

Innovationsaktivitäten als Ursache des Productivity Slowdowns?

Eine Literaturstudie

**Studie im Auftrag der
Expertenkommission Forschung und Innovation**

**Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 10-
2018**

Bettina Peters, Pierre Mohnen, Marianne Saam,
Florence Blandinières, Martin Hud, Bastian Krieger, Thomas Niebel

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW)

Mannheim, Februar 2018

Diese Studie wurde im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) erstellt. Die Ergebnisse und Interpretationen liegen in der alleinigen Verantwortung der durchführenden Institute. Die EFI hat auf die Abfassung des Berichts keinen Einfluss genommen.

Studien zum deutschen Innovationssystem

Nr. 10-2018

ISSN 1613-4338

Herausgeber:
Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)
Geschäftsstelle:
Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft
Pariser Platz 6
10117 Berlin

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie die Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung der EFI oder der Institute reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Kontakt und weitere Informationen:

Prof. Dr. Bettina Peters
Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW)
Forschungsbereich Innovationsökonomik und Unternehmensdynamik
L 7, 1
68161 Mannheim
E-Mail: b.peters@zew.de
Telefon: +49 621-1235-174
Telefax: +49 621-1235-170

ZEW

Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung GmbH

Mitglied der

Leibniz
Leibniz
Gemeinschaft

Inhalt

Tabellen	v
Abbildungen	vi
0 Kurzfassung	8
1 Motivation, Zielsetzung und Aufbau	14
1.1 Motivation	14
1.2 Zielsetzung.....	16
1.3 Aufbau	16
2 Produktivitätsentwicklung in Deutschland und im internationalen Vergleich	18
2.1 Messung der Produktivität.....	18
2.2 Datengrundlage.....	19
2.3 Entwicklung der Arbeitsproduktivität	20
2.4 Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität	27
3 Mögliche Ursachen der Verlangsamung des Produktivitätswachstums und empirische Evidenz.....	34
3.1 Abnehmende Erträge aus Forschung und Innovation.....	34
3.1.1 Entwicklung der FuE- und Innovationsaktivitäten im Zeitverlauf	35
3.1.2 Entwicklung der Erträge aus Forschung und Innovation.....	40
3.1.3 Fazit	63
3.2 Zu geringe oder verzögerte Diffusion von Innovationen	66
3.2.1 Zunehmende Divergenz der Produktivität zwischen Frontier- und Laggard-Unternehmen.....	67
3.2.2 Entwicklung von Wissensspillovern.....	72
3.2.3 Entwicklung absorptiver Fähigkeiten	78

3.2.4	Winner-Takes-It-All-Wettbewerb und Produktivitätsdivergenz ...	80
3.2.5	Fazit	82
3.3	Noch nicht voll entfaltete technologische Potenziale im Bereich digitaler Technologien	84
3.3.1	Hypothese von der Wachstumsbeschleunigung in der ökonomischen Literatur	84
3.3.2	Die Thesen von Singularität und Superintelligenz außerhalb der ökonomischen Literatur	87
3.3.3	Die Singularitätshypothese in einem einfachen Modell des Strukturwandels	88
3.4	Fehlende Qualifikation der Beschäftigten zur Ausnutzung technologischer Potenziale v.a. im Bereich digitaler Technologien.....	90
3.4.1	Steigende Diskrepanz zwischen Angebot und Nachfrage nach IT-Fachkräften – IT-Fachkräftemangel („Skill Shortage“)	91
3.4.2	Steigende Anforderungen bezüglich IT- Kenntnissen und Fähigkeiten bei IKT Anwendern - („Skill Gap“/ „Skill Deficit“) .	92
3.4.3	Fehlende zu IKT komplementäre Kompetenzen	93
3.5	Strukturwandel.....	95
3.5.1	Beitrag des Strukturwandels zum langfristigen Productivity Slowdown.....	95
3.5.2	Unterschiedliche Wachstumsraten in verschiedenen Dienstleistungsbranchen	96
3.5.3	Probleme bei der Zuordnung von Wertschöpfung zu Sektoren.....	97
3.6	Messprobleme.....	99
3.6.1	Neue digitale Dienstleistungen	100
3.6.2	Hard- und Softwaredeflatoren.....	101
3.6.3	Sonstige Messprobleme	102

4	Produktivitätsentwicklung und mögliche Ursachen im Ländervergleich.....	103
4.1	Länderspezifische Wachstumsbeiträge zur Arbeitsproduktivität mittels eines Growth Accounting-Ansatzes.....	103
4.2	Großbritannien.....	106
4.2.1	Entwicklung der Arbeitsproduktivität und Reallöhne	106
4.2.2	Anstieg des Arbeitsangebots.....	107
4.2.3	Zunehmende Lohnflexibilität	108
4.2.4	Mangelnde Investitionen in Sachkapital.....	108
4.2.5	Forschung und Innovation	109
4.2.6	Fehlende Reallokation von Ressourcen.....	110
4.2.7	Veränderungen in der Komposition und Qualifikationsstruktur der Beschäftigten	111
4.3	Deutschland	111
4.3.1	Geringe Investitionstätigkeit.....	112
4.3.2	Auslaufende Produktivitätseffekte bei der Verlagerung von Wertschöpfungsstufen ins Ausland	112
4.3.3	Integration weniger produktiver Arbeitskräfte in den Arbeitsmarkt	112
4.3.4	Ausbleibende Effekte der Digitalisierung.....	113
4.4	USA	113
4.4.1	Innovation und Digitalisierung	114
4.4.2	Strukturwandel und Reallokation	115
4.4.3	Sonstige Gründe.....	117
4.5	Frankreich.....	117
4.5.1	Produktivität und Innovationen: Elektrizität und IKT	118
4.5.2	Produktivität und IKT: Begrenzte Diffusion	119
4.5.3	Investitionen: Finanzierung und Fehlallokation	120
4.5.4	Arbeitsmarkt	121

4.5.5	Marktkonzentration.....	121
4.5.6	Bildung, Fähigkeiten und Demographie.....	122
4.6	Schweden.....	122
4.7	Schweiz.....	123
4.8	China.....	124
4.8.1	Staatliche und Private FuE-Ertragsraten.....	124
4.8.2	Abweichendes Produktivitätswachstum und die „IT-Revolution“	127
4.8.3	Abnehmende Produktivität von neuen Unternehmen.....	127
4.8.4	Staatliche und private Unternehmen.....	128
4.8.5	Regionales Wachstum.....	128
4.9	Japan.....	129
4.9.1	Abnehmende FuE-Ertragsraten.....	130
4.9.2	Fehlende IKT-Revolution.....	135
4.10	Südkorea.....	139
4.10.1	FuE-Ertragsraten und IT in Südkorea.....	142
5	Fazit.....	146
6	Literaturverzeichnis.....	153
7	Anhang.....	176

Tabellen

Tab. 4-1:	Beiträge zum Wachstum der Arbeitsproduktivität in acht ausgewählten Ländern, 1990-2015	105
Tab. 4-2:	Wachstum der Arbeitsproduktivität und Reallöhne, 2007-2012 .	107
Tab. 4-3:	Übersicht über FuE-Ertragsraten in Japan.....	131
Tab. 4-4:	Durchschnittliches TFP- oder MFP-Wachstum in Korea.....	140
Tab. 7-1:	Vergleich der Schätzungen privater und sozialer Ertragsraten und Outputelastizitäten von FuE auf Firmenebene im Zeitverlauf.....	182

Abbildungen

Abb. 2-1: Entwicklung der Arbeitsproduktivität in Deutschland, 1951-2014	21
Abb. 2-2: Entwicklung der Arbeitsproduktivität im internationalen Vergleich, 1951-2014	24
Abb. 2-3: Entwicklung der Arbeitsproduktivität im Branchenvergleich in Deutschland, 2008-2015	25
Abb. 2-4: Beitrag der IKT-produzierenden und IKT-nutzenden Industrien zum Wachstum der Arbeitsproduktivität in Deutschland, USA und Großbritannien, 1996-2006 und 2007-2014	26
Abb. 2-5: Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität in Deutschland, 1951-2014	28
Abb. 2-6: Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität im internationalen Vergleich, 1951-2014	31
Abb. 3-1: Wachstumsrate der realen FuE-Ausgaben (GERD) nach Ländern, 1982-2015	36
Abb. 3-2: Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der realen FuE-Ausgaben (GERD) nach Ländern, 1990-2015	37
Abb. 3-3: Anteil der FuE-Ausgaben (GERD) am BIP nach Ländern, 1981-2015	38
Abb. 3-4: Anteil der Innovatoren nach Ländern (DE, FR, SE, UK), 1991-2015.....	40
Abb. 3-5: Wachstum des realen Bruttoinlandsprodukts pro Kopf, 1300-2010.....	42
Abb. 3-6: Entwicklung des TFP-Wachstums und der Anzahl der Forscher, US, 1930-2000	46
Abb. 3-7: Entwicklung der Forschungsproduktivität (Ideen-TFP), US, 1930-2000	46
Abb. 7-1: Vergleich der Arbeitsproduktivität nach PWT und OECD für Japan und Südkorea.....	176

Abb. 7-2: Vergleich der Arbeitsproduktivität nach PWT und OECD für Großbritannien und die Vereinigten Staaten	177
Abb. 7-3: Vergleich der Arbeitsproduktivität nach PWT und OECD für Frankreich, Deutschland, Schweden und die Schweiz.....	177
Abb. 7-4: Vergleich des TFP-Wachstums auf Basis der PWT- und OECD-Daten für Japan und Südkorea.....	178
Abb. 7-5: Vergleich des TFP-Wachstums auf Basis der PWT- und OECD-Daten für Großbritannien und die Vereinigten Staaten ...	179
Abb. 7-6: Vergleich des TFP-Wachstums auf Basis der PWT- und OECD-Daten für Frankreich, Deutschland, Schweden und die Schweiz.....	179
Abb. 7-7: Wachstumsrate der realen FuE-Ausgaben des Wirtschaftssektors (BERD) nach Ländern, 1982-2015	180
Abb. 7-8: Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der realen FuE-Ausgaben des Wirtschaftssektors (BERD) nach Ländern, 1990-2015	181

0 Kurzfassung

Die Produktivitätsentwicklung von Unternehmen innerhalb einer Volkswirtschaft ist eine bedeutende Determinante für langfristiges Wirtschaftswachstum und materiellen Wohlstand. Eine hohe Produktivität wird als Indikator dafür gesehen, dass die Unternehmen eine hohe Wettbewerbsfähigkeit aufweisen und sich besser im internationalen Wettbewerb behaupten können. Vor diesem Hintergrund gibt die schwache Produktivitätsentwicklung in vielen westlichen Volkswirtschaften in den letzten Jahren zu denken, in denen nur mehr geringe positive oder teilweise sogar negative Wachstumsraten der Produktivität beobachtet wurden. Dieses Phänomen abnehmender Wachstumsraten der Produktivität wird als *Productivity Slowdown* bezeichnet. Wenngleich der *Productivity Slowdown* und seine Ursachen aktuell stark in der Diskussion stehen, handelt es sich keinesfalls um ein kurzfristiges Phänomen. Die empirische Evidenz zeigt, dass bereits seit den 1970er Jahren das Produktivitätswachstum vieler westlicher Industrienationen über die Zeit tendenziell abnimmt.

Zielsetzung der Studie

Da Innovationen ein zentraler Motor für Produktivität und Wachstum sind, ist es naheliegend, eine Verlangsamung des Produktivitätswachstums auf Innovationsaktivitäten zurückzuführen. Ziel der vorliegenden Studie ist es, auf Basis eines Literaturstudiums zu untersuchen, welche Rolle Forschung, Innovationen und Digitalisierung für das Produktivitätswachstum allgemein spielen und zu untersuchen und zu bewerten, inwiefern sie zu einer Verlangsamung des Produktivitätswachstums beitragen. Über die Zusammenfassung und Bewertung der allgemeinen Evidenz hinaus, wird in dieser Studie ein besonderer Fokus auf die Produktivitätsentwicklung und deren Ursachen in den folgenden neun Länder gelegt: Deutschland, Frankreich, Schweden, Schweiz, Großbritannien, USA, Japan, Südkorea und China.

Produktivitätsentwicklung

Die zentralen Befunde dieser Studie hinsichtlich der Entwicklung des Produktivitätswachstums lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Den deskriptiven Analysen zufolge zeigt sich in vielen Ländern in der langen Frist ein trendmäßiger Rückgang des Wachstums sowohl der Arbeitsproduktivität als auch der totalen Faktorproduktivität (TFP) – Ausnahmen bilden hier China und über lange Phasen auch Südkorea.
- In der kurzen Frist zeigt sich, dass sich die Wachstumsdynamik der Arbeitsproduktivität in allen betrachteten Ländern, mit Ausnahme von China, in der Periode 2005 bis 2014 deutlich verlangsamt hat gegenüber den Jahren 1990 bis 2004.
- In allen betrachteten Ländern hat ein Rückgang des Beitrags der IKT-Kapitalintensivierung zum langsameren Wachstum beigetragen; insbesondere seit 2010 hat darüber hinaus auch die Vertiefung des Nicht-IKT-Kapitals, mit Ausnahme Frankreichs und Chinas, zur Verlangsamung des Produktivitätswachstums beigetragen.
- Der Rückgang der Arbeitsproduktivität wird in den meisten Ländern auch von einem Rückgang der TFP begleitet – Ausnahmen bilden die Schweiz und Südkorea, deren TFP-Wachstum zwischen 2005 und 2014 gering, aber höher war als zwischen 1990 und 2004.
- Im Vergleich zu den IKT-produzierenden Branchen, weisen besonders die IKT-nutzenden Branchen einen relativ starken Rückgang des Produktivitätswachstums auf.

Innovationen als Ursache der Produktivitätsentwicklung?

In der Literatur werden sechs Hypothesen diskutiert, warum Innovationen, Forschung und Digitalisierung zu einer Verlangsamung des Produktivitätswachstums beitragen. Diese Hypothesen und deren empirische Evidenz in Bezug auf eine Verlangsamung des Produktivitätswachstums lassen sich wie folgt zusammenfassen

Hypothese 1: Abnehmende bzw. sich erschöpfende technologische Potenziale

- Es wird argumentiert, dass das niedrige Produktivitätswachstum bei gleichzeitig hohen Forschungsausgaben ein Indiz für abnehmende bzw. sich erschöpfende technologische Potenziale und damit einhergehend eine abnehmende Forschungsproduktivität ist.
- Während die Ideen-TFP als Maß für die Forschungsproduktivität einen starken Rückgang der Forschungsproduktivität von etwa 10% jährlich vermuten lässt

(Bloom et al. 2017), bestätigt sich diese Schlussfolgerung auf Basis der Studien zu den Ertragsraten von FuE nicht. Diese Studien geben nur wenig Hinweise darauf, dass es zu einem deutlichen und dauerhaften Rückgang der privaten Erträge aus Forschungsaktivitäten im Zeitverlauf gekommen ist. Dies gilt indes insbesondere für die Studien der 1970er und 1980er Jahre für die USA und Großbritannien. Allerdings bestätigt sich dieser rückläufige Trend nicht für Studien der 1990er und 2000er Jahre, in denen eher steigende FuE-Erträge gefunden werden. Es gibt jedoch nur relativ wenig empirische Untersuchungen, die sich auf den Zeitraum ab der Jahrtausendwende fokussieren.

- Für den Productivity Slowdown spielt aber nicht nur die Frage, wie sich die Erträge aus FuE für die forschenden Unternehmen (*intensive margin*) entwickeln eine Rolle, sondern auch die Frage, ob gleichzeitig für mehr Unternehmen die Ertragsrate so weit absinkt, dass sie sich aus FuE-Aktivitäten zurückziehen (*extensive margin*). Hier gibt es Forschungsbedarf in der Literatur. Zumindest für einige europäische Länder gibt es empirische Evidenz dafür, dass der Anteil der Unternehmen steigt, die sich aus Innovationsaktivitäten zurückziehen, und damit gleichzeitig eine zunehmende Konzentration der Innovationsaktivitäten stattfindet.

Hypothese 2: Geringere oder verzögerte Diffusion von Innovationen

- Es wird argumentiert, dass auch eine geringere bzw. verzögerte Diffusion von Innovationen in der Volkswirtschaft zum Productivity Slowdown beiträgt.
- Als Indiz wird die OECD-Studie von Andrews et al. (2016) gewertet, die zeigt, dass die Arbeitsproduktivität von Frontier-Unternehmen deutlich stärker wächst als von Laggard-Unternehmen und damit die Divergenz der Produktivität zunimmt. Allerdings kann dieser Befund auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein. Neben einer geringeren Diffusion von Innovationen, kann auch ein zunehmender Winner-Takes-It-All-Wettbewerb als Folge der Digitalisierung und damit verbundene Netzwerkeffekte der Auslöser sein.
- Eine Bewertung der empirischen Evidenz, ob die Diffusion von Innovationen abgenommen hat, ist auf Grund heterogener Ergebnisse in der Literatur nicht einfach. Die Diffusion neuen Wissens hängt von zwei entscheidenden Faktoren ab: Wissensspillover und absorptive Fähigkeiten der Unternehmen. Produktivitätsstudien, die sich die Entwicklung von Wissensspillover allgemein ansehen, weisen eher in Richtung konstanter oder steigender Wissensspillover als auf rückläufige Spillovers hin. Weniger eindeutig sind die Ergebnisse speziell

in Bezug auf geografische Wissensspillover. Während eine Reihe von älteren Studien gefunden hat, dass geografische Wissensspillover über die Zeit zugenommen haben, finden zwei recht neue Studien dagegen gleichbleibende bzw. sogar sinkende geografische Wissensspillover. Letzteres könnte ein Argument für eine langsamere Diffusion sein.

- Die Frage nach der zeitlichen Entwicklung der Höhe der absorptiven Fähigkeiten von Unternehmen war bislang nicht direkt Forschungsgegenstand. Betrachtet man die Entwicklung der Innovations- und FuE-Aktivitäten als ein gängiges Proxy für absorptive Fähigkeiten, dann sollte eine rückläufige Innovationsneigung gerade unter den KMU bedenklich stimmen, da sie nicht nur einen direkten Produktivitätseffekt hat, sondern einhergeht mit der Stagnation oder gar dem Verlust absorptiver Fähigkeiten, die mittel- und langfristig zu einer langsameren Diffusion neuer Technologien beitragen dürfte.

Hypothese 3: Installationsphase der Digitalisierung und noch ausstehende Produktivitätsgewinne

- Es wird argumentiert, dass die Verlangsamung des Produktivitätswachstums eine vorübergehende Beobachtung ist. Insbesondere digitale Technologien und ihre Anwendungen in der Produktion stehen erst am Anfang ihrer Entwicklung (Installationsphase). Unternehmen seien noch nicht in der Lage, die hohe technologische Dynamik in höhere Produktivitätsgewinne umzusetzen. Es werden aber zukünftig weitreichende Entwicklungssprünge und damit einhergehende Produktivitätsfortschritte erwartet.
- Direkte empirische Evidenz dafür, dass sich eine Beschleunigung des Produktivitätsfortschritts anbahnt, gibt es bisher nicht. Nordhaus (2008) zeigt zumindest, dass ein explosives Wachstum der zukünftigen Arbeitsproduktivität sehr unwahrscheinlich ist. Inwieweit sich die technologischen Potenziale der Digitalisierung zukünftig realisieren lassen und zu einem Anstieg des Produktivitätswachstums führen werden, kann daher letztlich zur Zeit nur der Gegenstand von Vermutungen sein.
- Im Zusammenhang mit der Installationsphase sollte indes auch beachtet werden, dass die Digitalisierung in vielen Unternehmen zu einer deutlich höheren Anzahl an Produkten führt. Mit einer wachsenden Produktvielfalt fällt es Unternehmen jedoch schwerer, die jeweils dahinterstehenden Prozesse zu optimieren, so dass vermutet werden kann, dass hier Produktivitätspotentiale (bislang) nicht gehoben werden. Hier besteht jedoch weiterer Forschungsbedarf.

Hypothese 4: Mangelnde IT-Qualifikationen der Beschäftigten

- Fehlende Qualifikationen der Beschäftigten zur Ausnutzung technologischer Potenziale vor allem im Bereich der digitalen Technologien werden als weitere Ursache für ein geringeres Produktivitätswachstum diskutiert.
- Für die These, dass eine zunehmende Diskrepanz zwischen Angebot und Nachfrage nach IT-Fachkräften für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums verantwortlich ist, gibt es bisher keine belastbare empirische Evidenz.
- Die empirischen Analysen legen indes nahe, dass fehlende IKT-Kompetenzen der IKT-Anwender als Ursache des Productivity Slowdowns nicht gänzlich ausgeschlossen werden können.

Hypothese 5: Strukturwandel

- Diese Hypothese geht davon aus, dass sich die Nachfrage mit zunehmendem Einkommen und zunehmender internationaler Arbeitsteilung weg von der Industrie hin zu anderen Sektoren wie dem Dienstleistungssektor verschiebt, in denen die technologischen Möglichkeiten für Innovationen und Produktivitätszuwächse geringer seien.
- Auf Basis der empirischen Evidenz lässt sich die Schlussfolgerung vertreten, dass der Strukturwandel zum Productivity Slowdown beigetragen hat. So zeigen Dürnecker et al. (2016), dass der Strukturwandel zwischen 1947 und 2010 zum Rückgang des US-Amerikanischen Arbeitsproduktivitätswachstums in Höhe von 0,37 Prozentpunkte beigetragen hat. Diese Strukturverschiebung bezieht sich hauptsächlich auf die vom verarbeitenden Gewerbe hin zum Dienstleistungssektor. Es gibt indes auch einen Strukturwandel innerhalb des Dienstleistungssektors, der ebenfalls zum Rückgang des Produktivitätswachstums beiträgt.

Hypothese 6: Messprobleme

- Neben den ökonomisch getriebenen Hypothesen 1 bis 5, sieht die Hypothese 6 den Productivity Slowdown primär als eine Folge von statistischen Messproblemen an. Die Messung des Produktivitätswachstums und damit auch die Identifizierung eines Productivity Slowdowns hängen in entscheidender Weise von der korrekten Messung der Outputs und Inputs ab. Es wird argumentiert,

dass die Messprobleme im Zuge der Computerisierung und Digitalisierung zugenommen haben. Messprobleme werden vor allem im Hinblick auf die korrekte Erfassung neuer digitaler Güter und Dienstleistungen und die korrekte Messung der Preisänderungen von Computern und digitalen Gütern und Dienstleistungen bei adäquater Berücksichtigung von Qualitätssteigerungen in Preisindizes vermutet.

- Bisherige Untersuchungen, größtenteils mit US-Amerikanischen Daten, kommen jedoch zu der Schlussfolgerung, dass Messprobleme zumindest im Zeitverlauf nicht deutlich zugenommen haben und damit kein wesentlicher Faktor zur Erklärung des Productivity Slowdowns sind.

Abschließend lässt sich festhalten, dass der Productivity Slowdown kein monokausales Phänomen ist. Die Ursachen sind vielfältig und variieren zum Teil auch nach länderspezifischen Rahmenbedingungen, Politikänderungen und unterschiedlichen Marktdynamiken.

1 Motivation, Zielsetzung und Aufbau

1.1 Motivation

In der langfristigen Betrachtung ist die Produktivitätsentwicklung der Unternehmen eines Landes eine der Hauptbestimmungsgründe für ökonomisches Wachstum, z.B. gemessen anhand des Bruttoinlandsprodukts (BIP), und ganz allgemein für materiellen Wohlstand. Eine hohe Produktivität wird als Indikator dafür gesehen, dass die Unternehmen eine hohe Wettbewerbsfähigkeit aufweisen und sich besser im internationalen Wettbewerb behaupten können. Viele Studien verweisen darauf, dass das Produktivitätswachstum in vielen westlichen Industrieländern seit den 70er Jahren tendenziell abnimmt. Dieses Phänomen abnehmender Wachstumsraten der Produktivität wird auch als Verlangsamung des Produktivitätswachstums oder *Productivity Slowdown* bezeichnet. Es beschreibt sowohl Phasen, in denen das Produktivitätswachstum positiv aber abnehmend ist – dies impliziert, dass das Niveau der Produktivität nach wie vor steigt, aber der Zuwachs geringer wird – wie auch Phasen, in denen das Produktivitätswachstum negativ ist. Letzteres impliziert, dass das Niveau der Produktivität fällt. Wenngleich das Produktivitätswachstum tendenziell bereits seit den 70er Jahren sinkt, erfährt dieses Thema aktuell eine große Aufmerksamkeit. Dies liegt nicht zuletzt daran, dass viele Länder in den letzten Jahren nur mehr sehr geringe positive Wachstumsraten der Produktivität verzeichnen und einzelne Länder, wie Großbritannien, oder auch einzelne Branchen, wie der Maschinenbau in Deutschland, über einen längeren Zeitraum einen Rückgang des Produktivitätsniveaus erleben.¹

Zahlreiche Studien haben in der Vergangenheit gezeigt, dass Innovationen der zentrale Motor für Produktivität und Wachstum sind (siehe z.B. die Surveys von Hall, Mairesse und Mohnen 2010 und Hall und Mohnen 2013). Daher wäre es naheliegend, eine Verlangsamung des Produktivitätswachstums auf Innovationsaktivitäten im Allgemeinen und Forschungs- und Entwicklungs(FuE)-Aktivitäten im Speziellen zurückzuführen. Gordon (2012) und Bloom et al. (2017) argumentieren, dass das niedrige Produktivitätswachstum bei gleichzeitig hohen Forschungsausgaben ein Indiz für abnehmende bzw. sich erschöpfende technologische Potenziale und damit einhergehend eine abnehmende Forschungsproduktivität ist. Diese sich erschöpfenden technologischen Potenziale sind zum einen für

¹ So fällt laut Produktionsstatistik des Statistischen Bundesamtes die Arbeitsproduktivität (gemessen als Produktionsergebnis je Arbeitsstunde) im Maschinenbau in Deutschland seit 2011 kontinuierlich. Zwischen 2011 und 2015 bedeutete dies einen Rückgang um rund 4%. Blundell et al. (2014) berichten für Großbritannien einen fallenden Trend der realen Produktivität ab dem Krisenjahr 2008. Selbst fünf Jahre nach der Krise lag demnach die Produktivität 3% unterhalb des Niveaus von Anfang 2008.

die Unternehmen nur mit höherem Aufwand zu realisieren und gehen zum anderen auch mit geringeren Produktivitätszuwächsen einher. Beides führt dazu, dass die langfristigen Gewinne aus Innovationen fallen und sich Unternehmen aus Innovationsaktivitäten zurückziehen (Peters et al. 2017). Für Deutschland unterstreichen Ergebnisse auf Basis des Mannheimer Innovationspanels (MIP) einen langfristigen Rückgang der Innovatorenquote (Rammer et al. 2017). Für Europa finden Rammer et al. (2018) ebenfalls eine rückläufige Innovationsbeteiligung.

Auf der anderen Seite erleben die Volkswirtschaften gerade eine Phase hoher technologischer Dynamik, z.B. im Zuge der weitreichenden Computerisierung und derzeitigen Digitalisierung. Angesichts dieser hohen technologischen Dynamik ist die zu beobachtende Verlangsamung des Produktivitätswachstums jedoch ein erstaunliches Ergebnis. Neue Digitalisierungsanwendungen sollten hohe Innovationspotenziale bergen, die sich auch in einer höheren Produktivität niederschlagen sollten. Es wird daher auch vom Produktivitätsparadoxon bzw. vom *Productivity Puzzle* gesprochen. Autoren wie Brynjolfsson und McAfee (2014) argumentieren daher, dass die Verlangsamung des Produktivitätswachstums eher eine vorübergehende Beobachtung ist. Insbesondere digitale Technologien und ihre Anwendungen in der Produktion stehen erst am Anfang ihrer Entwicklung, werden aber zukünftig weitreichende Entwicklungssprünge und damit einhergehende Produktivitätsfortschritte ermöglichen.

Neben diesen beiden zentralen Hypothesen gibt es weitere Erklärungsansätze für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums, die indirekt auch im Zusammenhang mit der technologischen Entwicklung stehen. So könnte der Productivity Slowdown auch auf eine geringere oder verzögerte Diffusion von Innovationen in der Volkswirtschaft zurückzuführen sein. Baumol (1967, 2012) sieht dagegen im Strukturwandel den Grund für das geringere Produktivitätswachstum. Seiner These nach verschiebt sich die Nachfrage mit zunehmendem Einkommen und zunehmender internationaler Arbeitsteilung weg von der Industrie hin zu anderen Sektoren wie dem Dienstleistungssektor, in denen die technologischen Möglichkeiten für Innovationen und Produktivitätszuwächse geringer seien. Fehlende Qualifikationen der Beschäftigten zur Ausnutzung technologischer Potenziale vor allem im Bereich der digitalen Technologien könnten eine weitere Ursache für ein geringeres Produktivitätswachstum sein.

Neben diesen ökonomischen Faktoren könnten aber auch statistische Faktoren eine große Bedeutung spielen. Die Messung des Produktivitätswachstums und damit auch die Identifizierung eines Productivity Slowdowns hängen in entscheidender Weise von der korrekten Messung der Outputs und Inputs ab. Es wird argumentiert, dass die Messprobleme im

Zuge der Computerisierung und Digitalisierung zugenommen haben. So sind in einer zunehmend informations- und wissensbasierten Volkswirtschaft die Deflation von IKT-Inputs und von Outputs des Dienstleistungssektors sowie die adäquate Berücksichtigung von Qualitätssteigerungen in Preisindizes von entscheidender Bedeutung.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Studie ist es, auf Basis eines Literaturstudiums mögliche Ursachen des Productivity Slowdowns zu identifizieren und auf Basis empirischer Evidenz zu bewerten. Neben den in Abschnitt 1.1 genannten Faktoren kann es eine Reihe weiterer Einflussfaktoren für die Produktivitätsentwicklung geben, wie z.B. zu geringe Investitionen in Sachkapital, Wandel von Massenproduktion hin zu stärkerer kundenspezifischer Produktion in Folge von Big Data-Nutzung, Insourcing weniger produktiver Tätigkeiten, Arbeitsmarktreformen, Regulierungen, Wettbewerb und Marktstruktur usw. Da jedoch Innovationen ein maßgeblicher Treiber für die Produktivität sind, fokussiert sich der vorliegende Bericht primär auf die Rolle von Forschung, Innovationen und Digitalisierung. Ziel ist es zu analysieren, welche Rolle sie für das Produktivitätswachstum allgemein spielen und zu untersuchen, inwieweit sie zu einer Verlangsamung des Produktivitätswachstums beitragen.

Neben der Zusammenfassung und Bewertung der allgemeinen Evidenz, soll dem Interesse der Expertenkommission Rechnung tragend auf Basis des Literaturstudiums die Produktivitätsentwicklung und deren Ursachen in einzelnen Ländern betrachtet werden. Dabei werden die folgenden neun Länder schwerpunktmäßig in den Blick genommen: Deutschland, Frankreich, Schweden, Schweiz, Großbritannien, USA, Japan, Südkorea, und China.

1.3 Aufbau

Der nachfolgende Bericht ist wie folgt aufgebaut:

Zunächst werden in Kapitel 2 aktuelle empirische Befunde zur langfristigen Entwicklung der Produktivität für die neun genannten Länder präsentiert. Dabei unterscheiden wir der Literatur folgend zwischen zwei Produktivitätskonzepten: der Arbeitsproduktivität sowie der Totalen Faktorproduktivität.

Daran anschließend beschäftigt sich das Kapitel 3 mit den möglichen Ursachen der Verlangsamung des Produktivitätswachstums. Der Abschnitt 3.1 untersucht die Frage abnehmender Erträge aus Forschung und Innovation, während Abschnitt 3.2 sich mit der Hypothese der mangelnden Diffusion von Innovationen beschäftigt. Abschnitt 3.3 widmet sich der Hypothese der noch nicht voll entfalteten technologischen Potenziale im Bereich digitaler Technologien, während Abschnitt 3.4 sich mit der Frage beschäftigt, inwieweit

fehlende Qualifikationen der Beschäftigten im Bereich digitaler Technologien ein Hemmschuh für die Produktivitätsentwicklung darstellen. Abschnitt 3.5 untersucht die Evidenz zur Rolle des Strukturwandels für die Produktivitätsentwicklung. Abgeschlossen wird das Kapitel 3 mit dem Abschnitt 3.6, welches sich der Messproblematik widmet.

Da sowohl die Produktivitätsentwicklungen als auch deren Ursachen zwischen einzelnen Ländern divergieren können, schließt sich in Kapitel 4 ein Ländervergleich an. Für die eingangs erwähnten neun Länder Deutschland, USA, Großbritannien, Frankreich, Schweden, Schweiz, China, Japan und Südkorea wird die Produktivitätsentwicklung skizziert und auf mögliche länderspezifische Ursachen eingegangen.

Kapitel 5 fasst wesentliche Ergebnisse der Studie zusammen.

2 Produktivitätsentwicklung in Deutschland und im internationalen Vergleich

2.1 Messung der Produktivität

Die Produktivitätsentwicklung eines Landes, einer Industrie oder auch eines Unternehmens wird typischerweise durch die Wachstumsrate der Arbeits- oder Totalen Faktorproduktivität dargestellt. Unter Produktivität versteht man ganz allgemein die Relation von Output zu Input. Der Output kann dabei anhand verschiedener Größen gemessen werden, in der Regel sind dies das Bruttoinlandsprodukt, die Bruttowertschöpfung oder der Produktionswert. Als Inputfaktoren werden typischerweise Arbeit (entweder gemessen in Personen oder nach eingesetzten Stunden), Kapital oder seltener auch Energie betrachtet. Wird der Output in Beziehung zu einem der Inputfaktoren gesetzt, spricht man von partiellen Produktivitäten. So misst die Arbeitsproduktivität den Output pro eingesetztem Arbeitsvolumen, d.h. pro Beschäftigten oder pro eingesetzter Arbeitsstunde. Die Entwicklung des Outputs wird allerdings auch von weiteren Produktionsfaktoren beeinflusst, die sich wiederum auch auf die Organisation und Zusammensetzung des Produktionsfaktors „Arbeit“ auswirken. Die gemessene Änderungsrate des Quotienten stellt dementsprechend nicht nur eine Entwicklung der Arbeitsproduktivität dar und muss daher mit Vorsicht interpretiert werden (Destatis 2017). Analog zur Arbeitsproduktivität lässt sich z.B. die Kapitalproduktivität oder auch eine Energieproduktivität definieren.

Daneben gibt es das Konzept der Totalen Faktorproduktivität (TFP) oder Multifaktorproduktivität (MFP)², das dem Problem partieller Produktivitäten begegnen soll. Die Totale Faktorproduktivität bezieht den Output auf eine gewichtete Kombination verschiedener Inputfaktoren. Sie ist damit der Teil des Outputs, der nicht durch den Einsatz der verschiedenen Inputfaktoren erklärt werden kann, sondern als unerklärter Rest „übrig bleibt“. Das Niveau der TFP ist somit ein Maß dafür, wie effizient und intensiv die Inputs in der Produktion genutzt werden (Comin 2008). Ein Wachstum der TFP ist damit ein Indiz für eine effizientere Nutzung der Inputfaktoren und wird daher häufig auch als Maß für den technischen Fortschritt gesehen.

Die Totale Faktorproduktivität basiert auf dem Konzept der Produktionsfunktion, die den Output als Funktion der in den Daten beobachteten Inputfaktoren, wie Arbeit, Kapital,

² Gemäß der OECD sind TFP und MFP synonyme Begriffe, wobei die OECD den Begriff MFP benutzt, um damit zu signalisieren, dass möglicherweise nicht alle Inputfaktoren in die Berechnung eingehen (OECD 2001). Im vorliegenden Bericht werden beide Begriffe synonym verwendet.

Humankapital, IKT-Kapital oder auch immaterielles Kapital, sowie der in den Daten un beobachteten TFP (Residualgröße) modelliert. Die TFP kann entweder mittels verschiedener ökonomischer Methoden oder – unter Verwendung verschiedener Annahmen – auf Basis eines sogenannten Growth Accountings geschätzt werden. Die TFP leidet allerdings, genau wie Arbeitsproduktivität darunter, dass niemals alle Inputkomponenten erfasst werden können. Darüber hinaus erschwert die Nutzung verschiedener Inputfaktoren und Methoden einen Vergleich der TFP aus verschiedenen Studien.

2.2 Datengrundlage

Ziel der Studie ist eine möglichst langfristige Betrachtung der Produktivitätsentwicklung. Die folgenden Darstellungen der Produktivitätsentwicklung Deutschlands und des durchgeführten internationalen Vergleichs basieren daher auf der Penn-World-Table-Datenbank (PWT-Datenbank) des Groningen Growth and Development Centre.³ Die PWT-Datenbank ist aufgrund ihres relativ langen Zeitraums von 1950 bis 2014 als Datenbasis für die Analyse besonders geeignet. Des Weiteren waren die Zeitreihen für die Arbeitsproduktivität und die TFP für alle neun in dieser Studie betrachteten Länder fast vollständig enthalten. Produktivitätsdatenbanken der OECD umfassen dagegen lediglich Informationen ab dem Jahr 1985, wenngleich sie aktuell bis zum Jahr 2015 reichen.⁴ Darüber hinaus enthalten die OECD-Daten keine Angaben für China.

Die PWT-Datenbank ist freizugänglich und wird gefördert von der National Science und Sloan Foundation. Sie beinhaltet Informationen über das BIP, unterschiedliche Kapitalstöcke, Preisniveaus, Beschäftigte und das Humankapital für 182 Länder über den Zeitraum von 1950 bis 2014.⁵ Die Mehrheit der in der PWT-Datenbank enthaltenen Daten stammt aus den verschiedenen Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen. Diese werden noch ergänzt durch eine Vielzahl an weiteren Datenquellen und Schätzungen.⁶

³ Das Groningen Growth and Development Centre wurde innerhalb des Economics Department der University Groningen gegründet und hat sich in ein Zentrum zur Erforschung des Effekts von Globalisierung sowie institutionellen Änderungen auf langfristiges wirtschaftliches Wachstum, Produktivität und Ungleichheit entwickelt.

⁴ Für einzelne Länder sind auch bereits Werte für 2016 verfügbar. Für den Zeitraum 1990-2015 zeigt Tab 4-1 in Abschnitt 4.1 die Entwicklung der Arbeitsproduktivität sowie deren Zerlegung mittels eines Growth Accountings auf Basis der OECD-Produktivitätsdaten.

⁵ Aktuellere Zahlen für die Jahre 2015 und 2016 sind in den PWT-Daten leider noch nicht verfügbar.

⁶ Beispiele hierzu sind die OECD-National-Accounts, die EU-KLEMS-Datenbank oder die ECLAC-National-Accounts. Eine genauere Beschreibung der Bestimmung der Kapital- und Arbeitsvariablen findet sich in Inklaar und Timmer (2013).

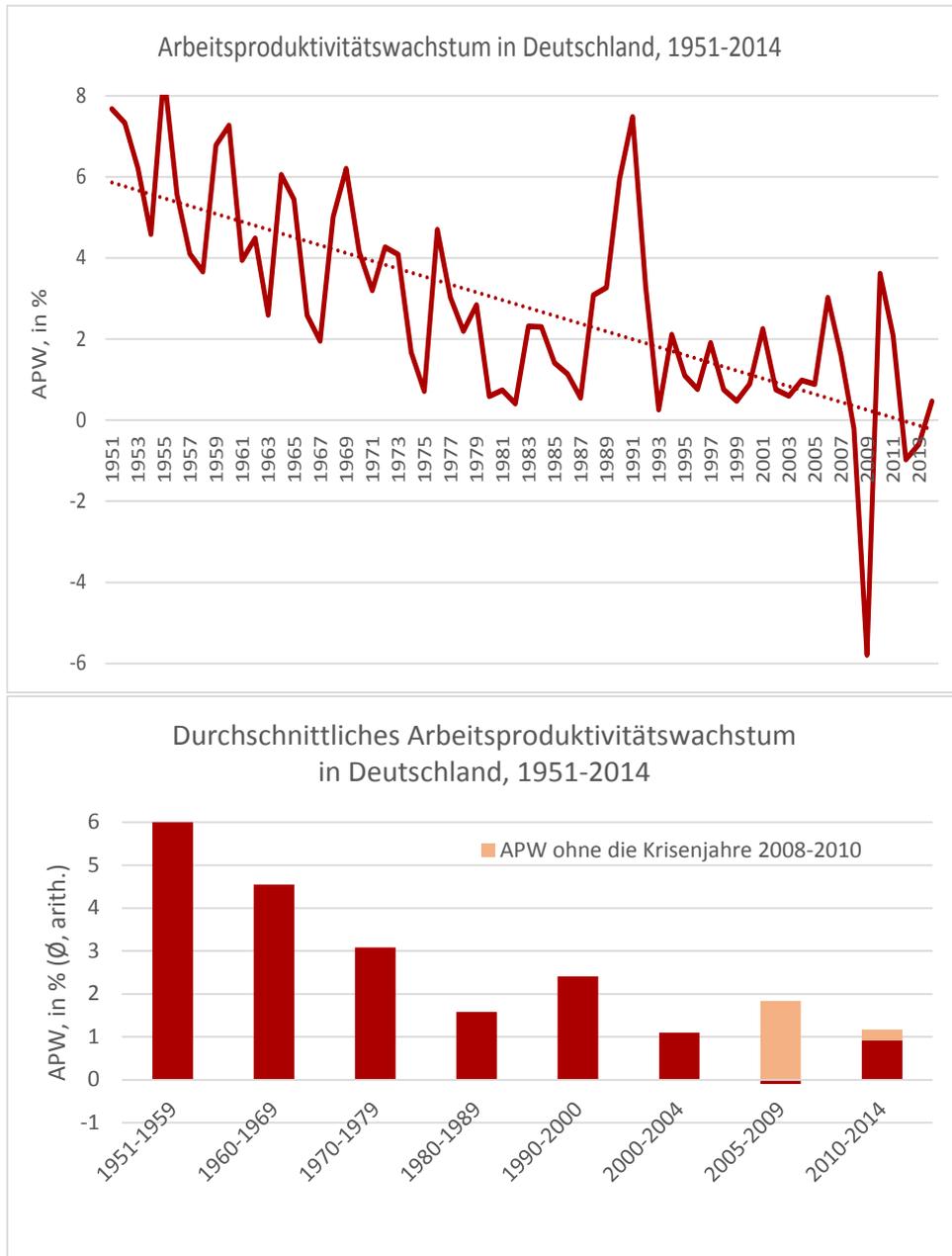
2.3 Entwicklung der Arbeitsproduktivität

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick über die Entwicklung der Arbeitsproduktivität. Nachfolgend ist die Arbeitsproduktivität eines Landes definiert als das reale BIP in Landeswährung zu 2011er-Preisen je Beschäftigtem. Alternativ hätten auch die eingesetzten Arbeitsstunden als Arbeitsvolumen herangezogen werden können. Dies hätte allerdings die Anzahl der beobachtbaren Länder verkleinert. Die Verwendung von Arbeitsstunden hat insbesondere den Vorteil, Arbeitsproduktivitäten von Ländern mit heterogenen Arbeitszeiten vergleichbarer zu machen. Da wir allerdings insbesondere an der Produktivitätsentwicklung eines Landes im Zeitverlauf hinweg interessiert sind, stellt dies weniger ein Problem dar. Allerdings kann eine Veränderung der Arbeitszeitstruktur innerhalb eines Landes die Wachstumsrate des Outputs pro Beschäftigten verzerren und internationale Vergleiche erschweren. Ein Vergleich des Arbeitsproduktivitätswachstums auf Basis der verschiedenen Arbeitsvolumen für die Länder, in denen beide Volumina vorhanden waren, zeigt jedoch, dass sie im Allgemeinen demselben Trend folgen.⁷

In Abb. 2-1 wird die Entwicklung der Arbeitsproduktivität in Deutschland dargestellt. Die obere Abbildung zeigt die jährliche Wachstumsrate sowie eine lineare Trendlinie. Die untere Abbildung zeigt die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten für verschiedene Zeiträume. In beiden Grafiken zeichnet sich in der langen Frist ein negativer Trend des Arbeitsproduktivitätswachstums seit 1950 ab. Insgesamt sinkt die Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität von 7,68 % in 1951 auf 0,46 % in 2014. Dieser Rückgang ist besonders stark ausgeprägt in dem Zeitraum von 1951 bis 1987. Das jährliche Wachstum der Arbeitsproduktivität war jedoch – mit Ausnahme des Krisenjahrs 2009 sowie des Jahres 2012 – positiv. Das durchschnittliche jährliche Wachstum der Arbeitsproduktivität ist von rund 6% im Zeitraum 1951-1959 auf knapp 0,9% im Zeitraum 2010-2014 gesunken. Lediglich im Zeitraum 1990-2000 konnte der Trend durchbrochen werden und beobachten wir einen Anstieg der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von gut 1,5% auf rund 2,3%. Darin dürften sich die Produktivitätsgewinne durch die zunehmende Computerisierung widerspiegeln. Des Weiteren zeigt sich, dass der Rückgang der durchschnittlichen Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität innerhalb in der Periode 2005-2014 deutlich geringer ausfällt, wenn die Krisenjahre 2008 bis 2010 nicht in die Berechnung der durchschnittlichen Wachstumsrate einbezogen werden.

⁷ Grafiken und Berechnungen sind auf Anfrage von den Autoren zu erhalten.

Abb. 2-1: Entwicklung der Arbeitsproduktivität in Deutschland, 1951-2014



Anmerkung: APW: Arbeitsproduktivitätswachstum. Die durchgängige Linie der oberen Abbildung zeigt die jährliche Wachstumsrate. Die gepunktete Linie entspricht einem linearen Trend. In der unteren Abbildung werden die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten (arithmetisches Mittel) für 10-Jahresräume bzw. ab 2000 für 5-Jahreszeiträume dargestellt. Die beiden hellroten Balken zeigen die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate, wenn die Jahre 2008 bis 2010 aus der Durchschnittsbetrachtung herausgelassen werden.

Quelle: Penn World Table 9.0, eigene Berechnung der Autoren.

Abb. 2-2 zeigt die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten der Arbeitsproduktivität für die Länder Frankreich, Schweiz, Schweden, Großbritannien, den Vereinigten Staaten, Südkorea, Japan und China. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Entwicklung der Wachstumsraten der Arbeitsproduktivität zwischen den Ländern divergiert.

