60 percent of employment. In 2007, this number was 49 percent, and in 2012, it was 46 percent. The employment share of service occupations was essentially flat between 1959 and 1979, and so their rapid growth since 1980 marks a sharp trend reversal (Autor and Dorn 2013)" (Autor, 2015, S. 14). In der EU 27 nahm nach Maselli (2012) die Beschäftigung in unqualifizierten Berufen (22% der Gesamtbeschäftigung 2010) zwischen 2000 und 2010 um ein Fünftel und die der höchstqualifizierten (28%) um ein Viertel zu, während jene der mittleren Qualifikationen (50%) um ein Zwanzigstel schrumpfte. Die Ausdünnung der mittleren Positionen erklärt die Polarisierungsthese damit, dass gerade sie durch den Fortschritt der Computertechnologie einfach automatisiert werden können; die wenig qualifizierten Berufe hingegen entzogen sich

Technischer Fortschritt verändert die Beschäftigungsstruktur.

vielfach der Automatisierung, soweit sie persönliche Anwesenheit am Arbeitsplatz und Interaktion erfordern (etwa Lkw-Fahrer, Reinigungsdienste); überdies wachse ihre Bedeutung mit der Zunahme der Nachfrage nach persönlichen Dienstleistungen, nicht zuletzt in Folge des Alterns der Gesellschaft.

Abbildung 2: Langfristige Entwicklung der Arbeitsmarktpartizipation



Q: OECD, Statistik Austria, WIFO-Berechnungen.

3. Was ist heute anders?

Digitale Beschleunigung?

Können die Erfahrungen der Vergangenheit auf Gegenwart und Zukunft übertragen werden? Zahlreiche Autoren diagnostizieren eine "digitale Beschleunigung", die das Tempo der Freisetzung menschlicher Arbeitskraft erheblich steigern werde. Die Art

der Aufgaben, die Computer erfüllen können, habe sich bereits jetzt enorm ausgeweitet, und ein Ende dieser Entwicklung sei nicht abzusehen (Brynjolfsson – McAfee, 2012, McKinsey Global Institute, 2013). Abgesehen davon, dass die EDV-Kosten dramatisch sinken¹⁰⁾, schiebe sich die Automatisierungsgrenze laufend hinaus, sodass – anders als in der Vergangenheit, als die Computerisierung auf Routineaufgaben beschränkt war – auch solche Tätigkeiten zunehmend automatisiert werden könnten, die Flexibilität, Beurteilungsvermögen und gesunden Menschenverstand erfordern (Autor, 2015). Wie Brynjolfsson – McAfee (2012) oder McKinsey Global Institute (2013) zeigen, weiten die Big-Data-Algorithmen die Computerisierung rasch auf Gebiete aus, die auf Mustererkennung (Pattern Recognition) beruhen und menschliche Arbeit in einem weiten Bereich kognitiver Nicht-Routinetätigkeiten ersetzen können. Darüber hinaus verfügten moderne Roboter in zunehmendem Maße über Wahrnehmungsvermögen, Gewandtheit und Empfindlichkeit, die es ihnen erlauben, einen größeren Bereich manueller Tätigkeiten zu übernehmen (IFR, 2012, McKinsey Global Institute, 2013, Robotics-VO, 2013). Brynjolfsson – McAfee (2014) verweisen auf das fahrerlose Auto, die arbeiterlose smarte Fabrik, auf Dienstleistungsroboter oder 3D-Drucker, die alle auf gesteigerter Computer- und Roboterleistung und künstlicher Intelligenz beruhen¹¹⁾.

3.1 Das technologisch bedingte Freisetzungspotential der erwarteten "digitalen Beschleunigung"

Zwangsläufig häuften sich Studien, die die Folgen dieser prognostizierten Entwicklung für den Arbeitsmarkt zu quantifizieren suchten (ein Literaturüberblick findet sich bei Mokyr – Vickers – Ziebarth, 2015). So könnten nach Bardhan – Kroll (2003) durch fortgeschrittene Computerisierung etwa 11% der Arbeitsplätze in den USA ersetzt werden ("are offshorable"); allerdings beschränkt sich die Studie auf jene Arten von Beschäftigung, bei denen Outsourcing bereits begonnen hatte oder wenigstens geplant war. van Welsum – Vickery (2005) gehen von der ICT-Intensität der Berufe aus und schätzen das Freisetzungspotential auf etwa 20%. In einer Untersuchung von acht repräsentativen Sektoren prognostiziert das McKinsey Global Institute (2005), dass 11% der weltweiten Beschäftigung im privaten Dienstleistungsbereich innerhalb der nächsten fünf Jahre in weniger entwickelte Länder verlagert würden.

Die am häufigsten zitierte Studie von Frey – Osborne (2013) schätzt auf der Basis eines Modells von Autor (2003)¹²⁾ die Zahl der Arbeitsplätze, die rein technisch¹³⁾ von Automatisierung betroffen sein könnten, auf 47% der Gesamtbeschäftigung der USA. Maßgebend dafür wäre vor allem der technische Fortschritt in den Bereichen Machine Learning und Mobile Robotics. Alle Berufe, deren Aufgaben in Form von kodifizierbaren Regeln und damit Algorithmen formulierbar sind, könnten in der nahen Zukunft durch Maschinen substituiert werden; nicht substituiert werden könnten allein jene Tätigkeiten, die unstrukturiert, mit Perzeption und Manipulation verbunden sind ("Engineering Bottlenecks"). Menschen hätten nur dort dauerhafte komparative Vorteile, wo es um Orientierung in komplexen Situationen gehe oder um die Reaktion auf Fehler und unstrukturierte Herausforderungen. Frey – Osborne (2013) erwarten einen Bruch der Entwicklung im Bereich der Qualifikation: Im 19. Jahrhundert ersetzte der technische Fortschritt infolge der Vereinfachung der Aufgaben primär geschulte

Das automatisierungsbedingte Freisetzungspotential wird sehr unterschiedlich eingeschätzt.

¹⁰⁾ "Depending upon the standard used, computer performance has improved since manual computing by a factor between 1.7 trillion and 76 trillion" (Nordhaus, 2015, S. 128).

¹¹⁾ Als ein Beispiel sei die Arbeit von Ng – Dean (2012) angeführt, die eine Anordnung von 16.000 Prozessoren nutzten, um ein neuronales Netzwerk für Maschinenlernen mit über 1 Bio. Verbindungen zu errichten. Das System lernte auf der Basis von 10 Mio. digitalen Bildern aus YouTube-Videos eine Katze zu erkennen, ohne dass es je darüber informiert worden wäre, was eine Katze ist und wie sie aussieht.

¹²⁾ Autor (2003) sieht jedoch die Substitution von Routineaufgaben durch Maschinen als Ergebnis der Gewinnmaximierung durch die Unternehmen, wogegen Frey – Osborne (2013) allein die technische Substitutionsmöglichkeit abzuschätzen suchen.

¹³⁾ Es wird in der Diskussion gerne übersehen, dass es nicht die Absicht der Autoren war, die künftige Freisetzung zu prognostizieren: "We make no attempt to estimate the number of jobs that will actually be automated, and focus on potential job automatability over some unspecified number of years. . . . We refer to these as jobs at risk – i.e. jobs we expect could be automated relatively soon, perhaps over the next decade or two (Frey – Osborne, 2013, S. 44, Hervorhebung des Autors).

Arbeit (siehe auch *Braverman, 1974, Hounshell, 1985, James – Skinner, 1985, Goldin – Katz, 1998*); im 20. Jahrhundert bedrohte die Computer-Revolution primär Arbeitsplätze mit mittlerem Einkommen (*Autor – Dorn, 2013*). Dieser Trend zur Polarisierung werde sich nach *Frey – Osborne (2013)* nicht fortsetzen: Mit "fortrasender Technologie" ("*as technology races ahead*") würden ungeschulte Arbeitskräfte ihre traditionellen Aufgaben verlieren und zu solchen umgeschichtet werden, die nicht computerisierbar sind, die also kreative und soziale Intelligenz erfordern. "*For workers to win the race, however, they will have to acquire creative and social skills*" (*Frey – Osborne, 2013, S. 45*) – eine Forderung, die gerade Ungeschulte wohl vor einige Probleme stellen dürfte.