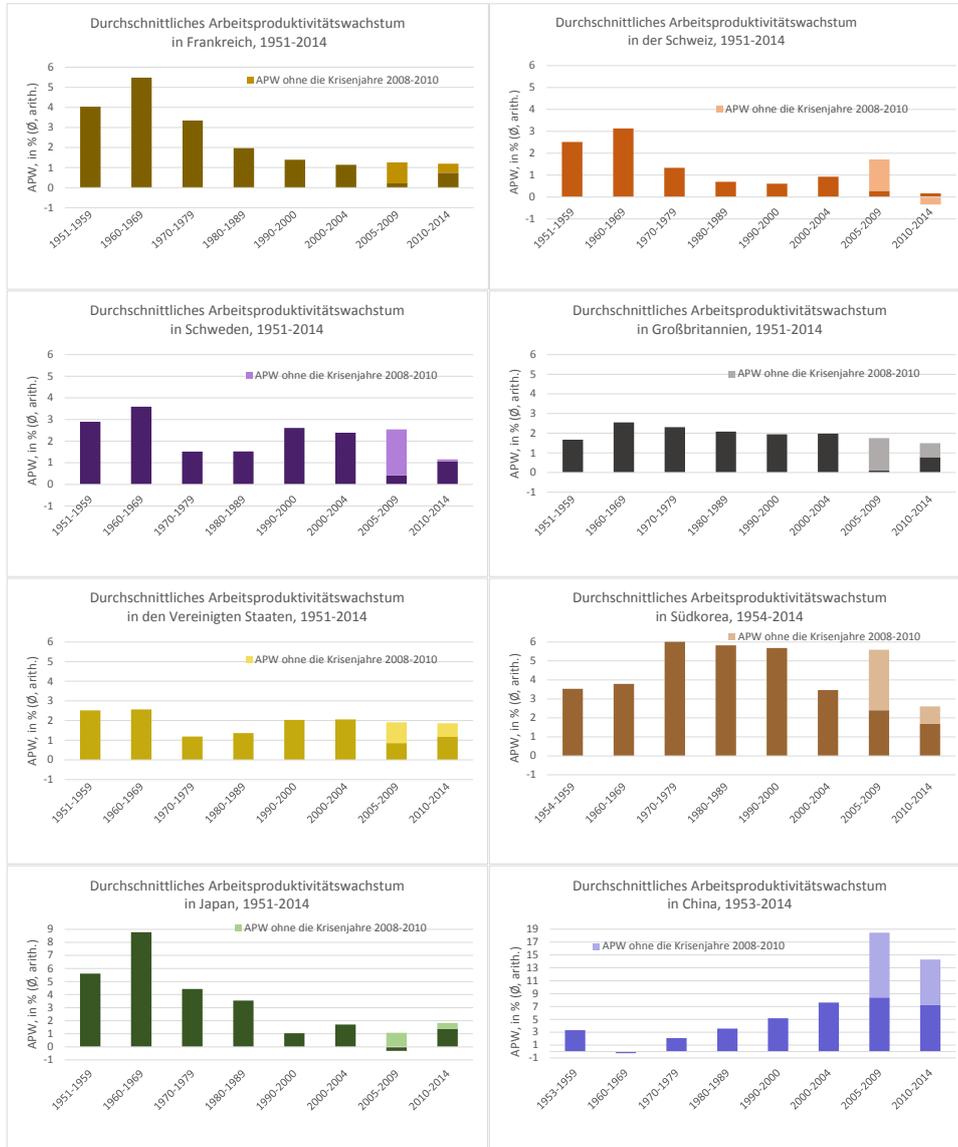
Ein Rückgang der Arbeitsproduktivität ist insbesondere in den Ländern Frankreich, Schweiz und Japan zu erkennen. Die Produktivitätsentwicklung ähnelt in ihrem Verlauf der Deutschlands, abgesehen davon, dass die Phase größten Wachstums für diese Länder in den Jahren 1960-1969 lag, während Deutschland in dieser Dekade ein hohes, aber bereits abnehmendes Wachstum verzeichnete. Mit rund 1% ist das durchschnittliche jährliche Produktivitätswachstum in Frankreich und Japan im Zeitraum 2010-2014 ähnlich hoch wie in Deutschland. In der Schweiz dagegen ist die Wachstumsdynamik nahezu zum Erliegen gekommen.

Deutlich weniger ausgeprägt ist der Rückgang des Produktivitätswachstums in den Vereinigten Staaten, Großbritannien oder in Schweden. Dies liegt vor allem daran, dass in den USA und in Großbritannien die Wachstumsraten bereits in den 50er und 60er Jahre geringer waren. Darin dürfte zum Ausdruck kommen, dass beide Länder als technologisch führend galten (Gordon 2012) und daher bereits weiter in der technologischen Entwicklung waren und somit hohe Wachstumsraten tendenziell schwieriger zu erzielen sind. Auffällig für die USA ist der Anstieg der Produktivitätswachstumsrate auf gut 2% in den 90er Jahren und der ersten Hälfte der 2000er Jahre. Allgemein wird dies auf die Computerisierung und die IT-Revolution zurückgeführt. Für den Zeitraum 2005-2014 beobachten wir auch in den USA wieder einen Rückgang der Arbeitsproduktivität von gut 2% auf rund 1%. Lässt man die Krisenjahre 2008-2010 aus der Durchschnittsbetrachtung weg, dann zeigt sich mit knapp 2% jedoch interessanterweise ein ähnlich hohes Wachstum der Arbeitsproduktivität wie im Zeitraum 1990-2005. Einen sehr ähnlichen Verlauf der Arbeitsproduktivität wie in den USA beobachten wir in Schweden, wenngleich die Schweden einen stärkeren Rückgang der durchschnittlichen Wachstumsrate im Zeitraum 2005-2009 erlebten. Großbritannien ist dagegen ein Land, das sich bis zur Krise 2008 durch ein relativ stabiles durchschnittliches Wachstum von rund 2% ausgezeichnet hat. In der Krise ging die Arbeitsproduktivität jedoch deutlich zurück und erholte sich seitdem nur wenig (siehe auch Abschnitt 4.2).

Im Gegensatz dazu beobachten wir eine sehr abweichende Produktivitätsentwicklung in den (ehemaligen) Schwellenländern China und Südkorea. China hat seit den 60er Jahren bis Ende der 2000er Jahre ein stetig zunehmendes Wachstum der durchschnittlichen jährlichen Arbeitsproduktivität erlebt. Erstmals für den Zeitraum 2010-2014 wird auch in China ein abnehmendes Wachstum der durchschnittlichen jährlichen Arbeitsproduktivität

konstatiert. In Südkorea weist die Entwicklung der Produktivitätswachstumsrate einen umgekehrt u-förmigen Verlauf auf. So konnte Südkorea im Zuge des Aufholprozesses durchschnittliche jährliche Wachstumsraten von 5-6% zwischen 1970 und 1990 erzielen. Seitdem hat sich das Wachstum deutlich verlangsamt und liegt derzeit im Durchschnitt bei rund 1,7% pro Jahr.

Abb. 2-2: Entwicklung der Arbeitsproduktivität im internationalen Vergleich, 1951-2014

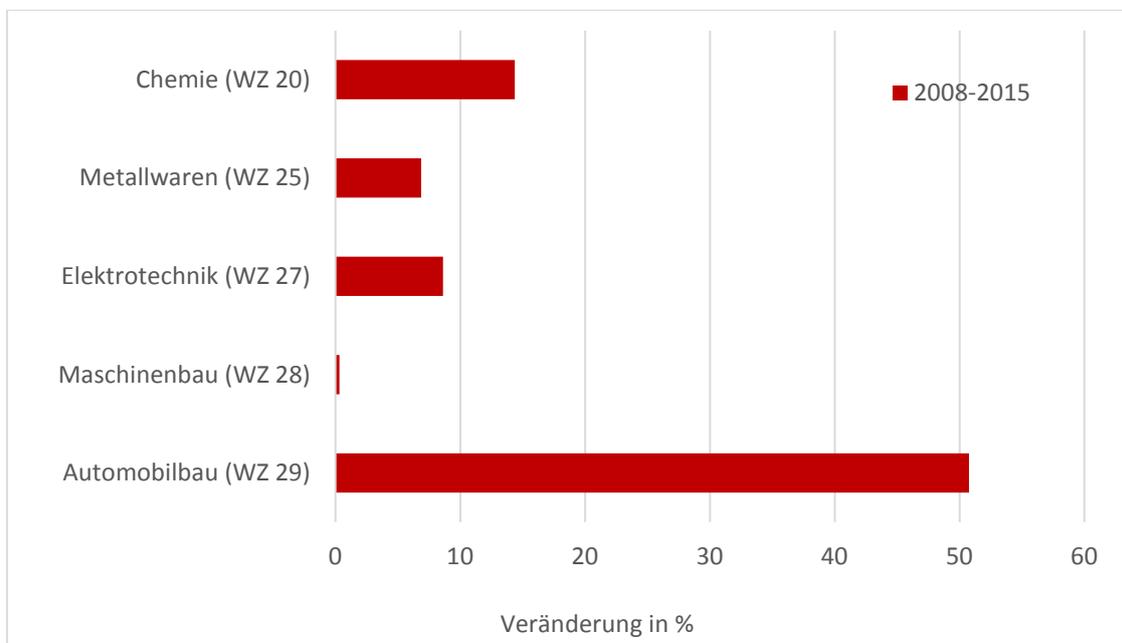


Anmerkung: Innerhalb jeder Graphik werden die durchschnittlichen (arithmetisches Mittel) jährlichen Wachstumsraten der Arbeitsproduktivität eines Landes dargestellt. Sie beziehen sich jeweils auf einen 10-Jahreszeitraum bzw. ab 2000 auf einen 5-Jahreszeitraum. Hellere Balken zeigen die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate, wenn die Krisenjahre 2008 bis 2010 von der Berechnung ausgeschlossen werden.

Quelle: Penn World Table 9.0, eigene Berechnung der Autoren.

Abschließend sollte in der aktuellen Debatte und bei der Interpretation der Zeitreihen eines Landes natürlich berücksichtigt werden, dass es innerhalb eines Landes sehr starke Unterschiede in der Produktivitätsentwicklung zwischen Branchen geben kann. Dies zeigt sich aktuell auch in Deutschland seit der Krise. Abb. 2-3 zeigt die Entwicklung der Arbeitsproduktivität – hier gemessen als reale Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten je Arbeitsstunde – zwischen 2008 und 2015 für fünf High-Tech-Branchen. Während die Wachstumsdynamik im Bereich der Arbeitsproduktivität im Maschinenbau nahezu zum Erliegen gekommen ist, die Chemie, die Metallwaren und die Elektrotechnik Produktivitätsgewinne von rund 7 bis 12% im Zeitraum 2008-2015 erzielt haben, beobachten wir im Automobilbau extrem starke Produktivitätsgewinne.

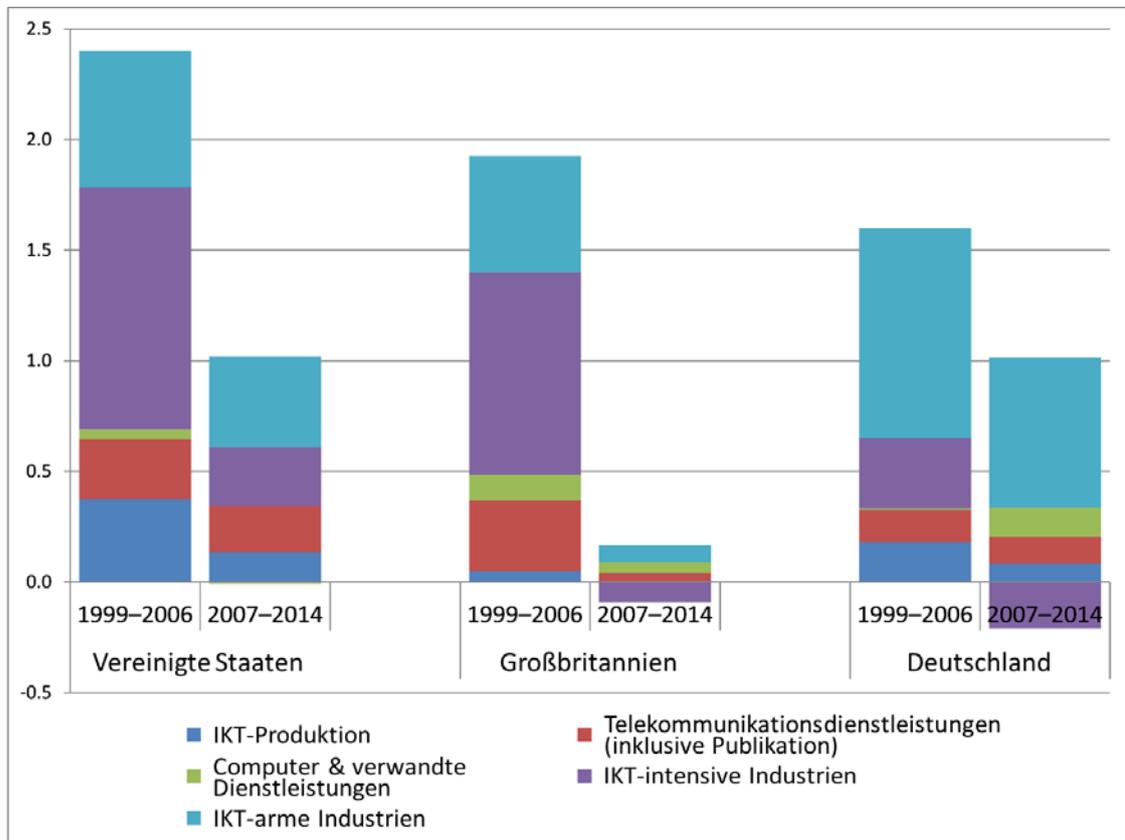
Abb. 2-3: Entwicklung der Arbeitsproduktivität im Branchenvergleich in Deutschland, 2008-2015



Anmerkung: Arbeitsproduktivität gemessen als Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten je Arbeitsstunde. Die Wachstumsrate ist berechnet als prozentuale Veränderung zwischen den Jahren 2008 und 2015. WZ bezeichnet den Wirtschaftszweig nach der aktuellen Wirtschaftszweigklassifikation WZ2008.

Quelle: Destatis.

Abb. 2-4: Beitrag der IKT-produzierenden und IKT-nutzenden Industrien zum Wachstum der Arbeitsproduktivität in Deutschland, USA und Großbritannien, 1996-2006 und 2007-2014



Anmerkung: IKT-intensive Sektoren bzw. IKT-arme Industrien sind definiert als die obere bzw. untere Hälfte der Industrien gemäß ihrer IKT-Intensität. Die IKT-Intensität wird gemessen als Anteil der Summe aus IKT-Investitionen und IKT-Dienstleistungskäufen an „synthetischer Produktion“ (Bruttowertschöpfung auf Industrieebene, plus intermediäre IKT-Dienstleistungen). Auf der vertikalen Achse ist das Wachstum der Arbeitsproduktivität in % angegeben.

Quelle: The Conference Board, Navigating the Digital Economy, Mai 2016.

Im Hinblick auf die Diskussion um die Rolle der Digitalisierung für die Produktivitätsentwicklung ist besonders auffällig, dass die IKT-intensiven Industrien – zumindest in den USA, Deutschland und Großbritannien - am stärksten zum Rückgang des Wachstums der Arbeitsproduktivität beigetragen haben (Van Ark 2016). Abb. 2-4 zeigt das durchschnittliche jährliche Wachstum der Arbeitsproduktivität für die Perioden 1999-2006 und 2007-2014 für die Vereinigten Staaten, Großbritannien und Deutschland untergliedert nach IKT-produzierende, intensiv IKT-nutzende und wenig IKT-nutzende

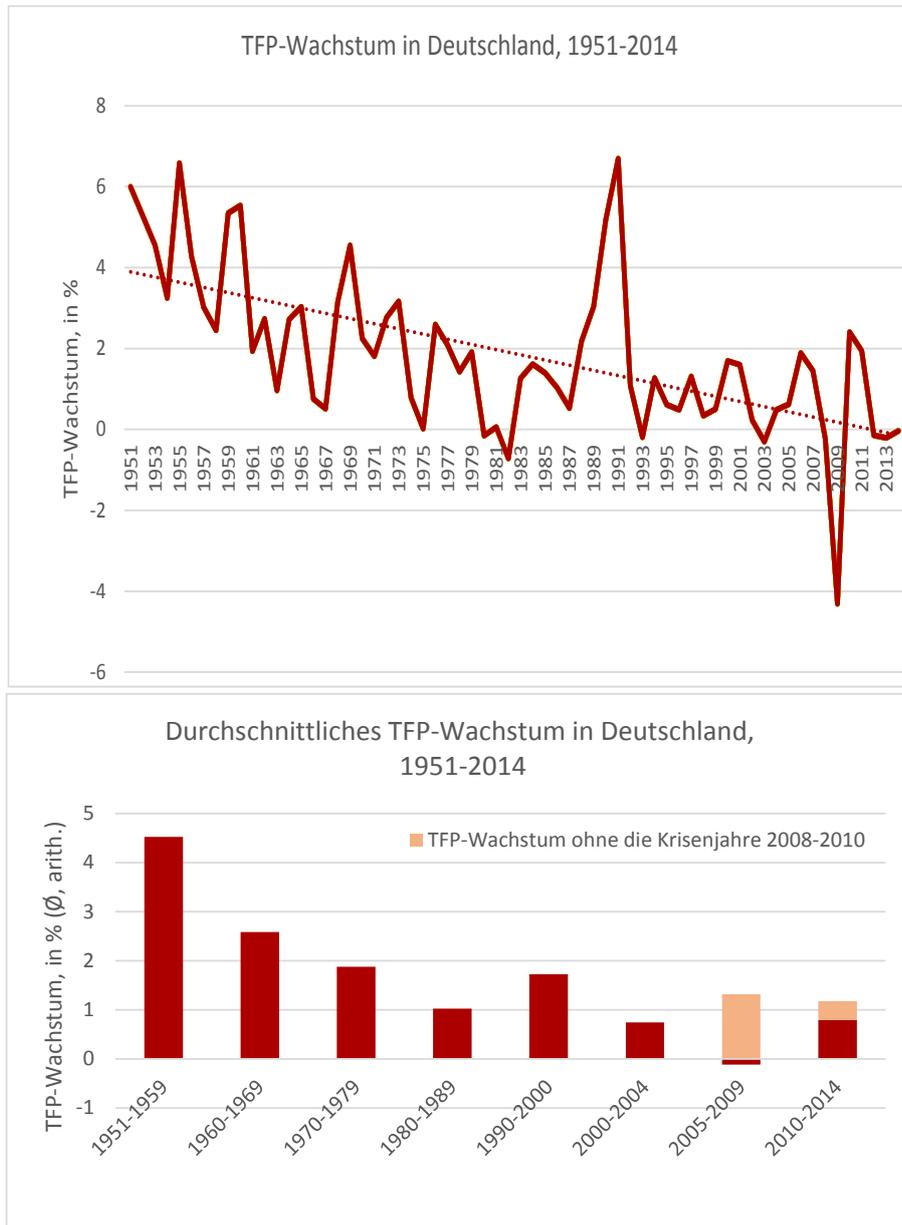
Industrien sowie Telekommunikations- und Computer- und verwandte Dienstleistungen. In allen drei Ländern ist ein Rückgang des Wachstums der Arbeitsproduktivität zu beobachten (USA: von 2,4 auf 1,0 %; Großbritannien: von 1,9 auf 0,1 %; Deutschland: von 1,6 auf 0,8 %). Die Industrien, die IKT am stärksten nutzen, tragen dabei am stärksten zu diesem Productivity Slowdown bei. In den USA sind die IKT-intensivsten Industrien für 60 %, in Großbritannien für 54 % und in Deutschland sogar für 66 % des Rückgangs der Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität verantwortlich (Van Ark 2016). Der Beitrag der IKT-intensivsten Industrien zum Produktivitätswachstum sank von rund 46 % auf 26 % in den USA. In Deutschland und Großbritannien war das Wachstum der Arbeitsproduktivität in den IKT-intensivsten Industrien sogar negativ.

2.4 Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität

Das Maß für die TFP stammt ebenfalls aus der PTW-Datenbank. Es basiert auf einer Produktionsfunktion, welche die Inputfaktoren Kapital, Arbeit und Humankapital betrachtet. Arbeit entspricht der Anzahl an Beschäftigten einer Volkswirtschaft. Sie wird gewichtet mit der – aus der durchschnittlichen Anzahl von Schuljahren und der angenommenen Bildungsrendite generierten – Humankapitalvariable. Die Kapitalvariable wird auf Basis der Investitionen eines Landes geschätzt und als Maß für den Output wird erneut das BIP verwendet. Die TFP wird nach der von Feenstra et al. (2015) verwendeten Methode berechnet.

Abb. 2-5 entspricht in ihrer Darstellung Abb. 2-1, wobei lediglich das Wachstum der Arbeitsproduktivität durch das Wachstum der TFP ausgetauscht wurde. Für das TFP-Wachstum zeigt sich in der langen Frist ein negativer Trend wie schon zuvor bei der Arbeitsproduktivität und zwar sowohl in der Betrachtung der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten als auch in der Betrachtung der Trendlinie. Das TFP-Wachstum sank von 5,99 % in 1951 auf -0,03 % in 2014. Erneut ist der besonders starke Rückgang des Wachstums von 1951 bis 1987 zu erkennen. Schließt man die Krisenjahre 2008-2010 von der Berechnung aus, dann zeigt sich wie schon zuvor bei der Arbeitsproduktivität ein deutlich geringerer Rückgang des Produktivitätswachstums. Insgesamt weisen die Trendentwicklungen der Arbeitsproduktivität und der TFP eine hohe Ähnlichkeit im Fall von Deutschland auf.

Abb. 2-5: Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität in Deutschland, 1951-2014



Anmerkung: Die durchgängige Linie der oberen Abbildung zeigt die jährliche TFP-Wachstumsrate. Die gepunktete Linie entspricht einem linearen Trend. In der unteren Abbildung werden die durchschnittlichen jährlichen TFP-Wachstumsraten (arithmetisches Mittel) für 10-Jahreszeiträume bzw. ab 2000 für 5-Jahreszeiträume dargestellt. Hellrote Balken zeigen die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate, wenn die Krisenjahre 2008 bis 2010 aus der Berechnung ausgeschlossen werden.

Quelle: Penn World Table 9.0, eigene Berechnung der Autoren.

Abb. 2-6 entspricht in ihrer Darstellung der Abb. 2-2, wobei anstelle der Entwicklung der Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität die der TFP dargestellt wird. Wie im Fall von Deutschland entsprechen die meisten Trends im TFP-Wachstum denen des Wachstums der Arbeitsproduktivität.

In Frankreich und der Schweiz beobachten wir einen starken Rückgang des TFP-Wachstums zwischen 1951 bis 2014. In Schweden ist das durchschnittliche TFP-Wachstum ebenfalls rückläufig, allerdings seit den 70er Jahren weit weniger stark als in Frankreich und der Schweiz.

Für Japan ist dagegen kein stetiger Rückgang des TFP-Wachstums mehr zu erkennen. Dies lässt vermuten, dass Japans Kapital- und/oder Humankapitalnutzung an Produktivität zugenommen hat. Die deutlichsten Unterschiede in der Entwicklung der Wachstumsrate von Arbeitsproduktivität und TFP zeigen sich für Südkorea. Nach hohen TFP-Wachstumsraten bis Ende der 60er Jahre bricht die Wachstumsdynamik beim TFP-Wachstum seit den 70er Jahren ein und ist in den 90er Jahren sogar negativ. Dies weist darauf hin, dass ein großer Teil des Wachstums der Arbeitsproduktivität auf einem Zuwachs an Kapital und/oder Humankapital basierte.

Chinas durchschnittliche jährliche TFP-Wachstumsrate steigt wie seine Arbeitsproduktivitätswachstumsrate im Trend über den Zeitverlauf deutlich an. Allerdings auf einem niedrigeren Niveau. Darüber hinaus zeigt sich ein deutlich stärkerer Rückgang des Wachstums bei der TFP im Zeitraum 2010-2014 als bei der Arbeitsproduktivität.

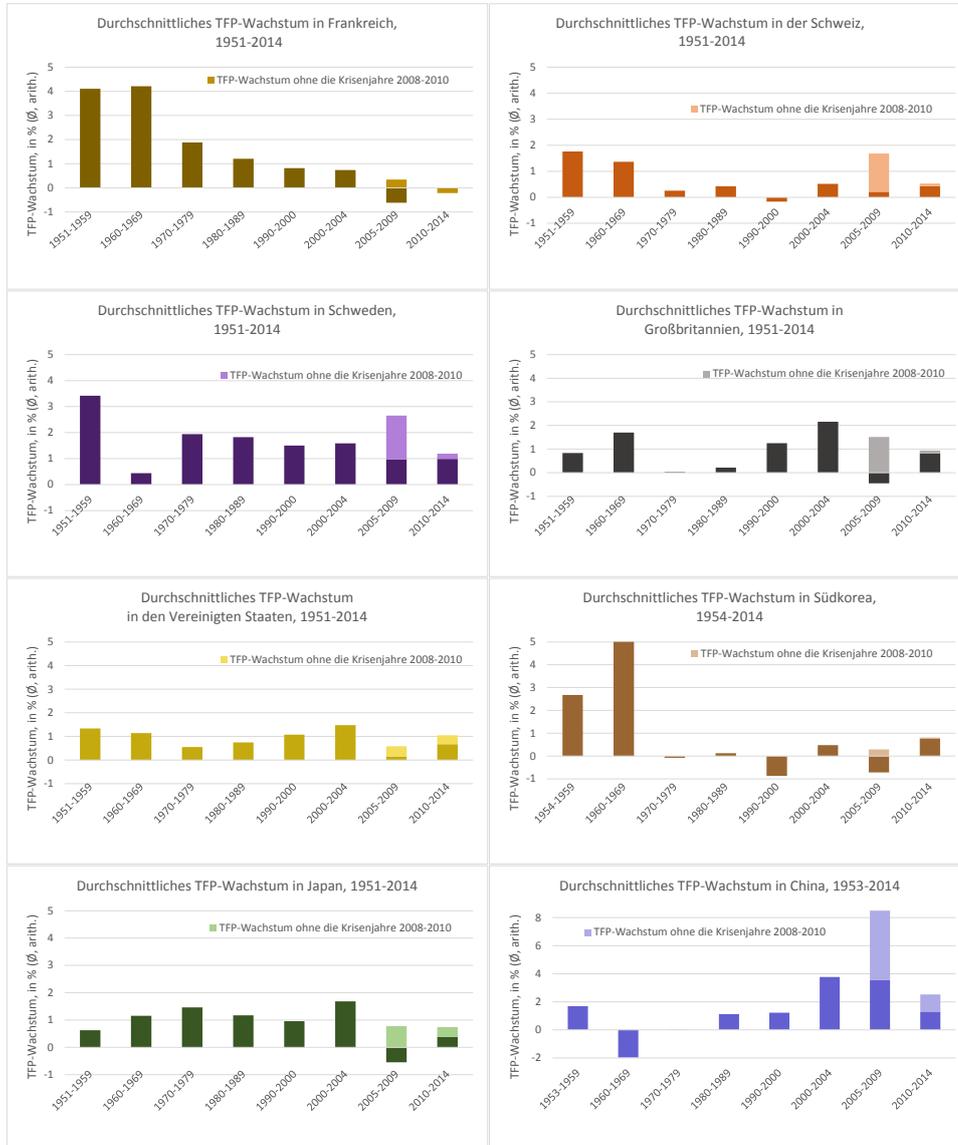
In den USA beobachten wir zunächst einen Rückgang des durchschnittlichen jährlichen TFP-Wachstums, der besonders stark in den 70er Jahren ausfällt. Seit Ende der 70er Jahre konnten wir jedoch eine Erholung des TFP-Wachstums bis Mitte der 2000er Jahre beobachten. Seitdem erfährt auch die USA wieder eine Verlangsamung des Produktivitätswachstums. Auffällig ist, dass der Rückgang beim Wachstum der TFP stärker ausgeprägt ist als bei der Arbeitsproduktivität, selbst wenn die Krisenjahre 2008-2010 herausrechnet werden.

Während die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität bis zur Krise 2008 recht stabil gewesen ist in Großbritannien, zeichnet sich ein sehr volatiles Bild für das TFP-Wachstum ab. Hohe und zunehmende TFP-Wachstumsraten in den 50er und 60er Jahren werden abgelöst von einem quasi Nullwachstum in den 70er Jahren. Wenngleich sich das durchschnittliche jährliche TFP-Wachstum nach der schweren Rezession 1979 in Großbritannien in den 80er Jahren wieder leicht erholte, nimmt es erst nach der zweiten schweren Rezession im Jahr 1990 wieder an Fahrt auf mit rund 1,1% in den 90er Jahren und sogar knapp 2% im Zeitraum 2000-2004. Dem folgte ein negatives TFP-

Wachstum in der Phase 2005 bis 2009, von dem sich Großbritannien aber nach 2010 wieder leicht erholen konnte.

Die Abbildung zeigt ferner, dass besonders in Japan, Großbritannien und Frankreich das TFP-Wachstum stark von der Krise getroffen wurde und in allen drei Ländern das durchschnittliche TFP-Wachstum in der Periode 2005-2009 sogar negativ war.

Abb. 2-6: Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität im internationalen Vergleich, 1951-2014



Anmerkung: Innerhalb jeder Graphik werden die durchschnittlichen (arithmetisches Mittel) jährlichen TFP-Wachstumsraten eines Landes dargestellt. Sie beziehen sich jeweils auf einen 10-Jahreszeitraum bzw. ab 2000 auf einen 5-Jahreszeitraum. Hellere Balken zeigen die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate, wenn die Krisenjahre 2008 bis 2010 aus der Berechnung herausgenommen werden.

Quelle: Penn World Table 9.0, eigene Berechnung der Autoren.

Dieser kurze internationale Vergleich des Wachstums der Arbeitsproduktivität und der TFP in den neun Ländern zeigt, dass kein einheitlicher Rückgang des Produktivitätswachstums über alle Länder hinweg zu erkennen ist. Ein besonders klarer Rückgang der Arbeitsproduktivität war in Deutschland, Frankreich, Japan und der Schweiz zu erkennen. In der langen Frist ist auch das Wachstum der Arbeitsproduktivität in den USA und Schweden gefallen, allerdings mit zwischenzeitlich recht hohen Wachstumsraten in den 90er und Anfang der 2000er Jahre. Großbritannien zeigte bis zur Krise 2008 ein vergleichsweise stabiles Wachstum der Arbeitsproduktivität, leidet aber seitdem unter einer extrem schwachen Produktivitätsentwicklung. China hingegen hatte fast über den gesamten Zeitraum ein zunehmendes Wachstum der Arbeitsproduktivität zu verzeichnen. Südkorea wies bis zum Beginn der 2000er Jahre ebenfalls sehr hohe und zunehmende Wachstumsraten der Arbeitsproduktivität auf, die sich allerdings seitdem deutlich abgeschwächt haben. TFP folgte in den meisten Fällen dem Trend der Arbeitsproduktivität, lediglich Japan und insbesondere Südkorea zeigten signifikante Unterschiede in der Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität und der TFP. Da die TFP in Relation zu multiplen Inputfaktoren gemessen wird, fiel das TFP-Wachstum überwiegend geringer aus als Wachstum der Arbeitsproduktivität.

Die Entwicklung der Wachstumsraten der TFP und Arbeitsproduktivität auf Basis der PWT-Daten wurden zur Kontrolle mit den von der OECD bereitgestellten Produktivitätsindikatoren für die Jahre 1985 bis 2014 verglichen⁸. Es zeigt sich, dass das Wachstum der Arbeitsproduktivität und der TFP in beiden Datensätzen ähnlich ist und sich die Schlussfolgerungen hinsichtlich der Produktivitätsentwicklung qualitativ nicht ändern. Eine grafische Darstellung der Vergleiche ist im Anhang in den Abb. 7-1 bis Abb. 7-6 zu finden.

Abschließend sei angemerkt, dass die hier dargestellte Entwicklung der Produktivität auch im sehr langfristigen Kontext gesehen werden sollte. Vergleichbare lange Zeitreihen zur Produktivitätsentwicklung sind nicht einfach verfügbar. Die PWT-Datenbank beginnt mit dem Jahr 1951. Gerade das Wachstum zwischen den 30er und 60er Jahren bezeichnet Gordon (2012) – zumindest für die USA als technologisch führendem Land – als eine Phase außergewöhnlich hohen Wachstums, weil dort das Entfaltungspotential der zweiten industriellen Revolution voll zum Trage gekommen ist. Aktuelle Wachstumsraten seien dagegen ähnlich zu denen, die vor 1900 beobachtet wurden (siehe auch Abschnitt 3.1.2.1).

⁸ Die Werte für China konnten wegen fehlender Informationen nicht verglichen werden und TFP-Werte für die Schweiz liegen erst ab 1992 vor. Größter Unterschied in der TFP-Berechnung der OECD ist die Verwendung der Kapitalklassifizierungen IKT-Kapital und Nicht-IKT-Kapital anstelle von Humankapital.

Von daher dürfte der Rückgang des Produktivitätswachstum dramatischer ausfallen, wenn als Referenzjahr eine Phase außergewöhnlichen hohen Wachstums gewählt wird.

Im folgenden Kapitel 3 sollen die möglichen Ursachen für die Verlangsamung des Produktivitätswachstum identifiziert und auf Basis empirischer Evidenz diskutiert werden.

3 Mögliche Ursachen der Verlangsamung des Produktivitätswachstums und empirische Evidenz

3.1 Abnehmende Erträge aus Forschung und Innovation

FuE und Innovationen werden als einer der Haupttreiber für die langfristige Produktivitätsentwicklung angesehen (z.B. Survey von Hall, Mairesse und Mohnen 2010). Daher ist es naheliegend, eine Verlangsamung des Produktivitätswachstums auf FuE und Innovationen zurückzuführen.

Im Hinblick auf Forschungs- und Innovationsaktivitäten beobachten wir eine Verlangsamung des Produktivitätswachstums prinzipiell dann, wenn

- die Ertragsrate (bzw. die Outputelastizität) aus Forschung und Innovationen je eingesetztem Euro bzw. je eingesetztem Forscher zurückgeht, d.h. wenn die Forschungsproduktivität (auch Forschungseffizienz genannt) nachlässt und/oder
- die Aufwendungen für Forschung und Innovationen sinken.

In der aktuellen Produktivitätsdebatte geht es bislang vor allem um eine sinkende Forschungsproduktivität als Ursache für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums (Gordon 2012 und Bloom et al. 2017) und weniger um sinkende Forschungs- und Innovationsausgaben. So zeigen Bloom et al. (2017), dass die Forschungsausgaben in den USA stark zugenommen haben im Zeitverlauf. Allerdings ist dieses Argument nicht neu und wurde so bereits von Nordhaus (1980) oder Griliches (1980) diskutiert.

Das zentrale Argument, das für die sinkende Forschungsproduktivität an dieser Stelle angeführt wird, besteht in den sich ausschöpfenden technologischen Potenzialen. Es wird argumentiert, dass die technologischen Möglichkeiten zunehmend ausgereizt sind, da innerhalb der technologischen Entwicklung immer zunächst nach den Inventionen geforscht und die Innovationen entwickelt werden, die sich am leichtesten realisieren lassen. Dies sind die sogenannten „low-hanging fruits“. Mit fortschreitender technologischer Entwicklung gibt es dann immer weniger solcher „low-hanging fruits“ und es wird immer schwieriger neue Ideen zu entwickeln, Erfindungen zu machen und sie in neue Produkte, Prozesse oder Geschäftsmodelle umzusetzen. Dies erfordert einen immer größeren Aufwand der Unternehmen für FuE und Innovationen.

Dieses Kapitel präsentiert zunächst im Abschnitt 3.1.1 die Entwicklung der Aufwendungen für FuE und der Innovationsaktivitäten im Zeitverlauf für wesentliche Industrieländer. Anschließend beschäftigt sich der Abschnitt 3.1.2 mit der Frage, inwieweit es empirische

Evidenz dafür gibt, dass die Grenzerträge aus Forschung und Innovation abgenommen haben. Abschnitt 3.1.3 schließt mit einem kurzen Fazit.

3.1.1 Entwicklung der FuE- und Innovationsaktivitäten im Zeitverlauf

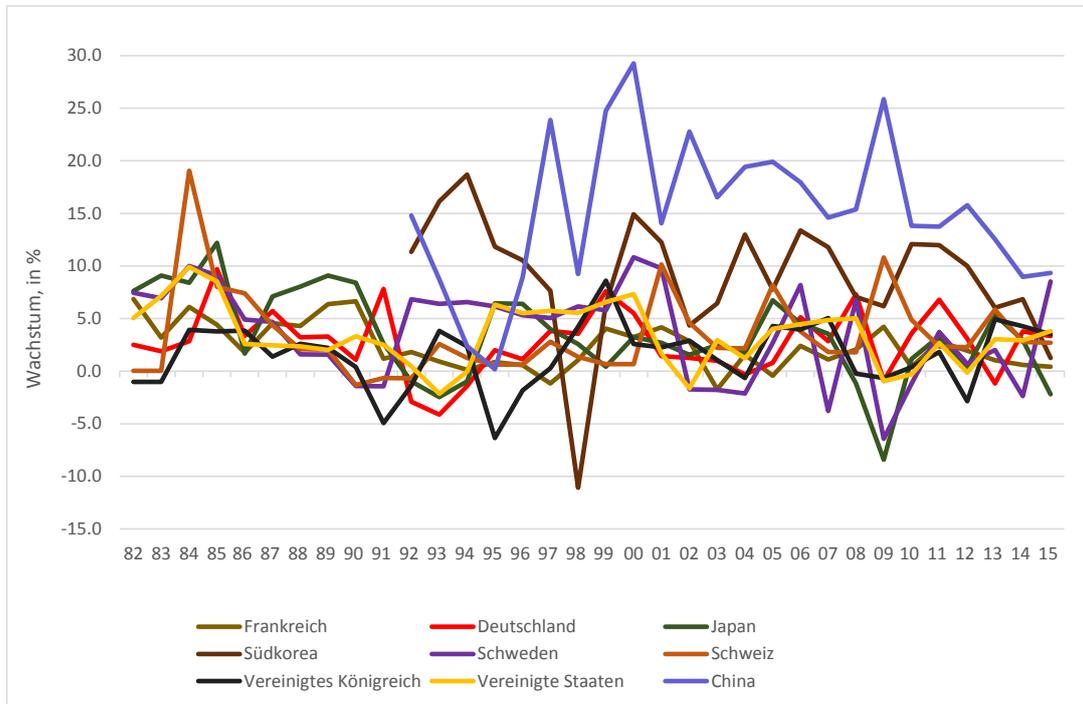
Wie bereits erwähnt, fokussiert sich die aktuelle Debatte um die Verlangsamung des Produktivitätswachstums bislang primär auf eine möglicherweise abnehmende Forschungseffizienz und nicht auf sinkende Forschungsaufwendungen. Um besser einordnen zu können, ob eine Verlangsamung der Produktivität allein auf die Forschungseffizienz zurückzuführen sein könnte oder nicht auch auf das Ausmaß der FuE- und Innovationstätigkeit, soll in diesem Abschnitt kurz die Entwicklung der FuE- und Innovationsaktivitäten im Zeitverlauf zusammengefasst werden. Rammer et al. (2018) beschäftigen sich ausführlich mit der langfristigen Entwicklung der Innovationsaktivitäten, daher konzentriert sich dieser Abschnitt nur auf einige zentrale Indikatoren der FuE- und Innovationstätigkeit.

Abb. 3-1 zeigt für die neun betrachteten Länder jeweils die Wachstumsrate der realen Bruttoinlandsausgaben für FuE (GERD: Gross Domestic Expenditure on R&D, im Folgenden kurz: FuE-Ausgaben genannt) für den Zeitraum 1982 bis 2015. Darüber hinaus stellt Abb. 3-2 die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten der FuE-Ausgaben über einen 5-Jahreszeitraum dar.⁹

Im Hinblick auf die FuE-Ausgaben können wir auf Basis der beiden Abbildungen feststellen, dass *alle Länder in jeden der 5-Jahreszeiträume ein positives durchschnittliches Wachstum der FuE-Ausgaben* aufwiesen, wenngleich die realen FuE-Ausgaben in einzelnen Jahren in einzelnen Ländern auch zurückgegangen sind, so vor allem in Deutschland, Japan, Schweden, Schweiz und Großbritannien zu Beginn der 90er Jahre, in Schweden zu Beginn der 2000er Jahre und in den USA, Großbritannien, Schweden und Japan in den Krisenjahren 2008 bis 2010.

⁹ Abb. 7-7 und Abb. 7-8 im Appendix zeigen entsprechend die jährliche Wachstumsrate und die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate für die FuE-Ausgaben im Wirtschaftssektor (Business Expenditure on R&D, BERD).

Abb. 3-1: Wachstumsrate der realen FuE-Ausgaben (GERD) nach Ländern, 1982-2015

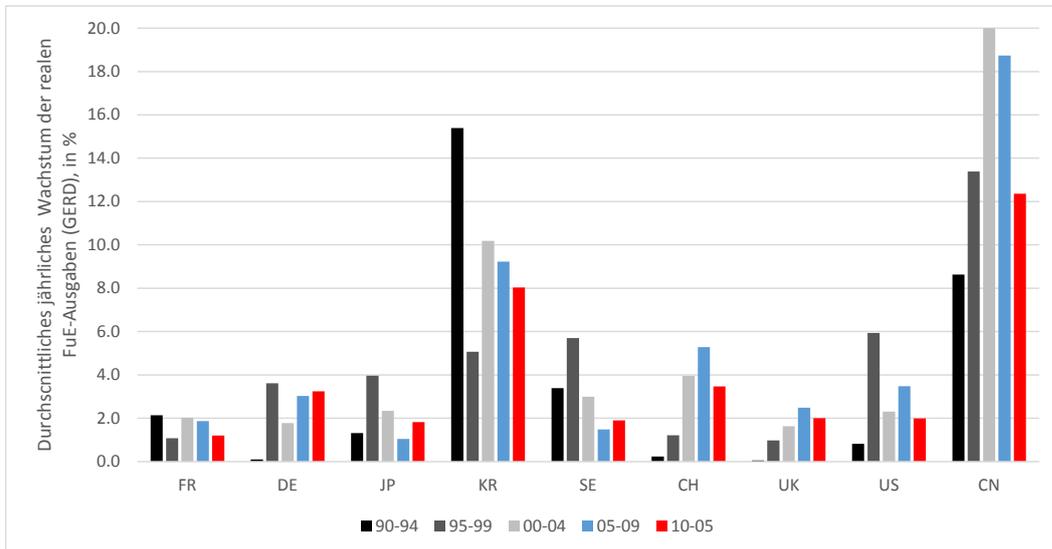


Anmerkungen: Für die Schweiz wurden die Werte für die Jahre 1984/85, 1987/88, 1990/91, 1993-1995, 1997-1999, 2001-2003, 2005-2007, 2009-2011, 2013/14 interpoliert. Für Schweden wurden die Werte für die Jahre 1982, 1984, 1986, 1988, 1990, 1992, 1994, 1996, 1998, 2000, 2002 interpoliert. Für das Vereinigte Königreich wurden die Werte für die Jahre 1982 und 1984 interpoliert. Für China und Korea sind Daten nur ab 1991 verfügbar.

Quelle: OECD (2017a): MSTI-2017-1. Eigene Darstellung.

Zwischen den Ländern zeigen sich jedoch erhebliche Unterschiede in der zeitlichen Entwicklung. So steigt die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der FuE-Ausgaben in Deutschland in den drei 5-Jahreszeiträumen seit 2000 kontinuierlich an, während sie in Frankreich im gleichen Zeitraum kontinuierlich fällt. Eine Verlangsamung des durchschnittlichen FuE-Wachstums konnte tendenziell seit 1995 auch für Schweden und in Japan beobachtet werden, wenngleich das durchschnittliche FuE-Wachstum in beiden Ländern seit 2010 wieder leicht angezogen hat. Genau umgekehrt ist die Entwicklung in Großbritannien und in der Schweiz, wo in der Tendenz eine Beschleunigung des Wachstums der FuE-Ausgaben seit 1990 festgestellt werden konnte, dass sich aber im Zeitraum 2010-2015 etwas abgeflacht hat.

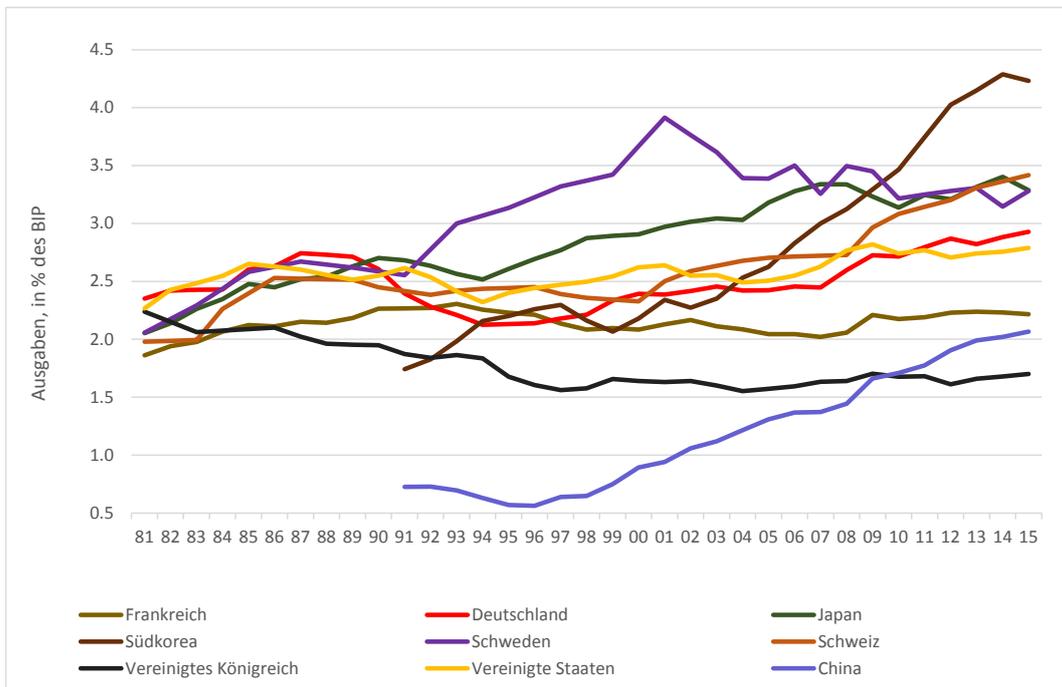
Abb. 3-2: Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der realen FuE-Ausgaben (GERD) nach Ländern, 1990-2015



Quelle: OECD (2017a): MSTI-2017-1. Eigene Darstellung.