Bowles (2014) schätzt anhand des Ansatzes von *Frey – Osborne (2013)* – demzufolge die *potentiellen Arbeitsplatzverluste*, also der grundsätzlich automatisierbaren Arbeitsplätze, allein von der Berufsstruktur abhängen – den Anteil der gefährdeten Arbeitsplätze für Europa auf 45% bis 60%, für Deutschland und Österreich auf etwa 50%, höhere Werte vor allem für Südeuropa. *Brzeski – Burk (2015)* kommen für Deutschland auf einen Anteil der gefährdeten Arbeitsplätze an der Gesamtbeschäftigung von 59%, *Pajarinen – Rouvinen (2014)* für Finnland auf 35%.

Schätzungen auf Basis der Berufsstruktur kommen zu einem höheren Freisetzungspotential als Berechnungen auf Basis der Aufgaben (tasks).

Im Gegensatz zu diesen Ansätzen geht *Blinder (2009)*, dem innovativen Ansatz von *Autor – Levy – Murnane (2003)* folgend, davon aus, dass nicht Berufe als solche, sondern bloß *bestimmte Aufgaben* innerhalb dieser Berufe ("job content") durch den Fortschritt der Computer- und Robotertechnologie ersetzt würden. Zu den Charakteristika von nicht verlagerbaren Aufgaben gehöre, dass sie Face-to-Face-Kommunikation erfordern und an einem bestimmten Arbeitsplatz erfüllt werden müssen. *Blinder (2009)* reiht 800 Berufsklassifikationen des US Bureau of Labor Statistics (occupational codes) nach dem Grad ihrer (von Experten geschätzten) Automatisierbarkeit: Nach "konservativer" Schätzung könnten 22%, nach "aggressiver" 29% innerhalb der nächsten ein oder zwei Jahrzehnte verlagert werden – auch diese Studie betont ausdrücklich, dass es nicht darum gehe, wie viele *tatsächlich* verlagert werden. Erwartungsgemäß erfüllen in vielen als gefährdet eingeschätzten Berufen zahlreiche Beschäftigte (auch) nicht einfach zu automatisierende Nicht-Routineaufgaben. *Blinder* findet eine bestenfalls schwache Korrelation zwischen Verlagerbarkeit der Berufe und Qualifikation der Beschäftigten (gemessen an Bildungsabschluss oder Lohnniveau). Zu etwa demselben quantitativen Ergebnis – etwa 25% der Arbeitsplätze könnten in den USA infolge ihrer Anforderungen verlagerungsgefährdet sein – kommen *Blinder – Krueger (2009)* aufgrund einer Telefonumfrage¹⁴⁾. Die Verlagerbarkeit habe wenig signifikanten Einfluss auf Löhne oder Freisetzungen, und Arbeitsplätze von Beschäftigten mit höherem Bildungsabschluss dürften von der Verlagerung stärker betroffen sein.

Rein technisch könnten 12% der österreichischen Arbeitsplätze automatisierbar sein, doch ist die Spannweite der Schätzungen über das technische Freisetzungspotential enorm und zentrale Aspekte werden dabei vernachlässigt.

Der aufgabenorientierte Ansatz von *Blinder* kommt generell zu weniger dramatischen Ergebnissen. Nach *Dengler – Matthes (2015)* könnten in Deutschland etwa 15% der Beschäftigten verdrängt werden, da sie in Berufen tätig sind, in denen mehr als 70% der Arbeitsinhalte computerisierbar sind. In einer OECD-Studie (*Arntz – Gregory – Zierahn, 2016*) wurde der aufgabenorientierte Ansatz auf 21 OECD-Länder angewandt. Die Autoren nutzen dafür die Individualdaten der PIAAC database¹⁵⁾; sie schätzen die Beziehung zwischen den arbeitsplatzspezifischen Aufgaben in den USA und der Automatisierbarkeit gemäß *Frey – Osborne (2013)* und übertragen die Ergebnisse auf die anderen OECD-Länder. Da die Individualdaten auch die Beschreibung der Tätigkeiten durch die Beschäftigten selbst enthalten, konnte berücksichtigt werden, dass innerhalb desselben Berufs sehr unterschiedliche Tätigkeiten anfallen. 9% der Arbeitsplätze sind demnach in den OECD-Ländern *potentiell* auto-

¹⁴⁾ Gefragt wurde erstens nach dem Beruf, der dann einem der 800 Occupational Codes des US Bureau of Labor Statistics zugeordnet wurde, zweitens nach dem jeweiligen Erfordernis von Face-to-Face-Kontakten bzw. physischer Anwesenheit am Arbeitsplatz und drittens nach verschiedenen Kriterien der Verlagerbarkeit, die zu einem Verlagerbarkeitsindex zusammengefasst wurden. Die drei Maßstäbe erbrachten in drei Vierteln aller Fälle dieselben Ergebnisse.

¹⁵⁾ PIAAC enthält Mikrodaten über sozioökonomische Charakteristika, Fähigkeiten, Berufe, berufsspezifische Anforderungen und Kompetenzen.

matisierbar, mit einer Spannweite von 6% in Korea und Estland bis 12% in Deutschland und Österreich. Die Länderdifferenzen ergeben sich weniger aus der Industrie- und Beschäftigungsstruktur als daraus, dass die Beschäftigten in den länderspezifischen Branchen und Berufen jeweils in unterschiedlichem Ausmaß automatisierbare Tätigkeiten ausüben; entscheidend sind die Art der Arbeitsplätze, der jeweilige Stand der Automatisierung und die Ausbildung der Arbeitskräfte. In Österreich führen die gering- bis mittelqualifizierten Arbeitskräfte wegen der auf Kleinserien basierenden Produktionsstruktur vielfach schwierig zu automatisierende Tätigkeiten aus; da der Anteil der Minderqualifizierten aber überdurchschnittlich hoch ist, gehören die österreichischen Arbeitsplätze nach der Studie von *Arntz – Gregory – Zierahn* (2016) dennoch zu den durch Digitalisierung am meisten gefährdeten¹⁶⁾.

Für die USA erhalten *Arntz – Gregory – Zierahn* (2016) überraschenderweise bloß einen Anteil der gefährdeten Arbeitsplätze von 9% – ein Ergebnis in auffälliger Differenz zu den Schätzungen von *Blinder* (2009) und *Blinder – Krueger* (2009) von 20% bis 30%; diese Arbeiten werden bedauerlicherweise nicht einmal zitiert, die dramatischen Differenzen demgemäß auch nicht kommentiert. Eine der Ursachen der Abweichung dürfte die unterschiedliche Experteneinschätzung der Automatisierbarkeit in den Daten von *Blinder* (2009) einerseits und *Frey – Osborne* (2013) andererseits sein, wobei sich *Arntz – Gregory – Zierahn* (2016) auf letztere stützen (die das Freisetzungspotential allerdings gleichfalls viel höher einschätzen). Nach *Autor* (2013, S. 191) wie *Pfeiffer – Suphan* (2015, S. 11) beruhen alle Ergebnisse auf divergierenden Expertenschätzungen, denen eine unzureichende Datenbasis zugrunde liegt¹⁷⁾.

Die Diskussion über die Frage, wieweit der technische Fortschritt heute mehr Arbeitskräfte freisetzt als in der Vergangenheit, ist somit von einem Konsens weit entfernt. Selbst die Schätzungen des rein technischen Freisetzungspotentials haben die enorme Spannweite von 10% bis 60% der Beschäftigten. Auch darüber, welche Qualifikationen betroffen sein werden, differieren die Meinungen. *Frey – Osborne* (2013) vertreten die gängige Vorstellung der primären Betroffenheit ungeschulter Arbeit und finden sich dabei in Gesellschaft von *Gregory – Salomons – Zierahn* (2015), *Brynjolfsson – McAfee* (2014, S. 11)¹⁸⁾ oder *Acemoglu* (2002, S. 7)¹⁹⁾. Auch *Bock-Schappelwein* (2016) sieht für Österreich keine Polarisierung, d. h. keinen Rückgang und Bedeutungsverlust der unselbständigen Beschäftigung mittleren Ausbildungsniveaus. Die Polarisierungsthese hingegen vertreten *Goos – Manning* (2007) unter dem Schlagwort "Lousy and Lovely Jobs". Auch *Maselli* (2012, S. 28) sieht für 9 EU-Länder, darunter Deutschland und Österreich, eine Ausdünnung der Mitte. Der Vater der Polarisierungsthese, *Autor* (2015), rückte allerdings zuletzt von ihr ab: "My own prediction is that employment polarization will not continue indefinitely (as argued in *Autor* 2013). While some of the tasks in many current middle-skill jobs are susceptible to automation, many middle-skill jobs will continue to demand a mixture of tasks from across the skill spectrum." *Blinder – Krueger* (2009) schließlich halten Beschäftigte mit höherem Bildungsabschluss für von der Automatisierung am stärksten betroffen.

Für die vorliegende Frage, ob der Arbeitsgesellschaft die Arbeit ausgeht, sind diese Schätzungen des quantitativen und qualitativen technischen Freisetzungspotentials bloß einer von mehreren Inputs – und überdies nicht der wichtigste. Relevanter sind die ökonomischen Aspekte: Welche der technisch möglichen Innovationen können gewinnbringend implementiert werden, welche Innovationen kreieren neue, umsatzstarke Produkte, von denen beschäftigungssteigernde Effekte ausgehen (kön-

¹⁶⁾ Das Ergebnis wird durch Erhebungen der OECD (2016) gestützt, wonach der Skill Mismatch in Österreich besonders groß ist (S. 76) und relativ wenige Beschäftigte an Weiterbildungskursen teilnehmen (S. 68); hinsichtlich der Zahl der Start-ups liegt Österreich an vierletzter und hinsichtlich der Nutzung von Cloud Computing an sechstletzter Stelle unter den OECD-Ländern.

¹⁷⁾ Das Problem sind die bloß groben Tätigkeitsbeschreibungen sowohl im O*NET-Datensatz der USA als auch in der deutschen Erwerbstätigenbefragung.

¹⁸⁾ ". . . there's never been a worse time to be a worker with only 'ordinary' skills and abilities to offer."

¹⁹⁾ "The idea that technological advances favor more skilled workers is a twentieth century phenomenon."

nen), oder wem kommen die *Folgen der Produktivitätssteigerung* zugute. Kapitel 5 wird auf diese Fragen zurückkommen.

3.2 Beschleunigung von technischem Fortschritt und Produktivitätssteigerung?

*Second Machine Age versus
sekuläre Stagnation*

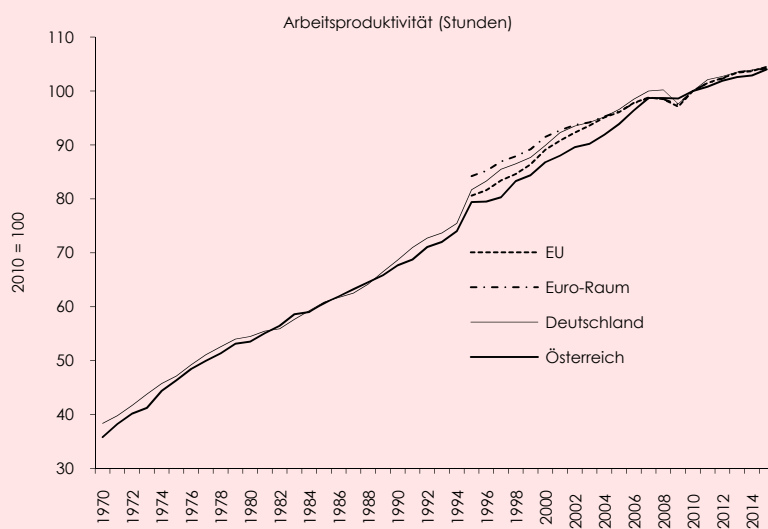
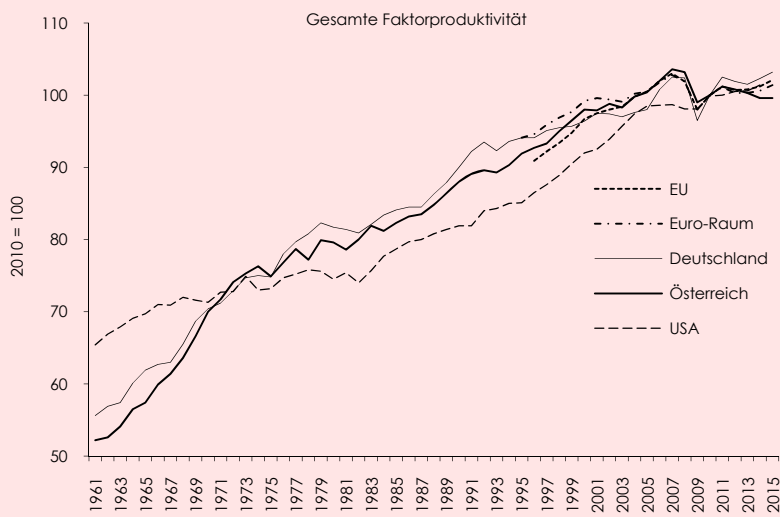
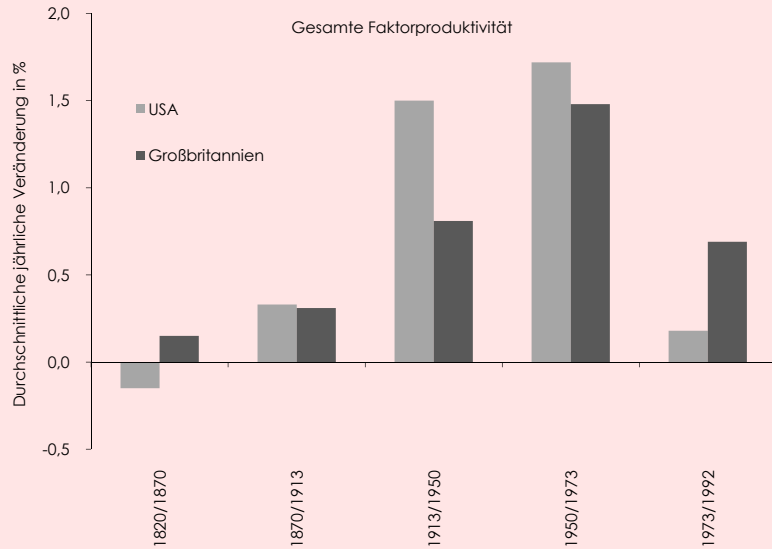
Zunächst muss jedoch auf einen anderen Strang der Literatur verwiesen werden, der – im Gegensatz zu den Visionen vom "Second Machine Age" (Brynjolfsson – McAfee, 2014) – die Beschleunigung des technischen Fortschrittes in Frage stellt. "Americans, with their tendency to exaggerate new innovations, have conjured up wild fears about changes that automation may bring, . . . *Such projections are silly*" (Bell, 2001, S. 267). Gordon (2012, 2016) sieht, in scharfem Gegensatz zu Autoren wie Brynjolfsson – McAfee (2014), statt einer Beschleunigung des technischen Fortschrittes eine Verlangsamung als Folge eines Mangels an bahnbrechenden Erfindungen. Die erste Industrielle Revolution 1770/1830 sei von der Einführung von Dampfmaschine, Eisenbahn, Dampfschiff, Spinnmaschine und Webstuhl geprägt gewesen, die zweite 1870/1940 von der Erfindung von Elektrizität, Verbrennungsmotor, Telefon, Film, Plastik und Antibiotika; beide setzten markante Wachstums- und Beschäftigungsimpulse. Die dritte, in unserer Zeit, sei zugleich enttäuschend und schillernd. Seit 1970 werde der Fortschritt in einen sehr engen Bereich menschlicher Aktivität gelenkt: Unterhaltung, Kommunikation sowie Sammlung und Verarbeitung von Information. Gordon sieht einen Stillstand der Innovationen in Büro-, Einzelhandels-, Bank- und Finanztechnologien wie in Konsumelektronik. Die Arbeitsproduktivität habe in den USA seit 1970 um bloß ½% pro Jahr zugenommen. Gemeinsam mit der Bremse durch die demographische Alterung und zunehmende Ungleichheit erwartet Gordon daher statt einer Computer-Revolution eine sekuläre Stagnation. Aus der Sicht der Beschäftigung ist auch das eine keineswegs erfreulichere Perspektive, aus der Sicht der Wirtschaftspolitik ist die unterschiedliche Verursachung allerdings von erheblicher Bedeutung.