Mit Südkorea und China stechen zwei Länder besonders hervor. Im Zuge der Transformation von einem Schwellenland zu einem entwickelten Industrieland setzen beide Länder im Aufholprozess auf sehr hohe FuE-Ausgaben. Während in den anderen sieben Ländern das durchschnittliche jährliche Wachstum der realen FuE-Ausgaben typischerweise zwischen 1% und 2 % und in der Spitze bei 4% liegt, erzielen Südkorea und China durchschnittliche jährliche Wachstumsraten der realen FuE-Ausgaben zwischen 10 und 20%. Während sich jedoch das Wachstum der FuE-Ausgaben in Südkorea im Zeitverlauf kontinuierlich verlangsamt hat (von rund 15,4% im Zeitraum 1990-1994 auf 8% im Zeitraum 2010-2015), konnten wir in China zwischen 1990 und Mitte der 2000er Jahre eine deutliche Beschleunigung des FuE-Wachstums erleben (von durchschnittlich 8,6% auf 20,4%), dass sich seither jedoch ebenfalls verlangsamt, aber mit rund 12,4% im Zeitraum 2010-2015 nach wie vor sehr hoch ist.

Abb. 3-3: Anteil der FuE-Ausgaben (GERD) am BIP nach Ländern, 1981-2015



Anmerkungen: Für die Schweiz wurden die Werte für die Jahre 1982, 1984/85, 1987/88, 1990/91, 1993-1995, 1997-1999, 2001-2003, 2005-2007, 2009-2011, 2013/14 interpoliert. Für Schweden wurden die Werte für die Jahre 1982, 1984, 1986, 1988, 1990, 1992, 1994, 1996, 1998, 2000, 2002 interpoliert. Für das Vereinigte Königreich wurden die Werte für die Jahre 1982 und 1984 interpoliert. Für China und Korea sind Daten nur ab 1991 verfügbar.
 Quelle: OECD (2017a): MSTI-2017-1. Eigene Darstellung

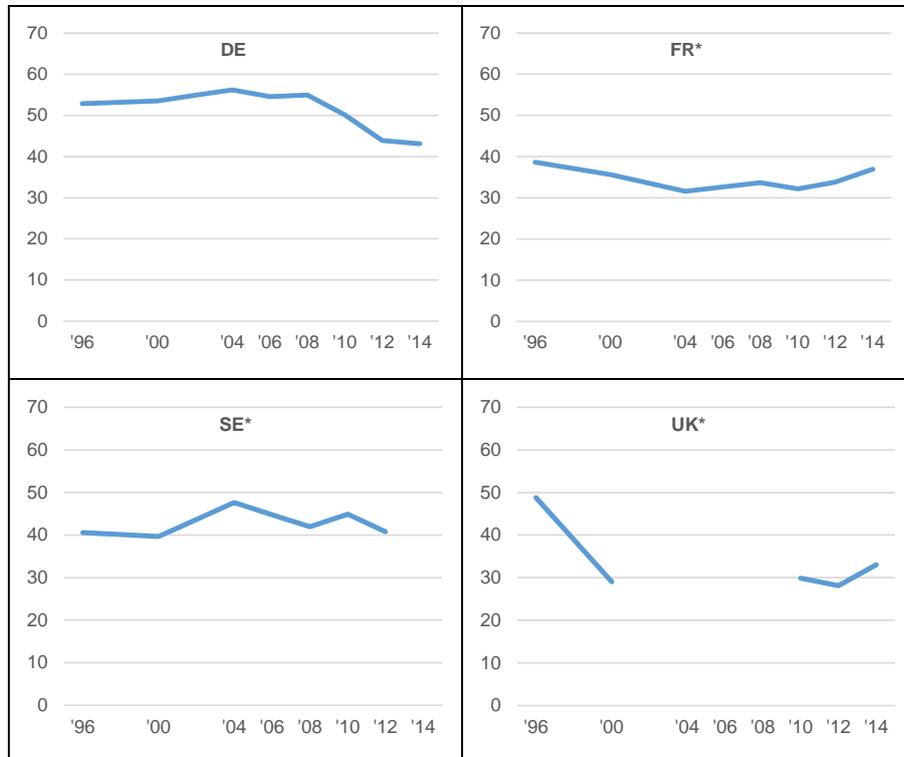
Sowohl in Südkorea als auch in China übertreffen die jährlichen Wachstumsraten der FuE-Ausgaben in fast allen Jahren bei weitem die Wachstumsraten des BIP, so dass in beiden Ländern ein kontinuierlich steigender Anteil der FuE-Ausgaben am BIP beobachtet werden kann (Abb. 3-3). Im Jahr 2015, dem aktuellsten Datenjahr, liegt die FuE-Intensität bei rund 4,2% in Südkorea und 2,1 % in China. Eine seit Mitte der 90er Jahre tendenziell steigende FuE-Intensität wird auch Deutschland, der USA, Japan und der Schweiz beobachtet. Während die FuE-Intensität in Deutschland (2,93% in 2015) und in den USA (2,79% in 2015) knapp unterhalb der EU-Zielmarke von 3% liegt, haben Japan (3,3%) und die Schweiz (3,4%) diese Marke in 2015 deutlich übertroffen. Relativ stabil verläuft die Entwicklung der FuE-Intensität seit Mitte der 90er Jahre dagegen in Großbritannien und in Frankreich. Im starken Kontrast steht die Entwicklung in Schweden, das noch bis zu Beginn der 2000er Jahre eine stark zunehmende FuE-Intensität verzeichnete und mit knapp 4% auch deutlich an der Spitze der neun hier betrachteten Länder lag. Seit 2002 fällt die FuE-Intensität jedoch kontinuierlich auf aktuell 3,28% im Jahr 2015.

Während die FuE-Ausgaben also in den meisten Ländern alles in allem eine positive Entwicklung verzeichnen, zeigt sich gleichzeitig zumindest in den europäischen Ländern ein anderes Bild bei der Innovatorenquote. Rammer et al. (2018) kommen auf Basis der Daten des Community Innovation Surveys zu dem Ergebnis, dass sich der Anteil der Innovatoren europaweit von 46% im Jahr 1996 auf 36% im Jahr 2014 verringert hat. Dies impliziert, dass sich immer mehr kleine und mittlere Unternehmen aus Innovationsaktivitäten zurückziehen. Ein ähnlicher Rückgang (- 10 Prozentpunkte) ist dabei sowohl in der Industrie als auch im Dienstleistungssektor zu verzeichnen. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass die FuE-Ausgaben als quantitative Größe naturgemäß stark von den Großunternehmen eines Landes beeinflusst werden, während der Innovatorenanteil maßgeblich von den kleinen und mittleren Unternehmen bestimmt wird. Rammer et al. (2018) zeigen, dass sich der Trend rückläufiger Innovatorenquoten für die Mehrzahl der europäischen Länder nachweisen lässt, wenngleich auch hier eine länderspezifische Heterogenität zu beobachten ist wie Abb. 3-4 veranschaulicht. So kann eine nachlassende Innovationsbeteiligung in Deutschland und Großbritannien festgestellt werden¹⁰, während sich kein klarer Trend in Frankreich und Schweden erkennen lässt.

Insgesamt lassen die Daten die Schlussfolgerung zu, dass eine Verlangsamung des Produktivitätswachstums sehr wohl von nachlassenden FuE- und Innovationsaktivitäten herühren kann. Zwar weisen die meisten der hier betrachteten Länder positive Wachstumsraten von FuE-Ausgaben und steigende FuE-Intensitäten auf, die im Wesentlichen von Großunternehmen getrieben werden, gleichzeitig beobachten wir in vielen europäischen Ländern eine nachlassende Innovationsbeteiligung kleiner und mittlerer Unternehmen.

¹⁰ Darüber hinaus aber z.B. auch in Spanien, Österreich, Dänemark, Italien, Irland und Luxemburg.

Abb. 3-4: Anteil der Innovatoren nach Ländern (DE, FR, SE, UK), 1991-2015



Anmerkungen: Für FR keine Werte für 2006 wegen abweichender Größenabgrenzung (nur Unternehmen ab 50 Beschäftigte); für SE keine Werte für 2006 und 2014 wegen unvollständiger Angaben für Dienstleistungsbranchen; UK keine Werte für 2004, 2006 und 2008. Sektorale Bezugsbasis: 1996-2006: WZ 2003 15-37; 2008-2014: WZ 2008 10-33. Unternehmen ab 10 Beschäftigte. Datenquelle: Eurostat: CIS; Berechnungen des ZEW.

Quelle: Rammer et al. (2018)

3.1.2 Entwicklung der Erträge aus Forschung und Innovation

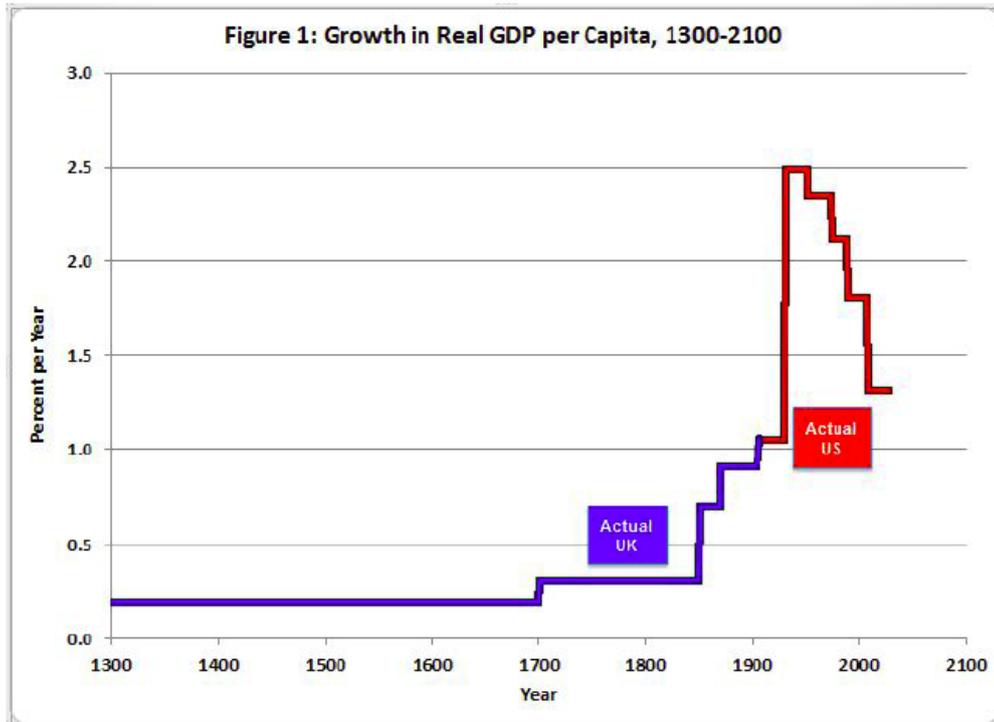
In diesem Abschnitt wird zunächst in Unterabschnitt 3.1.2.1 auf den möglichen Zusammenhang zwischen der Verlangsamung des BIP-Wachstums und den sich erschöpfenden technologischen Möglichkeiten in der sehr langen Frist eingegangen. Die beiden anschließenden Unterabschnitte beschäftigen sich mit der Frage, ob die Forschungsproduktivität abgenommen hat. Zunächst wird in Unterabschnitt 3.1.2.2 das Konzept der Ideen-TFP von Bloom et al. (2017) vorgestellt. Anschließend wird im Unterabschnitt 3.1.2.3 das Konzept der Ertragsrate von FuE, ihre Messung und sowie empirische Evidenz zur Entwicklung der Erträge aus FuE und Innovation präsentiert.

3.1.2.1 Technologische Möglichkeiten und die Entwicklung in der ganz langen Frist

Eine aktuell viel beachtete und diskutierte Studie über das langfristige Wachstum und den Erträgen aus Forschung und Innovation in der Literatur ist von Gordon (2012). Gordon analysiert für den Zeitraum 1300 bis 2010 die Entwicklung der Wachstumsrate des realen Bruttoinlandsprodukts für Großbritannien (als führende Wirtschaftsmacht bis 1906) und die USA (als führende Wirtschaftsmacht ab 1906). Er zeigt, dass das BIP-Wachstum kein kontinuierlich gleichbleibender Prozess ist (Abb. 3-5). Während selbst die führende Wirtschaftsmacht vor 1700 nur ein sehr stabiles Wachstum von ca. 0,25% erzielte, nahm das Wachstum zwischen 1700 und Anfang des 20sten Jahrhunderts deutlich zu auf ca. 1%. Die stärksten Wachstumsraten erlebte die amerikanische Ökonomie Mitte des letzten Jahrhunderts mit mehr als 2,5%. Seitdem beobachten wir einen stetigen Rückgang des BIP-Wachstums. Es liegt aber nach wie vor über den Wachstumsraten zu Beginn des letzten Jahrhunderts.

Diese 3 Phasen des BIP-Wachstums setzt er in Beziehung zu den drei industriellen Revolutionen: (i) Entwicklung der Dampfmaschine, Spinnrad und Eisenbahn zwischen 1750 und 1830; (ii) Elektrizität, Verbrennungsmotor und fließendes Wasser und Toiletten zwischen 1870 und 1900 sowie (iii) Computer- und Internetrevolution. Er argumentiert, dass die beiden ersten industriellen Revolutionen rund 100 Jahre gebraucht hätten, um ihre vollen Effekte und Erträge in den verschiedenen Bereichen der Volkswirtschaft zu entfalten. Große Wachstumseffekte in den 1950-1970 Jahren seien noch durch die zweite industrielle Revolution und ihre Folgeinnovationen wie Klimaanlage, Haushaltsgeräte oder das Interstate-Highway-System erzielt worden. Nach 1970 hätte sich das Produktivitätswachstum dagegen abgeschwächt, weil die wesentlichen technologischen Möglichkeiten der zweiten industriellen Revolution ausgereizt gewesen seien. Die Computer- und Internetrevolution setzte um 1960 ein und erreichte Gordon zufolge ihren Höhepunkt bereits um die Jahrtausendwende, d.h. mit 40 Jahren deutlich früher als die ersten beiden industriellen Revolutionen. Der Einsatz von Computer hätte in vielen Bereichen zu einer Substitution der Arbeitskräfte und einer Erhöhung der Arbeitsproduktivität geführt. Diese Substitution sei jedoch weitgehend abgeschlossen und die technologische Weiterentwicklung konzentriere sich vor allem auf Kommunikations- und Entertainment-Geräte, von denen keine auch nur annähernd so großen Wachstumseffekte und Effekte auf den Lebensstandard zu erwarten seien wie z.B. von der Entwicklung des elektrischen Lichts oder des Automobils. Insgesamt seien die technologischen Möglichkeiten für Folgeinnovationen auf Basis der Computer- und Internetrevolution deutlich geringer als für die der ersten und zweiten industriellen Revolution.

Abb. 3-5: Wachstum des realen Bruttoinlandsprodukts pro Kopf, 1300-2010



Quelle: Gordon (2012).

Gordons Interpretation der unterschiedlichen Wachstumsphasen allein auf Basis der drei großen technologischen Revolutionen und ihrer Folgeinnovationen ist jedoch rein deskriptiv und dürfte an manchen Stellen auch zu kurz greifen, um Unterschiede im Wachstum zu erklären.

3.1.2.2 Entwicklung der Ideen-TFP

Bloom et al. (2017) greifen das Argument von Gordon (2012) auf und unterlegen es mit Evidenz auf der Makro-, Branchen- und Firmenebene.

Das Herzstück der Arbeit von Bloom et al. (2017) ist die sogenannte *Ideen-TFP* (Idea TFP). Sie misst die Forschungsproduktivität und ist definiert als das *Verhältnis von der Anzahl neuer Ideen durch die Anzahl von Forschern*. In Anlehnung an sogenannte Qualitätsleiter-Modelle modellieren sie die *Anzahl der Ideen als proportionale Verbesserungen der Produktivität*. Daher kann man die Ideen-TFP auch schreiben als:

$$\text{Ideen-TFP:} = \frac{\text{Anzahl Ideen}}{\text{Anzahl Forscher}} = \frac{\dot{A}_t/A_t}{S_t} = \frac{\text{TFP-Wachstumsrate}}{S_t} \quad (1)$$

D.h. die Ideen-TFP ist das Verhältnis der TFP-Wachstumsrate zum Forschungsinput (z.B. Anzahl Forscher oder Forschungsausgaben).

Sie unterscheidet sich damit vom Konzept der Ertragsrate von FuE und der Outputelastizität, die im folgenden Unterabschnitt 3.1.2.3.1 näher definiert und untersucht werden. Während die Outputelastizität definiert ist als

$$\gamma: = \frac{\partial Q/Q}{\partial K/K} = \frac{\text{relative Veränderung des Outputs}}{\text{relative Veränderung des FuE-Kapitals}} \sim \frac{\text{Wachstumsrate des Outputs}}{\text{Wachstumsrate des FuE-Kapitals}}$$

ist die Ertragsrate definiert als

$$\rho: = \frac{\partial Q}{\partial K} = \frac{\text{absolute Veränderung des Outputs}}{\text{absolute Veränderung des FuE-Kapitals}},$$

wobei Q den Output und K den Wissenskapitalstock misst. Unter der stark vereinfachenden Annahme, dass es keine Abschreibungen auf das Wissenskapital gibt¹¹, misst ΔK den Forschungsinput eines Jahres, d.h. die FuE-Ausgaben R oder wie in Bloom et al. die Anzahl der Forscher S . D.h. die Ideen-TFP kann man letztlich auch verstehen als

$$\text{Ideen-TFP} := \frac{\text{relative Veränderung der TFP}}{\text{absolute Veränderung des FuE-Kapitals}}.$$

Dabei ist zu berücksichtigen, dass es einen Unterschied zwischen der Wachstumsrate von Output (Produktion) und von TFP gibt. So ist es möglich, dass die TFP sinkt, aber die Ausgaben an Forschung nicht und deshalb sinkt die Ideen-TFP, aber es ist nicht sicher, dass die Produktion ebenso stark sinkt wie die TFP. Es ist außerdem möglich, dass die Ideen-TFP nicht auf Grund von fallender Produktivität von FuE oder einer geringeren Höhe an FuE sinkt, sondern weil die traditionellen Inputfaktoren Arbeit und Kapital und deren Qualität besser gemessen werden.

Bloom et al. (2017) untersuchen die Entwicklung der Ideen-TFP sowohl auf der Industrie-, Mikro- als auch Makroebene. Auf Industrieebene fokussieren sie sich auf drei Fallbeispiele. Das erste Beispiel kommt aus der Halbleiterindustrie und bezieht sich auf Moore's Law. Moore sagte 1975 als eine Art Gesetzmäßigkeit eine Verdopplung der Transistoren auf einer Flächeneinheit eines Speicherchips alle zwei Jahre voraus. Dies entspricht einer exponentiellen Wachstumsrate von 35% pro Jahr. Bloom et al. zeigen, dass diese Gesetzmäßigkeit zwar immer noch zu beobachten ist, allerdings nur auf Grund eines extrem gestiegenen Forschungsinputs. Ihre Schätzungen ergeben, dass heute 78-mal so viele Forscher notwendig sind, um diese Verdopplung zu erreichen wie zu Beginn der 70er Jahre. Die Forschungseffizienz (Ideen-TFP) hat demnach in der Halbleiterindustrie seit 1971

¹¹ Hall und al. (2010) zeigen, dass diese Annahme zu einen Unterschied in der Schätzung der Rendite von FuE führt.

ebenfalls um den Faktor 78 abgenommen. Dies entspricht einer Reduktion der Ideen-TFP um durchschnittlich 10% pro Jahr. Kritisch in diesem Zusammenhang ist die Messung des Forschungsinputs. Selbst unter konservativen Annahmen schätzen sie einen Rückgang der Ideen-TFP um den Faktor 25.

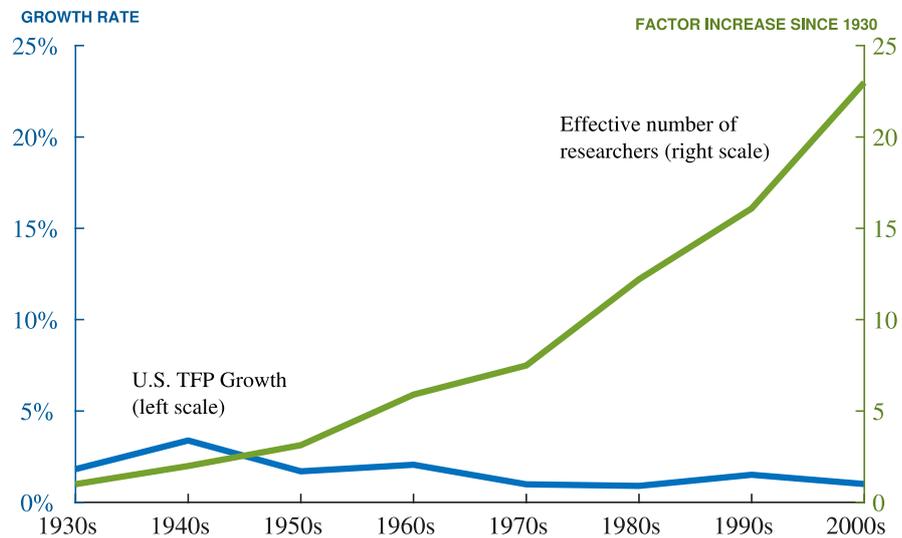
Das zweite Beispiel bezieht sich auf die Landwirtschaft und den Anbau von Mais, Sojabohnen, Baumwolle und Weizen. Auch in diesem Sektor dokumentieren sie mit ihrer Definition der Ideen-TFP einen Rückgang der Forschungseffizienz um rund 5% pro Jahr. Einen ähnlichen Rückgang finden Bloom et al. (2017) in ihrem dritten Fallbeispiel. Dort untersuchen sie die Verbesserungen in der Überlebenswahrscheinlichkeit bei Krebs und Herzerkrankungen. Die Ideen-TFP ist in diesem Beispiel definiert als Verhältnis der zusätzlichen Lebensjahre für Menschen im Alter von 55-64 zu der Anzahl der Publikationen im Bereich Krebsforschung bzw. Herzforschung.

Ein Problem der Fallbeispiele könnte darin liegen, dass sie nicht repräsentativ für die Wirtschaft insgesamt sind. Bloom et al. untersuchen daher auch auf Basis von US-Compustat Firmendaten die Entwicklung der Ideen-TFP. Ihr Datensatz umfasst 15.128 gelistete Unternehmen, die im Zeitraum 1980-2015 (ohne 2008 und 2009) FuE-Aktivitäten durchgeführt haben und in mindestens zwei Dekaden im Datensatz beobachtet werden. Unverständlich bleibt, warum sie als Outputmaß zur Berechnung der Ideen-TFP nicht die Wachstumsrate des TFP nutzen¹², sondern die durchschnittliche Wachstumsrate der Umsätze, des Marktwerts, der Beschäftigung bzw. der Arbeitsproduktivität, wobei der Durchschnitt jeweils pro Dekade berechnet wird. Als Forschungsinput nutzen sie die FuE-Ausgaben der Unternehmen. Im Durchschnitt über alle Firmen und verschiedene Outputmaße zur Berechnung der Ideen-TFP sinkt die Forschungseffizienz um ca. 9% pro Jahr. Dieser Wert ist mit ca. 12% am höchsten für das Umsatzwachstum und mit 4,2-7,9% am geringsten für die Arbeitsproduktivität. Insgesamt bedeutet dies, dass die Ideen-TFP um den Faktor 2,5 pro Dekade sinkt. Dabei zeigt sich eine große Heterogenität zwischen den Unternehmen. Allerdings ist weit mehr als die Hälfte der Unternehmen (84%) mit fallenden Forschungsproduktivitäten konfrontiert (Basis: Umsätze, Unternehmen, die in mindestens drei Dekaden beobachtet werden). Gut 12% der Unternehmen weisen eine steigende Ideen-TFP auf und rund 4% eine konstante Ideen-TFP (jährliches Wachstum kleiner als 1%).

¹² Der Gebrauch von TFP wäre konsistent mit der Definition der Ideen-TFP. Die Verwendung des Umsatzes (als Proxy für die Produktion) entspricht eher der traditionellen Messung des Grenzertrages von FuE.

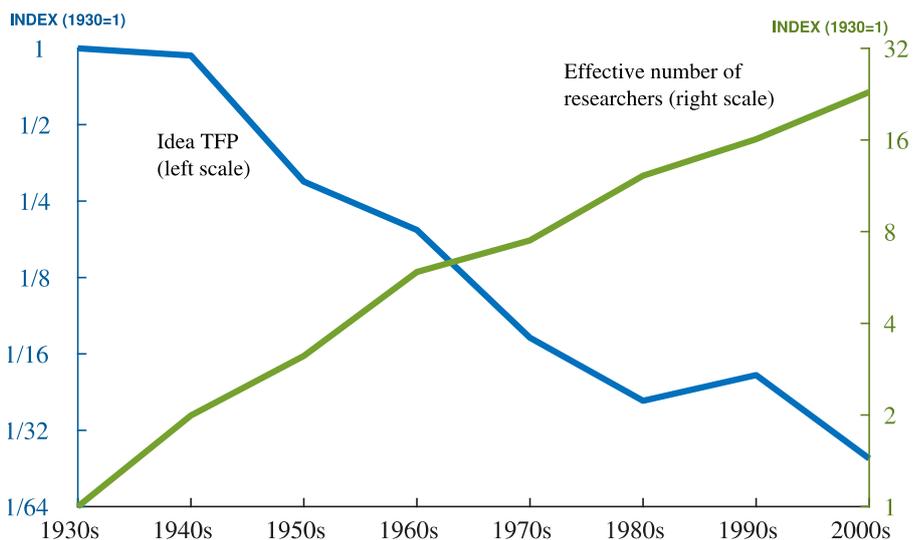
Ein weiterer Kritikpunkt an der Argumentation von Gordon und Bloom et al. (2017) könnte darin begründet liegen, dass sie primär auf die zeitliche Entwicklung der Forschungsproduktivität innerhalb einer Technologie bzw. einer Produktlinie abstellen. Forschung ist jedoch notwendig, um überhaupt erst völlig neue Technologien zu erfinden und damit technologische Entwicklungen anzustoßen. D.h. selbst wenn für eine Technologie eine sinkende Forschungsproduktivität beobachtet wird, könnte dies kompensiert werden durch die Entwicklung völlig neuer besserer Technologien. Bloom et al. (2017) schließen aus, dass dies in der Vergangenheit in den USA zu beobachten gewesen ist, da selbst auf aggregierter Ebene die Forschungsproduktivität gemessen als Ideen-TFP seit 1930 um ca. 5% pro Jahr gefallen ist. Abb. 3-6 zeigt, dass das TFP-Wachstum zumindest seit den 50er Jahren vergleichsweise stabil bis leicht fallend gewesen ist, während die effektive Anzahl der Forscher um mehr als das 23-fache zugenommen hat, was einer jährlichen Wachstumsrate von 4,3% entspräche. Dies impliziert nach Bloom et al. (2017) einen Rückgang der Forscherproduktivität um den Faktor 41 seit 1930 bzw. von jährlich 5,1% wie Abb. 3-7 zeigt.

Abb. 3-6: Entwicklung des TFP-Wachstums und der Anzahl der Forscher, US, 1930-2000



Anmerkungen: TFP-Wachstum gemessen als BLS Private Business Sector Multifactor Productivity. Effektive Anzahl Forscher berechnet als heimische Bruttoinvestitionen in IP Produkte (Quelle: National Income and Product Accounts), deflationiert mit dem Nominallohn für hochqualifizierte Beschäftigte.
Quelle: Bloom et al. (2017).

Abb. 3-7: Entwicklung der Forschungsproduktivität (Ideen-TFP), US, 1930-2000



Quelle: Bloom et al. (2017).

Die Arbeit von Bloom et al. (2017) zeigt einen dramatischen Rückgang der Forschungsproduktivität über große Teile der Unternehmen und Industrien sowie auf aggregierter Ebene um gut 10% pro Jahr. Dass in den USA trotz allem ein vergleichsweise stabiles Wachstum zu beobachten gewesen ist, führen sie auf ein starkes Wachstum der Forschungsaktivitäten zurück, die die fallende Forschungseffizienz kompensieren konnte.

Ein Kritikpunkt ihrer Studie liegt in der Messung des Forschungsinput, insbesondere der effektiven Anzahl von Forschern in den Jahren vor 1960, als es noch keine einheitliche Definition von FuE-Aktivitäten gab. Unklar bleibt, welche Forscher dort einbezogen wurden, insbesondere auch ob Forscher an Hochschulen eingerechnet wurden, deren Output schwer zu erfassen ist. Selbst in späteren Jahren scheint ihr Maß die FuE-Aktivitäten zu überschätzen, wenn man es z.B. mit der Entwicklung der FuE-Ausgaben vergleicht. So sind die FuE-Ausgaben im Wirtschaftssektor (BERD; in konstanten 2010 Preisen) zwischen 1981 und 2015 nur um den Faktor 3,15 gestiegen und die gesamten FuE-Ausgaben (GERD; in konstanten 2010 Preisen) im gleichen Zeitraum nur um den Faktor 3,05. Allerdings würde auch unter Verwendung der FuE-Ausgaben die Ideen-TFP sinken, wenngleich nicht in so starkem Ausmaße. D.h. die Messung des Forschungsinput allein ist nicht für die fallende Forschungsproduktivität verantwortlich.

Ein weiteres Problem dieses Ansatzes besteht darin, dass das TFP-Wachstum allein in Beziehung zum Forschungsinput gesetzt wird. Andere Größen, die ebenfalls die Höhe des TFP-Wachstums beeinflussen können, wie andere immaterielle Vermögensgegenstände, Spillovers, zunehmende Fehlallokation von Ressourcen, Alter und Qualität des eingesetzten Sachkapitalbestands, etc., werden nicht berücksichtigt und es wird nicht für ihren Einfluss kontrolliert. Die Ansätze zur Schätzung der Ertragsrate von FuE (siehe Unterabschnitt 3.1.2.3) erlauben entweder explizit für diese Einflüsse zu kontrollieren oder nehmen sie zumindest im Störterm mit auf. Ferner findet die Wissensakkumulation oder Abschreibung von Wissen in diesem Ansatz keine Berücksichtigung.

3.1.2.3 Entwicklung der Erträge von FuE und Innovationen im Zeitverlauf

Traditionell werden die Erträge aus FuE-Tätigkeit in Form des Produktivitätszuwachses gemessen (Griliches 1979).¹³ Da fast alle der empirischen Studien diesen Ansatz wählen,

¹³ In der Literatur gibt es alternativ zum Produktionsfunktionsansatz noch den Ansatz, die Erträge über Kosteneinsparungen (Bernstein 1988, 1997, 1998), Gewinne (Jaffe 1986, Czarnitzki und Kraft 2008, Peters et al. 2017) oder den Marktwert als Summe der abdiskontierten Gewinne (Jaffe 1986, Hall 1993)

wird er in Abschnitt 3.1.2.3.1 exemplarisch erläutert. Der Abschnitt 3.1.2.3.2 geht auf Unterschiede in der empirischen Implementierung ein. Die Abschnitte 3.1.2.3.3 und 3.1.2.3.4 präsentieren schließlich empirische Evidenz zur Frage der Entwicklung der Erträge von FuE im Zeitverlauf.

3.1.2.3.1 Modellansatz zur Schätzung privater Ertragsraten von FuE

Die Produktionsfunktion beschreibt den Zusammenhang zwischen der (maximalen) Produktionsmenge (Output) S , die ein Unternehmen i im Zeitpunkt t produzieren kann in Abhängigkeit vom Arbeitseinsatz L , von der Höhe des eingesetzten physischen Kapitals C , vom Materialeinsatz M und von dem zur Verfügung stehenden internen Wissenskapitalstock K . K wird üblicherweise mittels der Kumulationsmethode (*Perpetual-Inventory-Methode*) berechnet, d.h. der Wissenskapitalstock der Vorperiode wird um Abschreibungen bereinigt und um die laufenden FuE-Aufwendungen erhöht (Hall und Mairesse 1995). Einige, aber nicht alle, Studien untersuchen auch den Einfluss der FuE-Tätigkeit anderer Unternehmen auf die Produktivität des Unternehmens i mittels des externen Wissenskapitalstocks (Spilloverpool) W . W wird typischerweise durch die Aufsummierung der Wissenskapitalstöcke aller anderen Unternehmen (bzw. Branchen/Länder) ermittelt. Komplexere Methoden gewichten die externen Wissenskapitalstöcke z.B. nach der technologischen Nähe zwischen Unternehmen (Jaffe 1986). Als funktionale Form unterstellen die meisten Studien eine Cobb-Douglas-Produktionsfunktion¹⁴

$$S_{it} = A_i e^{\lambda t} C_{it}^{\alpha} L_{it}^{\beta} M_{it}^{\kappa} K_{it}^{\gamma} W_{it}^{\theta} e^{u_{it}} \quad (1)$$

λ ist der exogene technische Fortschritt. A bezeichnet einen Skalierungsparameter, der den systematischen Einfluss anderer Faktoren auf die Produktivität abbildet. Unsystematische Produktivitätsschocks werden durch den Störterm u abgebildet. Während die Datensätze Informationen über S , t , C , L , M , K und W liefern, sind A , λ , α , β , κ , γ und θ unbekannte Parameter, die mittels der Daten geschätzt werden. Bei den Parametern α , β , κ , γ und θ handelt es sich jeweils um sogenannte Outputelastizitäten. So misst γ den prozentualen Zuwachs der Produktion eines Unternehmens, wenn der eigene Wissenskapitalstock um 1 Prozent zunimmt (bei Konstanz aller anderen Produktionsfaktoren). γ

zu messen. Auf eine detaillierte Darstellung dieser Ansätze wird hier verzichtet, da der Produktivitätsfunktionsansatz in der Literatur dominiert und es in der Studie primär um Produktivitätseffekte geht.

¹⁴ Mehrere empirische Studien kommen zu dem Ergebnis, dass die Ergebnisse relativ robust sind gegenüber der verwendeten Funktionsform.

wird auch als *private Outputelastizität* bezeichnet. Analog ist θ die soziale Outputelastizität, die angibt um wie viel Prozent der Output eines Unternehmens steigt, wenn sich der externe Wissenskapitalstock um 1 Prozent erhöht.

Üblicherweise wird die Gleichung für die Schätzung logarithmiert:

$$s_{it} = a_i + \lambda t + \alpha c_{it} + \beta l_{it} + \kappa m_{it} + \gamma k_{it} + \theta w_{it} + u_{it}. \quad (2)$$

Kleine Buchstaben geben dabei logarithmierte Größen an. Häufig wird zusätzlich die Annahme konstanter Skalenerträge gemacht und die Produktionsfunktion als Pro-Kopf-Produktionsfunktion geschrieben:

$$s_{it} - l_{it} = a_i + \lambda t + \alpha(c_{it} - l_{it}) + \kappa(m_{it} - l_{it}) + \gamma k_{it} + \theta w_{it} + (\mu - 1)l_{it} + u_{it}. \quad (3)$$

In dieser Variante steht links die (logarithmierte) Arbeitsproduktivität und als erklärende Größen werden neben den Zeitdummies der physische Kapitalstock pro Beschäftigten, der Materialeinsatz pro Beschäftigten und die jeweiligen internen und externen Kapitalstöcke herangezogen. Der Parameter μ ist definiert als die Summe der Outputelastizitäten von Arbeit, Kapital und Material, d.h. $\mu = \alpha + \beta + \kappa$, und sollte unter der Annahme konstanter Skalenerträge gleich 1 sein.¹⁵

Neben den in (2) und (3) vorliegenden Formen, die jeweils das Niveau der Produktionsmenge bzw. der Arbeitsproduktivität erklären, werden alternativ beide Gleichungen auch in Wachstumsraten modelliert und geschätzt:

$$\Delta s_{it} = a_i + \lambda \Delta t + \alpha \Delta c_{it} + \kappa \Delta m_{it} + \gamma \Delta k_{it} + \theta \Delta w_{it} + \Delta u_{it} \quad (4)$$

$$\Delta(s_{it} - l_{it}) = a_i + \lambda \Delta t + \alpha \Delta(c_{it} - l_{it}) + \kappa \Delta(m_{it} - l_{it}) + \gamma \Delta k_{it} + \theta \Delta w_{it} + (\mu - 1) \Delta l_{it} + \Delta u_{it} \quad (5)$$

Den Gleichungen (2) bis (5) ist gemein, dass sie eine konstante Outputelastizität schätzen. Auf Basis der geschätzten privaten bzw. sozialen Outputelastizitäten können die private Ertragsrate ρ_{it} bzw. die soziale Zusatzertragsrate π_{it} der FuE-Tätigkeit berechnet werden:

¹⁵ Ob die Annahme konstanter Skalenerträge zutreffend ist, kann man testen, indem die Anzahl der Beschäftigten noch einmal separat in die Gleichung aufnimmt und testet, ob der Koeffizient μ signifikant von Null verschieden ist

$$\rho_{it} = \gamma \frac{S_{it}}{K_{it}} \quad \text{bzw.} \quad \pi_{it} = \theta \frac{S_{it}}{W_{it}} \quad (7)$$

Die private Ertragsrate des FuE-Kapitals ρ_{it} , die man auch als privaten Grenzertrag des FuE-Kapitals oder als rate of return bezeichnet, misst die Veränderung der Produktion (in Euro), die ein Unternehmen erzielt, wenn durch eigene FuE-Tätigkeit der interne Wissenskapitalstock um einen Euro zunimmt. Die **soziale Zusatzertragsrate des FuE-Kapitals** π_{it} lässt sich interpretieren als der absolute Produktivitätseffekt, den das Unternehmen i im Zeitpunkt t daraus erzielt, dass andere Unternehmen einen zusätzlichen Euro für FuE ausgeben.

Alternativ zu der in (7) beschriebenen indirekten Methode zur Schätzung der privaten und sozialen Erträge von FuE, können die Ertragsraten auch direkt geschätzt werden. Dazu setzt man (7) in (4) ein, vernachlässigt die Abschreibungen auf die Wissenskapitalstöcke und nimmt zusätzlich an, dass die privaten und sozialen Ertragsraten konstant über alle Unternehmen und im Zeitablauf sind. Dies ergibt Gleichung (8), in der R die eigenen Ausgaben für FuE darstellen und E die FuE-Ausgaben der anderen Unternehmen:

$$\Delta s_{it} = a_i + \lambda \Delta t + \alpha \Delta c_{it} + \beta \Delta l_{it} + \kappa \Delta m_{it} + \rho \frac{R_{it}}{S_{it}} + \pi \frac{E_{it}}{S_{it}} + \Delta u_{it} \quad (8)$$

Die geschätzten Koeffizienten $\hat{\rho}$ und $\hat{\pi}$ lassen sich direkt als private Ertragsrate bzw. als soziale Zusatzertragsrate interpretieren. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass keine Wissenskapitalstöcke berechnet werden müssen. Sie sind allerdings nicht unmittelbar mit den indirekt berechneten Ertragsraten vergleichbar, da es im Gegensatz zu den indirekten Ansätzen hier annahmegemäß keine Abschreibungen auf die beiden Wissenskapitalstöcke gibt. Man bezeichnet die so ermittelten Ertragsraten daher auch als Bruttoertragsraten.

Der **Beitrag eigener FuE zum Produktivitätswachstum** kann dann gemessen werden als **Produkt der privaten Ertragsrate und des FuE-Kapitalstocks**: γk . Eine Verlangsamung des Produktivitätswachstums würden wir daher dann beobachten, wenn die Ertragsrate aus FuE je eingesetztem Euro zurückgeht und/oder wenn die Aufwendungen für Forschung und Innovation sinken.¹⁶ Eine sinkende Ertragsrate aus FuE wird auch als geringere Forschungsproduktivität bezeichnet.

¹⁶ Theoretisch sinkt der Wachstumsbeitrag von FuE zur Produktivität auch dann, wenn neues Wissen schneller obsolet wird und die Abschreibungsrate auf das Wissenskapital zunimmt. Allerdings gibt es kaum empirische Evidenz über die Höhe der Abschreibungsrate und deren zeitlichen Entwicklung (Hall

Crèpon et al. (1998) haben diesen traditionellen Ansatz von Griliches (1979) erweitert. Ziel war es (i) die Selektion FuE-tätiger Unternehmen zu adressieren, da die Stichprobe FuE-tätiger Unternehmen kein zufälliges Sample aller Unternehmen ist, (ii) die Endogenität der FuE-Ausgaben zu adressieren und (iii) zwischen Innovationsinput und Innovationsoutput zu unterscheiden. Ihr Modell, auch CDM-Modell genannt, ist ein dreistufiges Modell. Die erste Stufe beschreibt die Wahrscheinlichkeit eines Unternehmens in FuE/Innovationen zu investieren und die Höhe der FuE-/Innovationsausgaben. Die zweite Stufe modelliert den Zusammenhang zwischen Innovationsinput (FuE-/Innovationsausgaben) und Innovationsoutput (Produkt-, Prozess-, Organisations- und Marketinginnovationen). Die dritte Stufe beschreibt den Zusammenhang zwischen Innovationsoutput und Produktivität. Im Sinne des CDM-Modells kann eine geringere Forschungsproduktivität entweder Folge einer geringeren Innovationseffizienz sein, d.h. wenn die Wahrscheinlichkeit für eine Innovation mit jedem eingesetzten Euro für FuE-/Innovationsausgaben sinkt, oder mit der Innovation geringere Produktivitätseffekte verbunden sind.

3.1.2.3.2 Empirische Implementierung

Es gibt zahlreiche Studien, die sich mit der Messung der Erträge speziell aus FuE-Aktivitäten beschäftigen. Diese Studien unterscheiden sich stark hinsichtlich der folgenden Kriterien:

- Aggregationsniveau, d.h. Studien auf Unternehmens-, Industrie- und Länderebene.
- Ökonometrischer Ansatz, d.h. primaler Ansatz (Produktionsfunktion) oder dualer Ansatz (Kostenfunktion).
- Daten, d.h. es gibt Studien auf Länder, Industrien bzw. Unternehmensebene.
- Zeiträume.
- Spezifikation des ökonometrischen Modells. Im Hinblick auf die Modellspezifikation ist eine Reihe von Unterschieden in den Studien zu beobachten. Studien variieren z.B. dahingehend, ob sie kurzfristige oder langfristige Veränderungen der Produktivität messen oder ob Variationen gemessen werden allein über die Zeit (temporal variation), nur zwischen Unternehmen/Industrien/Ländern (between variation), innerhalb von Unternehmen/Industrien/Ländern über

1993, 2016). In den meisten Studien wird die Abschreibungsrate als konstant angesehen, z.B. bei 15% (siehe Bernstein 1988, Hall und Mairesse 1995).

die Zeit (within variation) oder die Variation zwischen Unternehmen/Industrien/Ländern über die Zeit (total variation). In Bezug auf die Modellspezifikation ist ebenfalls von Bedeutung, ob ein dynamisches Modell (Aufnahme zeitverzögerter Produktivität als zusätzliche Erklärungsgröße) geschätzt wird oder nicht, welche zeitliche Verzögerung (Lagstruktur) für den FuE-Kapitalstock bzw. die FuE-Intensität gewählt wird und ob andere Determinanten der Produktivität wie externes FuE-Kapital (Spillovers), Humankapital oder Investitionen in IKT berücksichtigt werden. Sofern diese Bestimmungsgrößen mit dem eingesetzten FuE-Kapital korrelieren, aber nicht in der Schätzung berücksichtigt werden, werden die geschätzten Ertragsraten oder Outputelastizitäten von FuE verzerrt geschätzt. Die Studien unterscheiden sich ferner dahingehend, ob sie eine konstante Ertragsrate von FuE oder eine konstante Outputelastizität unterstellen, da jeweils nur eine Größe konstant gehalten werden kann und die andere dann mit der FuE-Intensität variiert.

- Variablendefinition und –messung. Studien variieren z.B. im Hinblick auf die Messung der Produktivität (Arbeitsproduktivität als Umsatz pro Beschäftigten, Arbeitsproduktivität als Wertschöpfung pro Beschäftigten, Totale Faktorproduktivität) oder des FuE-Kapitalstocks (FuE-Kapitalstock oder FuE-Intensität, Annahme über Abschreibungssatz, Bereinigung oder nicht der Doppelzählung von FuE-Beschäftigten als Teil des Arbeitseinsatzes und als Teil der FuE-Ausgaben).
- Ökonometrischen Schätzmethoden.

All diese Unterschiede erschweren einen Vergleich der Ergebnisse der Studien. Zur Beantwortung der Frage, ob die Erträge aus FuE im Zeitverlauf geringer werden, hätte man idealerweise Studien, deren Daten einen langen Zeitraum abdecken und die auf Basis des gleichen Modellansatzes auf strukturelle Unterschiede in den Ertragsraten von FuE im Zeitverlauf testen. Von dieser Art von Studien lassen sich in der Literatur jedoch nur wenige finden. Der folgende Unterabschnitt 3.1.2.3.3 präsentiert daher zunächst einen systematischen Vergleich der Ergebnisse von Studien, deren Daten aus verschiedenen Dekaden stammen. Der Unterabschnitt 3.1.2.3.4 fokussiert dann speziell nochmals auf Studien, die dem Idealtyp entsprechen und die die Ertragsraten von FuE zumindest über einen etwas längeren Zeitraum, in der Regel 10 bis 15 Jahre, vergleichen.

3.1.2.3.3 Systematischer Vergleich der Studienergebnisse bezüglich der Erträge von FuE über die Zeit

Tab. 7-1 im Appendix enthält eine systematische Übersicht über Studien, die private und soziale Ertragsraten von FuE sowie private und soziale Outputelastizitäten auf Firmenebene geschätzt haben. Auf Basis des verwendeten Zeitraums der Daten wurden die Studien verschiedenen Dekaden (50er, 60er, 70er, 80er, 90er, 2000er) zugeordnet. Falls der Zeitraum eine Überlappung von Dekaden beinhaltetete, wurde wenn möglich die Dekade gewählt, die die größte Überlappung aufwies. War der Zeitraum gleichmäßig auf zwei oder mehrere Dekaden verteilt, wurde die Studie Dekaden-übergreifend erfasst. Studien der letzteren Kategorie befinden sich am Ende der Tabelle. Bei der Interpretation der Ergebnisse sollte berücksichtigt werden, dass die große Mehrheit der Studien Daten aus den 70er, 80er und 90er Jahren verwendet. Auf Unternehmensebene sind nur wenige hochrangig veröffentlichte Studien für den Zeitraum vor 1960 und bislang auch nach 2000 bzw. 2010 verfügbar.

Vergleicht man zunächst die Ergebnisse für die private Ertragsrate, dann weisen die beiden Studien von Minasian (1969) und Bardy (1974) für die 50er und 60er Jahre sehr hohe Ertragsraten auf. Mit Ertragsraten von 0,54 bzw. 0,92 liegen sie eindeutig am oberen Rand der Schätzungen. Dabei sollte zusätzlich berücksichtigt werden, dass beide Studien sich nur auf die chemische Industrie in den USA bzw. in Deutschland beziehen.