Wird das Tempo des technischen Fortschrittes über- oder unterschätzt?

Historische Daten lassen vermuten, dass das *Tempo des technischen Fortschrittes* generell überschätzt wird. Selbst in der Industriellen Revolution lag das Pro-Kopf-Wachstum in England kaum über 1%, der technische Fortschritt kann kaum rascher gewesen sein²⁰); bloß die Wirtschaft der jeweiligen Nachzügler, die von der Diffusion der Innovationen profitieren, können temporär rascher wachsen und täuschen damit rascheren technischen Fortschritt vor (Tichy, 2016, S. 35ff). Maddison (1995, Table 2.6) schätzt die Veränderung der totalen Faktorproduktivität (TFP) in Großbritannien auf +0,2% 1820/1970 und +0,3% 1871/1913, in den USA auf –0,2% und +0,3%. 1913/1950 betrug der Anstieg in Großbritannien 0,8%, 1950/1973 1,5%, schwächte sich jedoch 1973/1992 auf 0,7% ab; für die USA ergeben sich entsprechende Werte von +1,5%, +1,7% und +0,2%. Nach neueren Daten (Abbildung 3) verlangsamte sich der technische Fortschritt in Europa um die Mitte der 1970er-Jahre, als der Aufholprozess nach den Verlusten von zwei Weltkriegen und der Weltwirtschaftskrise weitgehend abgeschlossen war. Der darauffolgend flachere Trend hielt bis zur Finanz- und Wirtschaftskrise 2008 an; seither stagniert die TFP. In den USA fehlte natürlich der (europäische) Aufholprozess; nach einer Stagnation in den 1970er-Jahren setzte sich der Trend der TFP auf niedrigerem Niveau mit etwa gleicher Steigung fort. Bereits 2005 flachte er ab und stagnierte bis zuletzt. Die OECD (2016, S. 6) identifiziert zwar entsprechenden technischen Fortschritt, beklagt jedoch seine mangelnde Umsetzung – das "*productivity paradox*", "*the failure to translate rapid technological change into commensurate productivity growth*". Eine Beschleunigung des technischen Fortschrittes ist somit in den verfügbaren Datenreihen nicht zu erkennen, eher eine Verlangsamung. Aber auch für eine sekuläre Stagnation spricht wenig; die jüngste Abschwächung dürfte eher mit einem Mangel an kaufkräftiger Nachfrage, gemäß OECD (2016, S. 10) mit dem Fehlen von Investitionen vor allem in Knowledge-based Capital zu erklären sein.

²⁰) Der technische Fortschritt wird üblicherweise mit der totalen Faktorproduktivität (TFP) gemessen, dem Teil des Wachstums der Produktion, der nicht auf ein Wachstum des Einsatzes von Arbeit und Kapital zurückgeführt werden kann. Die TFP umfasst sowohl organisatorische Verbesserungen als auch üblicherweise die Qualitätssteigerung von Arbeit und Kapital.

Abbildung 3: Langfristige Entwicklung der Produktivität



Q: Maddison (1995), EU KLEMS, WIFO-Berechnungen.

Die Zunahme der *Arbeitsproduktivität* (pro Stunde) schwächte sich nach den Maddison-Daten (Abbildung 3) in den USA 1950 leicht und 1973 deutlich ab. In Europa zeigen sich abermals der Aufholprozess bis zur Mitte der 1970er-Jahre, ein Einbruch 2010 und danach ein leicht abgesenkter Trend. Die Arbeitsproduktivität, die Rationalisierung wie Kapitalintensivierung widerspiegelt, steigt überall kontinuierlich um gut die Hälfte rascher als der technische Fortschritt gemessen an der totalen Faktorproduktivität; insofern geht von ihr eine erheblich stärkere Gefährdung der Arbeitsplätze aus. Anders als die totale Faktorproduktivität hielt ihr Anstieg auch in den Krisen Jahren an.

Die Verlangsamung des technischen Fortschrittes – jedenfalls seit 2004 – löste in den USA eine intensive Diskussion aus. Autoren wie *Brynjolfsson – McAfee* (2012, 2014), *Byrne – Oliner – Sichel* (2015) oder *Feldstein* (2015) halten sie überwiegend für ein *Messproblem*: Der Fortschritt der Digitalisierung und die Schaffung neuer Produkte und Dienstleistungen kämen in der Statistik nicht vor bzw. würden unterbewertet. Autoren wie *Byrne – Fernald – Reinsdorf* (2016) oder *Syverson* (2016) wenden dagegen ein, dies könne bestenfalls eine Teilerklärung sein: Diese Messprobleme hätte es schon vor der Verlangsamung 2004 gegeben; sie dürften zwar für eine Unterschätzung des *Niveaus* verantwortlich sein, könnten aber bestenfalls einen Teil der *Veränderung* erklären. Überdies zeige sich die Verlangsamung in allen Ländern, unabhängig von deren Digitalisierungsgrad. Nicht erfasst von der Statistik würde vor allem der Nutzen von IT-Dienstleistungen für Konsumenten. Diese mögen zwar zum Konsumentennutzen im Ausmaß von $\frac{1}{3}\%$ bis $\frac{2}{3}\%$ des BIP pro Jahr beigetragen haben (*Brynjolfsson – Oh, 2012, Syverson, 2016*), Konsumentennutzen sei aber etwas anderes als die üblicherweise gemessene Produktivität. Die Konsumenten mögen mittels der durch IT ermöglichten Aktivitäten ihre Freizeit besser (produktiver?) nutzen, und ihr Realeinkommen steige durch den Rückgang der IT-Preise, doch ändere das nichts an der Produktionsfunktion. Abgesehen davon wird der Konsumentennutzen der "Gratisangebote" durch dem Konsumenten bewusste oder unbewusste, allerdings kaum quantifizierbare Kosten zumindest zum Teil kompensiert: bewusst die Belästigung durch Werbung, weniger bewusst die Beeinträchtigung der Privatsphäre durch die nutzungsbedingt permanente Datengenerierung und deren kommerzielle Verwertung durch die Anbieter; noch weniger bewusst die Tendenz zur Verhaltenssteuerung durch Bedarfsweckung im Gefolge zielgruppenspezifischer Werbeaktivitäten (*Christl – Spieckermann, 2016*).

Für das Ausmaß der Freisetzung ist allein der arbeits-sparende technische Fortschritt relevant.

Für die Fragestellung der vorliegenden Arbeit sind die Messprobleme von technischem Fortschritt und Produktivität von untergeordneter Bedeutung. Relevant ist in diesem Zusammenhang, wieweit der von manchen vermutete künftige Digitalisierungssprung einen Produktivitätssprung auslöst, der großflächig Arbeitsplätze vernichtet; im Bereich der in der Messdiskussion angesprochenen Konsumentendienstleistungen ist jedoch Arbeitsplatzschaffung wie -vernichtung von untergeordneter Bedeutung.

4. Freisetzungspotential und Freisetzungswahrscheinlichkeit

Zur Prognose der künftigen Beschäftigungsmöglichkeiten tragen die Versuche einer Schätzung des technischen *Freisetzungspotentials* der fortgeschrittenen ICT- und RRTC-Technologien (Routine-Replacing Technological Change) – von ihrer enormen Schwankungsbreite einmal abgesehen – wenig bei; sie befassen sich allein mit den *technischen Möglichkeiten potentieller* Freisetzung – einer Vorfrage; die für die Beschäftigungsentwicklung entscheidenden Fragen liegen nicht in ihrem Forschungsprogramm: Wieweit und unter welchen Bedingungen die *technischen* Möglichkeiten auch genutzt werden können, und welche zusätzlichen Beschäftigungsmöglichkeiten dank höherer Effizienz und neuer Produkte entstehen können, wenn diese technischen Möglichkeiten genutzt werden?

Das hypothetisch-technische Freisetzungspotential kann nie voll genutzt werden.

Keineswegs bloß im Bereich der Computertechnologien blieben und bleiben unzählige *Innovations- und Anwendungspotentiale ungenutzt*, die die Technik grundsätzlich bietet. Von legalen, ethischen und atmosphärischen Hindernissen (Arbeitsklima) abgesehen, die gerade auf dem Arbeitsmarkt eine bedeutende Rolle spielen,

kommt es vor allem darauf an, ob die jeweiligen technischen Möglichkeiten auch betriebswirtschaftlich *gewinnbringend* implementiert werden können. Das ist nicht nur eine Frage der relativen Faktorkosten, sondern auch der jeweiligen Produktionsstruktur und der erforderlichen Dynamik – ein hoher Automatisierungsgrad verringert nach wie vor die Flexibilität und kann daher die Anpassung an rasche Nachfrageänderungen erschweren. Abgesehen davon erfordern die neuen Technologien nicht bloß hohe Investitionen, sondern auch längere und vielfach teure Lernprozesse²¹⁾. Dass Verfahren, die die Arbeitsproduktivität steigern, von den Spitzenunternehmen nur langsam in die übrige Wirtschaft diffundieren, wie die OECD (2016) beklagt, dürfte eine der Erklärungen sein. Zahlreiche Unternehmen scheuen, besonders in Zeiten schwacher Nachfrage, radikale technische und organisatorische Innovationen und investieren die Gewinne lieber in den Kauf konkurrierender Unternehmen, den Erwerb eigener Aktien oder legen sie auf dem Finanzmarkt an. Fast drei Viertel der Fortune-Global-500-Unternehmen bezeichneten im Juni 2015 die Adaptierung und Anwendung der neuen Technologien als ihr größtes Problem.

Die zweite von den technischen Studien vernachlässigte Frage ist die der *Anpassungen auf dem Güter- wie auf dem Arbeitsmarkt*. Auf dem Gütermarkt hängt es von der Relation von Output- zu Einkommenselastizität der jeweiligen Nachfrage ab, ob eine automatisierungsbedingte Produktivitätssteigerung die Gewinne steigert oder die Preise drückt (Autor, 2015, S. 7). Die Anpassungen auf dem Arbeitsmarkt hängen davon ab, ob die Arbeitskräfte Aufgaben erfüllen, die substitutiv oder komplementär zu denen der Roboter sind. Überdies können die Beschäftigten ihre Tätigkeiten an die geänderten Anforderungen anpassen (Autor, 2013). Tatsächlich zeigen verschiedene Studien, dass trotz einer Verringerung der Arbeitsplätze mit vorwiegend Routine- und automatisierbaren Aufgaben der Überwiegende Teil der Anpassung durch Änderung des Aufgabenbündels innerhalb der jeweiligen Berufe erfolgte (Autor – Levy – Murmane, 2003, Spitz-Oener, 2006). Die Beschäftigten verlagerten ihre Arbeitszeit zugunsten solcher Aufgaben, die komplementär zu den Maschinen sind (Arntz – Gregory – Zierahn, 2016, S. 24).

Drittens ignoriert die Beschränkung auf die arbeitskräftefreisetzenden Folgen der Automatisierung alle jene Mechanismen, die *zusätzliche Nachfrage nach Arbeit* schaffen: durch Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit, Schaffung neuer Vertriebswege und Geschäftsmodelle, durch Nachfrage nach den neuen Technologien und als Folge der Produktivitätssteigerung. Die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit, neue Vertriebswege und Geschäftsmodelle werden in Bezug auf den Arbeitsmarkt im Allgemeinen ein Nullsummenspiel sein, jedenfalls in weltweitem Maßstab. Wichtig hingegen ist die Nachfrage nach den neuen Technologien. Die landläufige Diskussion kommt diesbezüglich über die Effekte auf die Industrieproduktion nicht hinaus: In der *jeweiligen* Werkshalle gehen selbstverständlich Arbeitsplätze verloren; aber die neuen Technologien müssen entwickelt, erzeugt und gewartet werden; dort entstehen Arbeitsplätze. Die Umschichtung zwischen Branchen und Tätigkeiten wird zweifellos um Dimensionen größer sein als die Nettofreisetzung. Das gilt vor allem auch für den Dienstleistungsbereich, in dem die mittleren Qualifikationen im Finanzsektor wie in der Verwaltung von Staat und Wirtschaft schon jetzt unter Druck geraten. Allerdings entstehen auch dort neue Chancen: Die Komplexität von Wirtschaft und Gesellschaft hat – nicht bloß durch die Digitalisierung – erheblich zugenommen (Reinstaller – Hölzl, 2004). Infolgedessen expandieren die Beratungsberufe (einschließlich Rechtsanwälte) nicht bloß kräftig, sondern fächern sich auch breit auf. Die Statistiken über unternehmensnahe Dienstleistungen zeigen das deutlich. Aber selbst die privaten Haushalte fragen zunehmend Beratungsdienstleistungen nach, von Rechts- und Schuldnerberatung über Ehe- und Erziehungsberatung bis Ernährungs- und Gesundheitsberatung.

Die öffentliche Diskussion übersieht, viertens, die Folgen der *Produktivitätssteigerung* durch ICT und RRTC (Autor, 2015). Jeder Produktivitätsgewinn muss irgendwo seinen Niederschlag finden: in einer Dämpfung der Preise, einer Anhebung der Löhne oder

Überdies schaffen Anpassungen auf dem Güter- und Arbeitsmarkt ebenso neue Arbeitsplätze wie neue Produkte und Geschäftsmodelle.

²¹⁾ Der Mangel an qualifiziertem IT-Personal ist dafür ein deutlicher Indikator.

einer Zunahme der Gewinne. Innovationen, die Arbeitskräfte durch Kapital ersetzen, strahlen daher auf alle Produkt- und Faktormärkte aus²²). Die höhere Effizienz der Produktion eines Gutes, die seinen Preis senkt, erhöht die Realeinkommen und potentiell die Nachfrage nach anderen Gütern. Dementsprechend steht dem Arbeitskräfte freisetzenden Substitutionsprozess (destruction effect) ein Aktivierungsprozess (capitalisation effect) gegenüber, der die Nachfrage nach Arbeitskräften erhöht: Die gesteigerte Produktivität zieht neue Unternehmen an (Aghion – Howitt, 1994). Überwog in der Vergangenheit eindeutig der capitalisation effect, so stellen das die rein technisch orientierten Freisetzungstudien in Frage (Brynjolfsson – McAfee, 2012, Frey – Osborne, 2013). Graetz – Michaels (2015) finden in einer Untersuchung der Folgen der Roboterisierung in 17 Ländern allerdings selbst auf Sektorniveau keinen negativen Einfluss auf die Zahl der Arbeitsstunden. Doch auch wenn der capitalisation effect in Zukunft kleiner werden sollte, bedeutet das nicht, dass er einfach vernachlässigt werden kann. Wie Gregory – Salomons – Zierahn (2016) in ihrem Arbeitsmarktmodell zeigen, spielen die Anpassungseffekte auf dem europäischen Arbeitsmarkt eine erhebliche Rolle, und der technische Fortschritt wirkt in der Folge beschäftigungssteigernd. Die Arbeitskräfte profitieren längerfristig in Form höherer Löhne, auch wenn dieser Prozess zuletzt durch die steigende Einkommensungleichheit gehemmt wird (entsprechende Belege in Mokyr – Vickers – Ziebarth, 2015). "Automation does indeed substitute for labour but also complements labour, raises output in ways that lead for higher demand for labour and interacts with adjustments in labour supply. Productivity improvements in one set of tasks almost necessarily increase the economic value of the remaining tasks" (Autor, 2015, S. 6).

Bisher konnte keine Nettofreisetzung von Arbeitskräften durch Automatisierung festgestellt werden.