Eine größere Branchenabdeckung liefern die meisten Studien der 70er Jahre; so verwenden Griliches und Mairesse (1984, 1990), Clark und Griliches (1984), Link (1981, 1983), Lichtenberg und Siegel (1991), Odagiri (1983), Bernstein (1988) und Nguyen-Kokkelenberg (1992) Unternehmensdaten aus dem verarbeitenden Gewerbe. Fast alle Studien und Ergebnisse für diese Dekade beziehen sich dabei auf die USA, einige wenige auf Japan (Odagiri 1983, Griliches und Mairesse 1990), Frankreich (Griliches und Mairesse 1983) und Kanada (Bernstein 1988). In den in der Tabelle aufgeführten Studien variiert die geschätzte private Ertragsrate aus FuE zwischen 0,05 (Link 1983) und 0,64 (Nguyen-Kokkelenberg (1992)). Klammert man diese beiden Extremwerte aus, dann bewegen sich die geschätzten *Ertragsraten* in einer deutlich kleineren Bandbreite von 0,12 bis 0,31, mit einem Mittelwert von 0,21 (mit Extremwerten: 0,23). Dies impliziert eine *durchschnittliche Rendite von etwa 21%* auf einen zusätzlich eingesetzten Euro für FuE in den 70er Jahren. Betrachtet man für denselben Zeitraum statt der privaten Ertragsrate die Outputelastizität von FuE, dann variieren die Schätzungen zwischen 0,06 und 0,20, mit einer *durchschnittlichen Outputelastizität von 0,12*. D.h. eine Ausweitung der FuE-Tätigkeit um 10% ist demnach mit einem jährlichen Produktivitätszuwachs von ca. 1,2% verbunden gewesen.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit denen aus den *80er Jahren*, dann gibt es Evidenz dafür, dass die *private Ertragsrate* aus FuE im Zeitverlauf *gesunken* ist. Die geschätzten Ertragsraten variieren zwischen 0,12 Niederlande (Bartelsman et al. 1996), 0,2 für Japan (Suzuki 1993) und 0,22 für Deutschland (Harhoff et al. 1998). *Im Mittel* bedeutet dies eine geschätzte *Rendite aus FuE von 18%* für einen zusätzlich eingesetzten Euro für FuE. Eine ähnliche Reduktion ist für die private Outputelastizität zu beobachten. Sie variiert in den Studien zwischen 0,04 für die USA und 0,09 für Frankreich (Hall und Mairesse 1996), 0,06 für die Niederlande (Bartelsman et al. 1996) und je nach Schätzung 0,05 bis 0,10 für Deutschland (Harhoff 1998, 2000). Die Studien von Harhoff (1998, 2000) zeigen darüber hinaus, dass die Outputelastizitäten größer sind für High-Tech-Unternehmen (0,12-0,16) als für Low-Tech-Unternehmen. *Im Mittel* lag die geschätzte *Outputelastizität* damit bei *rund 0,07* in den 80er Jahren.

Dieser *Trend der abnehmenden Erträge* aus FuE, der in den 80er Jahren beobachtet wurde, hat sich jedoch *in den 90er Jahren nicht fortgesetzt*. So finden Blanchard et al. (2004) für französische Unternehmen aus der Landwirtschaft, Industrie und dem Dienstleistungssektor eine Ertragsrate von rund 80% und Industrie und van Leeuwen und Klomp (2002) schätzen für niederländische innovative Unternehmen eine Rendite aus FuE von rund 54-64%. Selbst unter Ausschluss dieser beiden Extremwerte, weisen die anderen Studien mit einer *durchschnittlichen Ertragsrate von FuE von 22%* auf *ähnlich hohe Ertragsraten in den 90er Jahren wie in den 70er Jahren hin*. So finden Bond et al. (2003) für Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes in Deutschland eine Ertragsrate von 19% und für Großbritannien sogar von 38%. Ähnlich hoch wie in der Studie von Bond et al. (2003) liegt die Ertragsrate mit 27% in der Studie von Wakelin (2001) ebenfalls für britische Unternehmen. Auch Lokshin et al. (2008) schätzen eine private Ertragsrate aus interner FuE von 30%¹⁷ (für externe FuE ist sie mit 82% sogar deutlich höher) für niederländische Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes. Etwas geringere, aber immer noch vergleichsweise hohe Renditen aus FuE finden Tsai und Wang (2003) für börsennotierte Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes in Taiwan (25%) und Ejeremo für schwedische Industrieunternehmen (23%). Am unteren Ende der Bandbreite der geschätzten Ertragsraten bewegen sich mit 16% bzw. 15% die Ergebnisse von Kwon und Inui (2003) für japanische Industrieunternehmen und Cincera (1998) für multinationale Industrieunternehmen aus Belgien. Lediglich die Studie von Poldahl (2006) findet keine signifikanten Erträge aus FuE für mittlere und große schwedische Unternehmen (ab 50 Beschäftigte) in diesem Zeitraum.

¹⁷ Für externe FuE ist die Rendite mit 82% sogar deutlich höher in der Studie von Lokshin et al. (2008).

Die Studie von Doraszelski und Jaumandreu (2013) hebt sich dahingehend von den anderen Studien ab, als dass sie neuere ökonometrische Methoden in der Schätzung der Produktionsfunktion anwendet. Ein zentrales Problem der Schätzung von Produktionsfunktionen, welches zu verzerrten Schätzergebnissen führt, ist die Simultanität von Input- und Outputentscheidungen. Olley und Pakes (1996) haben hier entscheidende Fortschritte erzielt. Sie entwickelten ein Schätzverfahren für ein Modell, in dem der Output einer Firmen neben Arbeit und Kapital auch von der für den Forscher unbeobachteten Produktivität abhängt. Firmen dagegen wissen um diese Produktivität und werden ihre Inputentscheidungen danach ausrichten. Dies führt zu einer Simultanität von Input- und Outputentscheidungen. Um dennoch unverzerrte Schätzergebnisse zu erhalten, unterstellen sie für die Entwicklung der unbeobachteten Produktivität einen exogenen Markov-Prozess und verwenden einen Kontrollfunktionsansatz zur Schätzung. Doraszelski und Jaumandreu (2013) erweitern das Modell um einen endogenen Markov-Prozess. D.h. die Unternehmen können die Produktivität z.B. durch Investitionen in FuE beeinflussen. Sie schätzen ihr Modell endogener Produktivität separat für neun Branchen des verarbeitenden Gewerbes mit Daten von 1990 bis 1990 für Spanien und vergleichen darüber hinaus ihren Schätzansatz mit dem traditionellen Wissensproduktionsfunktionsansatz von Griliches. Ihr Vergleich zeigt, dass in dem Modell endogener Produktivität die durchschnittlich geschätzten Outputelastizitäten in allen 9 Industrien größer sind als im traditionellen Produktionsfunktionsansatz. Darauf aufbauend schätzen sie Netto-Ertragsraten von FuE, die zwischen 9,8% im Nahrungsmittelgewerbe und 66% in der Metallverarbeitenden Industrie variieren, wobei für die meisten Industrien die Rendite zwischen 30% und 44% liegt.

Im Hinblick auf die Entwicklung der Erträge aus FuE in den 90er Jahren gelangt man zu den gleichen Schlussfolgerungen, wenn man statt der Ertragsrate die geschätzten Outputelastizitäten vergleicht. Sie variieren von 0,04 in der Studie von Kwon und Inui (2003), über 0,05 in Tsai und Wang (2004), 0,07-0,08 in Bond et al. (2003), 0,08-0,11 in Blanchard et al. (2004), 0,12 in Cincera (1998) bis hin zu 0,20 in Tsai und Wand (2003). Die durchschnittliche Outputelastizität ist mit 0,11 ähnlich hoch wie in den 70er Jahren. Anders als in den 70er und 80er Jahren basieren diese Studien jedoch nicht allein auf US-Daten, sondern auf Ergebnisse mehrerer Länder. Dies erschwert naturgemäß einen zeitlichen Vergleich. Eine der wenigen Studien aus diesem Zeitraum, die auch US-Daten verwenden ist von Capron und Cincera (2001). Sie schätzen für die USA sogar eine Outputelastizität von 0,25, die damit deutlich höher liegt als für Japan (0,10) und Europa (0,15). Einschränkend sollte aber gesagt werden, dass ihr Sample nur große multinationale Unternehmen umfasst und daher nicht repräsentativ ist.

Während eine Reihe von Studien mit Daten für die 70er bis 90er Jahre existiert, gibt es vergleichsweise wenig aktuelle empirische Evidenz. Dies zeigt auch eine aktuelle Meta-

Analyse von Ugur et al. (2016). Sie haben in ihrer Meta-Analyse die Ergebnisse aus 65 Studien untersucht. Unter Berücksichtigung aller Schätzergebnisse dieser 65 Studien, umfasste ihr Sample 908 geschätzte Outputelastizitäten von FuE (773 auf Unternehmensebene und 135 auf Industrieebene) und 345 Ertragsraten von FuE (192 auf Unternehmensebene und 153 auf Industrieebene). Nur zwei der dort genannten Studien auf Unternehmensebene (Boler et al. 2012 und Ortega-Argiles et al. 2010) nutzen Daten von Anfang der 2000er Jahre und eine Studie auf Branchenebene nutzt Daten von 1980 bis 2005 (Eberhardt et al. 2013). Ortega-Argiles et al. (2010) finden mit 0,11 eine ähnlich hohe Outputelastizität wie Studien aus den 90er Jahren. Ihre Studie basiert allerdings auf einem Sample führender FuE-Unternehmen in Europa, so dass nicht ausgeschlossen werden kann, dass dies zu einer Überschätzung der Erträge aus FuE führt im Vergleich zur Population aller Unternehmen. Boler et al. (2012) wählen einen anderen Ansatz, der ähnlich zu dem Modell von Doraszelski und Jaumandreu (2013) ist. Sie entwickeln ein strukturelles Modell, um den Einfluss von Importen und FuE auf die Produktivität zu analysieren. Unter Verwendung von Daten für Norwegen für den Zeitraum von 1997 bis 2005, schätzen sie eine Elastizität von FuE auf den Output (Umsatz) von nur 0,02 (für Unternehmen, die FuE durchführen). Mit einer geschätzten Outputelastizität von 0,037 liegt die Studie von Eberhardt et al. (2013) auf Industrieebene zwischen diesen beiden Schätzungen. Darüber hinaus gibt es zwei aktuelle noch nicht publizierte Working Paper von Crass und Peters (2014) und Lucking et al. (2017). Crass und Peters (2014) nutzen Daten des Mannheimer Innovationspanels für den Zeitraum 2006-2010, um den Produktivitätseffekt von FuE und anderen intangiblen Inputfaktoren wie Ausgaben für Design, Marketing, Human- und Organisationskapital zu messen. Mit einer Outputelastizität von 0,06 ergibt sich ein ähnlich hoher Effekt von FuE auf das TFP-Wachstum wie z.B. in der Studie von Harhoff (1998) für Deutschland. Allerdings sinkt dieser Effekt auf rund 0,03 wenn man zusätzlich für andere intangible Inputfaktoren kontrolliert, was in den anderen Studien nicht gemacht wurde. Ziel der Studie von Lucking et al. (2017) ist es, die Studie von Bloom et al. (2013) zu replizieren und zu erweitern, in dem der Datenzeitraum um 15 Jahre erweitert wird von 1981-2000 auf 1981-2015. Unklar bleibt jedoch, warum die Studie trotz allem deutlich weniger Beobachtungen im Sample hat als die Ausgangsstudie (1774 im Vergleich zu 9936). Darüber hinaus enthält ihr Sample relativ mehr kleinere und mittlere Computat-Unternehmen als die Ausgangsstudie. In ihren Schätzungen variiert die Outputelastizität von FuE zwischen 0,033 (IV) und 0,053 (OLS). Damit ist sie leicht niedriger als in Bloom et al. (2013) mit 0,041 (IV) bis 0,061 (OLS). Auf Basis ihrer Schätzungen berechnen Lucking et al. (2017) die private Ertragsrate von FuE. Im Zeitraum 1980-2015 liegt sie mit 13,6% gut 7 Prozentpunkte unterhalb der Schätzungen von Bloom et al. (2013) für den Zeitraum 1980-2001. Leider nehmen Lucking et al. keine separaten Schätzungen für ver-

schiedene Zeiträume vor, so dass insgesamt eine Beurteilung schwer fällt, ob der Rückgang der Outputelastizität und der Ertragsrate von FuE auf Beobachtungen aus späteren Zeitpunkten zurückzuführen ist oder durch die geänderte Stichprobengröße und –zusammensetzung bedingt ist.

Kancs und Siliverstovs (2016) unterscheiden sich von den vorherigen Studien dahingehend, dass sie zeigen, dass der Effekt von FuE einen nicht-linearen Einfluss auf die TFP hat. Ebenfalls unter Verwendung der R&D Scoreboard-Daten der 1500 weltweit größten FuE-Unternehmen für das Jahr 2007, finden sie eine durchschnittliche Outputelastizität von 0,15. Diese erscheint zwar vergleichsweise hoch, ist aber nicht direkt mit den anderen Studien vergleichbar, weil die FuE-Intensität definiert ist Anteil der FuE-Investitionen an den gesamten Kapitalinvestitionen. Interessant ist allerdings das Ergebnis, dass mit einer geringen FuE-Intensität keine signifikanten Produktivitätseffekte verbunden sind. Erst wenn eine gewisse FuE-Intensität überschritten wird, zeigen sich positive Produktivitätseffekte. Die Grenzerträge einer weiteren Steigerung der FuE-Intensität nehmen jedoch ab. In diesem Sinne bestätigen ihre Ergebnisse, dass es mit zunehmenden FuE-Ausgaben schwieriger wird, neue Ideen zu finden und in Produktivitätsgewinnen umzusetzen.

Insgesamt ist festzuhalten, dass es vergleichsweise wenig aktuelle Studien zum Zusammenhang von FuE und Produktivität gibt. Dies erschwert eine Beurteilung der Rolle von FuE in der aktuellen Produktivitätsdiskussion. Insgesamt könnten die Studien aus den Jahren 2000-2015 auf einen leichten Rückgang der Effizienz von FuE hinweisen. Dabei sollte allerdings berücksichtigt werden, dass dieser Zeitraum die große weltweite Rezession als Folge der Finanzmarktkrise von 2008 beinhaltet. Beschäftigungsmaßnahmen wie Kurzarbeit, die in vielen Ländern eingeführt wurden, haben die Produktivität gemessen als Umsatz pro Beschäftigten verringert (Dachs et al. 2016). Da auf Grund von Datenrestriktionen die wenigsten Mikro-Studien Produktivität auf Basis der gearbeiteten Stunden messen können, der Effekt der Kurzarbeit aber nicht alle Firmen gleichermaßen betraf, dürften Zeitdummies diesen Effekt vermutlich nur unzureichend aufgefangen haben, so dass er sich auch auf die geschätzten Erträge aus FuE ausgewirkt haben dürfte. Geringere Erträge auf FuE sind in diesem Fall kein Ausdruck abnehmender technologischer Potentiale.

3.1.2.3.4 Studien mit vergleichbaren Schätzungen zur längerfristigen Entwicklung der Ertragsrate von FuE

Dieser Unterabschnitt fokussiert speziell auf Studien, die jeweils auf Basis eines gleichen Modellansatzes strukturelle Unterschiede in den Ertragsraten von FuE im Zeitverlauf untersuchen.

3.1.2.3.4.1 Empirische Evidenz für den Zeitraum 1950-1989

Griliches (1980) ist eine der ersten und zugleich wenigen Studien, die Evidenz dafür finden, dass die Erträge von FuE im Zeitverlauf gesunken sind. Griliches beschäftigt sich mit dem Produktivitäts-Slowdown in den USA im Zeitraum 1966-1977 und der Frage, inwiefern und inwieweit Investitionen in FuE dafür verantwortlich seien. Während die Arbeitsproduktivität sowohl im Zeitraum 1965-1973 (-0,6 Prozentpunkte im Vergleich zu 1960-1965) als auch 1973-1977 (-1,4 Prozentpunkte) zurückgegangen ist, ist das Bild für TFP weniger eindeutig. Mit dem Rückgang der Arbeitsproduktivität beobachtet er gleichzeitig einen starken Rückgang der FuE-Intensität (von 2,9 % in 1964 auf 2,3% in 1975) bzw. der Wachstumsrate des FuE-Kapitalstocks um 3 bis 6 Prozentpunkte (je nach Berechnungsmethode). Allerdings ist der Rückgang in den FuE-Ausgaben nur in geringem Maß für den Produktivitäts-Slowdown verantwortlich. Deutlich stärker wiegt in seiner Studie die gleichzeitig zu beobachtende abnehmende Ertragsrate von FuE. Seine Schätzungen auf Basis von Industriedaten (3-digit SIC) für das verarbeitende Gewerbe zeigen, dass die Outputelastizität von FuE in Bezug auf die Arbeitsproduktivität deutlich gesunken ist: von 0,07 für die Periode 1959-1968 auf 0,026 in der Periode 1969-1977, wobei der Effekt für den zweiten Zeitraum darüber hinaus nicht signifikant ist. Damit sinkt der Beitrag von FuE zum Produktivitätswachstum im Zeitraum 1973 bis 1977 auf fast null. Wäre das FuE-Kapital mit 6% gewachsen und hätte die Ertragsrate bei 0,07 gelegen, dann wäre das Produktivitätswachstum 0,42 Prozentpunkte höher ausgefallen im Zeitraum 1973-1977 und hätte damit zu gut einem Viertel des beobachteten Produktivitäts-Slowdowns beitragen. Sensitivitätsanalysen weisen ferner darauf hin, dass die Ursache für die sinkenden Erträge aus FuE in diesem Zeitraum nicht primär auf Datenprobleme (schlechte Qualität des Preisdeflators in manchen Industrien auf Grund der Ölpreiskrise, starke Schwankungen in der Kapazitätsauslastung) zurückzuführen sind. Griliches argumentiert jedoch, dass seine Ergebnisse vermutlich keinen langfristigen Trend für abnehmende Erträge aus FuE und sich erschöpfende Innovationspotentiale widerspiegeln. Vielmehr sei es wahrscheinlich, dass die Ölpreiskrise und die damit verbundenen großen Kapazitätsschwankungen und wachsende Unsicherheit über Preis- und Nachfrageentwicklung im Zeitraum 1973-1977 dazu geführt haben, dass Unternehmen weniger in FuE investiert haben.

Griliches und Mairesse (1984) untersuchen ebenfalls den Produktivitäts-Slowdown in den US, nutzen statt Branchendaten aber Unternehmensdaten für den Zeitraum 1966-1977. Ihre Studie zeigt mögliche Probleme, die vor allem im Rahmen von Fixed Effekts-Schätzungen auftreten und zu voreiligen Fehlinterpretationen führen können. Ein Split des Samples in die Zeiträume 1966-1971 und 1972-1977 führt zu einer starken Reduktion der Within-Variation in den Daten um etwa die Hälfte. Als Folge der geringen Variation in

den Daten liefern einfache FE-Schätzungen für die Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität keine sinnvollen Ergebnisse für den separaten Beitrag von physischem Kapital, FuE-Kapital und exogenem Produktivitätstrend. Restringiert man jedoch die Outputelastizität des physischen Kapitals und den Einfluss des exogenen Produktivitätstrends auf sinnvolle Parameterwerte, dann zeigen sich nur marginale Unterschiede in der geschätzten Outputelastizität für FuE für die Perioden 1966-1971 (0,09) und 1972-1977 (0,08).

Ebenfalls keine Evidenz für dauerhaft sinkende Erträge aus FuE finden Griliches und Lichtenberg (1984a,b). So nutzen Griliches und Lichtenberg (1984a) Daten für 193 Branchen des Verarbeitenden Gewerbes (4 digit, Census-Penn-SRI-Daten). Der Zeitraum umfasst die Jahre 1959 bis 1978, ist jedoch nur in vier 5-Jahres-Querschnitte unterteilt. Die abhängige Variable ist das Wachstum der durchschnittlichen TFP (gemittelt über einen 5-Jahreszeitraum) im Vergleich zur durchschnittlichen TFP des vorangegangenen 5-Jahreszeitraums. Eine Schwäche der Studie ist, dass die FuE-Intensität nur für das Jahr 1974 vorliegt und sie diesen Wert als durchschnittliche FuE-Intensität für den Zeitraum unterstellen. Sie finden für den Zeitraum 1964-1968 eine private Ertragsrate von FuE von 0,29 bzw. 29% je eingesetztem Euro für FuE. Diese Ertragsrate sinkt für den Zeitraum 1969-1973 kurzfristig auf 0,11 ab, steigt aber bereits für den Zeitraum 1974-1978 wieder auf 0,31 an. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass die Verlangsamung des TFP-Wachstums vor allem in der letzten Periode beobachtet wurde.

Die Studie von Odagiri (1985) liefert ebenfalls keine eindeutigen Hinweise für einen Rückgang der Effizienz von FuE im Zeitraum 1960 bis 1977. Auf Basis von Industriedaten für Japan untersucht Odagiri (1985) die Ertragsraten von FuE für die Perioden 1960-1966, 1966-1973 und 1973-1977. Während die ersten beiden Zeiträume Perioden markieren, in denen Japan ein ausgesprochen starkes (zweistelliges) Wachstum des realen BIP, der Industrieproduktion und der Arbeitsproduktivität erlebte, ist der dritte Zeitraum durch die Ölpreiskrise und ein damit verbundenes vergleichsweise schwaches Wachstum des realen BIP von ca. 3%, der Arbeitsproduktivität von 2,5% und einer negativen Wachstumsrate der Industrieproduktion von 0,3% gekennzeichnet gewesen. Im Gegensatz zur Arbeitsproduktivität stieg die TFP-Wachstumsrate über alle drei Zeiträume. Sowohl für das Wachstum der Arbeitsproduktivität als auch der TFP finden sich für den ersten Zeitraum 1960-1966 keine signifikanten Effekte. Die Rendite steigt dagegen signifikant in der zweiten Periode 1966-1973 für beide Produktivitätsmaße. Während der Effekt von FuE auf das TFP-Wachstum in der letzten Periode signifikant bleibt, aber wieder auf das Niveau der ersten Periode zurückfällt, bleibt der Effekt von FuE auf die Arbeitsproduktivität auch im Abschwung nahezu unverändert. Vergleicht man den Beitrag von FuE zum TFP-Wachstum in Japan mit vergleichbaren Schätzungen in den USA, dann kommt Odagiri zu dem

Schluss, dass der Wachstumsbeitrag von FuE in Japan sogar leicht größer war als in den USA.

Im Gegensatz zu den meisten anderen bisher zitierten Studien – mit Ausnahme von Griliches (1980) – findet Sterlaccini (1989) Evidenz für einen Rückgang der Ertragsrate von FuE. Seiner Studie liegen Daten für das verarbeitende Gewerbe auf Branchenebene in Großbritannien für den Zeitraum 1954 bis 1984 zu Grunde. Als abhängige Variable definiert er die Wachstumsrate des TFP und als erklärende Größe die FuE-Intensität. Querschnittsanalysen für die separaten Zeiträume 1954-1973, 1973-1979 und 1979-1984 zeigen einen Rückgang der Rendite von FuE von 19% im Zeitraum 1954-1973, auf 14% zwischen 1973-1979 und weiter auf 11% im Zeitraum 1979-1984.

Zumindest für die USA bestätigt Hall (1993) allerdings die bereits im vorangegangenen Unterabschnitt 3.1.2.3.3 gemachte Feststellung, dass die Ertragsraten in den USA Ende der 70er Jahre und in der ersten Hälfte der 80er Jahren zwar gefallen sind, aber danach wieder zugenommen haben. Sie schätzt auf Basis von US-Firmendaten den Effekt des FuE-Kapitals sowohl auf 1- als auch auf 4-Jahreswachstumsraten der TFP für den Zeitraum 1964-1990 sowie getrennt für 4 Subperioden. Ihre Ergebnisse zeigen für den Zeitraum 1964-1970 eine Outputelastizität von 0,1 für die 4-Jahreswachstumsrate der TFP, die allerdings auf 0,01 (und nicht signifikant) im Zeitraum 1971-1985 fällt. Im Zeitraum 1986-1990 steigt die Outputelastizität wieder auf einen Wert von 0,05. Interessanterweise finden Griliches (1989), Caballero und Jaffe (1993) und Kortum (1993) ebenfalls bis 1985 für die USA fallende Erträge aus FuE in Bezug auf Patente (gemessen als Patente pro eingesetzten Dollar FuE), die ab 1986 jedoch wieder zunehmen. Bresson et al. (2011) nutzen die Daten von Hall (1993) für den Zeitraum 1976 bis 1990, allerdings unter Verwendung eines alternativen Schätzansatzes (hierarchischen Bayes-Schätzer). Sie bestätigen den u-förmigen Verlauf der FuE-Erträge, allerdings zeigen ihre Schätzungen eine größere Amplitude der Schwingungen (1976-1980: 0,062, 1981-1985: 0,03, 1986-1990: 0,081).

Die Analysen von Hall (1993) zeigen ferner eine große Heterogenität zwischen den Branchen. Während z.B. in der Pharmazeutischen Industrie und Computer-Industrie die Erträge aus FuE wieder deutlich zunehmen (Outputelastizität von FuE von rund 0,1 in der Periode 1986-1990) und in der Chemie und im sonstigen verarbeitenden Gewerbe ein moderater Anstieg zu verzeichnen war mit rund 0,05, verharren die Erträge bis Ende der 80er Jahre auf niedrigem Niveau im Maschinenbau und die Elektroindustrie. Als Ursache für den Rückgang der Ertragsrate von FuE Ende der 70er und Anfang der 80er Jahren sieht Hall (1993) zwei Faktoren. Zum einen sind die Kapitalnutzungskosten von FuE Ende der 70er Jahre und Anfang der 80er Jahre leicht gestiegen, anschließend aber wieder leicht gefallen (in der Folge von Änderungen bei der steuerlichen Absetzbarkeit von FuE-Ausgaben).

Darin sieht Hall (1993) allerdings nur einen Teil der Erklärung. Höhere Abschreibungsra-ten auf FuE-Kapital sowie fallende erwartete Erträge aus FuE dürften ebenso dazu beige-tragen haben. Allerdings spricht der Anstieg der Erträge aus FuE gegen Ende der Beobach-tungsperiode sowie die sehr starken branchen-spezifischen Unterschiede gegen einen ge-nerellen Trend abnehmender Erträge aus FuE auf Grund ausschöpfender technologischer Potenziale.

Heterogenität in der Entwicklung der Ertragsrate zwischen Industrien zeigen auch die Stu-dien von Bernstein und Nadiri (1988) und Bernstein und Nadiri (1991). Anstelle eines Produktionsfunktionsansatzes verwenden Bernstein und Nadiri (1988) zur Schätzung der Ertragsrate von FuE eine Kostenfunktion. Sie verwenden US-Daten für den Zeitraum 1958-1981 für fünf Industrien (chemische Industrie, Maschinenbau, Elektroindustrie, Transportgeräte und Instrumentenbau). Sie schätzen die Kostenfunktion getrennt für die Industrien und berechnen für jede Industrie für die Jahre 1961, 1971 und 1981 jeweils die Ertragsrate des FuE-Kapitals und des Sachkapitals. Ihre Ergebnisse zeigen, dass in drei Industrien (Maschinenbau, Elektroindustrie und Fahrzeugbau) die Rendite des FuE-Kapi-tals zwischen 1961 und 1981 sogar gestiegen ist: Maschinenbau von 16% auf 24%, Elekt-roindustrie von 20% auf 22% und im Fahrzeugbau von 9% auf 12%. Im Instrumentenbau ist die Rendite von FuE nahezu konstant geblieben (17% vs. 16%) und nur in der chemi-schen Industrie etwas stärker gefallen (von 19% auf 13%). Interessanterweise zeigt sich jedoch, dass die Rendite des Sachkapitals in allen fünf Industrien deutlich zugenommen hat (von rund 8% auf ca. 13%). Zu sehr ähnlichen Ergebnissen kommt die Studie von Bernstein und Nadiri (1991) für fünf Industrien (wie in Bernstein und Nadiri 1988 mit Ausnahme der Metallbearbeitung anstelle des Instrumentenbaus) den Zeitraum 1957-1986.

3.1.2.3.4.2 Empirische Evidenz für den Zeitraum ab 1990

Vergleichsweise wenig empirische Evidenz gibt es erneut für den Zeitraum ab 1990 und insbesondere ab 2000, der darüber hinaus gemischte Ergebnisse liefert.

Die beiden Studien von Sakai (2016) und Arora et al. (2013) finden mit der Zeit *abneh-mende Ertragsraten von FuE* für japanische Unternehmen. Während Arora et al. (2013) den Zeitraum von 1983 bis 2004 untersuchen und diesen in vier Subperioden aufteilen (1983-1988, 1989-1993, 1994-1999, 2000-2004), betrachtet Sakai (2016) den Zeitraum 1986-2010 und unterteilt diesen in drei Subperioden: 1986-1990, 1991-2001 und 2002-2010. Diese Ergebnisse sollten jedoch vor dem Hintergrund bewertet werden, dass beide Studien vergleichsweise kleine Stichproben nutzen, die darüber hinaus vermutlich nicht repräsentativ für die Gesamtheit der Industrieunternehmen in Japan sind. Darüber hinaus

weist die japanische Wirtschaft viele Besonderheiten auf, auf die in Abschnitt 4.9 im Detail eingegangen wird.

Im Gegensatz dazu finden die vergleichbaren Studien von Harhoff (1998, 2000) und Peters et al. (2009) für Deutschland eher *steigende Ertragsraten* aus FuE. Harhoff (1998, 2000) untersuchte auf Basis der Stifterverbandsdaten die privaten und sozialen Erträge aus FuE für deutsche Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes für den Zeitraum 1977 bis 1989. Seine Studie zeigt, dass deutsche Unternehmen mit eigener FuE-Tätigkeit einen signifikanten Beitrag zur Verbesserung ihrer Arbeitsproduktivität erzielen konnten. Die private Outputelastizität lag im Zeitraum 1977-1989 bei rund 0,07-0,08. Ziel der Studie von Peters et al. (2009) im Auftrag des BMBF war es unter anderem auf Basis des gleichen Datensatzes und Modellansatzes zu untersuchen, inwieweit sich die Erträge aus FuE im Zeitverlauf verändert haben. Die Schätzungen von Peters et al. bestätigen positive und signifikante Erträge aus eigener FuE. Mit einer geschätzten privaten Outputelastizität von 0,08 bis 0,09 haben die privaten Erträge aus eigener FuE-Tätigkeit im Zeitraum 1991-2005 gegenüber dem Vergleichszeitraum von 1977-1989 sogar *leicht zugenommen*, wenngleich diese Aussage nicht auf einem statistischen Test auf Gleichheit der geschätzten Elastizitäten beruht. Während das geschätzte Produktivitätswachstum im Zeitraum 1977-1989 noch bei rund 0,07-0,08, lag es im Zeitraum 1990 bis 2005 in allen Modellvarianten jeweils um rund 0,01 höher. D.h. eine Zunahme des eigenen Wissenskapitalstocks um 10% hat in den 90er & 2000er Jahren zu einem Anstieg der Arbeitsproduktivität um rund 0,8-0,9% geführt im Vergleich zu 0,7-0,8% in den 70er und 80er Jahren. Einen ähnlichen Anstieg sehen Peters et al. (2009) nicht nur für den durchschnittlichen Produktivitätseffekt, sondern auch in der Verteilung der Produktivitätseffekte über die Unternehmen. So liegt das Produktivitätswachstum für die mittleren 50% der Unternehmen zwischen 0,63% und 1,09% im Zeitraum 1991-2005 im Vergleich zu 0,55% bis 1,02% im Zeitraum 1977-1989.

Steigende Ertragsraten von FuE finden auch Medda et al. (2003) für ein Sample von knapp 1700 italienischen Unternehmen, wenngleich ihr Zeitraum insgesamt recht kurz ist. Sie finden eine Ertragsrate von 29% für den Zeitraum 1992-1994 und 36,4% für 1995-1997.

Eine ebenfalls steigende FuE-Elastizität berichtet Kafouros (2005) für britische Unternehmen für den Zeitraum 1989-2002. Während im Zeitraum 1989-1995 die FuE-Elastizität nur bei rund 0,011 lag (nicht signifikant), nahm sie auf 0,07 im Zeitraum 1996-2002 zu. Dieser Anstieg ist der Studie von Kafouros (2005) zufolge vor allem im High-Tech-Sektor zu beobachten. Allerdings sollte dieses Ergebnis mit einer gewissen Vorsicht bewertet werden, da die Stichprobe nur 78 britische Unternehmen umfasste.

Ebenfalls Evidenz für *steigende Ertragsraten* finden Guellec und van Pottelsberghe de la Potterie (2004) auf Basis von Länderdaten. Sie nutzen Daten für 16 OECD Länder für den

Zeitraum 1980 bis 1998 und finden, dass die geschätzte Elastizität der heimischen FuE-Ausgaben um jährlich 0,005 zunimmt. Sie finden diesen Effekt allerdings nur für heimische FuE-Ausgaben, nicht für ausländische FuE und öffentliche FuE. Ebenfalls eine leicht steigende Outputelastizität von FuE findet Reikard (2017) auf Basis von aggregierten Daten für die USA für den Zeitraum von 1948-2007 (von 0,089 für 1948-1960 auf 0,112 für 2001-2007), gleichzeitig sinkt jedoch der Wachstumsbeitrag von FuE zwischen 2001 und 2007 auf Grund fallender Wachstumsraten von FuE (vgl. auch Abschnitt 3.1.1).

Bartelsman et al. (1996) und Cincera (1998) finden gemischte Evidenz, je nachdem welche Modellspezifikation sie wählen. So finden Bartelsman et al. (1996) für die Niederlande steigende FuE-Ertragsraten zwischen 1985-1988 (zwischen 0,008 und nicht signifikant bis 0,046) im Vergleich zu 1989-1993 (0,043 bis 0,165), wenn sie gepoolte Schätzungen durchführen und damit die gesamte Variation in den Daten ausnutzen, aber nicht für individuelle Heterogenität kontrollieren. Umgekehrt sinken die FuE-Erträge im Zeitverlauf im FE-Modell (1985-1988: 0,247, 1989-1993: 0,185). Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt Cincera (1998) für ein Sample multinationaler Unternehmen. Moen und Thorsen (2013) zeigen in ihrer Meta-Analyse zum Zusammenhang zwischen FuE und Produktivität jedoch, dass es einen großen Publikationsbias¹⁸ bei den FE-Modellen gibt während es keinen Publikationsbias bei den gepoolten Schätzungen gibt. Vertraut man daher den gepoolten Schätzungen mehr, dann würden auch die Studien von Bartelsman et al. (1996) und Cincera (1998) in Richtung steigender Erträge aus FuE weisen.

3.1.3 Fazit

Während insbesondere die Studie von Bloom et al. (2017) unter Verwendung der *Ideen-TFP* als Maß für die Forschungsproduktivität einen *extremen Rückgang der Forschungsproduktivität* von etwa 10% jährlich vermuten lässt, lässt sich diese Schlussfolgerung auf Basis der Studien zu den Ertragsraten von FuE nicht halten. Dabei sollte man jedoch die unterschiedlichen Definitionen beider Konzepte im Blick behalten. Fasst man die Ergebnisse der Studien zu den Ertragsraten von FuE zusammen, dann kann festgehalten werden, dass die bisherigen Studien *nur wenig Hinweise* darauf liefern, dass es zu einem *deutlichen und dauerhaften Rückgang der privaten Erträge aus FuE im Zeitverlauf* gekommen ist. Studien aus der Mitte der 70er Jahre und 80er Jahren weisen zum Teil in diese Richtung für die USA und für Großbritannien. Allerdings bestätigt sich dieser rückläufige Trend der privaten Erträge aus FuE nicht in den neueren Studien für die 90er und Anfang der 2000er

¹⁸ Sie schätzen, dass ca. 26% der Ergebnisse von FE-Modellen nicht berichtet werden.

Jahre, die mehrheitlich in Richtung steigender FuE-Outputelastizitäten weisen. Insbesondere Studien, die mittels eines gleichen Modellansatzes Unterschiede in den Ertragsraten über einen längeren Zeitraum untersuchen, finden kaum Evidenz für fallende Ertragsraten. Diese Einschätzung wird auch unterstützt durch die Meta-Analyse von Ugur et al. (2016). Ugur et al. (2016) haben in ihre Schätzungen eine Indikatorvariable für Studien eingefügt, deren mittlerer Datenpunkt im Jahr 1980 oder später liegt. Sie finden jedoch keinen signifikanten Effekt dieser Indikatorvariablen auf die geschätzte Outputelastizität oder die geschätzte Ertragsrate von FuE.

Einschränkend muss jedoch gesagt werden, dass die *Großzahl der Studien aus den 70er bis 90er Jahren* stammt und es relativ *wenig empirische Evidenz für den Zeitraum ab der Jahrtausendwende* gibt. Ein Grund dürfte darin liegen, dass die Publikationsmöglichkeiten und daher auch der Anreiz für Replikationsstudien in der Volkswirtschaftslehre vergleichsweise gering sind. Ein weiterer Grund für die geringe Anzahl jüngerer Studien ist aber mit Sicherheit auch die Entwicklung des CDM-Modells (Crepon et al. 1998) und die Erhebung der europaweiten Community Innovation Surveys. Wie in Abschnitt 3.1.2.3.1 erläutert ist das CDM-Modell ein dreistufiges Modell. In der ersten Stufe beschreibt es die Wahrscheinlichkeit in FuE/Innovationen zu investieren und die Höhe der FuE-/Innovationsausgaben. Die zweite Stufe beschreibt die Beziehung zwischen FuE-/Innovationsausgaben und Innovationsoutput (Produkt-, Prozess-, Organisations- und Marketinginnovationen) und die dritte Stufe den Zusammenhang zwischen Innovationsoutput und Produktivität. Viele Produktivitätsanalysen in den letzten 15 Jahren konzentrierten sich daher auf die unterschiedlichen Produktivitätseffekte von Produkt-, Prozess-, Organisations- und Marketinginnovationen.¹⁹ Dies hat zum einen den Vorteil, dass damit auch Nicht-FuE-basierte Innovationsaktivitäten und deren Produktivitätseffekte berücksichtigt werden können. Gleichzeitig erlaubt es, dass verschiedene Innovationsarten unterschiedlich auf die Produktivität wirken. Hall (2011) und Hall und Mohnen (2013) liefern eine Übersicht der relevanten Studien. Danach findet die große Mehrheit der Studien signifikant positive Produktivitätseffekte von Produktinnovationen. Dies gilt sowohl für die Arbeitsproduktivität wie auch für die TFP und zwar sowohl im Niveau als auch für die Wachstumsrate. Für Prozessinnovationen ergibt sich dagegen ein weniger einheitliches Bild, von positiv, neutral bis negativ. Identifikationsprobleme auf Grund der Multikollinearität von Produkt- und Prozessinnovationen könnten ein Grund für dieses Ergebnis sein. Bei den meisten

¹⁹ Siehe z.B. die Studien von Lööf und Heshmati (2002), Janz et al. (2003), Cespri et al. (2007), Mairesse et al. (2005), Griffith et al. (2006), Duguet (2006), Benavente (2006), Jefferson et al. (2006), Lööf und Heshmati (2006), van Leeuwen und Klomp (2006), Parisi et al. (2006), Mairesse und Robin (2010), Masso und Vahter (2008), Raffo et al. (2008), Peters et al. (2014), Hall et al. (2011).

dieser Studien handelt es sich jedoch um Querschnittsanalysen, da die CIS-Daten in den meisten Ländern nicht als Paneldatensatz erhoben werden. Sinnvolle zeitliche Vergleiche zwischen verschiedenen Studien erscheint aber auf Grund der großen Unterschiede in den Modellspezifikationen wenig sinnvoll. Eine Ausnahme bildet die Studie von Cespri et al. (2007), die für Unternehmen aus Großbritannien einen steigenden Produktivitätseffekt von Produktinnovationen zwischen 1994-1996 und 1998-2000 finden und gleichzeitig einen fallenden Effekt von Prozessinnovationen im gleichen Zeitraum.

Eine vergleichende Analyse der privaten Erträge aus FuE für Deutschland für den Zeitraum 2006-2015 mit den Studien von Harhoff (2000) und Peters et al. (2009) liegt leider nicht vor, wäre aber vor dem Hintergrund der Fragestellung von großem Interesse. Angesichts der Tatsache, dass der *Anteil der kontinuierlich forschenden Unternehmen im Zeitraum 1997 bis 2015 relativ konstant* bei ca. 12% geblieben ist (Rammer et al. 2017), gibt es jedoch auch hier keine offensichtliche implizite Evidenz dafür, dass die Erträge aus FuE zwischen 2006 und 2015 deutlich gesunken sind. Wäre dies der Fall, dann sollte man einen zunehmenden Anteil an Unternehmen erwarten, die sich aus FuE-Aktivitäten zurückziehen. Was in Deutschland jedoch seit der Jahrtausendwende zu beobachten ist, ist ein *Rückgang des Anteils der innovationsaktiven Unternehmen ohne eigene FuE*, insbesondere bei den kleinen Unternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten (Rammer et al. 2017). Innovationsaktive Unternehmen ohne eigene FuE sind jedoch nicht Teil der Stichprobe der FuE-Erhebungen des Stifterverbands. Für diese Gruppe von Unternehmen dürften die Nettogewinne aus Innovationsaktivitäten im Zeitverlauf gesunken sein. Dies könnte entweder in geringeren Erträgen aus Innovationen (geringere Produktivitätsgewinne) oder aber auch in höheren Kosten für die Realisierung der Innovationen liegen. Ein Grund für höhere Kosten können z.B. geringere technologische Möglichkeiten und sich ausschöpfende technologische Potenziale sein. Peters et al. (2017) untersuchen zwar mittels eines strukturellen Modells und den Daten des Mannheimer Innovationspanels für den Zeitraum 1993 bis 2008 die Entscheidung von deutschen Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes in Innovationen zu investieren und die Erträge und Kosten von Innovationsaktivitäten getrennt zu schätzen, allerdings untersuchen sie nicht explizit, inwieweit Erträge und Kosten von Innovationen systematisch im Zeitverlauf (und nach Unternehmensgröße) variieren.

Darüber hinaus untersuchen die meisten Studien die Ertragsraten von FuE mit einer Stichprobe von Unternehmen, die in FuE investieren. Es kann jedoch sehr wohl sein, dass die forschenden Unternehmen gleichbleibende Erträge aus FuE erzielen (*intensive margin*), gleichzeitig aber für mehr Unternehmen die Ertragsrate so weit absinkt, dass sie sich aus FuE-Aktivitäten zurückziehen (*extensive margin*). Solange nicht adäquat für eine Selbstselektion forschender Unternehmen kontrolliert wird, kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass die Ertragsrate von FuE auf gesamtwirtschaftlicher Ebene sinkt, selbst wenn

die Studien auf Mikroebene relative stabile Ertragsraten von FuE ausweisen. Zumindest für Deutschland und andere europäische Länder gibt es Evidenz, dass der Anteil der Unternehmen, die sich aus Innovationsaktivitäten zurückzieht, zunimmt und es damit zu einer Konzentration der FuE-Aktivitäten kommt (Rammer et al. 2017, Hünermund 2017).²⁰

Gordon (2012) und Bloom et al. (2017) führen die gesunkene Forschungsproduktivität auf die Ausschöpfung technologischer Möglichkeiten zurück. Allerdings sollte berücksichtigt werden, dass dies nicht der einzige Grund für abnehmende Erträge aus Forschung sein müssen. *Fehlende Qualifikationen von Forschern* könnten bei aus technologischer Sicht gleichbleibenden Potenzialen zu abnehmenden Erträgen aus Investitionen in Forschung und Innovationen führen. Während dies im Rahmen der Literatur zu den Erträgen von FuE eigentlich kaum diskutiert wird, werden in der aktuellen Debatte um den Zusammenhang von Digitalisierung und Produktivität fehlende Qualifikationen der Beschäftigten im Bereich der Digitalisierung als ein Grund für geringe Produktivitätsgewinne aus der Digitalisierung diskutiert. Dies wird in Abschnitt 3.4 näher beleuchtet.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass abnehmende Erträge aus FuE darüber hinaus nicht zwingend negativ sein müssen (Hall 1993). Wenn sich z.B. die Finanzierungsbedingungen für FuE-Aktivitäten verbessern (FuE-Angebotskurvenverschiebung nach rechts, z.B. infolge eines größeren Angebots an externer Finanzierung und geringer Fremdkapitalzinsen) und damit die Finanzierungskosten sinken, dann werden die Unternehmen *mehr* in FuE investieren. Wenn Unternehmen rational entscheiden und zunächst in die FuE-Projekte mit den größten Erträgen investiert haben, dann sind solche Folgeprojekte durch geringere Erträge gekennzeichnet. Aus gesellschaftlicher Sicht sind die höheren FuE-Ausgaben bei dann gleichzeitig fallenden Erträgen aber ein gewünschtes Ergebnis. Wenn sich dagegen die Nachfragekurve nach FuE nach links verschiebt (z.B. weil die Effizienz von FuE-Ausgaben abgenommen hat oder auf Grund fallender Produktnachfrage), dann würden die Unternehmen *ceteris paribus* weniger in FuE investieren. D.h. fallende Erträge aus FuE würden mit fallenden FuE-Ausgaben einhergehen.

3.2 Zu geringe oder verzögerte Diffusion von Innovationen

Wie bereits in Kapitel 2 dargestellt, ist zu erkennen, dass das Wachstum sowohl der Arbeitsproduktivität als auch der TFP in verschiedenen Ländern abnimmt. Die Produktivitätsentwicklung allerdings nur auf Länder- oder Industrieebene zu betrachten, kann zu

²⁰ Für eine detaillierte Analyse der Innovationsaktivitäten im Zeitverlauf wird auf Rammer (2018) verwiesen.

Fehlinterpretationen führen. Bei einer Betrachtung der Entwicklung auf Unternehmensebene ist eine starke Divergenz der Unternehmensproduktivitäten zu erkennen. Daher ist es nötig, bei der Untersuchung der Gründe des Rückgangs des aggregierten Produktivitätswachstums, die Heterogenität der Unternehmen miteinzubeziehen. Insbesondere die Ergebnisse einer aktuellen OECD-Studie von Andrews et al. (2016) indizieren, dass der Rückgang des Produktivitätswachstums vornehmlich ein Problem von bereits im Vorhinein weniger produktiven Unternehmen ist. Als mögliche Ursachen sehen sie eine schwindende Diffusion von Innovationen sowie eine Steigerung der Marktmacht als Folge von verstärkten „Winner-Takes-It-All-Dynamiken“²¹. Beide Erklärungsansätze schließen sich nicht gegenseitig aus und sollten betrachtet werden, um ein umfassendes Bild der Produktivitätsdivergenz von Unternehmen und der daraus resultierenden gesamtwirtschaftlichen Produktivitätsentwicklung zu erhalten.

Im Folgenden beschreiben wir in Abschnitt 3.2.1 die zunehmende Divergenz der Produktivität zwischen Frontier- und Nicht-Frontier-Unternehmen primär auf Basis der Studie von Andrews et al. (2016), um anschließend in den Abschnitten 3.2.2 und 3.2.3 auf verschiedene Aspekte der Diffusion von Innovationen und in Abschnitt 3.2.4 auf das Argument steigender Marktmacht näher einzugehen.