Keineswegs alle als arbeitssparend angeführten Innovationen vernichten tatsächlich Arbeitsplätze. Das gilt beispielhaft für das von Brynjolfsson – McAfee (2014) in diesem Zusammenhang angeführte fahrerlose Auto. Die Zahl der Chauffeure, die im Personenverkehr freigesetzt werden könnten, dürfte, von den Taxifahrern abgesehen, sehr begrenzt sein; im Busverkehr wird der Fahrer vermutlich durch einen "Security" ersetzt, und im Güterverkehr wird es schon zur Sicherung der Ladung, erst recht aber für die Be- und Entladungsvorgänge weiterhin vielfach eines Begleiters bedürfen²³). Massive Open Online Courses (MOOC) mögen bestenfalls die Vorlesungen weniger prominenter Professoren und Professorinnen verringern, nicht jedoch Prüfungen und Studentenbetreuung. Neue Produkte und damit neue Arbeitsplätze entstehen weiters, weil die neuen arbeitssparenden Technologien entwickelt, produziert und gewartet werden müssen. Auch kann der Absatz bestehender Produkte ausgeweitet werden, wenn sie deutlich billiger werden²⁴) und/oder die Nachfrage einkommensbedingt generell steigt. Nur in einem Klima restringierter Nachfrage oder deutlich ungleicher Einkommensverteilung wird das nicht der Fall sein; insofern kommt der Wirtschaftspolitik erheblicher Gestaltungsspielraum und Gestaltungsbedarf zu.

Die wenigen Studien, die die tatsächlichen Folgen rascher Automatisierung durch RRTC auf die Beschäftigung zu schätzen versuchen, finden für die Vergangenheit keine Evidenz für Nettofreisetzungen. Gregory – Salomons – Zierahn (2016) schätzen den Freisetzungseffekt des technologischen Fortschrittes für 27 europäische Länder in der Periode 1999/2010 zwar auf etwa 10 Mio. Beschäftigte, er sei jedoch durch die

²²) Acemoglu – Restrepo (2015) untersuchen diese Frage in einem aufgabenorientierten Modell, in dem manche Aufgaben automatisiert, zugleich aber komplexere kreiert werden, bei denen Arbeit einen komparativen Vorteil hat. "In a static version of our model where capital is fixed and technology is exogenous, automation reduces employment and the share of labor in national income and may even reduce wages, while the creation of more complex tasks has the opposite effects. Our full model endogenizes capital accumulation and the direction of research towards automation and the creation of new complex tasks. Under reasonable conditions, there exists a stable balanced growth path in which the two types of innovations go hand-in-hand. An increase in automation reduces the cost of producing using labor, and thus discourages further automation and encourages the faster creation of new complex tasks. The endogenous response of technology restores the labor share and employment back to their initial level. Although the economy contains powerful self correcting forces, the equilibrium generates too much automation."

²³) Ladebordwand und Autokran, die den Beifahrer im Lastwagen überflüssig machten, könnten viel eher als Beispiel für Personaleinsparung dienen, doch das waren rein mechanische Innovationen, für die "Digitalrevolutionäre" daher uninteressant.

²⁴) Die in diesem Zusammenhang vielfach erwähnte Produktionssteigerung als Folge der Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit ist hingegen wie erwähnt ein Nullsummenspiel: Sie löst bloß Verdrängungseffekte aus.

Schaffung von 21 Mio. Arbeitsplätzen bei weitem überkompensiert worden. Andere Studien finden zumindest keine Nettofreisetzung, etwa *Graetz – Michaels* (2015) auf Sektorebene für 17 Industrieländer 1993/2007, *Autor* (2015) auf regionaler Ebene der Bundesstaaten der USA, *Cortés – Salvatori* (2015) auf Unternehmensebene oder *Wolter et al.* (2016) für Deutschland. Auch hier ergeben sich somit eine erhebliche Spannweite und dringender weiterer Forschungsbedarf.

Die düsteren Prognosen der Maschinen-Mensch-Substitution durch RRCT vernachlässigen allerdings typischerweise die schon von Ricardo erkannte Folge, dass bei Automatisierungsbedingt weitgehendem Ersatz der menschlichen Arbeitskraft die Verteilung zum zentralen Problem wird: *"If robots are almost perfect substitutes for human labor, inequality worsens"* (*Berg – Buffie – Zanna*, 2016, S. 11). Nach *Autor* (2015, S. 28) beruht die Primärverteilung der Einkommen in Marktwirtschaften auf der Knappheit an Arbeitskräften: die Arbeitskräfte besitzen (oder erwerben) ein Bündel von wertvollem Humankapital, das dank seiner Knappheit in der Zeit ihrer Erwerbstätigkeit einen Einkommensstrom generiert. Machten Maschinen tatsächlich die menschliche Arbeitskraft überflüssig, dann entstünden bei den Maschineneigentümern enorme Vermögen, aber zugleich das ernste Problem zu bestimmen, wer diese sein sollen und wie die Vermögen verteilt werden könnten. *"Who owns the robots rules the world"* (*Freeman*, 2015).

Umfangreiche Freisetzungen durch Automatisierung würden massive Verteilungsprobleme aufwerfen.

5. Schlussfolgerungen: Freisetzung und Wirtschaftspolitik

Wie der Überblick über die relevante Literatur zeigt, gibt es bisher keine Evidenz dafür, dass der Arbeitsgesellschaft die Arbeit ausgeht. Die Studien über das rein technische Freisetzungspotential des technischen Fortschrittes beruhen auf zwangsläufig wenig fundierten Expertenprognosen der technischen Entwicklung und der Automatisierbarkeit der bisher von Menschen ausgeführten Tätigkeiten (bzw. Berufe). Abgesehen von ihren sehr unterschiedlichen Ergebnissen enthalten sich die Studien bewusst jeder quantitativen Aussage darüber, wieweit diese technischen Möglichkeiten in der Realität unter legislativen, ethischen, arbeitsklimatischen und vor allem wirtschaftlichen Aspekten umgesetzt werden können. Sie beschäftigen sich auch nicht mit der entscheidenden Frage, wieweit die Einführung neuer Technologien nicht bloß bestehende Arbeitsplätze vernichtet, sondern direkt oder indirekt auch neue schafft.

Bisher liegt keine überzeugende Evidenz dafür vor, dass der Arbeitsgesellschaft die Arbeit ausgeht.

Empirisch spricht wenig für eine drastische Zunahme der Freisetzungen. In der Geschichte der Industriegesellschaft war der technische Fortschritt längerfristig mit einem Anstieg der Beschäftigung verbunden. Auch eine Beschleunigung der arbeitsparenden Komponente des technischen Fortschrittes ist weder lang- noch kurzfristig zu erkennen – eher das Gegenteil: Die totale Faktorproduktivität wächst zunehmend langsamer, und der anhaltende Anstieg der Arbeitsproduktivität ist nicht dem technischen Fortschritt, sondern der Rationalisierung angesichts hoher Arbeitskosten zuzuschreiben. Die Zunahme der Arbeitslosigkeit ist überwiegend Folge der demographischen Entwicklung und der Zuwanderung.

Das Freisetzungspotential von Rationalisierung ist größer als jenes der Automatisierung.

Aus der Auflistung der Mängel der Studien über das Freisetzungspotential darf nicht geschlossen werden, dass diese überflüssig wären – sie müssen bloß richtig interpretiert werden. Sie verweisen auf potentielle längerfristige Gefahren, auf die die Wirtschaftspolitik schon jetzt vorsorglich reagieren sollte, unbeschadet der unterschiedlichen Erwartungen über das Ausmaß eventueller Freisetzungen. In diesem Zusammenhang können bloß einige zentrale Punkte schlagwortartig erwähnt werden.

Eine vorsorgliche Reaktion der Wirtschaftspolitik besteht in der Abgabenerlastung des Faktors Arbeit, der Qualifizierung der Arbeitskräfte, neuen Regulierungsformen und der Verhinderung einer restriktiven Spirale.

Erstens gilt es der Gefahr der generellen Freisetzung – nicht bloß durch Automatisierung, sondern auch durch Rationalisierung – durch Adjustierung der Faktorpreise entgegenzuwirken: Arbeit ist infolge ihrer hohen Abgabenbelastung relativ zu Kapi-

tal zu teuer²⁵); eine *generelle* Entlastung des Faktors Arbeit von Abgaben ist wegen ihrer sehr viel breiteren Wirkung einer eventuellen Robotersteuer bei weitem vorzuziehen²⁶).