3.2.1 Zunehmende Divergenz der Produktivität zwischen Frontier- und Laggard-Unternehmen

Zahlreiche Studien haben in den vergangenen Jahren gezeigt, dass die *Produktivität* von Unternehmen eine sehr hohe Streuung aufweisen, selbst innerhalb einzelner Industrien, und dass diese Heterogenität eine hohe Persistenz im Zeitablauf aufweist (Bartelsman und Doms 2000, Syverson 2011). Der Schwerpunkt der Analyse von Andrews et al. (2016) liegt auf Unterschieden im *Produktivitätswachstum* der weltweit produktivsten Unternehmen (Frontier-Unternehmen) und ihren Konkurrenten (Laggard-Unternehmen) und einer damit einhergehenden *steigenden Produktivitätsschere*.

Als Grundlage für ihre Analyse verwenden Andrews et al. (2016) die OECD-Orbis-Datenbank²². Sie enthält Unternehmen aus der Industrie und dem Dienstleistungssektor (mit

²¹ Winner-Takes-It-All beschreibt eine Situation, in der sich mehrere Unternehmen beispielsweise im Wettbewerb um einen technologischen Durchbruch befinden, jedoch nur das Unternehmen von seinen Investitionen profitiert, welches als erstes den Durchbruch erzielt.

²² Die OECD-Orbis Datenbank basiert auf der Orbis-Datenbank des Bureau van Dijk (BvD) und der OECD-Stan Datenbank. Die Orbis-Datenbank ist die weltweit umfassendste länderübergreifende Datenbank mit individuellen Unternehmensdaten. Sie greift auf jährliche Informationen aus Bilanzen und Gewinn- und Verlustrechnungen zurück, die von Nationalbanken, Kreditratingagenturen und anderen Anbietern von Finanzinformationen bereitgestellt und von BvD aufbereitet werden. Die OECD-Stan-

Ausnahme des Finanzsektors) für 24 OECD-Länder²³ über den Zeitraum von 1997 bis 2014. Sie bereinigen die Daten um Ausreißer, jeweils definiert als das obere und untere 1 % der jahresspezifischen Verteilung der Variablen.²⁴ Da im Zeitverlauf die Abdeckung kleiner und vermeintlich unproduktiverer Unternehmen in den Daten zunimmt, eliminieren sie alle Unternehmen mit einer durchschnittlichen Mitarbeiterzahl von weniger als 20. Insgesamt umfasst ihre Stichprobe mehr als 890.000 Beobachtungen. Trotz der großen Stichprobe ist kritisch anzumerken, dass eine angemessene Bewertung des verwendeten Datensatzes schwierig ist, da kaum deskriptive Statistiken präsentiert werden, insbesondere auch nicht im Hinblick auf die Abschneidegrenze. Lediglich für das Jahr 2013 werden für ausgewählte Variablen deskriptive Statistiken präsentiert, die jedoch keine Beobachtung der Veränderungen über die Zeit zulassen. Darüber hinaus ist zu beachten, dass große und produktive Firmen im Allgemeinen besser erfasst werden können und daher in der OECD-Orbis-Datenbank Laggard-Unternehmen unterrepräsentiert sind. Daher könnte die Produktivitätsentwicklung dieser Unternehmen sogar überschätzt sein.

Sie verwenden drei unterschiedliche Produktivitätsmaße für ihre Produktivitätsanalysen: Arbeitsproduktivität, TFP und korrigierte TFP. Die Arbeitsproduktivität entspricht der realen Bruttowertschöpfung je Mitarbeiter. Alle monetären Größen in den Daten wurden mit länderspezifischen Deflatoren und Kaufkraftparitäten auf Industrieebene vergleichbar gemacht. Die TFP wird auf Basis einer einstufigen GMM-Schätzung nach Wooldridge (2009) geschätzt. Sie berücksichtigt die Endogenität der Inputwahl in der Produktionsfunktion, indem der Arbeitsaufwand durch die gelaggte Mitarbeiterzahl instrumentiert und der reale Kapitalstock als Näherungsvariable für den Kapitaleinsatz verwendet wird. Die korrigierte TFP bereinigt die TFP um unternehmensspezifische zeitvariierende Preisaufschläge, um auf die Marktmacht des Unternehmens innerhalb der Industrie, in der es agiert, zu kontrollieren. Dazu wählen sie die Produktionsfunktionsschätzung von De Loecker und Warzynski (2012), die es ermöglicht, Preisaufschläge – unter der Annahme von mindestens einem vollkommen flexiblen Inputfaktor sowie von kostenminimierenden Unternehmen – lediglich auf Basis von Input- und Outputdaten zu berechnen. Da jedoch nur Umsatz- und keine Preis- und Mengendaten vorliegen, liefert der Ansatz von De Loecker und Warzynski (2012) lediglich Informationen über die relative Veränderung der

Datenbank umfasst jährliche länder- und industriespezifische Daten aus den VGR der OECD-Mitgliedsstaaten und wird verwendet, um lückenhafte Arbeitskostendaten der Orbis-Datenbank zu ergänzen.

²³ Einige Analysen basieren lediglich auf Teilstichproben mit weniger als 24 Ländern. Es ist jedoch nicht ersichtlich, welche Länder aufgrund fehlender Ausprägungen exkludiert werden.

²⁴ Die Datenaufbereitung folgt Kalemli-Ozcan et al. (2015) und Gal (2013) und ist im Anhang von Andrews et al. (2016) ausführlich beschrieben.

Preisaufläge zwischen Unternehmen und über den betrachteten Zeitraum hinweg. Die Produktionsfunktionen werden separat für Industrien, aber gepoolt über alle Länder hinweg geschätzt.

Ziel der Studie von Andrews et al. (2016) ist es, die Divergenz der Produktivitätsentwicklung von Frontier- und Laggard-Unternehmen zu untersuchen. Sie weichen dabei von der typischen Definition von Frontier-Unternehmen (5 % der produktivsten Unternehmen einer Industrie) ab. Denn diese könnte aufgrund einer im Zeitverlauf steigenden Abdeckung von kleinen und vermeintlich unproduktiveren Unternehmen in der Datenbank zu einer Unterschätzung des Produktivitätswachstums von Frontier-Unternehmen führen. Daher bestimmen sie eine konstante Anzahl an Frontier-Unternehmen je Industrie. Die Anzahl entspricht 5 % des Medianwerts der in einer Industrie betrachteten Unternehmen über die gesamte Zeitperiode hinweg. Während die Anzahl der Frontier-Unternehmen je Industrie festgelegt ist, kann ihre Zusammensetzung von Jahr zu Jahr variieren.

Das zentrale Ergebnis ihrer deskriptiven Analyse ist, dass die *Frontier-Unternehmen deutlich schneller wachsen als die Laggard-Unternehmen*. So nimmt die Arbeitsproduktivität in der Industrie im Zeitraum 2001-2013 um durchschnittlich 2,8% pro Jahr in den Frontier-Unternehmen zu, aber nur um 0,6% in den Laggard-Unternehmen. Im Dienstleistungssektor ist die Wachstumsdifferenz mit 3,6% und 0,4% noch ausgeprägter. Die Folge ist eine zunehmende Produktivitätsschere zwischen Frontier- und Nicht-Frontier-Unternehmen. Die Schere zwischen Frontier- und Nicht-Frontier-Unternehmen ist allerdings vor der Krise mit 4-5% Wachstum im Vergleich zu 1% deutlich größer als seit 2008 mit einem Wachstum von ca. 1% bei den Frontier-Unternehmen und einem de facto Nullwachstum bei den Nicht-Frontier-Unternehmen.

Ihre Analysen zeigen ferner, dass das *stärkere Wachstum der Arbeitsproduktivität* bei den Frontier-Unternehmen im verarbeitenden Gewerbe *vor allem durch ein stärkeres Wachstum der TFP* getrieben wird, während die Kapitalintensivierung zwar auch zum Wachstum der Arbeitsproduktivität beiträgt, aber es hier kaum Unterschiede zwischen beiden Gruppen gibt. Im Dienstleistungssektor wird die zunehmende Schere der Arbeitsproduktivität sowohl durch eine zunehmende Divergenz der TFP auch durch eine wachsende Divergenz der Kapitalintensivierung getrieben.

Wie in Abschnitt 2.1 erläutert, wird die TFP als ein Maß für die technologische Effizienz eines Unternehmens gesehen. Eine zunehmende Divergenz in der TFP bedeutet daher, dass die Frontier-Unternehmen ihre technologische Effizienz in einem Tempo weiter ausbauen, mit welchem die Laggard-Unternehmen nicht Schritt halten können. Darin dürfte sich dann eine *mangelnde Diffusion von neuen Technologien, Innovationen und technologischem Wissen* der Frontier-Firmen hin zu den Laggard-Unternehmen widerspiegeln.

Neben der rückläufigen Diffusion von Innovationen zu Laggard-Unternehmen kann die zunehmende TFP-Divergenz aber auch eine *steigende Marktmacht von Frontier-Unternehmen* widerspiegeln. In diesem Fall ist die höhere TFP bedingt durch höhere Markups, die die Frontier-Unternehmen am Markt durchsetzen können. Im *Dienstleistungssektor* finden sie in der Tat Evidenz dafür, dass Frontier-Unternehmen *höhere Markups* erzielen. Allerdings erklärt dies nur einen geringen Teil der Produktivitätsschere, denn die korrigierte TFP (=TFP-Markups), die im Idealfall allein technologische Effizienz widerspiegelt, weist nach wie vor auf eine stark zunehmende TFP-Divergenz zwischen den Unternehmen hin. Im *verarbeitenden Gewerbe* finden sie dagegen *wenig Evidenz* – und wenn überhaupt, dann erst in der letzten Phase ab 2010 – für höhere Markups der Frontier-Unternehmen. Dies könnte ein Indiz dafür sein, dass schärferer Wettbewerb die Industrieunternehmen dazu zwingt, Kostenvorteile durch neue Technologien an Kunden weiterzugeben. D.h. im verarbeitenden Gewerbe scheint es vor allem an einer mangelnden Diffusion neuer Technologien und technologischen Wissens zu liegen.

Neue Technologien und technologisches Wissen könnten in mindestens zweifacher Weise die TFP-Divergenz beeinflussen: Erstens wird argumentiert, dass *digitale Technologien zu mehr Winner-Takes-It-All-Situationen* führen (Brynjolfsson und McAfee 2011). Diese Hypothese können Andrews et al. (2016) nicht stringent testen, aber in diesem Fall sollte die zunehmende TFP-Divergenz mit einer steigenden Umsatz-Divergenz einhergehen, stärker in IKT-intensiven Sektoren sein²⁵ und ein Anstieg der Markups sollte stärker in IKT-intensiven Sektoren sein. Sie finden *deskriptive Evidenz* für die beiden ersten Punkte.

Zweitens werden neue Technologien immer komplexer und nicht-kodifiziertes Wissen für die Adoption neuer Technologien immer wichtiger. *Fehlt* den Laggard-Unternehmen vermehrt dieses *nicht-kodifizierte Wissen*, dann werden sie *seltener oder erst später neue Technologien adoptieren* und die Diffusion neuer Technologien verzögert sich. Auch diese Hypothese können Andrews et al. (2016) nicht stringent testen. Sie argumentieren aber, dass sie sich in einer wachsenden Persistenz innerhalb der Gruppe der Frontier-Unternehmen ausdrücken sollte. So indiziere eine konstante Zusammensetzung der Gruppe von Frontier-Unternehmen die Wichtigkeit impliziten Wissens und folglich die Schwierigkeit der Diffusion von Innovation. Sie finden indirekte Evidenz dafür. So waren 33% der Frontier-Firmen im Jahr 2003 bereits zwei Jahre zuvor ein Frontier-Unternehmen. Weitere 17% kamen aus den Top 20% der Produktivitätsverteilung des Jahres 2001. Im Jahr 2013 waren die vergleichbaren Anteile bereits auf 43% und 20% gestiegen. Aller-

²⁵ Eine besonders hohe Divergenz in IKT-Industrien indiziert das Vorhandensein von Marktmacht aufgrund ihrer hohen Netzwerkeffekte und geringen marginalen Kosten.

dings übersehen Andrews et al. (2016) in ihrer Argumentation, dass zunehmende Persistenz auch ein Ausdruck von steigender Marktmacht sein kann, so dass ein gewisser Zweifel an der Interpretation der Ergebnisse bleibt. In Ergänzung dazu untersuchen sie, ob sich die technologische Konvergenzgeschwindigkeit über die Zeit verändert hat. Hierzu schätzen sie ein Fehlerkorrekturmodell, in dem das TFP-Wachstum eines Unternehmens unter anderem abhängt von seiner technologischen Lücke zu den Frontier-Unternehmen in der Vorperiode sowie von Interaktionstermen der technologischen Lücke mit Zeitintervall-Dummyvariablen.²⁶ Negative Werte des Interaktionsterms implizieren eine Verlangsamung der Konvergenz des Produktivitätswachstums von Laggard- und Frontier-Unternehmen. Sie finden, dass Unternehmen, die weiter von der technologischen Grenze entfernt sind, stärker wachsen (aufholen) können als Unternehmen, die näher an der Grenze sind. Allerdings hat sich der Aufholprozess im Zeitverlauf verlangsamt.

Steigender Wettbewerbsdruck könnte Laggard-Firmen Anreiz geben, selber zu innovieren und neue Technologien zu adoptieren. Daher analysieren Andrews et al. (2016) abschließend den Effekt von wettbewerbsbeeinflussenden Marktregulierungen auf die steigende Diskrepanz der Produktivitätsentwicklungen. Dazu erweitern sie ihren Datensatz um den länderspezifischen Produktmarktregulierungs-Indikator, welcher das Ausmaß an wettbewerbsbehindernden Regulierungen misst.²⁷ Sie führen eine Long-Difference-Analyse durch, in der die Differenz der 5-Jahresdurchschnitte der TFP der Frontier-Firmen und der Laggard-Firmen abhängt vom Produktmarktregulierungsindikator und anderen Kontrollvariablen. Für eine potenzielle Endogenität des Indikators kontrollieren sie, indem sie den gelagerten Wert als Instrumentenvariable verwenden. Ihre Ergebnisse zeigen die signifikante Rolle Produktmarktregulierungen. Wie vermutet verringern wettbewerbsfördernde Regulierungsmaßnahmen die unterschiedliche Entwicklung der Produktivität von Frontier- und Laggard-Unternehmen und wirken Winner-Takes-It-All-Dynamiken scheinbar entgegen.

Andrews et al. (2016) liefern somit indirekte Evidenz sowohl für eine zunehmende Winner-Takes-It-All-Dynamik als auch für eine abnehmende Diffusion von Innovationen auf Grund von zunehmender technologischer Komplexität und geringeren Wissens-Spillovern

²⁶ Die Analyse umfasst Dummyvariablen für die Zeitintervalle 2000-2002, 2002-2005, 2005-2007, 2007-2010 und 2010-2014, wobei die Wahl der Zeitintervalle nicht begründet wird.

²⁷ Der Indikator wird alle fünf Jahre auf Basis eines an die verschiedenen Regierungen gesendeten Fragebogens von der OECD ermittelt. Er reicht von null bis sechs und ist ansteigend in seinem Level der Wettbewerbsbehinderung.

von Frontier- zu Laggard-Firmen. Beide Argumente sollen im Folgenden an Hand alternativer Forschungsansätze näher untersucht werden.

3.2.2 Entwicklung von Wissensspillovern

Unseres Wissens nach existiert keine direkte Analyse der Komplexitätsentwicklung von Innovationen und ihrem Einfluss auf die Diffusion von Innovationen zwischen Unternehmen. Allerdings kann eine zunehmende technologische Komplexität und eine daraus folgende abnehmende Diffusion von Innovationen Folge von geringeren Wissensspillovern sein.

Die im Abschnitt 3.1.2.3.1 eingeführte soziale Outputelastizität, und/oder die sozialen Zusatzertragsrate von FuE sind ein alternativer Ansatz, um Wissensspillover zwischen Unternehmen zu reflektieren. Beide Größen messen den Einfluss des externen Wissenskapitalstocks oder der externen FuE-Ausgaben auf die Produktivität eines Unternehmens. Im Zeitverlauf abnehmende Wissensspillover können wie erwähnt zu einer langsameren Diffusion von Innovationen führen. Die große Mehrzahl an empirischen Studien untersucht jedoch nicht die Entwicklung der Wissensspillover, sondern nimmt einen konstanten Einfluss von externen FuE-Ausgaben oder Wissenskapitalstöcken an. Aus diesem Grund ist es zumeist nur möglich, die Veränderung der Wissensspillover anhand der unterschiedlichen Ergebnisse einzelner Studien zu betrachten. Allerdings birgt eine Beobachtung der Entwicklung von Wissensspillovern über mehrere Studien hinweg das Problem einer begrenzten Vergleichbarkeit aufgrund der Anwendung verschiedener Methoden und Variablen. Hall et al. (2010) zeigen in ihrem Übersichtsartikel, dass dies, aufgrund ihrer extremen Volatilität, insbesondere ein Problem beim Vergleich von Wissensspillover ist. Sie finden soziale Ertragsraten auf Industrieebene, die zwischen nahe null und 100 Prozent variieren. Besonders relevant ist die Tatsache, dass die sozialen Erträge in Summe zunehmen, wenn mehr Unternehmen, Industrien oder Länder in die Berechnung einbezogen werden. Aus diesen Gründen liegt das Augenmerk im Folgenden auf Studien, die konkret die *Entwicklung der Spillover im Zeitverlauf* untersuchen oder einen möglichst vergleichbaren Untersuchungsansatz gewählt haben.

Die bereits in Abschnitt 3.1.2.3.4.2 vorgestellten Studien von Harhoff (2000) und Peters et al. (2009) vergleichen das Ausmaß der durch Wissensspillovereffekte generierten sozialen Zusatzerträge von FuE-Aktivitäten in Deutschland. Peters et al. (2009) finden keine wesentlichen Unterschiede im Zeitverlauf. D.h. mit einer geschätzten sozialen Outputelastizität von rund 0,017 bis 0,029 sind die sozialen Zusatzerträge von FuE-Aktivitäten im Zeitraum 1991-2005 gegenüber dem in Harhoff (2000) behandelten Zeitraum 1977-1989 in etwa gleichgeblieben. Peters et al. (2009) finden ein etwas differenzierteres Bild im

Hinblick auf die Verteilung der Wissensspillovereffekte. Während der Median der sozialen Outputelastizität gesunken ist, ist gleichzeitig die Spannbreite der Produktivitätseffekte kleiner geworden (Interquartilsabstand: 1977-1989: -1,8% und 4,9%; 1991-2005: -1,3 % und 3,7%). Ihre Ergebnisse zeigen, dass die unteren 25% der Unternehmen im Zeitraum 1991-2005 stärker als früher von Wissensspillovern profitiert haben. Dieses Ergebnis begründen die Autoren damit, dass diese Gruppe von Unternehmen gleichzeitig ihre eigene FuE-Intensität gesteigert hat, so dass der damit verbundene Aufbau von absorptiven Fähigkeiten es dieser Unternehmensgruppe in größerem Maße erlaubt hat, von den FuE-Ausgaben anderer Unternehmen zu profitieren. Dass insbesondere die weniger produktiven Unternehmen verstärkt von Wissensspillovern profitiert haben, steht augenscheinlich im Widerspruch zu den Ergebnissen von Andrews et al. (2016). Ein möglicher Grund für die unterschiedlichen Resultate kann in der länderspezifischen Betrachtung Deutschlands liegen, da Andrews et al. (2016) keine länderspezifischen Analysen vornehmen. Dementsprechend könnte ihre Produktivitätsdivergenz auch primär auf eine Divergenz der Unternehmensproduktivitäten zwischen verschiedenen Ländern hinweisen. Allerdings sollte bei der Interpretation der Ergebnisse auch beachtet werden, dass die Zeiträume beider Studien nur eine geringe Überlappung aufweisen. Dies erscheint besonders wichtig, da Peters et al. (2009) ihr Ergebnis mit zunehmenden FuE-Ausgaben der weniger produktiven Unternehmen begründen. Inwieweit dies jedoch auch noch seit Mitte der 2000er Jahre in Deutschland zutrifft, darf angesichts rückläufiger Innovationsaktivitäten in Frage gestellt werden, wenngleich empirische Evidenz bislang fehlt, die belegt, dass es vor allem die weniger produktiven Unternehmen sind, die sich aus Innovationsaktivitäten zurückziehen.

Bloom et al. (2013) untersuchen Wissensspillover für die USA für den Zeitraum 1981-2000. Eine aktuelle Studie von Lucking, Bloom und Van Reenen (2017) hat zum Ziel, diese Studie zu replizieren und den Datenzeitraum um 15 Jahre zu erweitern. Ihre Schätzungen zeigen, dass der durchschnittliche Produktivitätseffekt des externen FuE-Kapitals deutlich zugenommen hat, was auf zunehmende Wissensspillover hinweist. Danach nimmt die soziale Ertragsrate von rund 0.34 im Zeitraum 1981-2000 auf 0.44 für die Periode 1981-2015 zu. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass die höheren sozialen Ertragsraten auch durch die geänderte Stichprobengröße und -zusammensetzung bedingt sind (zur Kritik der Studie siehe auch Abschnitt 3.1.2.3.4.2.). Daher sollte das Ergebnis im Hinblick auf die Entwicklung der Diffusion von Innovationen mit einer gewissen Vorsicht interpretiert werden.

Eine Analyse der Entwicklung der sozialen Ertragsraten von fünf Industrien (chemische Industrie, Maschinenbau, Elektroindustrie, Transportgeräte und Instrumentenbau) in den USA wird von Bernstein und Nadiri (1988) durchgeführt, wenngleich sich diese Studien

bereits auf den Zeitraum 1958-1981 bezieht. Anstelle eines Produktionsfunktionsansatzes verwenden sie zur Schätzung der Ertragsrate von FuE eine Kostenfunktion, die sie getrennt für die Industrien schätzen, um dann anschließend für jede Industrie für die Jahre 1961, 1971 und 1981 jeweils die Ertragsrate des FuE-Kapitals, des Sachkapitals und des externen FuE-Kapitals zu berechnen. Ihre Ergebnisse zeigen eine relativ stabile Rendite des externen FuE-Kapitals über den 20-Jahreszeitraum. Während die Spillovereffekte in der Elektroindustrie und im Fahrzeugbau leicht zugenommen haben, sind sie im Maschinen- und Instrumentenbau leicht gesunken. Zu sehr ähnlichen Ergebnissen kommen Bernstein und Nadiri (1991) für den Zeitraum von 1957 bis 1986.

Wolff (2011) untersucht explizit die Veränderung von Wissensspillovern im Zeitverlauf auf Industrieebene. Auf Basis der Daten des Bureau of Economic Analysis und der National Science Foundation kreiert einen Datensatz, der Informationen über 45 Industrien in den USA für die Jahre 1958, 1967, 1977, 1987, 1997 und 2007 enthält. Die Daten basieren überwiegend auf den Input-Output-Tabellen der verschiedenen Industrien, ergänzt um Informationen zu FuE, Beschäftigten und Investitionen. In einer ersten Stufe ermittelt Wolff (2011) das TFP-Wachstum anhand einer Leontief-Produktionsfunktion mit Kapital und Arbeit je Industrie und Jahr, um anschließend in einer zweiten Stufe, das TFP-Wachstum in Abhängigkeit von FuE-Spillovern in einer gepoolten Regression zu schätzen. FuE-Spillover zwischen den Industrien werden mittels Handelsflüssen-gewichteter FuE-Intensitäten approximiert. Es zeigt sich, dass FuE-Spillover bei einer separaten Schätzung von den Perioden 1958 bis 1987 und 1987 bis 2007 im Zeitverlauf zunehmen. Dies wird innerhalb der Sensitivitätstest bestätigt, wenn der Schätzung sequentiell zusätzliche Jahre hinzugefügt werden.

Ein weiterer Indikator für die Entwicklung der Diffusion von Innovationen sind *geographische Wissensspillover*. Die Identifikation geographischer Wissensspillover erfolgt über zwei verschiedene Ansätze. Erstens können sie in einem Produktionsfunktionsansatz geschätzt werden, wobei der externe FuE-Kapitalstock nach der geografischen Distanz differenziert (d.h. externe FuE-Kapitalstöcke von geografisch nahen bzw. fernen Unternehmen) oder mit der Distanz gewichtet wird. Der zweite Ansatz nutzt interregionale Patentzitationen. Die Annahme ist, dass eine abnehmende Rate von interregionalen Zitationen indiziert, dass neue Technologien weniger diffundieren, weil nicht-kodiertes implizites Wissen für die Adoption komplexer werdender Technologien von besonderer Bedeutung ist und dieses eher regional transferiert werden kann. Dem steht die Hypothese einer zunehmenden Diffusion von Innovationen zwischen verschiedenen Regionen aufgrund sinkender Kommunikationskosten gegenüber. Dementsprechend wirken beide Effekte in unterschiedliche Richtungen und es ist möglich, dass geografische Wissensspillover zuneh-

men, obwohl Innovationen komplexer werden, da der Kommunikationskostensenkungseffekt überwiegt.²⁸ Als Indikator für die Bedeutung komplexer werdender Technologien und von implizitem Wissen sind geografische Wissensspillover daher nur begrenzt aussagefähig. Allerdings existieren mehrere Studien die sich mit der Entwicklung von geografischen Wissensspillovern befassen und daher einen Vergleich der Diffusion von Innovationen im Zeitvergleich ermöglichen.

Keller (2002) und Lychagin et al. (2016) sind zwei Studien, die den Produktionsfunktionsansatz nutzen. Keller (2002) analysiert die internationale Wissensdiffusion, indem er den Effekt der FuE-Ausgaben von fünf Ländern (Frankreich, Deutschland, Japan, Großbritannien und USA) auf das industriespezifische TFP-Niveau von neun weiteren OECD-Ländern (Österreich, Kanada, Dänemark, Finnland, Italien, Niederlande, Norwegen, Spanien und Schweden) untersucht. Auf Basis verschiedener OECD-Datenbanken, generiert er einen Datensatz für 12 Industrien des verarbeitenden Gewerbes für die Jahre 1970 bis 1995. Er analysiert insbesondere den Einfluss geografischer Distanz auf diesen Effekt im Zeitverlauf. Geografische Distanz ist gemessen als die individuelle Distanz der Hauptstädte der neun Länder zu den Hauptstädten der fünf Länder. Ihr Modell spezifiziert die TFP einer Industrie in einem Land in Abhängigkeit der eigenen industriespezifischen FuE-Ausgaben sowie der industriespezifischen FuE-Ausgaben der fünf ausländischen Staaten²⁹, wobei letztere zusätzlich interagiert werden mit der geografischen Distanz. In einer Sensitivitätsanalyse fügt darüber hinaus einen Zeitdummy für die Periode 1983-1995 zu und interagiert diesen ebenfalls mit den internationalen Wissensspillovern und der Distanz. Als zentrales Ergebnis der Studie von Keller et al. (2002) kann festgehalten werden, dass internationale intrasektorale Wissensspillover einen positiven Einfluss auf die Produktivität haben, dass aber gleichzeitig die geographische Distanz eine abnehmende Bedeutung in der zweiten Periode hatte und dies auf eine *beschleunigte Diffusion von Wissen im Zeitverlauf* hinweist.

Statt auf Industrieebene führen Lychagin et al. (2016) eine Untersuchung auf Unternehmensebene durch. Sie untersuchen den Einfluss von FuE-Spillovern auf die TFP eines Unternehmens *i*, wobei sie das externe FuE-Kapital anderer Unternehmen *j* gewichten nach geographischer Nähe, technologischer Nähe sowie Produktmarktnähe zwischen *i* und *j*. Dazu kombinieren sie S&P-Compustat und NBER-USPTO-Patentdaten und erhalten ei-

²⁸ Das gleiche Argument gilt auch für nicht-regionale Wissensspillover, dürfte dort allerdings weniger ins Gewicht fallen, da Kommunikationskosten insbesondere für geografische Analysen relevant sind.

²⁹ Es werden nur internationale intrasektorale Wissensspillover untersucht, Spillover zwischen Industrien werden nicht betrachtet

nen Datensatz von 1.542 US-Unternehmen für den Zeitraum 1980-2000. Patentinformationen werden genutzt, um FuE-Aktivitäten der Unternehmen zu lokalisieren, indem Hauptsitzstandorte und Wohnsitze der Erfinder von Unternehmenspatenten kombiniert werden. Die TFP wird mittels eines Tornquist-Indexes berechnet. Ihre Ergebnisse zeigen, dass geographische Distanz für Wissensspillover eine Rolle spielt, ebenso wie technologische Nähe und Produktmarktnähe. D.h. Unternehmen mit Hauptsitz in einer Region profitieren von FuE-Aktivitäten anderer Unternehmen in der Region. Sie profitieren auch von der FuE anderer Unternehmen in anderen Regionen, allerdings umso weniger je weiter diese Region entfernt ist. Sie untersuchen ferner, ob sich der negative Effekt einer größeren geographischen Distanz über den Zeitverlauf verändert. Hierzu untersuchen sie einen separaten Effekt der Perioden 1980-1990 und 1991-2000. Im Gegensatz zu Keller (2002) finden sie jedoch *nicht, dass der Effekt der geographischen Distanz über die Zeit abgenommen hat.*

Jaffe et al. (1993) untersuchen erstmals die Veränderung von geografischen Spillovern im Zeitverlauf mittels Patentzitationen. Ihr Fokus liegt auf Universitätspatenten aufgrund der Annahme, dass diese besonders hohe Spillover erzeugen. Sie matchen Universitätspatente aus den Jahren 1975 und 1980 mit den Patenten der FuE-stärksten Unternehmen sowie mit den Patenten weiterer Unternehmen auf Basis des Anmeldejahres und der Technologieklasse. Anschließend identifizieren sie alle Zitationen dieser Patente bis 1989 (ohne Selbstzitationen). Um analysieren zu können, ob ein Patent vermehrt in der eigenen Region zitiert wird und ob sich dieser Effekt im Zeitverlauf verändert, assoziieren sie jedes Patent mit einem geografischen Standort (Land, US-Bundesstaat, und/oder US-Metropolregion) auf Basis der Erfinderinformationen. Sie finden Evidenz für eine stärkere Bedeutung lokaler Spillovers, da Zitationen häufiger von Patenten stammen, die aus dem gleichen Standort kommen wie das Patent, auf das referenziert wird (2-6 mal so häufig für gleiche US-Metropolregion, 2-mal so häufig für gleiche US-Bundesstaaten). Für unsere Fragestellung noch wichtiger ist der zweite Teil der Analyse, der sich mit der Frage beschäftigt, ob diese Lokalisierung von Zitationen im Zeitablauf zu- oder abnimmt. Dazu schätzen sie Probitmodelle für die Wahrscheinlichkeit, dass sich der Erfinder eines zitierenden Patents am selben Standort wie das zitierte Patent befindet und zwar getrennt für 1975 und 1980 angemeldete Patente getrennt Standorten. Wichtigste erklärende Variable ist der Zitationslag, der die Geschwindigkeit misst mit der das Wissen diffundiert. Ihre Ergebnisse zeigen für die 1975-Patent-Kohorte, dass die Bedeutung lokaler Spillovers mit der Zeit abnimmt. D.h. die Wahrscheinlichkeit, dass das zitierende und zitierte Patent aus der gleichen Region stammen nimmt mit späteren Zitationen ab. Dies gilt sowohl für Universitäts- als auch Unternehmenspatente. Für die 1980-Patent-Kohorte finden sie dagegen einen insignifikanten Koeffizienten des Zitationslags für die Metropolregionen und einen

signifikant positiven Koeffizienten für die Bundesstaaten. Dies würde auf eine zunehmende Bedeutung von lokalen Spillovers der 1980-Kohorte im Vergleich zur 1975-Kohorte hinweisen. Allerdings vermuten Jaffe et al. (1993), dass dies primär an dem kürzeren Zitationszeitraum der zweiten Kohorte liegt. Ein kürzerer Zitationslag für die 1980-Patent-Kohorte innerhalb der deskriptiven Statistik kann indes als stärkstes Indiz für eine *abnehmende Bedeutung der geografischen Distanz für Wissensspillover und damit tendenziell leichtere Diffusion von Wissen* gesehen werden.

Wie Jaffe (1993) untersuchen auch Griffith et al. (2011) den Einfluss geografischer Distanz auf die Diffusion von Wissen und ob sich dieser im Zeitverlauf verändert hat mittels Patentzitationen. Sie nutzen die NBER-USPTO-Patentdaten für den Zeitraum von 1975 bis 1999 und deren Vorwärts-Zitationen. Insgesamt umfasst ihr Datensatz mehr als 2,1 Millionen zitierter Patente. Auf Basis der Erfinder-Adresse identifizieren sie Patentanmeldungen und Patentzitationen aus USA, Japan, Frankreich, Deutschland, Großbritannien, Rest der EU und Rest der Welt. Ihre Hypothese ist, dass Ländergrenzen/geografische Distanzen eine Diffusion von Wissen erschweren und daher Patente eines Landes schneller Zitationen aus dem eigenen Land erhalten als aus anderen Ländern (Home Bias). Sie schätzen daher für jedes Patent die Dauer bis zur ersten (bzw. bis zur zweiten) Zitation mittels eines Verweildauermodells (mit und ohne FE und mit und ohne Berücksichtigung der Zensurierung der Zitationsdaten³⁰; Chamberlain 1985, Ridder und Tunali 1999). Der Effekt von Ländergrenzen wird mithilfe von Länderpaarvariablen³¹ gemessen. Ihre Ergebnisse bestätigen die Existenz eines Home Bias, der allerdings deutlich geringer in den FE-Modellen ausfällt. Separate Analysen für die Zeiträume 1975-1989 und 1990-1999 zeigen darüber hinaus, dass die Ländergrenzen für die Diffusion von Wissen in den Jahren 1975 bis 1989 eine deutlich größere Rolle gespielt haben. D.h. der Home Bias ist im Zeitverlauf gesunken, ein Indiz für eine schnellere internationale Verbreitung technologischen Wissens infolge gesunkener Kommunikations- und Reisekosten. Allerdings zeigen sich sektorspezifische Unterschiede. So spielen im IKT- und Pharmasektor Ländergrenzen/geografische Distanzen in beiden Perioden die gleiche Rolle. Dies indiziert, dass innerhalb dieser Sektoren eine Zunahme der Wichtigkeit von Agglomerationsvorteilen den abnehmenden Einfluss geografischer Distanz durch geringere Kommunikationskosten ausgleicht. Dies spricht wiederum für komplexer werdende Innovationen und eine damit einhergehende geringe Diffusion in diesen Sektoren.

³⁰ Die Zensurierung berücksichtigt, dass Patente, welche nahe am Ende der betrachteten Zeitperiode veröffentlicht wurden eine geringere Wahrscheinlichkeit haben, zitiert zu werden.

³¹ Beispielsweise nimmt die Dummyvariable für das Länderpaar Deutschland-USA den Wert eins an, wenn der Erfinder aus Deutschland kommt und das Patent in den USA zitiert wurde und null sonst.

Entgegen der Studien von Jaffe et al. (1993) und Griffith et al. (2011), die eine Zunahme geografischer Wissensspillover zeigen, stellt Li (2014) fest, dass geografische Spillover im Zeitverlauf abnehmen, nachdem man auf das Alter der Patentzitationen kontrolliert. Sie nutzen ebenfalls die NBER-USPTO-Patentdaten für die Jahre 1980-1997. Der geografische Standort eines Patents wird ebenfalls auf Basis des Wohnsitzes der Erfinder bestimmt und klassifiziert nach Metropolregionen und Ländern. Insgesamt werden 357 Regionen betrachtet. Mittels eines Gravity-Modells schätzen sie den Wissensfluss von einer Region in eine andere. Er ist definiert als die Anzahl an erhaltenen Patentzitationen einer Region aus einer anderen, gewichtet mit der Gesamtzahl an erhaltenen Zitationen, um auf die Wirtschaftsstärke und Größe der jeweiligen Region zu kontrollieren. Erklärende Variablen in Bezug auf die Distanz sind Dummyvariablen für Länder-, Bundesstaat- und Metropolregionsgrenzen sowie die geografische Distanz zwischen den größten Städten der einzelnen Regionen. Neben Regionen-, Technologie- und Jahr-FE, kontrolliert Li (2014) im Kontrast zu anderen Studien für das Alter der Patentzitationen. Er führt separate Regressionen für verschiedene Zeitperioden und Altersgruppen der Patentzitationen durch.³² Es zeigt sich, dass Wissensflüsse mit der geografischen Distanz abnehmen. Dabei gilt: Je älter ein Patent, d.h. je älter das Wissen, desto weniger spielt die geographische Distanz eine Rolle. Weitere Analysen zeigen jedoch, dass sich der Effekt, dass Wissensflüsse mit der geografischen Distanz abnehmen, über die Zeit noch verstärkt hat, wenn man jeweils gleich alte Patentzitationen miteinander vergleicht. Dies würde implizieren, dass die geografische Distanz insgesamt eine größere Hürde für Wissensspillover zu werden scheint. Li (2014) erklärt dies mit ansteigenden lokalen Wissensagglomerationen der einzelnen Regionen. Diese deuten komplexer werdende Innovationen an, für deren Adaption regionsspezifisches Wissen nötig ist.

3.2.3 Entwicklung absorptiver Fähigkeiten

Die Diffusion neuen Wissens und neuer Technologien hängt nicht nur von Wissensspillovern per se ab, sondern auch von der Fähigkeit der Unternehmen sich dieses externe Wissen anzueignen. Diese sogenannten absorptiven Fähigkeiten basieren beispielsweise auf den Fähigkeiten und Qualifikationen der Beschäftigten und dem durch FuE generierten Wissensstock, der es einem Land, einer Industrie oder einem Unternehmen ermöglicht externes neues Wissen sich anzueignen und umzusetzen (Cohen und Levinthal 1990). Je

³² Betrachtete Zeitperioden: 1980-1989 und 1990-1997 bzw. 1980-1984, 1985-1989, 1990-1994 und 1995-1997. Das Alter wird bestimmt auf Basis des Jahres der Patentgewährung des zitierenden Patents und wird eingeteilt in 0-1, 2-3, 4-5, 6-7, 8-9, 10-14 und 14-19 Jahre.

komplexer die Innovationen anderer Unternehmen werden, desto mehr absorptive Fähigkeiten benötigen die Unternehmen, um das Wissen anderer zu erkennen, zu assimilieren und im eigenen Unternehmen anzuwenden. D.h. sie gewinnen an Bedeutung, je komplexer die technologische Entwicklung wird. Kann die Entwicklung absorptiver Fähigkeiten nicht mit der allgemeinen technologischen Entwicklung Schritt halten, dann verlangsamt sich die Diffusion neuen Wissens, neuer Technologien und von Innovationen.

Verschiedene empirische Studien haben einen *positiven Effekt des Humankapitals auf die Produktivität* bestätigt. So haben z.B. Black und Lynch (1996) für amerikanische, Konigs und Vanormelingen (2009) für belgische und Crass und Peters (2016) für deutsche Unternehmen einen positiven Einfluss von Weiterbildungsaufwendungen auf die Produktivität gefunden. Für den Anteil hochqualifizierter Beschäftigter zeigen dies in ähnlicher Weise Black und Lynch (2001) für amerikanische Unternehmen, Crass und Peters (2016) für deutsche Unternehmen und Bartelsman et al. (2015) für niederländische und deutsche Unternehmen. Die Studie von Bartelsman et al. (2015) zeigt darüber hinaus mittels Quantilsregressionen, dass die Produktivitätserträge aus Humankapital heterogen sind und dass in beiden Ländern die produktivsten Unternehmen am stärksten vom Humankapital profitieren. Dies gilt auch für die meisten Sektoren mit Ausnahme der wissensintensiven Dienstleister in den Niederlanden. Auffällig ist, dass im Low-Tech-Sektor weniger produktive Unternehmen mit vermeintlich geringeren absorptiven Fähigkeiten nicht in Form höherer Produktivität von qualifizierten Mitarbeitern profitieren. Alle diese genannten Studien erlauben es aber nicht zu differenzieren, inwieweit der positive Produktivitätseffekt des Humankapitals einen direkten Effekt reflektiert und/oder die Rolle des Humankapitals für die absorptiven Fähigkeiten und damit einen indirekten Effekt widerspiegelt.

Verschiedene Studien haben sich jedoch auch speziell mit *der Bedeutung der absorptiven Fähigkeiten* beschäftigt und sie belegt. Griffith et al. (2004) waren eine der ersten, die explizit die Bedeutung von eigener FuE-Tätigkeit zum Aufbau absorptiver Fähigkeiten gezeigt haben. TFP-Wachstum hing in ihrer Modellspezifikation nicht nur von der eigenen FuE-Intensität und der Distanz zur technologischen Grenze (als Maß für das Potenzial an Wissensspillovern) ab, sondern auch von dem Interaktionsterm beider Größen. Auf Basis von Daten für 14 Industrien und 12 OECD-Ländern haben sie einen signifikanten Interaktionseffekt gefunden, der zeigt, dass externes Wissen einen umso stärkeren Produktivitätseffekt ausübt, je mehr eigene FuE durchgeführt wird. Griffith et al. (2003) haben später gezeigt, dass diese reduzierte Form-Modellspezifikation von einem strukturellen Modell mit endogenem Wachstum und Innovation hergeleitet werden kann. Ähnliche Ergebnisse finden z.B. Guellec und van Pottelsberghe (2002) für die Interaktion von eigener FuE und ausländischen Wissen. Harhoff (2000) und Peters et al. (2009) finden in ihrer Studie ebenfalls eine signifikante Interaktion zwischen internem und externem FuE-Wissenskapital

und damit Evidenz für die Bedeutung von absorptiven Fähigkeiten für deutsche Unternehmen.

Nicht spezifisch FuE-Kapital sondern allgemeiner Humankapital als Proxy für absorptive Fähigkeiten nutzen z.B. Bournakis et al. (2015). Sie analysieren den Effekt von Wissensspillovern auf das Wachstum der Arbeitsproduktivität auf Industrieebene in Abhängigkeit von dem Humankapital einer Industrie als Maß für die absorptiven Fähigkeiten. Sie nutzen dazu EU-KLEMS, OECD-ANBERD und OECD-STAN-Bilateral-Trade-Daten für 14 Länder und 13 Industrien des verarbeitenden Gewerbes im Zeitraum 1987-2007. Sie differenzieren zwischen interindustriellen nationalen und internationalen Wissensspillovern, gemessen als gewichtete Summe der FuE-Ausgaben anderer heimischer Industrien bzw. der ausländischen FuE-Ausgaben.³³ Humankapital wird gemessen als Anteil der Beschäftigten mit einem tertiären Abschluss. Ihre Ergebnisse auf Basis von OLS- und IV-Schätzungen (gelaggte Werte als Instrumente) bestätigen, dass hoch qualifizierte Beschäftigte einen positiven direkten Effekt auf die Arbeitsproduktivität haben. Darüber hinaus haben sie aber auch einen signifikanten indirekten Effekt, denn sie sind Voraussetzung dafür, um von internationalen Wissensspillovern zu profitieren. Bournakis et al. (2015) zeigen darüber hinaus, dass absorptive Fähigkeiten insbesondere für High-Tech-Industrien wichtig sind, um von Wissensspillovern zu profitieren. Keine signifikanten Resultate finden sie dagegen für Low-Tech-Industrien. Sie führen dies auf im Allgemeinen zu geringe absorptive Fähigkeiten in Low-Tech-Industrien zurück, um von internationalem Wissen zu profitieren.

Die genannten Studien zeigen, dass Unternehmen absorptive Fähigkeiten benötigen, um sich externes Wissen und Innovationen schnell aneignen zu können und um es im eigenen Unternehmen umsetzen zu können, z.B. für eigene Innovationen. Unseres Wissens nach gibt es allerdings keine Studie, die explizit untersucht, ob die Bedeutung absorptiver Fähigkeiten im Zuge der zunehmenden Komplexität von Innovationen zugenommen hat.

3.2.4 Winner-Takes-It-All-Wettbewerb und Produktivitätsdivergenz

Neben der mangelnden Diffusion von Innovationen führen Andrews et al. (2016) die steigende Divergenz der Produktivität zwischen Frontierunternehmen und Laggard-Unternehmen darauf zurück, dass digitale Technologien zu mehr Winner-Takes-It-All-Wettbewerb führen. Andere Studien, die direkt den Zusammenhang der Produktivitätsdivergenz

³³ Gewichtet nach der technologischen Nähe zwischen Industrien für interindustrielle nationale Spillovers bzw. auf Basis der Importanteile einer Industrie aus dem jeweiligen Ausland. Für die Definition des internationalen Wissensspilloverpools nutzen sie darüber hinaus verschiedene Annahmen wie schnell zugänglich durch FuE generiertes internationales Wissen ist.

von Unternehmen und Winner-Takes-It-All-Wettbewerb analysieren, existieren unseres Wissens nach nicht. Zweitbeste Alternative ist die Analyse des Einflusses der aus den Winner-Takes-It-All-Dynamiken entstehenden Marktmacht auf die Produktivitätsentwicklung von heterogenen Unternehmen. Ein positiver Effekt einer steigenden Marktmacht auf die Divergenz der Unternehmensproduktivität wäre ein Indikator für Winner-Takes-It-All Dynamiken als Grund für die Produktivitätsdivergenz. Allerdings gibt es auch hier nur eine begrenzte Anzahl an Untersuchungen neben der bereits vorgestellten Studien von Andrews et al. (2016), zeigen auch Andrews und Westmore (2014), dass wettbewerbsfördernde Produktmarktregulierungen einen positiven Effekt auf das TFP-Wachstum haben und die Produktivitätsdivergenz vermindern.

Ito und Lechevalier (2009) analysieren die Gründe für eine Divergenz der Unternehmensproduktivitäten in Japan auf Industriebene. Dazu greifen sie auf die Ergebnisse einer ausführlichen jährlichen Unternehmensumfrage des japanischen Ministeriums für Wirtschaft, Handel und Industrie zurück. Der verwendete Datensatz umfasst circa 23.000 Unternehmen und reicht von 1994 bis 2003. Dies genügt in Kombination mit der Japan-Industrial-Productivity-Datenbank, um eine Divergenzanalyse für insgesamt 30 Industrien durchzuführen. Die Produktivitätsdivergenz ist definiert als der Unterschied des 90%- und 10%-Perzentils der Arbeitsproduktivität in einer Industrie.³⁴ Es zeigt sich, dass neben hohen Export- und Importaktivitäten auch eine steigende Marktmacht von Unternehmen die Produktivitätsdivergenz erhöht.³⁵ Als Maß für die Wettbewerbsintensität dient dabei der Herfindahl-Hirschmann-Index. Dieses Ergebnis ist robust in Hinblick auf verschiedene Definitionen der Divergenz, Analyse von Teilstichproben und IV-Regressionen. Sie lassen darauf schließen, dass in Marktmacht resultierender Winner-Takes-It-all-Wettbewerb eine Divergenz der Produktivität von Unternehmen bestärkt und damit potenziell zu einer Verlangsamung der gesamtwirtschaftlichen Produktivität beitragen kann.

Ein einem ähnlichen Ergebnis kommt Martin (2008), wenngleich mit einem anderen methodischen Ansatz. Er entwickelt zunächst einen Schätzer, der es ihm erlaubt Preisaufschläge zu schätzen bei unvollkommenen Wettbewerb, flexiblen Produktionstechnologien, und unterschiedliche Skalenerträgen. Er kombiniert dazu die Methoden von Olley und Pakes (1996) und Klette und Griliches (1996) zur Berechnung von TFP. Unter Verwendung von Unternehmensdaten für Großbritannien für die Jahre 1980-2000, schätzt er entsprechende Preisaufschläge. Ebenso wie Ito und Lechevalier (2009) definiert er die

³⁴ Der Wert wird mit der Median-Produktivität der Industrie skaliert, um Größeneffekte zu vermeiden.

³⁵ Wettbewerbsintensität ist gemessen mit Hilfe des Herfindahl-Hirschmann-Index.

Produktivitätsdivergenz als den Unterschied des 90%- und 10%-Perzentils der TFP in einer Industrie, und zeigt anschließend eine positive signifikante Korrelation der TFP-Divergenz einer Industrie mit den konstanten Preisaufschlägen der Industrie. Kritisch anzumerken ist, dass die Preisaufschläge als konstant über den betrachteten Zeitraum für die jeweilige Industrie angenommen wird und das Ergebnis nur einer Between-Regression basiert, welche die Daten über Industrien und Jahre hinweg mittelt.³⁶

3.2.5 Fazit

Die Studie von Andrews et al. (2016) unterstreicht, dass die Heterogenität des Produktivitätswachstums zwischen Unternehmen bei der Betrachtung des Productivity Slowdowns berücksichtigt werden sollte. Ihrer Analyse zufolge weisen Frontier-Unternehmen ein deutlich höheres Wachstum der Arbeitsproduktivität auf als Laggard-Unternehmen und dieser Unterschied ist im Wesentlichen auf Unterschiede im TFP-Wachstum zurückzuführen. Wenngleich sie die Ursachen nicht stringent testen, so liefern ihre weiteren Analysen indirekte Evidenz dafür, dass dies sowohl an einer mangelnden Diffusion von Innovationen zwischen Frontier- und Laggard-Unternehmen als auch an zunehmenden Winner-Takes-It-All-Wettbewerben liegt.

Martin (2008) und Lechevalier (2009) zeigen beide, dass eine steigende Marktmacht die Divergenz der Produktivität zwischen Unternehmen erhöht. Allerdings ist nicht klar festzustellen, ob eine steigende Marktmacht tatsächlich von Winner-Takes-It-All-Wettbewerben herrührt, sie könnten aber ein Indiz dafür sein. Auch ein Zusammenspiel von Winner-Takes-It-All-Wettbewerb und komplexer werdenden Innovationen ist nicht auszuschließen, falls Unternehmen mit Marktmacht auch die höchsten absorptiven Fähigkeiten besitzen. Allerdings zeigen Andrews und Westmore (2014) und Andrews et al. (2016), dass auch externe Produktmarktregulierungen, die die Marktmacht fördern, die Divergenz der Produktivität verstärken.

Im Hinblick auf die Hypothese einer langsameren oder mangelnden Diffusion von Innovationen, ist ein abschließendes Urteil aufgrund sehr heterogener Ergebnisse nicht einfach. Die Diffusion neuen Wissens hängt sowohl von Wissensspillovern ab als auch von den absorptiven Fähigkeiten von Unternehmen. Produktivitätsstudien, die sich die Entwicklung von Wissensspillovern allgemein ansehen, weisen eher in Richtung konstanter oder steigender Wissensspillover als auf rückläufige Spillovers hin, so z.B. Peters (2009) in Kombination mit Harhoff (2000), Lucking et al. (2017) in Kombination mit Bloom et al.

³⁶ Er betrachtet 82 3-Steller-Industrien.

(2013), Wolff (2011), wengleich Bernstein und Nadiri (1998, 1991) heterogene Spilloverentwicklungen für einzelne Industrien feststellen. In Bezug speziell auf geografische Wissensspillover sind die Ergebnisse der verschiedenen Studien heterogener. Während Jaffe et al. (1993), Keller (2002) und Griffith et al. (2011) einen Anstieg von geografischen Wissensspillovern über die Zeit finden, identifizieren Lychagin et al. (2016) gleichbleibende und Li (2014) sogar sinkende Wissensspillover. Die möglichen Gründe für diese differenzierten Ergebnisse sind leider vielseitig. Zum einen sind die Vorgehen und Datensätze der verschiedenen Analysen heterogen. Zum anderen können sie sich auch aufgrund der sich entgegenwirkenden Effekte von vermeintlich niedrigeren Kommunikationskosten und komplexer werdenden Innovationen entwickeln. Das zweite Argument wird insbesondere dadurch bestärkt, dass Griffith et al. (2011) nur für den Pharma- und IKT-Sektor keine Steigerung der Wissensspillover feststellen, in welchen die Komplexität von Innovationen vermeintlich besonders hoch ist. Die Ergebnisse von Li (2014) untermauern dies noch weiter. Er stellt fest, dass die geografische Agglomeration von Wissen zugenommen hat und ältere und vermeintlich relativ einfache Innovationen einfacher diffundieren.

Ob absorptive Fähigkeiten angesichts zunehmender technologischer Komplexitäten aber auch zunehmender Open-Innovation-Strategien an Bedeutung gewonnen haben, wurde unseres Wissens nach in der Literatur bislang nicht gezeigt, kann aber vermutet werden. Die Frage, wie sich die absorptiven Fähigkeiten der Unternehmen in der Zeit entwickelt haben, dürfte vielleicht am ehesten an Hand der gängigen Proxys für absorptive Fähigkeiten – Innovations- und FuE-Aktivitäten und Humankapital – abzulesen sein. Die rückläufige Innovationsneigung gerade unter den KMU (siehe Abschnitt 3.1.1) dürfte hier bedenklich stimmen, da sie nicht nur einen direkten Produktivitätseffekt hat, sondern einhergeht mit der Stagnation oder gar dem Verlust absorptiver Fähigkeiten, die mittel- und langfristig zu einer langsameren Diffusion neuer Technologien beitragen dürfte.

Die Studie von Andrews et al. (2016) verkennt darüber hinaus eine mögliche dritte Ursache für die zunehmende Divergenz der Produktivität, die in einer rückläufigen Innovationsfähigkeit der Laggard-Unternehmen begründet liegen könnte. Unabhängig von Wissensspillovern zwischen Frontier- und Laggard-Unternehmen können andere Gründe Laggard-Unternehmen dazu verleiten, weniger in Innovationen zu investieren oder sich vollständig aus Innovationsaktivitäten zurückzuziehen. Auch dies würde zu einer steigenden Produktivitätsschere zwischen beiden Gruppen beitragen. Ob der aktuell zu beobachtende Rückgang der Innovationsfähigkeit in vielen Ländern primär Frontier- oder Laggard-Unternehmen betrifft lässt sich aber bislang nicht sagen.

Vor diesem Hintergrund ist ein Ergebnis der Studie von Andrews et al. (2016) besonders interessant, das sie selber allerdings kaum beachten. So zeigen ihre Analysen, dass der Produktivitätsrückgang ab 2008 vor allem die Frontier-Unternehmen betrifft, bei denen das durchschnittliche Wachstum von rund 4-5% auf etwa 1% fällt. Bei Laggard-Firmen fällt der Produktivitätsrückgang dagegen vergleichsweise gering aus (von 0,6% auf etwa 0%). Wenngleich die Frontier-Unternehmen auf Grund ihrer geringeren Anzahl wenig zum aggregierten Produktivitätswachstum beitragen, so ist es doch eine offene Frage, warum das Produktivitätswachstum bei ihnen besonders stark eingebrochen ist.

Abschließend sei erwähnt, dass neben den im Fokus unserer Untersuchung liegenden Aspekten noch weitere Einflussfaktoren existieren, die zum Verständnis der Produktivitätsdivergenz beitragen, aber nicht untersucht wurden. So zeigen Andrews et al. (2015) und Bartelsman et al. (2008) beispielsweise, dass eine Unterscheidung zwischen einer nationalen und internationalen Produktivitätsobergrenze zu neuen Erkenntnissen führt. Sie finden heraus, dass nationale Laggard-Unternehmen insbesondere noch von nationalen Frontier-Unternehmen lernen können. Die Fähigkeit von internationalen Frontier-Unternehmen zu lernen nimmt mit steigender Produktivitätsdivergenz indes ab. Maggioni (2013) untersucht italienische Unternehmen und findet, dass Globalisierung zwei entgegen gerichtete Effekte auf die Divergenz der Unternehmensproduktivität ausübt. Zum einen führt ein verstärkter internationaler Wettbewerb dazu, dass die unproduktivsten aus dem Markt fallen, weshalb sie die Produktivitätsdivergenz verringert und die Marktmacht der Unternehmen in den heimischen Industrien verstärkt. Zum anderen führt eine größere Verfügbarkeit von Zwischenprodukten aus Industrienationen scheinbar zu einer größeren Produktivitätsdivergenz, aufgrund potenzieller Adaptationsproblemen der weniger produktiven Unternehmen.

3.3 Noch nicht voll entfaltete technologische Potenziale im Bereich digitaler Technologien

3.3.1 Hypothese von der Wachstumsbeschleunigung in der ökonomischen Literatur

Nicht wenige Beobachter erwarten gegenwärtig, dass die Digitalisierung das Produktivitätswachstum in den kommenden Jahren und Jahrzehnten dramatisch erhöhen wird. Nordhaus (2008, S. 3) bezeichnet diese Erwartung als „Singularitätshypothese: „The idea here is that rapid growth in computation and artificial intelligence will cross some boundary or singularity, after which economic growth will accelerate sharply as an ever-increasing pace of improvements cascade through the economy.“

In den Wirtschaftswissenschaften wird diese Erwartung am prominentesten in den Büchern von Brynjolfsson und McAfee (2011, 2014, 2017) geäußert. Die populärwissenschaftlichen Bücher von Brynjolfsson und McAfee setzen eher auf Suggestion als auf empirische Analysen, um zu untermauern, dass die Digitalisierung großes Potential für das Wirtschaftswachstum bietet, wobei sie allerdings durchaus eine größere Zahl von wissenschaftlichen Studien zitieren. Aus wachstumstheoretischer Sicht sind insbesondere drei Argumente relevant:

1. Die Substituierbarkeit zwischen Computern und menschlicher Arbeit steigt an (siehe dazu auch die einflussreiche Studie von Frey und Osborne 2017).
2. Der exponentielle Anstieg der Leistungsfähigkeit von Computern seit den 1960ern erreicht gegenwärtig Maße, die in der eher linear ausgerichteten menschlichen Wahrnehmung als gänzlich neue Größenordnung wahrgenommen wird.
3. Da Information und Wissen nicht-rivalisierend sind, profitieren Innovationen mit der steigenden Vernetzung der Weltbevölkerung in größerem Ausmaß als zuvor von steigenden Skalenerträgen.

Ebenfalls viel Beachtung gefunden hat das Buch des schon lange Zeit außerhalb des wirtschaftswissenschaftlichen Mainstreams publizierenden Rifkin (2014) über die „Zero Cost Economy“. Die Begründung dieser und ähnlicher Arbeiten fußt zum einen auf schnellem Fortschritt in der Informationstechnologie und der technischen Ermöglichung von Prozessen, die zuvor nicht oder nur unter sehr großem zeitlichem und monetärem Aufwand automatisierbar waren. Zum anderen fußt sie auf den ökonomischen Eigenschaften von Informationen und Informationstechnologien. Direkte empirische Evidenz dafür, dass sich eine Beschleunigung des Produktivitätsfortschritts anbahnt, gibt es bisher nicht. Etwas erinnert fühlt man sich somit gegenwärtig an das vielzitierte Produktivitätsparadoxon von Solow (1987) „You can see computers everywhere but in the productivity statistics“, das er eigentlich eher beiläufig in einer Zeitung im Verlauf einer Buchbesprechung geäußert hatte. Solows damalige Beobachtung kann durch den nachfolgenden Produktivitätsanstieg ab den 1990ern bis ca. 2004 (insbesondere in den USA und Großbritannien, siehe u.a. Cardona et al. 2013) als widerlegt gelten. Ob man, wie 1987, nur abwarten muss und die Produktivitätswirkungen der bereits überall sichtbaren neuen technologischen Möglichkeiten, wie z.B. Smartphones, Fortschritte bei Robotern und Drohnen oder Big Data-Analysen, in fünf bis zehn Jahren sehen wird, kann zur Zeit nur der Gegenstand von Vermutungen sein.

Von einem „productivity miracle“ nach 1995 in US-amerikanischen Unternehmen und deren ausländischen Niederlassungen sprechen Bloom et al. (2012). Auf Basis von mikroökonomischer Evidenz zeigen sie, dass diese Unternehmen dank besserer Managementpraktiken erfolgreicher darin sind, die Möglichkeiten der Digitalisierung auszunutzen. Die jüngste Produktivitätsentwicklung deutet aus unserer Sicht jedoch nicht darauf hin, dass über die ersten Jahre der 2000er hinaus hier eine differentielle Wachstumswirkung auf makroökonomischer Ebene ausgemacht werden kann. Die höhere Outputelastizität von immateriellem Kapital in IT-intensiven Sektoren wird auch von Chen et al. (2016) unterstrichen. Es erscheint also plausibel, dass bisher unerschlossene Potentiale der Digitalisierung vor allem dort realisiert werden können, wo viel in R&D, organisatorisches Kapital, firmenspezifisches Humankapital und andere immaterielle Vermögenswerte investiert wird. Branstetter und Sichel (2017) argumentieren in einem Policy Brief, dass die gemessenen Innovationen im digitalen Bereich sowie die Investitionen in immaterielle Vermögenswerte bisher unterschätzt werden (siehe auch Abschnitt 3.6 zu Messproblemen). Sie behaupten zwar nicht, dass damit gegenwärtig das Wachstum der Arbeitsproduktivität in den USA drastisch unterschätzt wird, sehen aber Anzeichen dafür, dass viele Beobachter das schon vorhandene Potential für künftiges Wachstum unterschätzen. Dies gilt aus ihrer Sicht ausdrücklich auch für Bereiche außerhalb des verarbeitenden Gewerbes. Sie illustrieren vier Beispiele: die Digitalisierung des Gesundheitswesens, den Einsatz von Robotern in Dienstleistungsbranchen, e-Learning und die Internationalisierung. Insgesamt beziffern sie in verschiedenen Szenarien den Anstieg der Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität, den sie dank dieser Entwicklungen in den USA für möglich halten, mit einem halben bis einem Prozentpunkt. Diese Szenarien seien durchaus realistisch und immer noch weit entfernt von „unconstrained techno-enthusiasm“ (S.8). Forschungsarbeiten, die im Hintergrund dieser Überlegungen stehen, sind u.a. ein Papier über Halbleiterpreise (Byrne et al. 2017). Der Policy Brief ist exemplarisch für eine Reihe von mittelfristigen Einschätzungen, die auf Gordon (2012, 2016) reagieren und optimistischere Szenarien entwickeln.

Dies tut auch Crafts (2017), der die Folgen der Finanzkrise von 2008 sowie zu wenig wachstumsorientierte Angebotspolitik zu den überwindbaren Ursachen des schwachen Produktivitätswachstums in den USA und Europa zählt. Weiterhin weist er darauf hin, dass bei Wellen radikaler Innovation auch in der Vergangenheit bereits beobachtete Produktivitätsentwicklungen keine guten Prognosen für künftige Produktivitätsentwicklungen lieferten. In einer ähnlichen Weise sieht Van Ark (2016) die digitale Ökonomie noch in der „installation phase“ und noch nicht in der „deployment phase“ (S.3). Die eher theoretische Möglichkeit eines explosiven Wachstums der Arbeitsproduktivität steht nicht im

Mittelpunkt dieser eher nicht-technisch gehaltenen Veröffentlichungen, aber die mittelfristige Rückkehr zu einem Wachstum der Arbeitsproduktivität von 2 Prozent wird doch für möglich gehalten.

Eine radikalere Vision des künftigen Wachstums entwirft Hanson (2008). Er sieht einige wenige Punkte der „Singularität“ in der Menschheitsgeschichte, zu denen er die landwirtschaftliche und die industrielle Revolution zählt. Ein Maßstab für eine Singularität sieht er in der Verkürzung des Zeitraums, in dem sich weltwirtschaftlicher Output verdoppelt. Er hält es zumindest für vorstellbar, dass dieser Zeitraum sich von 15 Jahren auf wenige Wochen verkürzt und dass das Wirtschaftswachstum damit jedes bisher bekannte Maß sprengt. Diese und ähnliche Visionen wurden bisher eher in Publikationen der Computerwissenschaften als in der Ökonomie geäußert (siehe nächster Abschnitt).

In einer überwiegend qualitativen und deskriptiven Studie argumentiert Archibugi (2017), dass angesichts der gegenwärtigen Debatte über Digitalisierung das Potential der Biotechnologie für radikale Innovation in den kommenden Jahren und Jahrzehnten möglicherweise unterschätzt wird.

3.3.2 Die Thesen von Singularität und Superintelligenz außerhalb der ökonomischen Literatur

In technisch inspirierten Schriften über künftige Potentiale des Wirtschaftswachstums wird häufig auf das Konzept der Superintelligenz verwiesen, um die Möglichkeit eines singularär hohen Wachstums zu begründen.

Mit dem Verweis auf Moore's Law argumentiert Bostrom (2006), dass das untere Ende der Computer-Kapazität, die der Leistung des menschlichen Gehirns entspricht, bereits erreicht worden sei und dass das obere Ende vermutlich in den 2020er Jahren erreicht werde. Dies ist ein zentraler Bestandteil von „Superintelligenz“ der Technologie. Die Leistungsfähigkeit künstlicher Intelligenz wird auch in Kurzweil (2005 und 2011) beschrieben.

Allen (2011), Mitbegründer von Microsoft, widerspricht diesen Thesen in seinem Essay „The Singularity Isn't Near“. Technischer Fortschritt sei ein ungleichmäßiger und komplexer Prozess, der nicht den kontinuierlichen Wachstumsanstieg ermöglicht, der zum Erreichen einer Singularität nötig wäre. Fortschritt selbst ist nicht automatisierbar, sondern folgt „from the unpredictable nature of human ingenuity and discovery“ (S. 8). Er vermutet, dass auch bis zum Ende des 21. Jahrhunderts keine Singularität des Wirtschaftswachstums in Sicht sein wird.

Die Prägung der Begriffe Singularität und Superintelligenz wird dem amerikanischen Mathematiker John von Neumann zugeschrieben, es gibt laut Nordhaus (2008) jedoch nur wenige schriftliche Belege hierfür.

3.3.3 Die Singularitätshypothese in einem einfachen Modell des Strukturwandels

Wie Nordhaus in seinem Paper „Are we approaching an economic singularity“ (2015) feststellt, ist die sogenannte Singularitätshypothese bisher vorwiegend in der Informatik und den Ingenieurwissenschaften diskutiert und liest sich für viele Ökonomen eher wie „Science Fiction“. In ihrer radikalen Variante besagt die Singularitätshypothese: „[R]apid improvements in computation and artificial intelligence (AI) have the potential to increase its productivity and breadth to the extent that human labor and intelligence will become increasingly superfluous.“ (Nordhaus 2015, S.2). Gemessen an rein technischen Standards hat sich die Leistungsfähigkeit von Computern seit ihrer Entstehung in geradezu astronomischem Maße verbessert, beispielsweise, wenn man die Kosten von Rechenoperationen pro Sekunde betrachtet. Als ein Meilenstein wird angesehen, dass Computer in naher Zukunft die „Computing Capacity“ des menschlichen Gehirns erreichen. Geschwindigkeit von Computeroperationen kann zwar nicht unmittelbar in menschliche Intelligenz übersetzt werden und auch die Kosten dieser Computer sind zunächst noch sehr hoch. Gleichwohl sehen Experten hier das „Rohmaterial“ (Nordhaus, S.4.) für eine radikale Beschleunigung des Produktivitätswachstums. Diese Visionen sind nicht neu, sondern werden spätestens seit Beginn des Computerzeitalters, oder wenn man die Thematik noch weiter fast bereits seit Beginn der industriellen Revolution diskutiert.

Nordhaus unternimmt den Versuch, die Singularitätshypothese in eine einfache ökonomische Modellformulierung zu überführen und anhand US-amerikanischer Daten zu überprüfen, ob sich eine drastische Beschleunigung des Produktivitätswachstums anbahnt oder in absehbarer Zukunft plausibel ist. Dieser Ansatz wird im Folgenden etwas ausführlicher dargestellt.

Nordhaus' stark stilisiertes Modell baut auf der Beobachtung auf, dass menschlicher Nutzen heutzutage in den meisten Fällen nicht durch Information alleine entsteht, sondern eine materielle Komponente (menschliche Arbeit, natürliche Ressourcen, Energie) enthält. Eine notwendige Bedingung für ein rasantes Ansteigen des Wirtschaftswachstums besteht darin, dass Information und Inputs mit einer materiellen Komponente in Produktion oder Konsum hinreichend substituierbar sind. Ist dies beides nicht der Fall, so bleibt das Wirtschaftswachstum auch bei großen Fortschritten in der Informationstechnologie begrenzt. Aus Nordhaus Sicht ist die Singularitätshypothese somit die Umkehr der Hypothese der Baumol'schen Kostenkrankheit (siehe Abschnitt 3.5). Singularität kann somit ökonomisch

als eine Spielart von Strukturwandel verstanden werden. Wenn man einen Sektor „Information“ mit hohem Produktivitätswachstum und einen Sektor „materielle Konsumgüter“ mit niedrigem (im Extremfall gar keinem) Produktivitätswachstum hat und beide Outputs konsumiert werden, hängt das aggregierte Konsumwachstum bei einer Einkommenselastizität von eins davon ab, wie preiselastisch die Nachfrage nach den Konsumgütern ist.³⁷ Wenn sie kleiner als eins ist, sind die Konsumgüter schwer substituierbar und der nominale Anteil der materiellen Konsumgüter wird immer weiter steigen. Das Gesamtwachstum des Konsums wird damit gegen null streben. Ist die Preiselastizität größer eins, wird das Gegenteil passieren und das Gesamtwachstum des Konsums wird sich an die Wachstumsrate im Informationssektor anpassen. Empirisch überprüft Nordhaus, anhand von US-amerikanischen Daten für 1929 bis 2012 und einzelne Teilperioden, ob der Konsumausgabenanteil für Sektoren mit überdurchschnittlichem Preisverfall steigt oder fällt. Diese Analyse gibt keinen eindeutigen Hinweis auf eine preiselastische Nachfrage. Auch in Bezug auf informationsintensive Sektoren lässt sich diese aus Nordhaus' Sicht nicht feststellen. Sektoren mit schnellem Preisverfall weisen durchschnittlich eher einen leichten Rückgang im Ausgabenanteil auf als einen Anstieg, der im Modell eine Voraussetzung für eine „Singularität“ ist.

Analoges lässt sich auf der Angebotsseite untersuchen. Die Rolle, die auf der Nachfrageseite die Preiselastizität des Konsums spielte, spielt nun die Substitutionselastizität zwischen informations- und materiell-basierten Inputs in der Produktion. Ist diese größer als eins, so steigt der Einkommensanteil der Informationsinputs am Gesamteinkommen. Wenn die produktive Leistung der Informationsinputs immer höher wird, ist dies mit explosivem Wachstum des Outputs (und damit bei konstanter Bevölkerungswachstumsrate auch des Outputs pro Kopf) verbunden. Nordhaus stellt mehrere Implikationen des Modells dar, die bei einer Singularität auf der Angebotsseite eintreten würden: beschleunigtes Produktivitätswachstum, eine steigende Einkommensquote von (Informations-)Kapital, ein beschleunigter Verfall der Preise von (Informations-)Kapital, ein steigendes Kapital-Output-Verhältnis und ein steigendes Lohnwachstum. Für die meisten dieser Implikationen sieht er in den US-Daten keine Evidenz, für den steigenden Kapitaleinkommensanteil eine schwache.

Interessant ist in diesem einfachen Modell die Umkehr in den Interpretationen: Während in ähnlichen Modellen, die die Baumol'sche Kostenkrankheit untersuchen (siehe Nordhaus 2008), die immateriellen Produkte als diejenigen mit geringer Produktivitätssteigerung angesehen werden (typisches Beispiel sind personenbezogene Dienstleistungen), werden

³⁷ Bei mehr als zwei Sektoren kann die Annahme über die Einkommenselastizität abgeschwächt werden.

nun Informationen als prototypisches immaterielles Gut mit hohen Produktivitätssteigerungsraten präsentiert. Wachstumsmotor in Nordhaus' Modell sind jeweils exogene konstante sektorale TFP-Wachstumsraten, die sich im Fall einer Singularität je nach Modellierung in einer gesamtwirtschaftlichen hohen konstanten oder explosiven Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität niederschlagen. Das Explodieren des Wachstums hängt damit zusammen, dass mit Informationen als Input wieder neue Informationen produziert werden können und dass dieses Informationskapital, anders als das Sachkapital im Solowmodell, in seiner Produktivität über die Zeit hinweg zunimmt.

Es kann zusammengefasst werden, dass optimistische Einschätzungen über noch realisierbare Potentiale der Digitalisierung drei Faktoren hervorheben: (1) frühere Evidenz über sogenannte General Purpose Technologies, (2) Indikatoren über Innovation, technischen Fortschritt im Bereich digitaler Technologien und immaterielle Investitionen und (3) Verweis auf nicht-technologische Hemmnisse, wie z.B. ungeeignete politische Rahmenbedingungen. Aus unserer Sicht kann keine Arbeit dabei mit harten „Vorlaufindikatoren“ von absehbarem künftigem Produktivitätswachstum aufwarten, jedoch ist dies wegen der Unsicherheit des Innovationsprozesses auch grundsätzlich kaum möglich. Kernargument ist, dass es auf der anderen Seite auch für eine pessimistische Prognose keine belastbare Evidenz gibt, obwohl der bisherige Rückgang des Produktivitätswachstums in seinem Trend als statistisch gesichert gelten kann.

3.4 Fehlende Qualifikation der Beschäftigten zur Ausnutzung technologischer Potenziale v.a. im Bereich digitaler Technologien

Fehlende Qualifikationen der Beschäftigten im Umgang mit digitalen Technologien können auf unterschiedliche Weise eine mögliche Erklärung für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums darstellen (siehe u.a. OECD 2016, S. 5):

1. Eine steigende Diskrepanz zwischen Angebot und Nachfrage von IT-Fachkräften (Softwareentwickler, Administratoren etc.) – IT-Fachkräftemangel („*Skill Shortage*“).
2. Eine steigende Diskrepanz zwischen den Anforderungen und der Verfügbarkeit von IT-Kenntnissen und Fähigkeiten der übrigen Beschäftigten – „*Skill Mismatch*“ („*Skill Deficit*“/„*Skill Gap*“). Diese steigenden Diskrepanz kann zwei Ursachen haben:
 - a) Steigende Anforderungen bezüglich der IT-Kenntnisse und Fähigkeiten an die übrigen Beschäftigten, die bereits seit längerer Zeit mit IKT arbeiten.

- b) Die fortschreitende Diffusion von IKT in Unternehmensbereiche, die zuvor größtenteils ohne IKT auskamen und in denen daher IT-Kenntnisse und Fähigkeiten bislang nicht vonnöten waren.
3. Durch den vermehrten Einsatz von IKT gestiegene Anforderungen an komplementäre Kompetenzen.

Insgesamt zeigt sich, dass es **kaum** direkte ökonomische Befunde hinsichtlich der Frage gibt, ob mangelnde IT-Kenntnisse eine mögliche Erklärung für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums darstellen. Oftmals basieren bisherige Aussagen lediglich auf deskriptiven Analysen. Allerdings existieren vereinzelt ökonomische Untersuchungen, die mögliche Produktivitätseffekte des IT-Fachkräftemangels bzw. mangelnder IT-Kenntnisse und Fähigkeiten indirekt messen.

Zudem existiert eine recht breit gefächerte Literatur, die sich mit der Frage der Produktivitätseffekte von sogenannten „Mismatches“ zwischen dem Angebot und der Nachfrage nach spezifischen Fähigkeiten von Arbeitnehmern beschäftigt (siehe z. B. Quintini 2011 sowie McGowan und Andrews 2017).

In letzter Zeit werden in diesem Zusammenhang auch verstärkt Anstrengungen unternommen, um die (IT-)Kompetenzen von Arbeitnehmern besser zu erfassen. Das OECD „Programme for the International Assessment of Adult Competencies“ (PIAAC) sowie das CEDEFOP „European Skills and Jobs“ (ESJ) Survey sind Beispiele für breit angelegte Umfragen zu diesem Themenkomplex.

3.4.1 Steigende Diskrepanz zwischen Angebot und Nachfrage nach IT-Fachkräften – IT-Fachkräftemangel („Skill Shortage“)

Im Jahr 2016 waren in der EU-28 mehr als 8,2 Millionen IT-Fachkräfte tätig. Dies entspricht in etwa 3,7 Prozent aller Erwerbstätigen in der Europäischen Union. Im Vergleich zum Jahr 2007 kommt dies einem Anstieg von über 2 Millionen IT-Fachkräften gleich. In Deutschland waren 2016 etwas mehr als 1,5 Millionen IT-Spezialisten tätig. Da im Jahr 2007 lediglich 880 Tausend IT-Fachkräfte tätig waren, ist somit in Deutschland ein überdurchschnittlich hoher Anstieg zu verzeichnen.³⁸ Deskriptiv lässt sich zusammenfassend eine erheblich gestiegene Zunahme bei der Beschäftigung von IT-Fachkräften in der Europäischen Union konstatieren.

³⁸ Eurostat - Erwerbstätige IKT-Spezialisten - gesamt [isoc_sks_itspt], Stand: 10.08.2017.

Ökonometrische Studien, die direkt auf die Diskrepanz zwischen Angebot und Nachfrage nach IT-Fachkräften eingehen, sind nicht verfügbar. Hagsten und Sabadash (2017) untersuchen jedoch, inwiefern der Anteil der Mitarbeiter in IKT-Berufen die Produktivität von Firmen beeinflusst. In allen sechs betrachteten Ländern (Dänemark, Finnland, Frankreich, Norwegen, Schweden und das Vereinigte Königreich) finden sie einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen dem Anteil an Mitarbeitern mit IT-Hintergrund und der Produktivität der Unternehmen. Die Größe der Koeffizienten variiert jedoch erheblich zwischen den einzelnen Ländern. Eine kausale Interpretation der Ergebnisse ist mit dem verwendeten ökonometrischen Schätzverfahren allerdings nicht möglich.

In einer Studie der OECD (2016) gibt es, unter anderem, deskriptive Analysen bezüglich eines möglichen IT-Fachkräftemangels gemessen an den Lohnprämien sowie der Vakanzquote und -dauer. Die Autoren kommen zum Schluss, dass insgesamt kein allzu großer IT-Fachkräftemangel zu erkennen ist und gegenwärtig, wenn überhaupt, nur auf einzelne Länder zutrifft. Eine direkte Frage, ob ein Unternehmen damit Probleme hatte geeignete IT-Spezialisten zu finden, bejahten 38 Prozent der Unternehmen in der EU-28, die selbst IT-Kräfte einstellen wollten. Da im Jahr 2014 jedoch nur ein geringer Anteil der Unternehmen überhaupt auf der Suche nach IT-Fachkräften war, entspricht dieser Anteil lediglich 3 Prozent aller Unternehmen in der EU-28.

Als Fazit lässt sich daraus schließen, dass für die These einer steigenden Diskrepanz zwischen Angebot und Nachfrage nach IT-Fachkräften, welche für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums verantwortlich ist, bisher nur wenig empirische Evidenz vorhanden ist.

3.4.2 Steigende Anforderungen bezüglich IT- Kenntnissen und Fähigkeiten bei IKT Anwendern - („Skill Gap“/ „Skill Deficit“)

Zu der Frage, ob mangelnde IT-Kompetenzen eine mögliche Erklärung für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums sein könnten, gibt es keine expliziten ökonometrischen Erkenntnisse. Jedoch gibt es vereinzelt Studien, die diesen Effekt indirekt messen und aus denen sich gewisse Tendenzen ableiten lassen.

In einem Working Paper, das auf britischen Daten aus dem Jahr 1999 basiert, untersuchen Forth und Mason (2006) indirekt den Einfluss von mangelnden IKT-Kompetenzen auf die Unternehmensperformance. Sie zeigen, dass fehlende IT-Kenntnisse der Mitarbeiter dazu führen, dass IT-Systeme und IT-Anwendungen seltener eingeführt bzw. weniger intensiv genutzt werden. In einem weiteren Schritt zeigen sie, dass Firmen, die IKT intensiver nutzen, zudem eine bessere Umsatzentwicklung haben.

Falck et al. (2016) untersuchen mit Hilfe von PIAAC-Daten für 19 OECD Länder die Frage, inwiefern sich IT-Kenntnisse und Fähigkeiten in den Löhnen widerspiegeln. Basierend auf Instrumentvariablen-Schätzungen zeigen die Autoren, dass ein um eine Standardabweichung höherer Wert für die IT-Kenntnisse und IT-Fähigkeiten der Beschäftigten zu einem durchschnittlich um 8 Prozent höheren Stundenlohn führt. Dieser Effekt fällt für Deutschland sogar annähernd doppelt so hoch aus.

Zudem gibt es eine Reihe deskriptiver Analysen, die das Angebot und die Nachfrage nach IT-Kenntnissen und Fähigkeiten bzw. deren Diskrepanz untersuchen, ohne dabei allerdings direkt auf mögliche Produktivitätseffekte abzielen.

Studien der Europäischen Kommission (EC 2017a; EC 2017b) legen dar, dass im Durchschnitt 37 Prozent der erwerbstätigen Bevölkerung in der Europäischen Union über keine grundlegenden digitalen Kompetenzen verfügen.

In einer deskriptiven Auswertung des European Skills and Jobs Surveys zeigt eine Studie von Cedefop (2016), dass nur etwa 14 Prozent der Arbeitnehmer überhaupt keine IT-Kompetenzen zur Ausübung ihres Berufs benötigen. 19 Prozent der Erwerbstätigen in der EU geben an, IT-Basiskompetenzen zu benötigen. Weitere 52 Prozent brauchen moderate IT-Kompetenzen für ihre tägliche Arbeit. Wiederum benötigen etwa 14 Prozent der Arbeitnehmer für ihre Arbeit fortgeschrittene IT-Kenntnisse und Fähigkeiten.

Weiterhin belegen Auswertungen der PIAAC-Daten, dass eine nennenswerte Anzahl an Arbeitnehmern, die bei ihrer Arbeit IKT-Anwendungen nutzen müssen, nicht die IKT-Kompetenzen besitzen, um diese Technologien effektiv nutzen zu können (OECD 2016a). Die Autoren schlussfolgern, dass eine beachtliche Diskrepanz zwischen Angebot und Nachfrage bei den IKT-Fähigkeiten der erwerbstätigen Bevölkerung vorherrscht.

Insgesamt legen die ökonometrischen und deskriptiven Analysen in der Tendenz nahe, dass fehlende IKT-Kompetenzen der IKT-Anwender als Erklärung für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums zumindest nicht gänzlich ausgeschlossen werden können.

3.4.3 Fehlende zu IKT komplementäre Kompetenzen

Die These, dass beim Einsatz von IKT auch komplementäre Kenntnisse und Fähigkeiten erforderlich sind bzw. der Einsatz hochqualifizierter Arbeitskräfte begünstigt wird, erfährt breite Zustimmung (z.B. Autor et al. 2003). Bei diesen komplementären Kompetenzen geht es dabei nicht primär um solche Kompetenzen, die benötigt werden, um die neuen IKT-Anwendungen effektiv zu nutzen. Vielmehr stehen solche Kompetenzen im Mittelpunkt, die nötig sind um in einer durch IKT geformten, hochtechnisierten Umgebung effektiv arbeiten zu können (OECD 2016a). Dies spiegelt sich in den Beschäftigungsanteilen

sowie den Löhnen hochqualifizierter Arbeitskräfte in IKT-intensiven Unternehmen bzw. Industrien wider. Nicht-routine-tätigkeiten sind dabei komplementär mit dem Einsatz von IKT verknüpft, wohingegen Routineaufgaben durch IKT leichter ersetzt werden können (siehe z.B. Michaels et al. 2014).

Als Erklärung für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums müssten Anforderungen an die komplementären Kompetenzen, die mit neuartiger IKT einhergehen, verstärkt zugenommen haben bzw. IKT in solche Unternehmensbereiche vordringen, in denen den Mitarbeitern diese komplementären Kompetenzen bislang fehlen. Es existieren momentan noch keine expliziten ökonomischen Untersuchungen auf mikro- oder makroökonomischer Ebene, die den Einfluss mangelnder, zu IKT komplementärer Kompetenzen auf die Produktivität untersuchen.

Bartel et al. (2007) belegen mit Hilfe US-amerikanischer Unternehmensdaten aus einer spezifischen Branche im verarbeitenden Gewerbe, dass bei der Einführung von IKT die Nachfrage nach komplementären Fähigkeiten, wie z.B. Problemlösungskompetenzen, zunimmt. Akerman et al. (2015) zeigen auf Basis von norwegischen Daten, dass die Nutzung von Breitband-Internet auf Unternehmensebene die Produktivität sowie die Arbeitsergebnisse von hochqualifizierten Arbeitnehmern verbessert. Falk und Biagi (2017) betrachten in Ihrer Studie spezifische IKT-Anwendungen. Sie zeigen, dass in den von ihnen betrachteten sieben europäischen Ländern ein 10 Prozentpunkte höherer Anteil von Firmen mit ERP-Systemen im verarbeitenden Gewerbe mit einem 0,4 Prozent höheren Anteil hochqualifizierter Arbeitnehmer verbunden ist.

Zusätzlich zu den ökonomischen Studien liegen auch bei der Frage nach komplementären Kompetenzen deskriptive Analysen vor. Die Studie von Cedefop (2017) legt auf Basis des ESJ-Surveys dar, dass solche Arbeitnehmer, die in ihrem ausgeübten Beruf mindestens moderate IT-Kompetenzen benötigen, auch einen großen Bedarf an komplementären Kompetenzen sehen. Diese Kompetenzen umfassen z.B. Soft Skills wie Kommunikationsfähigkeit, Fähigkeit zur Teamarbeit oder Problemlösungskompetenzen. Auf Basis von PIAAC-Daten kommt die Studie der OECD (2016a) zu vergleichbaren Ergebnissen.

Zusammengenommen wird deutlich, dass die Diffusion von IKT den Bedarf an komplementären Kompetenzen bisher stark ansteigen ließ und auch weiterhin für Anforderungsänderungen sorgen wird. Inwiefern eine mögliche Diskrepanz zwischen Angebot und Nachfrage nach diesen komplementären Kompetenzen für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums verantwortlich sein könnte, lässt sich mit den aktuell vorhandenen Studien allerdings nur eingeschränkt beantworten.

3.5 Strukturwandel

Die These, dass eine zunehmende Verlagerung ökonomischer Aktivität vom produzierenden Sektor in den Dienstleistungssektor das Produktivitätswachstum verlangsamt, ist nicht neu. Aber sie verdient aufgrund der Tatsache, dass wir in den letzten Jahrzehnten sowohl Strukturwandel als auch ein rückläufiges Produktivitätswachstum beobachtet haben, nach wie vor eine nähere Betrachtung. Wirtschaftlicher Strukturwandel wird hier verstanden als eine Verlagerung der Beschäftigungs-, Wertschöpfungs- oder Produktionsanteile zwischen den Sektoren einer Wirtschaft. Eine der bekanntesten Formulierungen dieser These in ihrer modernen Variante stammt von Baumol. Anschauliches Beispiel für die sogenannte Baumol'sche Kostenkrankheit ist das Streichquartett, bei dem die gleichzeitige Präsenz von Dienstleistungserbringern und Konsument erforderlich ist. Wollte man die Produktivität steigern, indem man der industriellen Logik entsprechend das Streichquartett doppelt so schnell oder mit halb so vielen Musikern spielt, wäre sein Wert für den Konsumenten in der Regel nicht mehr vorhanden. Auch der Zuhörerzahl bei einer unverstärkten Liveaufführung sind Grenzen gesetzt. Mehr Dienstleistung lässt sich hier daher nur in Form von mehr Kosten, d.h. mehr Musikerstunden, erzeugen. Der Zusammenhang kann dort durchbrochen werden, wo die gemeinsame Präsenz durch Innovation nicht mehr erforderlich ist, beispielsweise beim Abspielen einer Tonaufnahme. Aber auch heutzutage werden viele Dienstleistungen, bei denen Kreativität, Empathie oder komplexe Feinmotorik erforderlich ist (zu diesen „Bottlenecks“ der Automatisierung menschlicher Arbeit siehe auch Frey und Osborne 2017), noch in gemeinsamer Präsenz von Dienstleister und Verbraucher erbracht. Eine Produktivitätssteigerung durch Einsparung von Arbeitskosten je Outputseinheit ist hier nur schwer möglich.

3.5.1 Beitrag des Strukturwandels zum langfristigen Productivity Slowdown

Ob der Strukturwandel insgesamt das aggregierte Produktivitätswachstum verlangsamt, hat u.a. Nordhaus (2008) mit US-amerikanischen Daten für die Jahre 1948 bis 2001 untersucht. Modellrahmen ist ein einfaches Multisektormodell mit unterschiedlichen exogenen TFP-Wachstumsraten in den Sektoren (siehe auch die vorige Diskussion von Nordhaus 2015).

Empirisch lässt sich der Einfluss des Strukturwandels auf das aggregierte Produktivitätswachstum durch eine Zerlegung mithilfe der Törnqvist-Formel nachweisen. Das aggregierte Outputwachstum ergibt sich als gewichteter Durchschnitt des sektoralen Outputwachstums, wobei die Gewichte die nominalen Anteile des sektoralen Outputs am aggregierten Output sind. Bei der Berechnung der TFP mit einem superlativen Index entspricht auch das aggregierte TFP-Wachstum dem gewichteten Durchschnitt der sektoralen Raten.

Bei einem Anstieg der nominalen Anteile in Sektoren mit niedrigem TFP-Wachstum verlangsamt sich das aggregierte TFP-Wachstum. Der gesamte „Baumol-Effekt“ wird berechnet, indem dem tatsächlichen TFP-Wachstum ein hypothetisches gegenübergestellt wird, bei dem die sektoralen Outputanteile den zu Beginn des Zeitraums beobachteten Wert beibehalten.

Nordhaus (2008) kommt mit diesem Ansatz zu dem Ergebnis, dass der steigende Wertschöpfungsanteil von Sektoren mit schwachem Produktivitätswachstum in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts für eine Verlangsamung des aggregierten Wachstums der Arbeitsproduktivität und TFP von einem halben Prozentpunkt verantwortlich war. Er gibt zu bedenken, dass er Messfehler gerade in den Sektoren mit bekannten Messproblemen nicht ausschließen kann und dass er überdies ausschließlich mit Daten für die Wertschöpfung, nicht mit Daten für den sektoralen Produktionswert, arbeitet.

Triplett et al. (2006) proklamieren im Jahr 2006, dass die Kostenkrankheit überwunden sei. Ihre Einschätzung ergibt sich aus der Tatsache, dass in den USA nach 1995 die Produktivität in den Dienstleistungsindustrien im vergleichbaren Umfang wie in der Gesamtwirtschaft angestiegen ist. Die positive Entwicklung hat sich aber nach 2004 nicht vorge setzt, sodass heute die These von der Überwindung der Kostenkrankheit seltener vorgebracht wird.

3.5.2 Unterschiedliche Wachstumsraten in verschiedenen Dienstleistungsbranchen

Jorgenson und Timmer (2011) haben die These beleuchtet, dass unterschiedliche Wachstumsraten in verschiedenen Dienstleistungsbranchen zur Verlangsamung des Produktivitätswachstums beitragen. Anhand von langfristigen Wachstumsraten der Arbeitsproduktivität und der TFP untermauern sie die These dahingehend, dass die distributiven Dienstleistungen, welche Transport und Weitergabe von Produkten zum Ziel haben (im Wesentlichen der Transport und Handel) größere Produktivitätssteigerungspotentiale aufweisen als die Unternehmensdienstleistungen und die personenbezogenen Dienstleistungen. Insbesondere in Großbritannien wurde aber in den Jahren 1995 bis 2005 ein zunehmendes Produktivitätswachstum in den Unternehmensdienstleistungen beobachtet, das der Digitalisierung zugeschrieben wurde (Inklaar et al. 2007). Rückblickend stellt sich die Frage, ob dies, wie auch Gordons (2016) Interpretation dieser Periode nahelegt, ein einmaliges Phänomen war, das teilweise auch noch durch die Finanzmarktblase verstärkt wurde.

Unterschiedliche TFP-Wachstumsraten innerhalb des Dienstleistungssektors stehen auch im Mittelpunkt einer aktuellen Arbeit von Dürnecker et al. (2016). Sie kommen zu dem

Ergebnis, dass der Strukturwandel in den Jahren zwischen 1947 und 2010 0,37 Prozentpunkte zum Rückgang des Arbeitsproduktivitätswachstums in den USA beigetragen hat. Anders als Nordhaus (2008) verwenden sie Daten der WORLD KLEMS-Datenbank, die unterschiedliche Qualifikationsniveaus der Arbeitskräfte berücksichtigen, und berechnen den kombinierten Effekt unterschiedlicher Produktivitätswachstumsraten und Produktivitätsniveaus in den Sektoren. Weiterhin schließen sie den öffentlichen Sektor aus. Der größte Teil des rückläufigen Produktivitätswachstums ist dabei nicht auf die Reallokation von Arbeit innerhalb der Güterproduktion zurückzuführen, sondern auf die Reallokation zwischen Dienstleistungsbranchen mit schnellem und mit langsamem Arbeitsproduktivitätswachstum. Ein Modell des Strukturwandels mit nicht-homothetischen Präferenzen, das die beobachtete vergangene Entwicklung simuliert, sagt für das nächste halbe Jahrhundert voraus, dass der Strukturwandel das Arbeitsproduktivitätswachstum in den USA nur noch in geringem Ausmaß weiter reduzieren wird (unter 0,2 Prozentpunkten). Da die Güterproduktion ohnehin kein großes gesamtwirtschaftliches Gewicht mehr hat, hat hierbei die Reallokation zwischen Güterproduktion und Dienstleistungen kaum einen Einfluss mehr. Die Reallokation zwischen schnell wachsenden und langsam wachsenden Dienstleistungsbranchen treibt den Effekt. Er ist deswegen gering, weil die Kalibrierung des Modells eine hohe Substituierbarkeit zwischen den beiden Dienstleistungsarten ergab. Somit kann die Reallokation zu langsam wachsenden Dienstleistungsbranchen begrenzt bleiben.