Zweitens wird man um massive Investitionen in die *Ausbildung der Arbeitskräfte* nicht herkommen. Das verallgemeinernde Schlagwort "Höherqualifizierung" kann dabei allerdings irreführen: Die generelle Umschulung von Berufen niedriger zu solchen höherer Qualifikation stößt an Grenzen, wenn der Anteil der mittleren Berufe gemäß dem Polarisierungsansatz schrumpfen sollte, ganz abgesehen davon wie weit und wann ein breiter Ansatz der Höherqualifizierung an natürliche Grenzen der Begabung stößt. Auch wird gerne übersehen, dass gemäß österreichischem Mikrozensus ein erheblicher Teil der Arbeitskräfte, die einfache Routinetätigkeiten ausführen, überqualifiziert sind (Peneder *et al.*, 2016, S. 7). Besondere Bedeutung dürfte der Umschulung im Bereich der mittleren Qualifikationen zukommen, in dem die größte Umschichtung zu erwarten ist. Bei diesen Arbeitskräften kann einerseits von digitalen Vorkenntnissen und hoher Lernfähigkeit ausgegangen werden, andererseits wird der Übergang von ihrem bisherigen, zumeist hierarchischen Umfeld in die flachen Organisationsstrukturen und vielfach freiberufliche Tätigkeit der digitalen Welt Anpassung erfordern. Gemäß einem aufgabenorientierten Ansatz scheint die Umschulung auf bestimmte Tätigkeitsprofile am ehesten Erfolg zu versprechen.

Drittens bedarf es einer breiten *Förderung der digitalen Kompetenzen* auf allen Schulstufen und einer Steigerung des Anteils der MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) an der tertiären Ausbildung.

Viertens erfordert selbst der gegenwärtige Stand der Digitalisierung *neue und andere Ansätze der Regulierung*. Zwei sehr unterschiedliche seien hier beispielhaft hervorgehoben: Zum einen wirft die hinter den meisten Geschäftsmodellen stehende Datensammlung Probleme des Datenschutzes auf. Zum anderen wälzen die Fragmentierung und Dezentralisierung von Arbeitsschritten die Unternehmerrisiken auf die Beschäftigten ab und bringen Teilzeitarbeit, Scheinselbstständigkeit und prekäre Arbeitsverhältnisse mit sich. Sozialversicherung und Arbeitsgesetzgebung werden darauf reagieren müssen.

Fünftens muss die Wirtschaftspolitik die Anpassung an automatisierungsbedingte Freisetzen steuern. Acemoglu – Restrepo (2015) warnen, die marktmäßigen Anpassungsmechanismen würden nicht ausreichen und könnten überdies eine überhöhte Automatisierung zur Folge haben. Vor allem aber gilt es, eine *restriktive Spirale* zu verhindern: Wenn die durch die Automatisierung Freigesetzten arbeitslos werden, sinkt die Nachfrage, was eine Spirale weiterer Freisetzen auslösen muss. Es gilt daher einerseits mittels Nachfrage- und aktiver Arbeitsmarktpolitik (kurzfristig) für ein entsprechendes Klima zu sorgen, das einen kontinuierlichen Übergang ermöglicht. Andererseits muss durch entsprechende Wettbewerbs- und Verteilungspolitik dafür gesorgt werden, dass die Automatisierungsgewinne nicht einigen wenigen (Unternehmen oder Personen) zufallen. Freeman (2015, S. 7f) schlägt dafür produktivitätsorientierte Lohnpolitik, Umverteilung durch Steuern und Transfers, aber auch Unternehmensbeteiligungen der Arbeitskräfte durch Aktienerwerb, Aktienoptionen oder Gewinnbeteiligung vor. Jedenfalls muss stärker als bisher bewusst werden, dass eine eventuelle "digitale Beschleunigung" nicht nur – und nicht einmal so sehr – ein Arbeitsmarktproblem, sondern ein Verteilungsproblem aufwirft.

²⁵) Eine aufkommensneutrale Senkung diskutiert Aiginger (2016, S. 99); er schlägt eine Senkung der Abgabenbelastung der Arbeit von 20% auf 13% vor, kompensiert durch eine Besteuerung von Finanztransaktionen, CO₂-Emissionen, Tabak, Alkohol und Erbschaften im Ausmaß von 7% des BIP.

²⁶) Eine Robotersteuer könnte bestenfalls die Freisetzung von Arbeitern und Arbeiterinnen in der Fabrik bremsen, keineswegs jedoch die nach den technischen Studien offenbar viel relevantere Freisetzung in Forschung, Entwicklung und Verwaltung. Überdies würde die auf ein Land beschränkte Einhebung den internationalen Wettbewerb erheblich verzerren.

6. Literaturhinweise

- Acemoglu, D., "Technical change, inequality, and the labor market", *Journal of Economic Literature*, 2002, 40(1), S. 7-72.
- Acemoglu, D., "Technology and inequality", *NBER Reporter*, Winter 2003, <http://www.nber.org/reporter/winter03/technologyandinequality.html>.
- Acemoglu, D., Autor, D. H., "Skills, tasks and technologies: Implications for employment and earnings", in Card, D., Ashenfelter, O., *Handbook of Labor Economics*, North Holland, Amsterdam, 2011, Vol. 4, S. 1043-1171.
- Acemoglu, D., Restrepo, P., "The race between machine and man: Implications of technology for growth, factor shares and employment", *NBER Working Papers*, 2015, (22252).
- Aghion, Ph., Howitt, P., "Growth and unemployment", *The Review of Economic Studies*, 1994, 61(3), S. 477-494.
- Aiginger, K., *New Dynamics for Europe: Reaping the Benefits of Socio-ecological Transition – Part I: Synthesis*. WWFforEurope Deliverable No. 11, WIFO, Wien, 2016, <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/58791>.
- Akst, D., "What can we learn from past anxiety over automation?", *The Wilson Quarterly*, Summer, 2013, <http://wilsonquarterly.com/quarterly/summer-2014-where-have-all-the-jobs-gone/theres-much-learn-from-past-anxiety-over-automation/>.
- Arntz, M., Gregory, T., Zierahn, U., "The Risk of automation for jobs in OECD countries: A comparative analysis", *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, 2016, (189).
- Autor, D. H., "The 'Task Approach' to labor markets: An overview", *IZA Discussion Paper*, 2013, (7178).
- Autor, D. H., "Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation", *Journal of Economic Perspectives*, 2015, 29(3), S. 3-30.
- Autor, D. H., Dorn, D., "The growth of low-skill service jobs and the polarization of the US labor market", *American Economic Review*, 2013, 103(5), S. 1553-1597.
- Autor, D., Levy, F., Murnane, R. J., "The skill content of recent technological change: An empirical exploration", *The Quarterly Journal of Economic*, 2003, 118(4), S. 1279-1333.
- Bardhan, A. D., Kroll, C., "The new wave of outsourcing", *Berkeley Fisher Center for Real Estate & Urban Economics Working Papers*, 2003, (1103).
- Beaudry, P., Green, D., Sand, B., "The great reversal in the demand for skill and cognitive tasks", *NBER Working Papers*, 2013, (18901).
- Bell, D., *The End of Ideology: On the Exhaustion of Political Ideas in the Fifties*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 2001.
- Berg, A., Buffie, E. E., Zanna, L.-F., "Robots, growth and inequality", *Finance and Development*, 2016, 53(3), S. 10-13.
- Blinder, A. S., "How many US jobs might be offshorable?", *World Economics*, 2009, 10(2), S. 41-78, <http://www.world-economics-journal.com/ArticleDetails.details?AID=376>.
- Blinder, A. S., Krueger, A. B., "Alternative measures of offshorability: A survey approach", *CEPS Working Paper*, 2009, (190).
- Böning, J., *Die Einführung von Fließbandarbeit in Deutschland bis 1933. Zur Geschichte einer Sozialinnovation*, Münster-Hamburg, 1993.
- Bock-Schappelwein, J., "Digitalisierung und Arbeit", in *Peneder et al.* (2016).
- Bowles, J., *Chart of the week: 54% of EU jobs at risk of computerisation*, Brüssel, 2014, <http://bruegel.org/2014/07/chart-of-the-week-54-of-eu-jobs-at-risk-of-computerisation/>.
- Braverman, H., *Labor and Monopoly Capital: The Degradation of Work in the Twentieth Century*, New York University Press, 1974.
- 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., *Second Machine Age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*, Norton & Company, New York City; deutsch: *The Second Machine Age: Wie die nächste digitale Revolution unser aller Leben verändern wird*, Plassen, Kulmbach, 2014.
- Brynjolfsson, E., Oh, J. H., *The Attention Economy: Measuring the Value of Free Digital Services on the Internet*, 33rd International Conference on Information Systems, Orlando, 2012.
- Bzeski, C., Burk, I., *Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt*, INGDI BA Economic Research, Frankfurt am Main, 2015, <https://www.ing-diba.de/pdf/ueber-uns/presse/publikationen/ing-diba-economic-research-die-roboter-kommen.pdf>.
- Byrne, D. M., Fernald, J. G., Reinsdorf, M. B., "Does the United States have a productivity slowdown or a measurement problem", *Brookings Papers on Economic Activity*, 2016, S. 109-157.
- Byrne, D. M., Oliner, St. D., Sichel, D. E., "How fast are semiconductor prices falling?", *NBER Working Papers*, 2015, (21074).
- Christl, W., Spieckermann, S., *Networks of control*, facultas, Wien, 2016.
- Colvin, G., "Humans are underrated", *Fortune*, 23. Juli 2015.
- Cortés, G. M., Salvatori, A., *Task Specialization Within Establishments and the Decline of Routine Employment*, University of Manchester, 2015, <https://www.frbatlanta.org/~media/Documents/research/seminars/2016/cortes-011916.pdf>.