3.5.3 Probleme bei der Zuordnung von Wertschöpfung zu Sektoren

Bei der Untersuchung des Strukturwandels kommt erschwerend hinzu, dass die Aufteilung der Wertschöpfung eines Landes auf unterschiedliche Sektoren ungenauer gemessen wird als das Bruttoinlandsprodukt auf aggregierter Ebene. So kommt beispielsweise Oulton (2013) zu dem Ergebnis, dass eine mögliche Überschätzung des Produktivitätswachstums im britischen Finanzsektor vor der Finanzkrise nicht notwendiger bedeutet, dass auch das aggregierte BIP im gleichen Umfang falsch gemessen wurde. Vielmehr kann es sein, dass der Messfehler in der Verteilung des aggregierten BIP-Wachstums auf einzelnen Sektoren lag. Wenn das Produktivitätswachstum bei den Finanzdienstleistungen überschätzt wurde und diese hauptsächlich intermediäre Dienstleistungen für andere Sektoren darstellen, dann wurde das Wachstum der Wertschöpfung je Arbeitseinheit und der TFP in den anderen Sektoren unterschätzt.

In jüngster Zeit haben die Arbeiten von Oulton (2017) und Hartwig und Krämer (2017) kontroverse Antworten auf die Frage gegeben, ob der Strukturwandel und insbesondere die zunehmende Tertiarisierung wesentlich zur Verlangsamung des Produktivitätswachstums beitragen. Zentrale Messgrößen sind hier das sektorale TFP-Wachstum und der sektorale Anteil in der aggregierten nominalen Wertschöpfung. Oulton rekapituliert, dass TFP

als residuale Größe im Growth Accounting von ganz unterschiedlichen Faktoren bestimmt wird. Hierzu zählen wissenschaftlicher, technischer und organisatorischer Fortschritt, soweit er nicht in Kapitalgüter inkorporiert ist, Lernprozesse und Externalitäten, die Reallokation von Inputs zwischen unterschiedlich produktiven Verwendungen und Messfehler in den Inputs. Insbesondere Messfehler bei der Qualitätsadjustierung von Inputs beeinflussen das ermittelte TFP-Wachstum. Anhand von Daten der EU-KLEMS-Datenbank von 1980 bis 2007 legt Oulton (2017) dar, dass in den meisten der dort beobachteten Ländern der Wertschöpfungsanteil in der Landwirtschaft und im verarbeitenden Gewerbe, den Sektoren mit hohen TFP-Wachstumsraten, gesunken ist, während er in den Unternehmensdienstleistungen, in denen häufig geringe oder gar negative TFP-Wachstumsraten gemessen werden, gestiegen ist. Auf den ersten Blick scheint hier die klassische Situation der Baumol'schen Kostenkrankheit vorzuliegen. Oulton legt aber nun das Augenmerk auf einen weiteren Zusammenhang: Selbst bei niedrigen TFP-Raten in Sektoren, deren Wertschöpfungsanteil zunimmt, kann das aggregierte TFP-Wachstum zunehmen, wenn diese Sektoren Zwischenprodukte liefern und ein TFP-Wachstum von größer null aufweisen. Zunehmendes Outsourcing ist somit eine Quelle aggregierten TFP-Wachstums (siehe auch Oulton 2001). Die Zwischenprodukte tragen indirekt zum Produktivitätswachstum im Endgütersektor bei und letzterer ist relevant für das aggregierte Wachstum des BIP oder BIP je Arbeitseinheit. Auch Herrendorf et al. (2014) haben darauf hingewiesen, dass die Unterscheidung zwischen Produktion und Wertschöpfung, sowie die Unterscheidung zwischen sektorialem Gesamtoutput und Output an Endprodukten, für die Analyse strukturellen Wandels zentral ist. Unserer Einschätzung nach wird dies in der angewandten Forschung nicht immer klar herausgestellt. Oulton berechnet ausgehend von diesen Überlegungen den Beitrag des Strukturwandels (gemessen als Änderung der sektoralen Wertschöpfungsanteile, der sogenannten Domar-Gewichte) zum aggregierten TFP Wachstum. Für fast alle betrachteten Länder findet er einen negativen Beitrag, der aber wesentlich vom negativen TFP-Wachstum in den Unternehmensdienstleistungen getrieben wird. Er hält diese negativen Werte für unplausibel und mit Messfehlern behaftet. Unter der Annahme niedriger, aber positiver TFP-Wachstumsraten in den Unternehmensdienstleistungen hat Strukturwandel durch Outsourcing in Oultons Analyse einen positiven Einfluss auf das Wirtschaftswachstum, auch wenn dieser moderat bleibt.

Hartwig und Krämer (2017) kritisieren diese Analyse und kommen selbst zu der Schlussfolgerung: „At the age of 50, the ‘Growth Disease’ is in good health.“ (S.15). Wie Oulton verwenden Sie die EU-KLEMS-Daten und stellen neue Berechnungen für das Beispiel Großbritanniens an. Sie betonen, dass ihre Differenz mit Oultons Analyse nicht theoretischer, sondern empirischer Natur ist. Zum einen halten sie ein negatives TFP-Wachstum in Dienstleistungsbranchen durchaus für plausibel, zum anderen weisen sie auf negative

Wachstumsbeiträge von sinkenden Domar-Gewichten in der Landwirtschaft und im Verarbeitenden Gewerbe in den meisten Ländern hin. In welcher Weise diese von Oulton nicht berücksichtigt sein sollen, erschließt sich allerdings nicht auf den ersten Blick. Ob der Strukturwandel aus Sicht der Autoren im Vergleich mit anderen möglichen Ursachen eine gewichtige Einflussgröße des rückläufigen Produktivitätswachstums in industrialisierten Ländern ist, steht ebenfalls nicht im Mittelpunkt der Studie.

3.6 Messprobleme

Ergebnisse empirischer Analysen des Produktivitätswachstums hängen in fundamentaler Weise von der korrekten Messung der Outputs und Inputs ab. In einer zunehmend informations- und wissensbasierten Volkswirtschaft ist vor allem die Deflation von IKT-Inputs und von Outputs des Dienstleistungssektors problematisch. Auch die Frage, inwieweit Qualitätssteigerungen in Preisindizes Berücksichtigung finden, ist entscheidend. Nicht alle nationalen statistischen Ämter haben hier Best Practices übernommen. Eine aktuelle methodische Übersicht über Herausforderungen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung findet sich in Bean (2016.). Im Hinblick auf das rückläufige Produktivitätswachstum wird insbesondere die These diskutiert, ob die zunehmende Digitalisierung der Wirtschaft zu einer Verschärfung der Messproblematik und damit zu einer Unterschätzung des Outputs und des Arbeitsproduktivitätswachstums führt.

Bei der Beurteilung von möglichen Messfehlern in der gesamtwirtschaftlichen und sektoralen Arbeitsproduktivität gilt es zwei fundamentale Aspekte zu unterscheiden: (1) Fehler im Messkonzept und (2) Fehler in der empirischen Implementierung des Messkonzeptes. Das wichtigste Konzept zur gesamtwirtschaftlichen Produktivitätsmessung ist das Bruttoinlandsprodukt und seine Zerlegung in sektorale Wertschöpfung. In den Jahren 1995 bis 2004 ist für die USA und mit Einschränkung auch für einige europäische Länder ein erhöhtes Arbeitsproduktivitätswachstum durch IKT-Technologien nachweisbar. Die Überprüfung der Hypothese, fortschreitende Digitalisierung verstärke eine Unterschätzung des Produktivitätswachstums wurde bisher vornehmlich für die USA und die Zeit seit 2004 untersucht. Der Nachweis eines beträchtlichen Messfehlers alleine reicht jedoch nicht, um die Unterschätzung des Produktivitätswachstums zu erklären. Vielmehr wäre es erforderlich zu zeigen, dass der Messfehler im Zeitablauf zugenommen hat. Auch wenn die bisherigen Studien hinsichtlich des Ausmaßes des Messfehlers zu unterschiedlichen Einschätzungen gelangen, deuten sie in der Summe darauf hin, dass er seit 2004 nicht zugenommen hat und damit nicht als Erklärungsgrund für das rückläufige Produktivitätswachstum taugt.

Syverson (2016) stellt fest, dass ein rückläufiges Produktivitätswachstum in vielen Ländern zu beobachten ist und dass dies nicht mit der IKT-Intensität der Länder korreliert. Somit ist aus seiner Sicht ein Messfehler im Bereich der IKT kein plausibler Erklärungsgrund für die beobachtete Entwicklung. Ähnlich wie Byrne et al. (2016) stellt er weitere Überschlagsrechnungen für die mögliche Unterschätzung von Outputs der digitalen Ökonomie an, die aber an dieser Schlussfolgerung nichts ändern. Zusätzlich untersucht er die Lücke zwischen der Messung des Bruttoinlandsproduktes auf der Entstehungs- und der Verteilungsseite. Doch auch dieser Messfehler erklärt nicht das schwache Wachstum.

3.6.1 Neue digitale Dienstleistungen

Ahmad und Schreyer (2016) untersuchen die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Messung unterschiedlicher Bereiche der Wirtschaft: neue Formen der Intermediation und Peer-to-Peer-Dienstleistungen (u.a. in den Bereichen Beherbergung, Geschäfts- und Transportdienstleistungen, Handel und Finanzen), Mitwirkung von Konsumenten bei der Produktion, Investitionsgüter und langlebige Konsumgüter, frei verfügbare und quersubventionierte digitale Produkte, von Privathaushalten produzierte digitale Güter und grenzüberschreitende Flüsse von geistigem Eigentum und andere immateriellen Vermögensgütern. Sie vertreten die Ansicht, dass das Bruttoinlandsprodukt auf konzeptioneller Ebene den Herausforderungen der digitalen Ökonomie standhält, während bei der konkreten Messung und deren Implementierung durchaus eine Entwicklung nötig ist. Zwei zentrale Argumente, die diese Schlussfolgerung untermauern sind die folgenden: Hinsichtlich neuartiger Dienste, wie z.B. Vermittlung von privaten Unterkünften, stellen die Autoren fest, dass der Wert dieser Dienste prinzipiell in der VGR auftaucht (z.B. bei Untervermietung durch die Miete, die der Hauptmieter zahlt), wenngleich er möglicherweise nicht korrekt gemessen wird. Hinsichtlich der Mitwirkung der Konsumenten bei der Produktion (z.B. wenn eine Person sich verschiedene Reiseinformationen und –buchungen selbst zusammenstellt statt sie im Reisebüro zu buchen) stellen die Autoren fest, dass Haushaltsproduktion mit Ausnahme von selbstgenutztem Wohneigentum, grundsätzlich nicht zum Bruttoinlandsprodukt gezählt wird. Dies gilt für neue Möglichkeiten der privaten Internetnutzung genauso wie für selbsterstellte Mahlzeiten oder Betreuung der eigenen Kinder. An dieser Stelle wird deutlich, dass das Bruttoinlandsprodukt ein Maß der Produktion und kein Maß des Wohlergehens ist. Um die Folgen der Digitalisierung aus einer umfassenderen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Perspektive heraus besser zu verstehen, kann es ratsam sein, Satellitenrechnungen zur Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung aufzubauen. Möglicherweise werden die Entwicklungen von menschlichem Wohlergehen und Produktivität im herkömmlichen Sinne durch fortschreitende Digitalisierung in Zukunft noch stärker auseinanderklaffen als bisher.

Gängige Abschätzungen der zusätzlichen Konsumentenrente aus frei verfügbaren digitalen Diensten könnten laut Byrne et al. (2016) äquivalent zu jährlich 0,3 Prozentpunkten zusätzlichem Wachstum der Arbeitsproduktivität sein. Die Autoren stimmen mit Ahmad und Schreyer darin überein, dass diese Konsumentenrente jedoch konzeptionell nicht in die Produktivitätsmessung gehört.

Die praktische Messung innerhalb der VGR wird in manchen Bereichen durch die Digitalisierung auch schwieriger, beispielsweise bei grenzüberschreitenden Transaktionen oder neuen Internetplattformen, die dazu beitragen, dass Privatleute in einfacherer Weise direkt miteinander handeln können. Da sich in vielen Bereichen die Geschäftstätigkeit aber auf wenige große Plattformen konzentrieren, sehen Ahmad und Schreyer (2016) in der Ursache der neuen Messprobleme auch die Lösung: Die statistischen Ämter müssen mit den Internetplattformen kooperieren, um die Daten für eine Vielzahl von Einzeltransaktionen direkt von ihnen zu erhalten.

3.6.2 Hard- und Softwaredeflatoren

Ein weiteres, seit längerem bekanntes Messproblem ist die Unterscheidung zwischen Preis- und Qualitätsänderungen bei Computern und digitalen Gütern. Hier bleiben Konzeption und Implementierung problematisch, insbesondere ihre Heterogenität über Länder hinweg.

Byrne et al. (2016) stellen ihre Arbeit unter den Titel „Does the United States have a Productivity Slowdown or a Measurement Problem?“ und kommen insgesamt zu der Einschätzung, dass ersteres der Fall ist. Wie Ahmad und Schreyer (2016) sehen sie, dass es im Bereich der IKT-Güter durchaus ein Messproblem gibt. Sie nehmen dabei auch Bezug auf andere, teilweise in Zeitungen erschienene Publikationen aus dem Jahr 2015, die dieses in den Vordergrund gestellt hatten. Byrne et al. (2016) untersuchen zunächst, ob eine Verlagerung der Wirtschaftsaktivität hin zu schlechter gemessenen Sektoren zur Verlangsamung des Wachstums beiträgt. Aber in einer Berechnung des aggregierten Produktivitätswachstums mit fixen statt variierenden sektoralen Gewichten seit 1987 finden sie nur einen geringen Einfluss. Danach betrachten sie mögliche Verzerrungen bei der Messung sektoralen Produktivitätswachstums. Unter Annahme alternativer Maße für Computer und Telekommunikationsausrüstung gelangen sie zu der Einschätzung, dass in den amtlichen Daten substantielle Messfehler vorliegen können. Diese unterschätzen die Wertschöpfung vor 2004 jedoch stärker als danach. Eine Korrektur dieser Messfehler verstärkt also den gemessenen Rückgang des Produktivitätswachstums statt ihn abzuschwächen. Gleichzeitig merken sie an, dass in den letzten 15 Jahren der Anteil der Software an den gesamten IT-Investitionen gestiegen ist und dass über Softwaredeflatoren, auch solchen, die von

Forschern zur Abschätzung des Messfehlers entwickelt werden, größere Unsicherheit besteht als über Hardwaredeflatoren. Doch auch eine deutliche Erhöhung der gemessenen Preisverfallsraten für Software verändert die gemessene Steigerung der aggregierten Arbeitsproduktivität kaum. Berücksichtigung bisher ungemessener immaterieller Investitionen beeinflusst Arbeitsproduktivitätswachstum und Investition, aber ändert das TFP-Wachstum kaum. Innerhalb des Bruttoinlandsprodukts besteht lediglich ein möglicher, aber kleiner Messfehler dadurch, dass die steigende Qualität von verfügbaren Internetverbindungen nicht in den entsprechenden Deflatoren erfasst ist. In ebenfalls geringem Ausmaß ist möglicherweise die zunehmende Effizienz von E-Commerce unterschätzt. Jenseits des Themas Digitalisierung überprüfen die Autoren, ob Fortschritte in der Frackingtechnologie oder wirtschaftliche Vorteile durch steigende Globalisierung möglicherweise zu ungemessenen Produktivitätssteigerungen geführt haben. Beide Einflüsse haben wiederum ein eher geringes Ausmaß und liefern keinen substantiellen Beitrag zur Erklärung des Rückgangs des Produktivitätswachstums nach 2004.

3.6.3 Sonstige Messprobleme

Mehrere Papiere befassen sich damit, dass die Qualitätsverbesserungen durch neue, zuvor nicht existierende Produkte statistisch deutlich unterschätzt werden. Aghion et al. (2017) gehen von etwa einem halben Prozentpunkt im aggregierten Produktivitätswachstum aus (siehe auch Feldstein 2017). Jedoch gibt es auch hier wenig Evidenz dazu, dass diese Verzerrung nach 2004 zugenommen hat.

Bereits im Abschnitt 3.5 über strukturellen Wandel wurden weitere mögliche Messfehler der sektoralen Wertschöpfung und der TFP diskutiert. Sie betreffen weniger das aggregierte BIP als seine sektoralen Quellen.

4 Produktivitätsentwicklung und mögliche Ursachen im Ländervergleich

Die Produktivitätsentwicklung zwischen einzelnen Länder kann divergieren. Ebenso die vorherrschenden Ursachen für die zu beobachtende Produktivitätsentwicklung. Ziel dieses Kapitels ist es die Produktivitätsentwicklung der neun Länder Deutschland, USA, Großbritannien, Frankreich, Schweden, Schweiz, China, Japan und Südkorea kurz herauszuarbeiten und auf wesentliche länderspezifische Ursachen der Produktivitätsentwicklung einzugehen, die in der Literatur genannt werden.

Bevor die länderspezifischen Ursachen im Detail in den Abschnitten 4.2 bis 4.10 beleuchtet werden, liefert eine Analyse der Beiträge zum Wachstum der Arbeitsproduktivität mittels eines Growth Accounting-Ansatzes in Abschnitt 4.1. erste Hinweise.

4.1 Länderspezifische Wachstumsbeiträge zur Arbeitsproduktivität mittels eines Growth Accounting-Ansatzes

Tab. 4-1 zeigt die Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität (gemessen als BIP pro Arbeitsstunde) für acht der neun ausgewählten Länder zwischen 1990 und 2015. Anstelle der PWT-Daten aus Kapitel 2 liegen der Tab. 4-1 OECD-Daten zu Grunde, die jedoch eine vergleichbare Entwicklung der Arbeitsproduktivität für die acht Länder zeigen (siehe Kapitel 2). Zusätzlich gibt Tab. 4-1 für einzelne Komponenten Aufschluss darüber, welchen Beitrag sie zum Wachstum der Arbeitsproduktivität geleistet haben. Konkret bedeutet dies, welchen Beitrag die Intensivierung des IKT-Kapitals und des Nicht-IKT-Kapitals sowie das Wachstum der Multifaktorproduktivität zum Wachstum der Arbeitsproduktivität geleistet haben.

Auffällig ist in allen acht Ländern ein Rückgang des Beitrags der IKT-Kapitalintensivierung zum Wachstum der Arbeitsproduktivität. Trugen Investitionen in IKT-Kapital in den 90er Jahren noch gut 0,4-0,7 Prozentpunkte zum Wachstum der Arbeitsproduktivität in den meisten Ländern bei, fiel der Wachstumsbeitrag durch IKT-Kapitalvertiefung in den meisten Ländern ab Mitte / Ende der 2000er Jahre auf 0,1 -0,2 Prozentpunkte.

Weniger einheitlich ist das Bild für das Nicht-IKT-Kapital. Tendenziell fällt der Wachstumsbeitrag durch die Nicht-IKT-Kapitalintensivierung in den meisten der acht Länder über die Zeit, wenngleich hier eine stärkere Heterogenität zwischen den Ländern und stärkere Schwankungen über die Zeit zu beobachten sind. Seit 2010 trägt die Vertiefung des Nicht-IKT-Kapitals in allen Ländern – mit Ausnahme von Frankreich – in einzelnen Jahren sogar negativ zum Wachstum bei.

Den stärksten Wachstumsimpuls für die Arbeitsproduktivität liefert seit 2010 in fast allen Ländern und in allen Jahren das Wachstum der Multifaktorproduktivität, wenngleich diese ebenfalls im Durchschnitt etwas geringer ist als noch zu Ende der 90er und Beginn der 2000er Jahre.

Tab. 4-1: Beiträge zum Wachstum der Arbeitsproduktivität in acht ausgewählten Ländern, 1990-2015

		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
FR	LPG	2,3	1,2	2,3	0,9	2	2,4	1	1,6	2,4	1,4	2,6	1,8	2,9	0,5	1,1	0,8	2,4	-0,3	-0,8	-0,8	1,4	0,8	0,2	1,3	0,8	0,8	
	MFP	1,2	0,1	1,1	-0,3	1,3	1,6	0,4	1	1,7	0,8	1,8	0,8	1,6	-0,1	0,8	0,4	1,7	-0,5	-1,3	-1,8	1,1	0,7	-0,3	0,6	0,4	0,4	
	ICT	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
	Non-ICT	0,6	0,8	0,8	0,9	0,4	0,5	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,5	0,8	0,4	0,1	0,2	0,4	-0,1	0,3	0,7	0,2	0	0,3	0,4	0,2	0,2
DE	LPG	3,5	3,5	2,5	1,9	2,7	1,9	2	2,6	1,2	1,4	2,5	2,7	1,2	0,8	1	1,5	1,9	1,5	0,2	-2,6	2,5	2,1	0,6	0,8	0,4	0,8	
	MFP	2,8	2,7	1,3	0,4	2	1,2	1	1,7	0,6	0,7	1,6	1,6	0,3	0	0,7	0,9	1,8	1,4	-0,2	-3,6	2,6	2,1	0,3	0,5	0,5	0,8	
	ICT	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	Non-ICT	0,3	0,4	0,8	1,1	0,5	0,4	0,6	0,5	0,1	0,2	0,3	0,6	0,5	0,5	0,1	0,3	-0,2	-0,1	0,1	0,8	-0,2	-0,2	0,2	0,2	-0,1	-0,1	
JP	LPG	5,8	2,9	1,4	2,9	1,1	3,1	2,6	1,8	1,3	2,9	2,9	1,4	1,9	1,4	2,3	1,5	0,2	0,8	-0,2	-1,1	3,3	0,2	0,9	2,1	0	1,5	
	MFP	3,7	1,1	-0,4	0,8	-0,1	1,8	1,3	0,2	-0,7	0,8	1,7	0,2	0,6	0,8	1,7	1	0	0,5	-0,8	-2,6	3,5	0,1	1,1	1,9	0	1,2	
	ICT	0,7	0,6	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Non-ICT	1,3	1,2	1,3	1,6	0,8	0,8	0,6	0,9	1,2	1,3	0,5	0,6	0,7	0,1	0,2	0,2	-0,1	0	0,4	1,1	-0,4	0	-0,2	0	-0,1	0,1	
KR	LPG	8,8	7,8	5	4,9	6,4	6,2	5,8	6,3	4,4	9,1	3,8	3	6	4,8	4,2	4,3	4,1	6	5	1,6	7,2	6,6	-2,9	5,4	-0,9	1,7	
	MFP	5,6	5,1	2,4	2,7	3,9	3,7	3,2	3,6	0,4	7,2	2,6	1,4	4,4	2,7	2,9	2,8	3	4,3	3,1	0,3	5,5	4,2	-2,6	3,1	-0,8	0,7	
	ICT	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	0,6	0,7	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0	0,2	0	0,1	
	Non-ICT	2,3	2,1	2,1	1,9	2	1,8	1,9	1,9	3,2	0,9	0,4	1	0,9	1,5	1	1,2	0,8	1,2	1,5	1,2	1,4	2	-0,3	1,9	-0,1	0,9	
SE	LPG	0,1	1,2	2,3	2,2	2,6	2	1,5	3,9	2,6	1,9	3,6	0,9	3,5	3,8	3,5	2,6	3,3	0,3	-1,8	-2,4	3,3	0,7	-0,1	0,9	1,1	2,4	
	MFP	-1,3	-0,7	0,3	0	2,2	1,5	0,4	2,4	1,6	1	2,1	-0,3	2,1	2,6	2,9	1,6	2,5	0	-2,5	-3,8	3,4	0,5	-0,8	0,4	1	2,1	
	ICT	0,5	0,5	0,5	0,8	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1	1,2	0,8	0,6	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1	0	0,1	
	Non-ICT	0,8	1,4	1,4	1,4	-0,2	-0,2	0,4	0,6	0	-0,2	0,3	0,4	0,7	0,7	0,2	0,4	0,2	-0,1	0,3	1	-0,2	0	0,5	0,3	0,1	0,1	
CH	LPG	1,1	2,9	0,9	0,9	0,7	1,8	2,3	3	1,1	-0,5	3,2	2,2	0,7	-0,4	0,7	2,6	2,4	2,1	0,5	-2,1	2,6	-0,2	0,5	1,6	0,6	-1,4	
	MFP	„	„	-0,6	-0,4	-0,1	0,3	0,8	1,7	0,4	-1,2	2,1	0,9	-0,4	-1	0,6	2	2	1,7	0	-2,6	2,1	-0,1	0	1,2	0,5	-1,2	
	ICT	„	„	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	
	Non-ICT	„	„	1,2	1	0,5	1,1	1,1	0,7	0,1	0	0,4	0,6	0,5	0,2	-0,2	0,2	0,1	0,1	0	0,2	0,1	-0,2	0,1	0,2	-0,1	-0,3	
UK	LPG	1,1	2	4,7	3,6	2,5	1,1	1,5	2,7	1,2	2,4	3,3	1,9	2,6	3,2	2,3	0,8	1,8	1,6	-0,2	-2,4	2,4	0,2	-0,7	0,1	0,3	1,5	
	MFP	-0,5	-0,3	2	2,1	1,5	0,3	0,8	1,9	0,8	1,7	2,5	1,3	1,9	2,6	1,8	0,7	1,4	1,1	-0,9	-3,2	1,8	0,1	-0,7	0,1	0,4	1,2	
	ICT	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	
	Non-ICT	1	1,7	2,1	1,1	0,4	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,4	0,3	0,3	0	0,3	0,3	0,5	0,7	0,4	0	-0,1	-0,1	-0,2	0,2	
US	LPG	1,7	1,3	3,5	0,4	0,9	0,3	2,5	1,5	2,2	2,8	2,8	2,2	2,9	3	2,6	2	0,8	1	0,8	2,9	2,8	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	
	MFP	0,7	0	2,6	0,1	0,8	-0,1	1,7	0,9	1,3	1,7	1,5	0,7	1,7	2,2	2	1,4	0,3	0,3	-0,3	1	2,3	0,1	0,2	0,1	0,3	0,6	
	ICT	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Non-ICT	0,6	0,9	0,4	-0,1	-0,2	-0,1	0,2	-0,1	0,1	0,2	0,3	0,7	0,6	0,4	0,2	0,3	0,2	0,4	0,6	1,4	0,3	0	-0,1	0	-0,1	-0,1	

Anmerkungen: LPG: Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität (in %). MFP: Multifaktorproduktivität, ICT: IKT-Kapitalintensivierung, Non-ICT: Nicht-IKT-Kapitalintensivierung. Beitrag von MFP, ICT, Non-ICT jeweils in Prozentpunkten.

Quelle: OECD (2017d).

4.2 Großbritannien

Großbritannien ist eines der Länder in der EU, das besonders schwer von der Krise 2008/9 betroffen war und darüber hinaus über einen vergleichsweise langen Zeitraum mit schwachen Wachstumsraten des BIP zu kämpfen hatte. Während Deutschland bereits 2010 und 2011 wieder reale BIP-Wachstumsraten von etwa 4,1 und 3,7% aufwies, verharrte das BIP-Wachstum in Großbritannien mit rund 1-1,5% auf einem schwachen Niveau. Erst 2014 nahm die britische Wirtschaft wieder deutlich Schwung auf mit einer realen Wachstumsrate des BIP von 3,1%, die sich aber im Zuge der Brexit-Diskussion und Entscheidung bereits wieder auf 1,8% im Jahr 2016 abschwächte. Die Erholung der britischen Wirtschaft führt die OECD nicht allein, aber in insbesondere auf eine lockere Geldpolitik und Maßnahmen zur Stimulierung der Kreditvergabe und Belebung des Immobilienmarktes zurück (OECD 2015).

4.2.1 Entwicklung der Arbeitsproduktivität und Reallöhne

Auffällig ist in Großbritannien die sehr schwache Produktivitätsentwicklung mit Beginn der Krise 2008. Während die Arbeitsproduktivität (gemessen als BIP pro Arbeitsstunde) zwischen 2000 und 2007 um durchschnittlich 2,18% pro Jahr wuchs, beträgt die durchschnittliche Wachstumsrate zwischen 2008 und 2016 gerade einmal 0,08%. Pessoa und Van Reenen (2014) schätzen, dass bei einem gleichbleibenden Vorkrisen-Trendwachstum der Arbeitsproduktivität von 2%, das BIP pro Beschäftigten im Jahr 2013 um 10% höher gewesen wäre.

Insbesondere die schwache Produktivitätsentwicklung in Großbritannien seit der Krise 2008 und der Vergleich mit anderen Rezessionen und deren Ursachen haben die Produktivitätsliteratur für Großbritannien geprägt. So vergleichen Blundell et al. (2014) die Entwicklung der Arbeitsproduktivität und der Reallöhne nach den drei großen Rezessionen in Großbritannien von 1979, 1990 und 2008. In der Krise 2008 hat das Land einen starken Rückgang des BIP erlebt (-6%). Gleichzeitig fiel der Rückgang der Beschäftigung in Personen (-2%) und Arbeitsstunden (-4%) deutlich geringer aus. Die Folge war ein Rückgang der Arbeitsproduktivität (gemessen in Arbeitsstunden) um rund 2%, die sich in der Folgezeit wie bereits erwähnt kaum erholt hat. Laut Blundell et al. (2014) war die Arbeitsproduktivität auch 2013 noch 3% geringer als zu Beginn der Krise. Damit hebt sich die Produktivitätsentwicklung dieser Krise deutlich von der in vorherigen Krisen ab, in denen die Produktivität 5 Jahre später bereits um 15% (1990-Krise) und 13% (1979-Krise) zugenommen hatte. Bei vollständigem Wettbewerb sollte man erwarten, dass die individuellen Löhne die Grenzproduktivität reflektieren. Blundell et al. (2014) finden in der Tat für den Zeitraum 2007 bis 2011 eine positive Korrelation zwischen der Arbeitsproduktivität (%-

Veränderung des nominalen Bruttowertschöpfung pro Stunde) und den individuellen Löhnen (%-Veränderung der nominalen Stundenlöhne). Auf aggregierter Ebene findet sie daher für die Reallöhne eine ähnliche Entwicklung wie für die Produktivität. Während die realen Stundenlöhne 4 Jahre nach den ersten beiden Krisen jeweils bereits wieder um 10% gestiegen waren, waren sie 2012 ca. 7% geringer als zu Beginn der Krise 2008.

Diese *enge Korrelation von Produktivität und Reallöhnen in Großbritannien* wurde in anderen Ländern wie den USA (siehe auch Pessoa und Van Reenen 2012), Frankreich und Deutschland nicht beobachtet, in denen eine stärkere Entkopplung von Produktivität und Reallöhnen zu beobachten gewesen ist (Tab. 4-2). Aus der Tatsache, dass die Entwicklung der Arbeitsproduktivität und der Reallöhne in den vier Ländern so unterschiedlich verläuft schließen sie, dass die Ursachen für die Stagnation der Arbeitsproduktivität in Großbritannien andere Ursachen haben dürfte als in den anderen Ländern.

Tab. 4-2: Wachstum der Arbeitsproduktivität und Reallöhne, 2007-2012

	Arbeitsproduktivität 2007-2012 (Wachstum realen BIP/Stunde)	Reallöhne 2007-2012 (Wachstum der Realstundenlöhne)
UK	Fallend (-2%)	Fallend (-2%)
US	Steigend (+6%)	stagnierend
DE	Stagnierend (+1%)	Steigend (+5%)
FR	Stagnierend (+1%)	Steigend (+4%)

Quelle: Blundell et al. (2014) auf Basis von Abbildung 5.

In der Literatur werden verschiedene Gründe diskutiert, die die Entwicklung der Reallohne und der Arbeitsproduktivität seit 2008 in Großbritannien erklären können und die in den folgenden Abschnitten kurz diskutiert werden.

4.2.2 Anstieg des Arbeitsangebots

Ein steigendes Arbeitsangebot bedeutet, dass mehr Individuen bereit sind, zu einem gegebenen Lohn zu arbeiten und sich damit der Wettbewerb zwischen den Individuen verschärft. Dies führt einerseits dazu, dass die Reservationslöhne sinken. Andererseits dürften die Arbeitnehmer, die in Arbeit sind, ein größeres Gewicht auf Arbeitsplatzsicherheit als auf Reallohnzuwächse legen. Deskriptive Analysen von Blundell et al. (2014) auf Basis des Labor Force Surveys zeigen, dass das effektive Arbeitsangebot (gemessen in der Beschäftigtenquote der erwerbsfähigen Bevölkerung) in der 2008er Krise tatsächlich sehr stabil gewesen ist, insbesondere bei Männern und bei älteren Arbeitnehmern ab 55 und darüber hinaus sehr viel stabiler als in früheren Krisenzeiten. Blundell et al. erklären dies mit der steigenden Anzahl von

Arbeitsmarktprogrammen in Großbritannien, die zu einer Reduktion der Ansprüche von Individuen im Falle einer Arbeitslosigkeit (z.B. bei Alleinerziehenden) und zu strengeren Auflagen für die Arbeitsplatzsuche geführt haben und in der Folge mehr Menschen in Arbeit gebracht haben (Blundell et al. 2004, Van Reenen 2004). Blundell et al. (2014) finden dagegen keine Evidenz dafür, dass unerwartete starke Vermögensverluste in der Krise, insbesondere bei älteren Arbeitnehmern, Ursache für das steigende Arbeitsangebot gewesen sind. Sie untermauern dies mit Ergebnissen eines linearen Wahrscheinlichkeitsmodell, in dem die Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein älterer Arbeitnehmer im Jahr 2010-2011 in Arbeit ist, modelliert wird in Abhängigkeit von 5 Dummyvariablen, die die (relative) Stärke der Veränderung der Vermögensposition des Arbeitnehmers zwischen 2007 und 2009 im Vergleich zum Ausgangsvermögen angeben.

4.2.3 Zunehmende Lohnflexibilität

Eng verbunden mit dem Argument eines steigenden Arbeitsangebots ist eine zunehmende Lohnflexibilität, in der Pessoa und Van Reenen (2014) die Hauptursache für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums seit 2008 in Großbritannien sehen. Gregg et al. (2013) haben gezeigt, dass in Großbritannien die Sensitivität der Löhne auf Nachfrageschocks im Zeitverlauf zugenommen hat. Wenngleich diese Lohnflexibilität im Prinzip wünschenswert sei, um Langzeitarbeitslosigkeit zu vermeiden bzw. zu reduzieren, habe sie aber auch dazu geführt, dass in der Rezession die Arbeitnehmer zu stärkeren Lohneinbußen bereit sind und das effektive Arbeitsangebot hoch bleibt.

Die zunehmende Lohnflexibilität führen Pessoa und Van Reenen (2014) ebenso wie Blundell et al. (2014) auf Arbeitsmarkt- und Sozialreformen zurück sowie auf den schwindenden Einfluss von Gewerkschaften infolge rückläufiger Mitgliederzahlen. So finden Blundell et al. (2014) stärkere Lohneinbußen in Industrien mit geringerer Gewerkschafts-Mitgliedschaftsrate. Blundell et al. (2014) zeigen ferner, dass vor allem die Beschäftigten, die ihren Arbeitsplatz nicht gewechselt haben, Reallohnverluste zu verzeichnen hatten. So mussten 21% einen Rückgang und 12% keinen Anstieg der Nominallöhne und sogar 70% einen Rückgang der Reallöhne zwischen 2010 und 2011 hinnehmen. Die Folge der relativen Faktorpreisänderung ist ein Rückgang der Kapitalintensität, d.h. des Verhältnisses von Kapital zu Arbeit (capital shallowing), die ihrerseits zu einem weiteren Rückgang der Arbeitsproduktivität beiträgt.

4.2.4 Mangelnde Investitionen in Sachkapital

Neben der Senkung der Reallöhne sind zugleich steigende Kapitalkosten auf Grund der Finanzmarktkrise, insbesondere für KMU, ein Grund dafür, dass die Kapitalnachfrage und infolgedessen auch die Kapitalintensität in Großbritannien zurückgegangen ist (Benito et

al. 2010, Pessoa und Van Reenen 2014). Die Investitionslücke sei darüber hinaus verschärft worden durch die – auch im Vergleich zu früheren Rezessionen – sehr hohe Unsicherheit bezüglich der Nachfrageentwicklung (Pessoa und Van Reenen 2014). Auch Crawford et al. (2013) sehen in der Investitionslücke eine wesentliche Ursache des Produktivitätsrückgangs in Großbritannien. Auf Basis von Unternehmensdaten für den Zeitraum 1997-2009 zeigen sie, dass in den Jahren 2008-2009 die realen Investitionen um rund 10% geringer ausfallen als auf Basis des Vorkrisen-Trends zu erwarten gewesen wäre. Einen überproportional starken Rückgang der Investitionsneigung identifizieren sie bei KMU. Zugleich finden sie, dass der Produktivitätsrückgang in KMU signifikant stärker ausfällt als in Großunternehmen und schließen daraus indirekt, dass mangelnde Investitionen ein Grund für den Produktivitätsrückgang sind. Goodridge et al. (2016) schätzen eine Produktivitätslücke von 13% für das Jahr 2011 im Vergleich zum Produktivitätsniveau, das sich bei Fortsetzung des Vorkrisen-Trends der Arbeitsproduktivität zwischen 2000 und 2007 ergäbe hätte. Auf Basis eines aggregierten und sektoralen Growth Accounting Ansatzes zeigen sie, dass die geringere Kapitalintensivierung zu rund einem Viertel zu dieser Produktivitätslücke beigetragen hat (3.2 Prozentpunkte). Die schwache Entwicklung der TFP, insbesondere im Energie- und Finanzsektor, hat ihrer Studie zufolge allerdings einen noch weit größeren Beitrag zur Produktionslücke geleistet als die mangelnde Investitionsneigung.

4.2.5 Forschung und Innovation

Im Hinblick auf die Erträge von FuE hatten die Studien in Abschnitt 3.1 bereits gezeigt, dass die geschätzten Ertragsraten von FuE in britischen Unternehmen eher am oberen Rand lagen (Bond et al. 2003, Wakelin 2007). Während Sterlaccini (1999) auf Basis von Industriedaten für den Zeitraum 1954 bis 1984 zwar fallende Erträge aus FuE konstatierte, konnte Kafourous (2005) auf Basis von Unternehmensdaten für den Zeitraum 1989-2002 eine steigende FuE-Elastizität nachweisen. In der aktuellen Produktivitätsdebatte für Großbritannien spielen FuE und Innovationen als Ursache für den Produktivitätsrückgang insgesamt eine eher untergeordnete Rolle, wenngleich die FuE-Entwicklung in Großbritannien im Vergleich zu anderen Wettbewerbern wie Deutschland und US zurückbleibt (siehe Abschnitt 3.1.1).

Die empirische Evidenz weist allerdings, wenngleich indirekt, auch auf eine langsamere Diffusion von Innovationen in Großbritannien hin (Bank of England 2017). So erzielen rund 1% der britischen Frontier-Unternehmen hohe durchschnittliche Produktivitätswachstumsraten von über 6%, während ein großer Teil der Nicht-Frontier-Unternehmen eine sehr schwache Produktivitätsentwicklung aufweist und sogar rund ein

Drittel der britischen Unternehmen seit 2000 kein Wachstum der Produktivität mehr erzielen konnte (Bank of England 2017).

Goodridge et al. (2016) untersuchen in ihrer Studie speziell die Frage, ob die Kapitalisierung von FuE in der VGR zum Produktivitätsrückgang beigetragen hat. Denn die FuE-Kapitalisierung in der VGR führt sowohl zu Änderungen im BIP, da sich die Wertschöpfung ändert, als auch in der TFP, da sich die Inputfaktoren ändern. Sie finden allerdings, dass die FuE-Kapitalisierung die Produktivitätslücke nicht erklären kann. Das Growth Accounting mit und ohne FuE-Kapitalisierung zeigt, dass sich der Beitrag der TFP zur Produktivitätslücke in beiden Varianten nur marginal unterscheidet (12.2 versus 12.3 Prozentpunkte).

4.2.6 Fehlende Reallokation von Ressourcen

Zahlreiche Studien haben in der Vergangenheit gezeigt, dass es eine große Heterogenität zwischen den Unternehmen gibt im Hinblick auf ihre Produktivität oder auch Managementqualität (Bloom und Van Reenen 2007, 2011, Bloom et al. 2012). Eine Zunahme der Produktivität auf aggregierter Ebene kann daher auch dann beobachtet werden, wenn eine Reallokation der Ressourcen von weniger produktiven zu produktiveren Unternehmen stattfindet. Bleibt diese Reallokation aus, dann kann dies zu einer Verlangsamung des Produktivitätswachstums beitragen. Pessoa und Van Reenen (2014) führen zwar keine eigene empirische Analyse diesbezüglich durch, sehen aber implizite Hinweise dafür, dass sich die Fehlallokation der Ressourcen in der Krise verschärft hat. Ein Grund dafür sei die vergleichsweise geringe Rate an Unternehmensschließungen in Großbritannien in der Rezession. Barnett et al. (2014a) finden, dass der Anteil der Firmen mit Verlusten in der Nachkrisenzeit deutlich zugenommen hat. Darüber hinaus sei eine größere Divergenz der Produktivität innerhalb von Sektoren zu beobachten (siehe auch Field und Franklin 2013). Barnett et al. (2014b) schätzen auf aggregierter Ebene, dass rund ein Drittel des Produktivitätsrückgangs auf eine fehlende Reallokation von Ressourcen zurückzuführen ist. Allerdings dürfte die Fehlallokation als Ursache des Produktivitäts-Slowdowns insgesamt eher von geringerer Bedeutung sein, da Studien gezeigt haben, dass der Produktivitätsrückgang primär innerhalb von Unternehmen zu beobachten ist und weniger ein Between-Firm-Phänomen ist (Crawford et al. 2013, Pessoa und Van Reenen 2014, Riley et al. 2015, Barnett et al. 2014c). Goodridge et al. (2016) finden darüber hinaus, dass zumindest die Reallokation der Arbeit zwischen Sektoren den Produktivitätsrückgang nicht erklären kann, da es im Gegenteil eine Verschiebung der Arbeitsstunden von weniger produktiven zu produktiveren Sektoren gegeben hat.

4.2.7 Veränderungen in der Komposition und Qualifikationsstruktur der Beschäftigten

Normalerweise wird erwartet, dass Unternehmen in der Krise zunächst Beschäftigte mit geringerer Produktivität entlassen und es damit zu einer Verlagerung hin zu produktiveren Beschäftigten gibt. Wenn das Arbeitsangebot allerdings steigt, dann könnten Unternehmen unter Umständen geneigt sein, hochqualifizierte und teurere Beschäftigte durch geringer qualifizierte und weniger produktive Mitarbeiter zu setzen. Blundell et al. (2014) untersuchen auch diese These mittels der Charakteristika der Beschäftigten, da die individuelle Produktivität nicht direkt beobachtbar ist. Sie finden jedoch keine Evidenz dafür, dass höher qualifizierte Beschäftigte durch geringer qualifizierte ersetzt wurden, da die Beschäftigtenquote unter den gering qualifizierten erwerbsfähigen Personen stärker zurückgegangen ist als bei den hochqualifizierten. Auf Basis einer Dekompositionsanalyse zeigen sie zudem, dass die veränderte Komposition der Arbeitskräfte für sich genommen zu einer Erhöhung der aggregierten Produktivität um ca. 2.5% hätte führen müssen. Zu qualitativ demselben Ergebnis kommen Goodridge et al. (2016) auf Basis eines Growth Accounting Ansatzes. Danach haben Änderungen in der Qualifikationsstruktur einen deutlichen stärkeren Beitrag zum Produktivitätswachstum zwischen 2007-2011 (0.64%) geleistet als zwischen 2000-2007 und somit insgesamt zu einer Reduktion der Produktivitätslücke um 1.2 Prozentpunkte geführt.

Insgesamt deuten die Ergebnisse für Großbritannien darauf hin, dass primär ein steigendes Arbeitsangebot und eine zunehmende Lohnflexibilisierung bei gleichzeitig zunehmenden Kapitalkosten und damit einhergehend eine rückläufige Kapitalintensivierung sowie in abgeschwächter Form auch eine mangelnde Reallokation von Ressourcen zu dem Produktivitätsrückgang beigetragen haben. Empirische Evidenz für fallende Erträge aus FuE seit Beginn der 90er Jahre gibt es nicht, gleichwohl gibt es implizite Hinweise für eine mangelnde Diffusion von Innovationen.

4.3 Deutschland

Der Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (SVR 2015)³⁹ hat sich im Jahresgutachten 2015/16 in einem eigenen Kapitel mit der gemessenen Verlangsamung des Produktivitätswachstums auseinandergesetzt. Der SVR listet dazu eine Vielzahl möglicher Gründe auf. Neben der geringen Investitionstätigkeit sind insbesondere auch auslaufende Produktivitätseffekte bei der Verlagerung von Wertschöpfungs-

³⁹ Siehe auch Elstner et al. (2016).

stufen ins Ausland ein möglicher Faktor für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums in Deutschland. Ein weiterer für Deutschland spezifischer Effekt dürfte ihrer Meinung nach die nach 2005 verstärkt gelungene Integration weniger produktiver Arbeitskräfte in den Arbeitsmarkt sein. Weiterhin scheint die Digitalisierung in Deutschland ihr volles Produktivitätspotenzial noch nicht entfaltet zu haben.

4.3.1 Geringe Investitionstätigkeit

Der SVR (2015) sieht keine belastbaren Hinweise auf eine Investitionslücke, die die Verlangsamung des Produktivitätswachstums erklären könnte. Sie merken zudem an, dass Insbesondere eine Investitionsschwäche auch durch ein geringeres Produktivitätswachstum ausgelöst werden kann. Mit diesem Fazit steht der Sachverständigenrat im gewissen Widerspruch mit den Studien des DIW (z.B. DIW 2013), die sehr wohl eine Investitionslücke in Deutschland sehen. Auch Hufilter et al. (2016) sehen für Deutschland in 2014 im Vergleich zur Vorkrisen-Zeitraum 1996-2007 eine geringe Investitionstätigkeit. Sie nennen als einen möglichen Grund für die geringe Investitionsbereitschaft der Unternehmen die starke Regulierung der Produktmärkte in Deutschland.

4.3.2 Auslaufende Produktivitätseffekte bei der Verlagerung von Wertschöpfungsstufen ins Ausland

Durch die Verlagerung arbeitsintensiver bzw. unproduktiverer Wertschöpfungsstufen ins Ausland konnte in den Jahren 1995 bis 2005 ein positiver Produktivitätseffekt erzielt werden (SVR 2015, Seite 282). Der Sachverständigenrat legt dar, dass das Outsourcing von Produktionsstufen des verarbeitenden Gewerbes ins Ausland seit dem Jahr 2009 nahezu zum Erliegen gekommen ist und somit positive Produktivitätseffekte nicht mehr zu erwarten sind.