- David, P. A., "The dynamo and the computer: A historical perspective on the modern productivity paradox", *American Economic Review*, 1990, 80(2), S. 355-361.
- Dengler, K., Matthes, B., "Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland", IAB-Forschungsbericht, 2015, (11).
- Falkinger, J., *Sättigung: Moralische und psychologische Grenzen des Wachstums*, Mohr, Tübingen, 1986.
- Feldstein, M., "The U.S. underestimates growth", *Wall Street Journal*, 18. Mai 2015.
- Freeman, R. B., "Who owns the robots rules the world", *IZA World of Labor*, 2015, (5).
- Frey, C. B., Osborne, M. A., "The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?", University of Oxford, Working Paper, 2013.
- Goldin, C., Katz, L. F., "The origins of technology-skill complementarity", *The Quarterly Journal of Economics*, 1998, 113(3), S. 693-732.
- Goos, M., Manning, A., "Lousy and lovely jobs: The rising polarization of work in Britain", *The Review of Economics and Statistics*, 2007, 89(1), S. 118-133.
- Goos, M., Manning, A., Salomons, A., "Job polarization in Europe", *American Economic Review*, 2009, 99(2), S. 58-63.
- Gordon, R. J., "Is U.S. economic growth over? Faltering innovation confronts the six headwinds", NBER Working Papers, 2012, (18315), <http://www.nber.org/papers/w18315>.
- Gordon, R. J., "The rise and fall of American growth", *IMF Finance & Development*, 2016, 53(2), S. 33-37.
- Graetz, G., Michaels, G., "Robots at work", CEPR Discussion Papers, 2015, (10477).
- Gregory, T., Salomons, A., Zierahn, U., *Technological change and regional labor market disparities in Europe*, ZEW, Mannheim, 2015.
- Gregory, T., Salomons, A., Zierahn, U., "Racing with or against the machine? Evidence from Europe", ZEW Discussion Paper, 2016, (16-053).
- Haußer, Ch., *Amerikanisierung der Arbeit? Deutsche Wirtschaftsführer und Gewerkschaften im Streit um Ford und Taylor*, Stuttgart, 2008.
- Hounshell, D., *From the American system to mass production, 1800-1932: The development of manufacturing technology in the United States*. Volume 4, Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, 1985.
- IFR, *History of industrial robots. From first installation until today. Milestones of Technology and Commercialization*, International Federation of Robotics, Frankfurt, 2012.
- James, J. A., Skinner, J. S., "The resolution of the labor-scarcity paradox", *The Journal of Economic History*, 1985, 45(3), S. 513-540.
- Keynes, J. M., "The long-term problem of full employment", *CW*, 1943, 27, S. 320-325.
- Kurz, H., "Technical progress, capital accumulation and income distribution in Classical economics: Adam Smith, David Ricardo and Karl Marx", *European Journal of the History of Economic Thought*, 2010, 17(5), S. 1183-1222, <http://www.tandfonline.com/toc/rejh20/current>.
- Le, Q. V., "Building high-level features using large scale unsupervised learning", in *Proceedings of the 29th International Conference on Machine Learning*, Edinburgh, 2012.
- Maddison, A., *Monitoring the World Economy*, OECD, Paris, 1995.
- Maddison, A., *The World Economy. A millennial perspective*, OECD, Paris, 2001.
- Maselli, I., "The evolving supply and demand of skills in the labour market", *Intereconomics*, 2012, 47(1), S. 22-30.
- McKinsey Global Institute, *The emerging global labor market*, Brüssel et al., 2005.
- McKinsey Global Institute, *Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy*, Brüssel et al., 2013.
- Mokyr, J., *The political economy of technological change: Resistance and innovation in economic history*, Northwestern University, Evanston, IL, 1997.
- Mokyr, J., Vickers, Ch., Ziebarth, N. L., "The history of technological anxiety and the future of economic growth: Is this time different?", *Journal of Economic Perspectives*, 2015, 29(3), S. 31-50.
- Neubauer, G., *Sozialökonomische Bedingungen der Rationalisierung und der gewerkschaftlichen Rationalisierungsschutzpolitik. Vergleichende Untersuchung der Rationalisierungsphasen 1918 bis 1933 und 1945 bis 1968*, Dissertation an der Freien Universität Berlin, 1980.
- Ng, A., Dean, J., *Building high-level features using large scale unsupervised learning*, Cornell University, New York, 2012.
- Nordhaus, W. D., "Two centuries of productivity growth in computing", *The Journal of Economic History*, 2015, 67(01), S. 128-159.
- OECD, *The Productivity-Inclusiveness Nexus*. Preliminary version, Paris, 2016.
- Pajarinen, M., Rouvinen, P., *Computerization threatens one third of Finnish employment*, ETLA Brief, 2014, (22).
- Peneder, M., Bock-Schappelwein, J., Firgo, M., Fritz, O., Streicher, G., *Österreich im Wandel der Digitalisierung*, WIFO, Wien, 2016, <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/58979>.
- Pfeiffer, S., Suphan, A., "Der AV-Index. Lebendiges Arbeitsvermögen und Erfahrung als Ressourcen auf dem Weg zu Industrie 4.0", Universität Hohenheim, FG Soziologie, Working Paper, 2015, (1).
- Reinstaller, A., Hölzl, W., "Complementarity constraints and induced innovation: some evidence from the first IT regime", in Foster, J., Hölzl, W. (Hrsg.), *Applied evolutionary economics and complex systems*, Elgar, Cheltenham, 2004, S. 133-154.

- Rifkin, J., *The End of Work: The Decline of the Global Labor Force and the Dawn of the Post-Market Era*, Putnam Publishing Group, New York, 1995.
- Robotics-VO, *A Roadmap for US Robotics. From Internet to Robotics*. 2013 Edition, Washington D.C., 2013.
- Seligman, B. B., *Most notorious victory: Man in an age of automation*, The Free Press, New York, 1966.
- Solow, R., *We'd better watch out*, New York Times Book Review, 12. Juli 1987.
- Spitz-Oener, A., "Technical change, job tasks, and rising educational demands: Looking outside the wage structure", *Journal of Labor Economics*, 2006, 24(2), S. 235-270.
- Sraffa, P., Dobb, M. H. (Hrsg.), *The works and correspondence of David Ricardo*, 11 Bände, Cambridge University Press, Cambridge, 1973.
- Syverson, Ch., *Challenges to mismeasurement explanations for the U.S. productivity slowdown*, University of Chicago Booth School of Business und NBER, 2016.
- Tichy, G., "Vom Kapitalmangel zur Savings glut: Ein Phänomen der Wohlstandsgesellschaft?", in Hagemann, H., Kromphardt, J., *Keynes, Schumpeter und die Zukunft der entwickelten kapitalistischen Volkswirtschaften*, Metropolis, Marburg, 2016, S. 33-68.
- Time Magazine, "The Automation Jobless", 24. Februar 1961, <http://content.time.com/time/magazine/article/0,9171,828815,00.html>.
- van Welsum, D., Vickery, G., "Potential offshoring of ICT-intensive using occupations", DSTI Information Economy Working Paper, 2005, (91).
- Wolter, M. I., "Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie. Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen", IAB Forschungsbericht, 2016, (13).