4.3.3 Integration weniger produktiver Arbeitskräfte in den Arbeitsmarkt

Der SVR (2015) sieht als einen der Hauptgründe für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums in Deutschland die ab dem Jahr 2005 gelungene Integration weniger produktiver Personen, die zuvor aufgrund ihrer Fähigkeiten nicht am Arbeitsmarkt reüssieren konnten. Dieser Kompositionseffekt unter den Erwerbstätigen lässt sich laut Sachverständigenrat in zwei Elemente zerlegen. Zum einen hat die anteilmäßige Zunahme weniger produktiver Erwerbstätiger in einer Branche einen direkten negativen Einfluss auf die bereichsspezifische Arbeitsproduktivität. Zum anderen gab es einen starken Aufwuchs an Beschäftigung in den weniger produktiven Dienstleistungsbereichen.

4.3.4 Ausbleibende Effekte der Digitalisierung

Bei der Bemessung des mit der Digitalisierung einhergehenden Produktivitätspotenzials lohnt die Differenzierung zwischen der Produktivitätsentwicklung im IKT-Sektor und dem durch die Diffusion von IKT-Gütern und Anwendungen in den Nutzerbranchen entstandenen Produktivitätsbeitrags. Der absolute Beitrag des IKT-Sektors zum gesamtwirtschaftlichen Produktivitätswachstum ist in Deutschland, anders als z.B. in den USA und dem Vereinigten Königreich, nach 2007, auf niedrigem Niveau, relativ konstant geblieben (Van Ark 2016, 2017). Absolut gesehen ist aber auch dort in den Jahren 2007-2015 im Vergleich zum Zeitraum 1999-2006 (Van Ark 2017) ein Rückgang des Arbeitsproduktivitätswachstums zu verzeichnen. Dies ist unter anderem durch einen Rückgang beim TFP-Wachstum begründet. Van Ark (2016, 2017) zeigt weiterhin, dass in Deutschland zwischen 2007 und 2014 bzw. 2015 das Produktivitätswachstum in den Industrien mit hoher IKT-Intensität sogar negativ war. Der Produktivitätsbeitrag von IKT-Kapital ist zudem in allen betrachteten Branchen (IKT-Sektor, IKT-intensive Branchen, andere Branchen) in den Jahren 2007-2015 im Vergleich zum Zeitraum 1999-2006 deutlich geringer ausgefallen (Van Ark 2017).

Dass die Messung der Produktivitätsentwicklung in Zeiten der Digitalisierung in vielen Bereichen schwieriger geworden ist, wurde schon in Abschnitt 3.6 dargelegt. Als alleinige Erklärung für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums eignet sich dieses Argument jedoch auch in Deutschland nicht. Zu möglichen Messproblemen sowie der Verlagerung hin zu Nichtmarktproduktion⁴⁰ mit Fokus auf Deutschland gibt es bereits vereinzelte Studien wie z.B. Grömling (2016). Auch eine Publikation des Statistischen Bundesamtes mit Fokus auf die Preisstatistik (Schäfer und Bieg 2016) diskutiert die durch die verstärkte Digitalisierung auftretenden Messfehler als Argument für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums.

Insgesamt zeigt sich, dass es in Deutschland, wie auch in den anderen hier betrachteten Ländern, keine singuläre Erklärung für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums gibt.

4.4 USA

Die USA sind als wohlhabendstes Land der Welt (gemessen an der Wertschöpfung je Arbeitskraft) sowohl das Referenzland vieler Studien als auch das führende Zentrum der

⁴⁰ Siehe z.B. ING-DiBa Economic Research (2016) zur beruflichen Nutzung kostenfrei angebotener Internetdienstleistungen.

Wirtschaftswissenschaft. Daher wurden die wesentlichen Erkenntnisse über den Rückgang des Produktivitätswachstums in den USA bereits in Kapitel 3 wiedergegeben. Sie werden im Folgenden noch einmal zusammengefasst und um einzelne Aspekte ergänzt. Mit „Productivity Slowdown“ meint man in Bezug auf die USA in der Regel entweder den langfristigen Rückgang des Produktivitätswachstums seit dem zweiten Weltkrieg oder den mittelfristigen seit 2004, dem eine Periode starken Produktivitätswachstums zwischen 1995 und 2004 vorangeht.

Wie Abbildung 2-2 zeigt, war in den USA bereits ein starker Rückgang des Wachstums der Arbeitsproduktivität in den 1970er Jahren zu beobachten und es fand dann bis Anfang der 2000er Jahre eine Erholung statt. Die Zerlegung der Produktivitätsentwicklung in konjunkturelle und langfristige Komponenten ist, auch mit Blick auf die jüngste Wirtschafts- und Finanzkrise, nicht unumstritten. Jedoch wird überwiegend die These vertreten, dass es sich bei dem Rückgang nach 2004 um kein konjunkturelles Phänomen handelt. Zwischen 1995 und 2004 war in den USA ein Produktivitätswachstum zu beobachten, das sowohl im Vergleich mit anderen Perioden seit Mitte des 20. Jahrhunderts als auch im Vergleich mit anderen industrialisierten Ländern hoch ausfiel (vergleiche Tabelle 4-1). Das hohe Wachstum der Arbeitsproduktivität zwischen 1995 und 2004 fand überwiegend im IKT-Sektor, in IKT-intensiven Anwendersektoren und durch IKT-Investitionen statt.

4.4.1 Innovation und Digitalisierung

Der Rückgang des Arbeitsproduktivitätswachstums in USA nach 2004 ist zu etwa zwei Dritteln geringerem TFP-Wachstum zuzuschreiben und zu etwa einem Drittel einer geringeren Zunahme der Kapitalintensität. Gegeben, dass sowohl Investitionen als auch TFP-Wachstum im Bereich des Einsatzes digitaler Technologien wesentliche Wachstumstreiber im vorigen Zeitraum waren, liegt die Hypothese nahe, dass insbesondere die damit verbundene Dynamik schwächer geworden ist (Murray 2017).

Gordon (2016) hat in seinem umfangreichen wirtschaftshistorischen Werk die Entwicklung der USA im Detail beleuchtet und kommt zu dem Schluss, dass Innovationen, die eine dramatische Verbesserung der Lebensqualität bedeuten, zum Großteil zwischen 1870 und 1970 stattgefunden haben und in ähnlicher Weise nicht mehr vorkommen können. In der Informationstechnologie sieht er ein vergleichsweise geringes Innovationspotential – eine These, die durchaus umstritten ist (siehe Kapitel 3.3). Inspiriert von den Entwicklungen in Silicon Valley halten manche Autoren eine Zunahme des Wachstums der Arbeitsproduktivität von einem halben bis einem Prozentpunkt mittelfristig für möglich, jedoch handelt es sich dabei gegenwärtig lediglich um „informed guesses“ (siehe auch Kapitel 3.3).

Ein zu Gordons' These verwandtes Argument liegt der ökonometrischen Arbeit von Bloom et al. (2017) zugrunde, die unter Verwendung der Ideen-TFP einen extremen Rückgang der Forschungsproduktivität von etwa 10 Prozent jährlich ermittelt. Das Ergebnis steht im Widerspruch zu der Literatur über Ertragsraten von FuE. Die detaillierten Ergebnisse, von denen sich etliche auf die USA beziehen, und die methodischen Unterschiede wurden in Kapitel 3.1. diskutiert. Einige Hinweise auf sinkende FuE-Ertragsraten in den USA gibt es für die 1970er und 80er Jahre. Gerade Studien mit einem langen Beobachtungszeitraum stützen die These sinkender Ertragsraten jedoch nicht.

Für die USA, wie für andere Länder, ist der Forschungsstand bezüglich langsamerer Diffusion von Innovationen zwischen produktiven und anfänglich weniger produktiven bisher nicht eindeutig (siehe Kapitel 3.2). In einem Übersichtsartikel über Ursachen des rückläufigen Produktivitätswachstums mit Fokus auf die USA stellt Murray (2017) fest, dass eine steigende Dispersion in der Produktivität von Firmen in verschiedenen Studien beobachtet wird, dass aber keine Beschleunigung dieses Trends um das Jahr 2004 herum ausgemacht werden kann.

Murray sieht Hinweise darauf, dass das Nachlassen der IKT-basierten Produktivitätssteigerungen nach 2004 wesentlich zum rückläufigen Produktivitätswachstum beiträgt. Denn den Sektoren Handel (der zu den IKT-intensiven Sektoren zählt) und verarbeitendes Gewerbes (welches den IKT-Hardware-Sektor und andere IKT-intensive Branchen enthält) sind vier Fünftel des Rückgangs des aggregierten Arbeitsproduktivitätswachstums nach 2004 zuzuschreiben.

Cardarelli und Luinyan (2015) analysieren die Entwicklung von TFP auf Ebene der Bundesstaaten. Dazu verwenden sie eine Stochastic-Frontier-Analyse, die die TFP-Entwicklung in einen gemeinsamen und einen staatenpezifischen Effekt zerlegt. Dem Ergebnis nach hat der technische Fortschritt der „Frontier“ entlang nicht abgenommen, sondern die Effizienz einzelner Staaten im Vergleich zu dieser Frontier. TFP-Wachstum in den Bundesstaaten ist nicht mit der IT-Intensität ihrer Wirtschaft korreliert. Staaten mit höherem Bildungsniveau und höheren R&D-Ausgaben befinden sich näher an der Frontier. Unklar bleibt, wie eine Frontier in Bezug auf Bundesstaaten mit unterschiedlicher Wirtschaftsstruktur sinnvoll interpretiert werden kann.

4.4.2 Strukturwandel und Reallokation

Wie in Kapitel 3.5 bereits erläutert, kommen verschiedene Studien zu dem Ergebnis, dass der Strukturwandel mit etwa einem halben Prozentpunkt zur Verlangsamung des Produktivitätswachstums in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts beigetragen hat. Nach 2004 war der Einfluss des Strukturwandels jedoch vernachlässigbar (Byrne et al. 2016).

Neben der Reallokation zwischen Sektoren stellt die Reallokation von Arbeit zwischen produktiven und weniger produktiven Firmen innerhalb eines Sektors eine Triebkraft des aggregierten Produktivitätswachstums dar. Zahlreiche theoretische und empirische Arbeiten untermauern, dass die Reallokation der Arbeit von alten Firmen zu Startups ein wichtiger Produktivitätsmotor ist. Decker et al. (2017) stellen fest, dass die Firmeneintrittsdynamik und die aggregierte Produktivitätsentwicklung in den USA auf den ersten Blick in den letzten Jahrzehnten nicht auf diesen Wirkungsmechanismus hinweisen. Das Produktivitätswachstum hat seit den 1980er Jahren erst zu- und dann abgenommen, während Gründungen und Reallokation von Arbeit zwischen Firmen im selben Zeitraum kontinuierlich abgenommen haben. Hierbei gibt es jedoch zwei wichtige Ausnahmen. Zum einen hat im Einzelhandel der stärkste Rückgang in der Reallokation von Arbeit stattgefunden. Er war aber anders als in anderen Branchen mit einer Produktivitätssteigerung verbunden durch neue Geschäftsmodelle von großen Einzelhandelsketten. Zum anderen steht die Entwicklung von Markteintritten und Reallokation im Hochtechnologiesegment des verarbeitenden Gewerbes durchaus im Einklang mit einer umgekehrt U-förmigen Produktivitätsentwicklung und hat zum Rückgang des aggregierten Produktivitätswachstums beigetragen.

Einen weiteren, bisher weniger beleuchteten Effekt arbeiten Decker et al. (2017) in ihrer empirischen Analyse heraus: eine rückläufige Anpassungsfähigkeit der Arbeitsnachfrage an Produktivitätsschocks innerhalb von Gruppen von Unternehmen in der gleichen Branche mit ähnlichem Alter. Sie nutzen in dieser Analyse Beobachtungen der Longitudinal Business Database für die Jahre 1976 bis 2013. Zur Berechnung von TFP-Maßen des verarbeitenden Gewerbes spielen sie Daten aus anderen Quellen für die Jahre 1981 bis 2010 hinzu. Für die Hochtechnologiebranchen innerhalb des verarbeitenden Gewerbes schätzen sie eine Gleichung in reduzierter Form, die von Firmenselektionsmodellen inspiriert ist. Dabei wird das Beschäftigungswachstum auf Firmenebene auf die mit einem Lag versehene Abweichung der TFP vom jahresspezifischen Durchschnitt der 6-Steller NAICS-Branche regressiert. Interaktionseffekte mit Dummies für junge und reife Unternehmen sowie mit einem linearen und quadratischen Zeittrend werden berücksichtigt. Weitere Kontrollvariablen sind Unternehmensgröße sowie bundesstaatspezifische Effekte.

Das zentrale Ergebnis der Analyse ist das Folgende: Beschäftigungswachstum hat im Beobachtungszeitraum im Hochtechnologiesektor erst zunehmend und dann abnehmen stark auf überdurchschnittliches TFP-Wachstum reagiert. Dieser Effekt setzt sich aus drei Komponenten zusammen: (1) eine stärkere Reaktion in jüngeren Unternehmen, deren Anteil abnimmt, (2) eine umgekehrt U-förmige Entwicklung der Reaktionsstärke in jungen Unternehmen und (3) die beschleunigte Abnahme der Reaktionsstärke in allen Firmen nach

2000. Im sonstigen verarbeitenden Gewerbe sinkt die Reaktionsstärke sowohl in jungen als auch in reifen Unternehmen, ebenfalls mit einer Beschleunigung nach 2000.

Weitere Analysen werden für andere Branchen durchgeführt, für die als Produktivitätsmaß nur Arbeitsproduktivität zur Verfügung steht, sowie für Marktaustritte. Es wird weiterhin überprüft, dass eine sinkende Reallokationsdynamik auch nicht durch steigendes Produktivitätswachstum innerhalb von Unternehmen ausgeglichen wird. Vielmehr sinkt dieses ebenfalls.

Eine abnehmende Reaktionsstärke auf Produktivitätsschocks weist typischerweise auf zunehmende Marktfraktionen und Verzerrungen hin. Eine Aufsummierung der Mikroeffekte ergibt, dass der Einfluss der abschwächenden Reallokationsdynamik innerhalb von Altersgruppen den Einfluss des zunehmenden Alters der Unternehmen übersteigt. In einer weiteren Publikation (Decker et al. 2017b) stellen die Autoren fest, dass Produktivitätswachstum auf Unternehmensebene eine sehr komplexe Dynamik aufweist, die nicht spiegelbildlich zum aggregiert rückläufigen Produktivitätswachstum ist und dass die Korrelation zwischen anfänglicher Unternehmensgröße und Produktivitätswachstum abgenommen hat. Eine kausale Erklärung für die gezeigten Entwicklungen steht aus ihrer Sicht noch aus.

4.4.3 Sonstige Gründe

Die USA sind das Land, für das Messfehler am intensivsten erforscht sind. Während mehrere Autoren durchaus von einer verzerrten Schätzung des BIP-Niveaus ausgehen, findet die Literatur bisher keine Belege für eine Zunahme der Verzerrung um das Jahr 2004 herum aus. Messfehler werden für die USA somit eindeutig nicht als Ursache des gemessenen rückläufigen Produktivitätswachstums angesehen (siehe Kapitel 3.6.). Überprüft wurden dabei insbesondere auch mögliche Messfehler im Zusammenhang mit Fortschritten in der Fracking-Technologie und zunehmender Globalisierung (Byrne et al., 2016).

Fernald (2016) äußert die Vermutung, dass das US-amerikanische BIP pro Kopf mittelfristig mit etwa 0,9 Prozent pro Jahr wachsen wird. Den Grund für dieses im historischen Vergleich niedrige Wachstum sieht er nicht in rückläufigem TFP-Wachstum alleine, sondern in der Kombination mit einem steigenden Anteil von Rentnern und geringeren Steigerungen im Bildungsniveau der Arbeitskräfte. Er sieht aber durchaus auch ein „Aufwärtsrisiko“ für das Wachstum durch technologischen Fortschritt.

4.5 Frankreich

Die Produktivitätsentwicklung Frankreichs ist, wie die der meisten Industrienationen, von einem Rückgang des Produktivitätswachstums geprägt. Des Weiteren scheint die Stagnation der Produktivität in Frankreich besonders prekär. Frankreichs TFP-Wachstum sank

von dem Höchstwert 6,18 Prozent in 1956 bis auf einen Wert von -0,87 Prozent in 2014. Eine Vielzahl an Gründen erklärt diese Entwicklung. Zum einen steht Frankreich denselben Schwierigkeiten wie andere Industrienationen gegenüber: Eine stockende Transformation von auf Elektrizität basierenden Innovationen zu auf digitalen Technologien basierenden Innovationen sowie eine limitierte Diffusion von IKT. Zum anderen werden diese Aspekte noch durch spezifische französische Faktoren verstärkt: Eine geringe Substitutionsrate von IKT-Kapital und Nicht-IKT-Kapital, das Fehlen von angemessener Finanzierung für gezielte Investitionen sowie verschiedene Probleme des französischen Arbeitsmarktes.

4.5.1 Produktivität und Innovationen: Elektrizität und IKT

Das beispiellose Produktivitätswachstum Frankreichs zur Zeit der „Trente Glorieuses“ wurde hauptsächlich von den Weiterentwicklungen von Elektrizität, Verbrennungsmotoren und Chemikalien sowie neuen Methoden der Arbeitsorganisation getrieben (Ahmad et al. 2017). Verschiedene Studien indizieren, dass eine Digitalisierung der Volkswirtschaft einen vergleichsweise geringen positiven Effekt auf die Arbeitsproduktivität ausübt (Gordon, 2012). Während elektrizitätsgetriebene Innovationen zu einer großen Zunahme der Arbeitsproduktivität führten, wird erwartet, dass eine Weiterentwicklung von künstlicher Intelligenz oder des Einführens selbstfahrender Fahrzeuge keinen langfristigen Effekt auf die Entwicklung der Produktivität hat (Ahmad et al. 2017). Diese Hypothese wurde getestet von Bergeaud et al. (2016, 2017a, b). Die Autoren beobachteten 17 Länder über die Periode 1890 bis 2015 und finden, dass die Einführung von IKT, aufgrund ihrer begrenzten Diffusion, einen geringeren Einfluss auf die Produktivität eines Landes ausgeübt hat als die Einführung von „elektrischen“ Technologien. Hinzukommt, dass Ergebnisse weiterer Studien darauf hinweisen, dass der Beitrag von IKT zur Produktivität im jüngsten Zeitraum abnimmt (Cette et al. 2016). Zum Beispiel betrug Cette et al. (2009) zufolge der Beitrag von IKT zum Produktivitätswachstum durchschnittlich etwa 0,3 Prozentpunkte im Jahr zwischen 1989 und 2004. Im Gegensatz zu anderen Ländern stagnierte der Beitrag von IKT zur Produktivität in Frankreich. Dieser nahm allerdings nicht ab zwischen den Jahren von 2000 bis 2004 (Cette et al. 2009).

Bergeaud et al. (2017a, b) entwickeln eine Methode, um die Qualität von Produktionsfaktoren (z.B. Qualität des Bildungswesen und Anlagenalter) miteinzubeziehen. Nach der Schätzung der Autoren erklärt eine Erhöhung der Elektrizität pro Kopf um einen Prozentpunkt eine Steigerung der TFP um 0,08 Prozent. Dahingegen führt ein Anstieg des Verhältnisses von IKT-Kapital zum BIP um einen Prozent zu einer Steigerung des BIPs um 1,56 Prozent. Daher schätzen Bergeaud et al. (2017a), dass IKT-Innovationen 9 Prozent und auf Elektrizität basierende Innovationen 35 Prozent der TFP erklären. Bergeaud et al.

(2017b) erweitern die vorherige Analyse. Nachdem sie die Qualität der Produktionsfaktoren miteinbeziehen indizieren ihre Ergebnisse, dass die Stagnation der Produktivität ein Resultat der geringen Diffusion von IKT ist. Des Weiteren finden verschiedene Studien im Fall von digitalen Innovationen eine niedrigere Wahrscheinlichkeit von Spillovern und dementsprechend eine geminderte Fähigkeit von Unternehmen voneinander zu lernen (OECD 2015, Ahmad et al. 2017). Innerhalb Europas stellt Frankreich die Untergrenze hinsichtlich des Profitierens von IKT-Diffusion dar.

4.5.2 Produktivität und IKT: Begrenzte Diffusion

Der französische Produktivitätsrückgang wurde überwiegend durch die limitierte Diffusion von IKT erklärt. Melka et al. (2004) vergleichen das französische Szenario mit Entwicklungen in anderen europäischen Ländern und der USA in den Jahren 1982 bis 2001. Die Autoren zeigen, dass der französische TFP-Trend sich nicht in großem Maße von dem der USA unterscheidet: Zuerst eine Steigerung des TFP-Wachstums zwischen 1982 und 1990, ein Rückgang bis 1995 und letztlich ein Anstieg bis 2001. Allerdings zeigen ihre Resultate das der Anteil von IKT-Kapital am Produktivitätsanstieg über die Zeit vor allem in Frankreich abnimmt. Während der Unterschied des Einflusses von IKT-Kapital zwischen Frankreich und den USA in den Jahren 1982 bis 1990 34 Prozentpunkte betrug, erhöhte sich die Abweichung auf 51 Prozent zwischen 1991 und 2001. Die Autoren vermuten, dass die geringe Rate der Substitution von IKT- und Nicht-IKT-Kapital der Hauptgrund für die unterschiedliche Entwicklung zwischen Frankreich und den USA ist.

Cette und Lopez (2008) zeigen, dass eine Kluft zwischen der Nutzung und der Diffusion von IKT in verschiedenen Ländern besteht. Die USA scheinen Führer im Bereich der Diffusion zu sein, gefolgt von Japan und Großbritannien, wohingegen südeuropäische Länder (z.B. Spanien, Italien, Frankreich) hinterherhinken. Innerhalb der Gruppe der Nachzügler nimmt Frankreich die führende Rolle ein, insbesondere da sich dessen IKT-Kapitalkoeffizient von den frühen 1990er bis zu den 2000er Jahren mehr als verdoppelt hat. Allerdings liegt Frankreichs IKT-Kapitalintensitätskoeffizient mit einem Wert von 0,05 noch deutlich unter dem der USA mit 0,09. Dieser Unterschied ist überwiegend erklärbar durch verschiedene Preisdynamiken und begrenzte Investitionen in IKT, die die Produktivitätssteigerungen begrenzen. Dementsprechend besteht die Möglichkeit den Rückgang des Produktivitätswachstums in Frankreich durch eine Steigerung der IKT-Investitionen zu reduzieren. Auch wenn die Preise von IKT über die Zeit einheitlich abnehmen (Cette und Lopez 2012), unterscheidet sich ihre Nachfrage (z.B. Preiselastizität) zwischen Ländern (Cette und Lopez 2008). In Anbetracht dessen scheint Frankreich die betragsmäßig höchste geschätzte IKT-Preiselastizität mit einem Wert zwischen $-1,42$ und $-1,52$ zu be-

sitzen. Diese hohen Werte bestätigen auch die Annahme der Unterinvestition in IKT-Kapital und zeigen erneut Raum für Produktivitätsgewinne auf (Ahmad et al. 2017). Die Annahme, dass die Beziehung zwischen IKT-Preisen und der Diffusion von IKT Produktivitätsgewinne beeinflussen, wird auch von Cette et al. (2015a) unterstützt. Die Autoren zeigen, dass die akkumulierten Produktivitätssteigerungen der EU-Länder von 1995 bis 2004 durch Preisentwicklungen und steigende Investitionen in IKT erklärt werden können. Im Gegensatz dazu spiegeln aktuelle mäßige Produktivitätssteigerungen eine Stagnation von IKT wider. Aktuelle Produktivitätsveränderungen bleiben nur deshalb positiv, weil die Preisrückgänge der IKT einen Rückgang ihrer Investitionen überkompensieren. Allerdings weitet sich der Unterschied der Bedeutung von IKT zwischen den USA und den europäischen Ländern weiter: In 2010 war der amerikanische IKT-Kapitalintensitätskoeffizient dreimal höher als der in Europa. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch Cette und Lopez (2012) sowie Cette et al. (2015b).

4.5.3 Investitionen: Finanzierung und Fehlallokation

Die hohe IKT-Preiselastizität wird durch ungenügende Finanzierungsmöglichkeiten für IKT-Investitionen verschärft. IKT-Investitionen zu erhöhen ist eine mögliche Strategie, um Produktionssteigerungen zu erzeugen. Um dies zu erreichen, sollten solche Investitionen öffentliche Unterstützung erhalten und Banken ihr Kreditangebot, insbesondere für KMU, erhöhen. Die Anzahl an Finanzierungsmöglichkeiten zu erhöhen würde die Wahrscheinlichkeit dafür verringern, dass Unternehmen ihre Investitionen aufschieben oder sie in Nicht-IKT-Kapital investieren (OECD 2015). Schuldenbasierte Investitionen in IKT werden in der Literatur diskutiert. Verschiedene Autoren argumentieren, dass IKT-Investitionen in ihrer Natur risikoreich sind und daher besser über Aktienfonds als über Kredite finanziert werden sollten (Ahmad et al. 2017). Des Weiteren könnten sich Investitionen in IKT mit externen Geldmitteln kurzfristig negativ auf Innovationsaktivitäten auswirken (Nanda und Nicholas 2014). Des Weiteren betonen verschiedene Autoren die wichtige Rolle von niedrigen realen Zinsraten für die Stagnation des Produktivitätswachstums. Einerseits stärken sie produktive Unternehmen und andererseits ermöglichen sie es unproduktiven Unternehmen im Markt bestehen zu bleiben (Bergeaud et al. 2017a). Die Rolle von niedrigen realen Zinsraten in der Fehlallokation und dem allgemeinen Fehlen von Investitionen in IKT in Frankreich und anderen südeuropäischen Ländern wurde von Cette et al. (2017) besonders betont. Cette et al. (2017) untersucht die Rolle der Investitionsrate in Anbetracht der Einführung des Euro. Die Autoren vermuten, dass die niedrigere Zinsrate in verschiedenen Sektoren (Services, Verteilung und Transport), aufgrund einer Reduzierung der Substituierbarkeit von Investitionen in IKT- und Nicht-IKT-Kapital, zu Fehlallokationen von Ressourcen führte. Des Weiteren argumentieren sie, dass vor allem

Frankreich von dieser Fehlallokation von Investitionen, aufgrund eines Mangels von nötigen Umstrukturierungen im Rahmen der Entwicklung von IKT (z.B. Probleme bezüglich der Marktkonzentration, der Arbeitsmarktstarrheit und des demografischen Wandels), beeinträchtigt ist. Die geringen Umstrukturierungen führen zu geringen FuE-Ausgaben und einer geringen Diffusion von IKT, was dann wiederum zu einer Reduktion der Produktivität führt (Cette et al. 2017). Ahmad et al. (2017) weist in einer aktuellen Studie darauf hin, dass Frankreich seine FuE-Investitionen stärken sollte, um eine angemessene Infrastruktur aufzubauen und von den durch IKT möglichen Produktivitätssteigerungen zu profitieren. Das bedeutet, Unternehmen müssen ihre Investitionen zu immateriellen Vermögenswerten und Maschinen umlenken. Ungeachtet der realen Zinsrate von null Prozent sind die nominalen Kapitalkosten für die meisten französischen Unternehmen immer noch zwischen acht und neun Prozent (Ahmad et al. 2017). Des Weiteren würde ein Umlenken auch das Alter des Kapitals reduzieren, was eine wichtige Determinante der IKT-Diffusion zu sein scheint (Bergeaud et al. 2017a, b).

4.5.4 Arbeitsmarkt

Verschiedene Reformen mit dem Ziel den Arbeitsmarkt flexibler zu gestalten hatten auch einen insgesamt negativen Effekt auf die Produktivität Frankreichs. Die Veränderungen zielten darauf ab die Länge von Arbeitsverträgen zu verringern und eine selbständige Erwerbstätigkeit für Geringqualifizierte zu vereinfachen. Beide Aspekte hatten einen negativen Einfluss auf die Produktivität (Askenazy und Erkel 2016). Sukzessive Gesetzesänderungen haben des Weiteren Bonuszahlungen für die Erreichung von Projektzielen reduziert und damit Leistungsanreize für Beschäftigte weiter geschwächt (Askenazy und Erkel 2016, Ahmad et al. 2017). Hinzukommt, dass in 2012 und 2015, sukzessive Gesetzesänderungen das Steuerniveau für Einkommensquellen mit direktem Bezug auf die Leistung eines Beschäftigten erhöht haben (Ahmad et al. 2017). Dies beeinflusst das Produktivitätswachstum erneut negativ. Letztlich repräsentiert eine alternde Bevölkerung eine weitere Herausforderung für den Arbeitsmarkt. Verschiedene Politikmaßnahmen ermöglichen es Beschäftigten länger zu arbeiten, was die Produktivität reduziert (Askenazy und Erkel 2016).

4.5.5 Marktkonzentration

In Frankreich scheinen tendenziell große Unternehmen das Marktgeschehen zu dominieren. Dementsprechend sind Innovationen zumeist in großen Unternehmen (oder Unternehmensgruppen) konzentriert, was zu einer Spreizung in der Produktivitätsentwicklung zwischen großen Unternehmen und KMU führt. Das Fehlen einer breiten Masse von mittelgroßen Unternehmen reduziert deren Wahrscheinlichkeit zu innovieren und auf diese

Weise die Produktivität zu steigern. Des Weiteren begrenzt es die Fähigkeit von KMU Innovationen von großen Unternehmen zu adaptieren. Allerdings ist die Konzentration der Produktionsfaktoren in großen Unternehmen auch eine Quelle von Produktivitätssteigerungen. Wettbewerbsschädliches Verhalten wird auch in der Studie von Cette et al. (2015a) betrachtet. Frankreich ist innerhalb von 14 OECD-Ländern führend in Bezug auf wettbewerbsschädliches Verhalten außerhalb des verarbeitenden Gewerbes. Die Autoren schätzen, dass weitere strukturelle Reformen (z.B. Reformen auf dem Arbeitsmarkt und im Wettbewerbsrecht) langfristig zu einer Steigerung der TFP um 1,2 Prozent führen können. Cette et al. (2016) bestätigen diese Resultate indem sie auf Basis ihrer geschätzten FuE-Nachfrage simulieren, dass das IKT-Kapital Frankreichs um acht bis zehn Prozent steigen könnte, wenn wettbewerbsschädliches Verhalten begrenzt würde.

4.5.6 Bildung, Fähigkeiten und Demographie

Mehrere Studien betonen weitere Dimensionen in Beziehung auf Humankapital, z.B. die alternden Beschäftigten und die Bildungsqualität, welche einen simultanen Einfluss auf die Produktivität und die Diffusion von IKT ausübt (Bergeaud et al. 2016). Daher sind beide mitverantwortlich dafür die Produktivitätssteigerungen und die Diffusion von IKT zu begrenzen. Das Bildungsniveau und das Alter des Kapitals erklären 17 Prozent der TFP der Eurozone (Bergeaud et al. 2017b). Ahmad et al. (2017) stellt außerdem fest, dass der Rang Frankreichs innerhalb der PISA- und PIAAC-Studie mit der Zeit gesunken ist.

Des Weiteren zeigt sich auch in weiteren Studien der Zusammenhang des Mangels an Bildung und qualifizierten Beschäftigten auf die Fähigkeit von der Einführung von IKT zu profitieren (Melka et al. 2004, Cette et al. 2015b, Bergeaud et al. 2017a, b). Beide Aspekte verstärken die begrenzte Diffusion von IKT als Resultat eines Mangels an Substituierbarkeit zwischen IKT- und Nicht-IKT-Kapital. Eine alternde Beschäftigung ist ein weiterer Faktor, der die Diffusion von IKT sowie auch die gesamte Produktivität negativ beeinflusst (Askenazy und Erkel 2016).

4.6 Schweden

Schweden wies in den Jahren nach 1995 deutlich höhere Wachstumsraten der Wertschöpfung und der Arbeitsproduktivität auf als andere westeuropäische Länder. Edquist und Henrekson (im Erscheinen) ermitteln in einer Regressionsanalyse, dass je nach Spezifikation 36 bis 58 Prozent des Wachstums der schwedischen Wertschöpfung auf Investitionen in IKT und in Forschung und Entwicklung zurückzuführen sind. Heyman et al. (2015) untersuchen auf Basis von Firmendaten den industriellen Restrukturierungsprozess in Schweden zwischen 1990 und 2009. Sie sehen im Ergebnis die schwedischen Reformen

in den 1990er Jahren auf Arbeits- und Gütermärkten sowie die größere Offenheit für ausländische Investitionen als erfolgreich an. Insbesondere der Markteintritt neuer Firmen hat zu Steigerungen der aggregierten Arbeitsproduktivität beigetragen. Weitere relevante Studien liegen in schwedischer Sprache vor.

4.7 Schweiz

In der Schweiz wurden im Rahmen der Strukturberichterstattung des Staatssekretariats für Wirtschaft 2015 mehrere Studien zur Produktivitätsentwicklung erstellt. Zwischen 2003 und 2014 wurde in der Schweiz ein im OECD-Vergleich unterdurchschnittliches Wachstum der Arbeitsproduktivität von jährlich 0,8 Prozent beobachtet. Damit setzt sich ein seit den 1970er Jahren bereits unterdurchschnittliches Wachstum (ausgehend von einem hohen Niveau) fort, mit dem die Schweiz in ihrem gesamten Produktivitätsanstieg seit 1970 OECD-weit auf dem letzten Platz liegt. Eine Growth Accounting-Zerlegung zeigt, dass der Beitrag der Kapitalintensität zum Wachstum durchschnittlich war, während der Beitrag der TFP weit unterdurchschnittlich ausfiel. Nach 2003 haben sich hier die Gewichte umgekehrt. Die Entwicklung ist allerdings über verschiedene Branchen hinweg sehr heterogen. Das Niveau der Arbeitsproduktivität liegt 2014 geringfügig unter dem deutschen. Nicht ganz unproblematisch ist beim internationalen Vergleich auch die Entwicklung der Kaufkraftparität (Colombier 2016). Manche sehen hier deutliche Messfehler des Arbeitsproduktivitätswachstums generiert.

Auf Branchenebene zeigt sich in der Schweiz ein international überdurchschnittliches Produktivitätswachstum in der chemischen und pharmazeutischen Industrie, im Baugewerbe, im Handel und bei den sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen. Unterdurchschnittliches Wachstum der Arbeitsproduktivität wurde im IKT-Sektor, im Finanzsektor und in weiten Teilen des Dienstleistungssektors und des verarbeitenden Gewerbes verzeichnet (Eberli et al. 2015).

Jaeger et al. (2015) untersuchen die sowohl im Zeitablauf als auch im internationalen Vergleich rückläufige Investitionstätigkeit in der Schweiz und sehen die Bevölkerungsalterung, den steigenden Dienstleistungsanteil und die reale Frankenaufwertung als Gründe. Kaiser und Siegenthaler (2015) beschäftigen sich mit dem Puzzle der negativen Entwicklung der Arbeitsproduktivität im wissensintensiven Dienstleistungssektor. Vor dem Hintergrund, dass Profitmargen, Qualifikationsniveau und Löhne in diesem Sektor überdurchschnittlich angestiegen sind und vorhandene Innovationshemmnisse eher abgenommen haben sowie angesichts einer im internationalen Vergleich durchschnittlichen Investitionstätigkeit halten die Autoren diese Zahlen für unplausibel und zurückführbar auf eine ungeeignete Methodik bei den Produzentenpreisindizes.

4.8 China

China stellt auf einen ersten Blick eine interessante Ausnahme dar. Laut Brandt et. al. (2017) wuchs die TFP im Zeitraum von 1998 bis 2007 um durchschnittliche 2,6% jährlich. Dieses Wachstum steht nicht nur im großen Gegensatz zur Produktivitätswachstumsrate der OECD-Länder, sondern auch zum chinesischen Produktivitätswachstum der Folgejahre. Nach 2007 ist die durchschnittliche jährliche TFP-Wachstumsrate in China auf knapp 0,5% gefallen. In den Jahren 2008, 2012 und 2013 war diese sogar negativ (Brandt et. al. 2017).

Für das relativ hohe TFP-Wachstum in der Zeit nach 1990 und vor der großen Rezession sind nach den Angaben von Brand et. al. (2017) einige Faktoren wichtig gewesen: Unter anderem, die Liberalisierung der ausländischen Direktinvestition, die allgemeine Handelsliberalisierung und die Privatisierung verschiedener Sektoren der Wirtschaft.

Ein wichtiger Aspekt dieser Analyse sind die Bewertungsprobleme, die die TFP nur ungenau berechnen lassen. Unter anderem wird das Wertschöpfungswachstum nach 2008 nicht mehr in den Produktivitätsstatistiken inkludiert. Zudem wurde in 2010 die Umsatzzschwelle für gemeldete Unternehmen von 8 Millionen RMB auf 20 Millionen RMB erhöht. In 2013 ist auch eine deutliche Steigerung der offiziellen Beschäftigung zu erkennen. Nach der von Brandt et. al. (2017) kalkulierten Produktivitätswachstumsraten verursacht diese Problematik eine Überschätzung von etwa 2,5% bis 3,0% der TFP. Aus dieser Überschätzung folgt beispielweise ein tatsächlicher Rückgang der Wachstumsrate im Zeitraum 2007-2013 von etwa 0,5% auf etwa 0%.

Die abnehmende Wachstumsrate hat sich in den Folgejahren der großen Rezession zu einem Trend entwickelt. Für dieses Phänomen sind einige Gründe verantwortlich, wie etwa eine differenzierte Regionalproduktivität oder niedrige FuE-Ertragsraten. In den folgenden Unterabschnitten wird analysiert, warum die chinesische Produktivitätswachstumsrate abnimmt.

4.8.1 Staatliche und Private FuE-Ertragsraten

Einige Studien haben schon die Produktivitätserträge von chinesischen FuE-Maßnahmen untersucht. In einer grundlegenden Studie analysiert Hu (2001) Querschnittsdaten von 813 Unternehmen für das Jahr 1995, um den Einfluss von FuE-Ausgaben auf TFP zu erklären. Die Daten dieser Studie begrenzen sich auf High-Tech-Unternehmen des Haidan-Distrikts der Stadt Peking. Dementsprechend wurden nur die am technisch ausgereiftesten Unternehmen dieses Zeitpunkts betrachtet. Nachdem die chinesischen Unternehmen, die in Privatbesitz sind, ausgeschlossen wurden (wegen ihrer geringen Zahl), untersucht Hu sowohl

den Einfluss der unternehmenseigenen FuE-Ausgaben als auch den Einfluss der von der Regierung subventionierten FuE-Ausgaben. Hu stellt mit einem OLS-Modell eine statistisch-signifikante FuE-Elastizität von 0,08% fest. Unter Verwendung von IV-Schätzungen erhöht sich diese Elastizität noch auf 0,32%. Unter Einbeziehen von FuE-Subventionierung ergeben die Modelle einen nicht-signifikanten Einfluss von FuE auf TFP. Darüber hinaus schätzt Hu (2001) auch eine IV-Spezifikation, die nach Art des Eigentumsverhältnisses unterscheidet. Er findet, dass für alle Unternehmen FuE-Erträge aus eigenen FuE-Ausgaben signifikant sind. Die Erträge von Unternehmen in Staatsbesitz fallen allerdings geringer aus. Da die Höhe der Ausgaben in beiden Eigentumsformen vergleichbar ist, ist davon auszugehen, dass Unternehmen in Privatbesitz mehr von FuE-Ausgaben profitieren.

Jefferson et al. (2006) untersuchen den Einfluss von FuE auf verschiedene Leistungsindikatoren für 20,000 große sowie mittelgroße Unternehmen in Privat- und Staatsbesitz, gruppiert nach sieben verschiedenen Eigentumsformen. Eine Querschnittsanalyse mit einem verzögerten Regressor für den Zeitraum 1997-1999 wird durchgeführt. Die Autoren schätzen FuE-Erträge mittels IV-Schätzungen. Sie nutzen dafür eine Cobb-Douglas-Produktionsfunktion mit der Einschränkung, dass FuE-Elastizitäten über alle Eigentumsformen hinweg als konstant angenommen werden. Die unterschiedliche Effektivität von FuE wird dann aus der Umwandlung der Elastizitäten in Erträge berechnet. Das ergibt ungewöhnliche hohe Erträge: zwischen 55% und 178%. Die im Vergleich hohen Erträge von 178% für Unternehmen in Staatsbesitz stehen im großen Gegensatz zum Ergebnis von Hu (2001). Dieses Ergebnis kann möglicherweise von dem hohen Verhältnis von Output zu FuE, das in Unternehmen in Staatsbesitz üblich ist, verursacht worden sein.

Hu und Jefferson (2004) schätzen die Erträge von FuE für 88 große und mittelständische produzierende Unternehmen, die sich vor allem in Staatsbesitz befinden und FuE-Aktivitäten durchführen. Die Unternehmen sind in Peking angesiedelt und wurden im Zeitraum von 1991 bis 1997 beobachtet. Aus der berechneten Cobb-Douglas-Produktionsfunktion ergibt sich eine statistisch-signifikante Elastizität für FuE, die, nach einer Umwandlung in Erträge, einen abnehmenden Einfluss auf Produktivität aufweist.

Mit Fokus auf die Komplementarität zwischen unternehmenseigener FuE und Technologietransfer durch den Erwerb impliziter Technologie, analysieren Hu et al. (2005) Daten von ca. 10,000 der größten chinesischen klein- und mittelständischen Unternehmen im Zeitraum von 1995 bis 1999. Die Autoren schätzen eine Produktionsfunktion mit Interaktionstermen, die den komplementären Zusammenhang zwischen unternehmenseigener FuE und Technologietransfer aus inländischen und ausländischen Quellen bestätigt. Wenn nur die Firmen in ausländischem Besitz in Betracht gezogen werden, verflüchtigt sich die

Relation zwischen interner FuE und Technologietransfer von ausländischen Quellen. Möglicherweise sind diese Unternehmen von dieser Art Wissen nicht abhängig.

Mit einer sogenannten „stochastic frontier“-Analyse, untersuchen Zhang et al. (2003) die Auswirkung der FuE-Ausgaben von 8.341 chinesischen Unternehmen im Jahr 1995. Die Autoren bestätigen die Resultate von Hu (2001), mit dem Ergebnis, dass Unternehmen in Staatsbesitz die geringsten Erträge von FuE aufweisen. Des Weiteren finden Zhang et al. (2003), dass die Höhe der FuE-Intensität von sich in Staatsbesitz befindenden Unternehmen zu ihrer FuE-Produktivität nicht endogen ist, da diese Firmen vergleichsweise hohe FuE-Intensitäten angeben. Aufgrund ihrer niedrigen Bedeutung zu diesem Zeitpunkt, mussten privatwirtschaftlich orientierte Betriebe (die sogenannten „POEs“) von der Analyse entfernt werden.

Eine Gemeinsamkeit aller dieser Studien ist der Fokus auf den Zeitraum vor dem Einstieg Chinas in die WHO in 2001. Alle Studien konzentrieren sich auf Querschnitts- oder Paneldaten vom Zeitraum von 1991 bis 1999. Aus diesem Grund geben die daraus resultierenden Ergebnisse nur einen Einblick in eine Situation, in der die chinesischen FuE-Aktivitäten relativ gering waren. Dieses steht im deutlichen Gegensatz zu der Steigerung von FuE-Investitionen und Patentanträgen, die nach 2001 zu beobachten ist. Darüber hinaus konnten diese Studien die Performance von Unternehmen in reinem Privatbesitz nicht schätzen, da alle Unternehmen zu einem bestimmten Grad in Staatsbesitz waren. Eine Ausnahme von diesen Restriktionen stellt die Studie von Boeing et al. (2016) dar.

Die Studie von Boeing et al. (2016) schätzt die privaten Erträgen aus FuE-Aktivitäten chinesischer Unternehmen über den Zeitraum von 2001 bis 2011 und untersucht, inwiefern sie sich von der Periode 2001-2006 auf die Periode 2007-2011 verändert haben. Hinzukommt, dass sie auch zwischen POEs und Unternehmen mit einem unterschiedlichen Maß an staatlicher Beteiligung unterscheiden. Ihr Datensatz umfasst 1.927 an der chinesischen Börse gelistete Unternehmen. Der heterogene Effekt von FuE-Aktivitäten wird mit der Hilfe von verschiedenen Interaktionstermen (Zeit, Eigentum, Höhe des FuE-Kapitals) geschätzt. Es zeigt sich, dass die Erträge aus FuE für alle Eigentumsformen im Zeitverlauf zunehmen und eine steigende Staatsbeteiligung FuE-Erträge verringert. Dieses Ergebnis

bleibt auch robust, wenn die Autoren für eine potenzielle Endogenität innerhalb der Produktivitätsschätzung kontrollieren.⁴¹ Abnehmende Erträge von FuE-Aktivitäten scheinen demnach keine Erklärung für die Abnahme des Produktivitätswachstums in China zu sein.

4.8.2 Abweichendes Produktivitätswachstum und die „IT-Revolution“

Nicht alle chinesische Branchen steuern gleichmäßig zum Produktivitätswachstum bei. So zum Beispiel finden Wu et al. (2017), dass Unternehmen aus der IKT-Branche sowie die Branchen, die IKT in ihren Produktionsprozessen nutzen, am meisten zur Produktivität beitragen.

Mit dem Einsatz eines „Jorgensonian“-Modells wird in Wu et al. (2017) die gesamte Produktivität zerlegt. So entstehen verschiedene Sektoren: IKT-Hersteller, IKT-nutzende-Hersteller, IKT-nutzende-Dienstleister, und nicht-IKT-nutzende-Hersteller, -Dienstleister und -Andere. Für den Zeitraum 1998-2012 erklären IKT-nutzende und -produzierende Unternehmen etwa 29% des Wertschöpfungswachstums. Im selben Zeitraum tragen diese Unternehmen auch 149% des Produktivitätswachstums bei. Diese Zahl ergibt sich daraus, dass andere Branchen negativ zum Wachstum beigetragen haben. Die Branchen, die den größten negativen Teil des Produktivitätswachstums ausmachen, sind die in der allgemeinen Dienstleistung. Zudem nennen Wu et al. (2017), wie auch Brandt et al. (2017), die Fehlallokation der Ressourcen als wichtige Komponente des negativen Wachstums.

4.8.3 Abnehmende Produktivität von neuen Unternehmen

Eine wichtige Quelle für das chinesische Produktivitätswachstum im Zeitraum 1998-2013 war auch der Markteintritt neuer Unternehmen. In diesen Jahren wuchs die Zahl der Unternehmen in China um etwa 10% pro Jahr. Diese haben positive Produktivitätswachstumsraten mit sich gebracht. Eine Neuaufteilung der Ressourcen, wie etwa Kapital, Arbeit oder Zwischenprodukte, an die produktiveren Unternehmen hat jedoch nicht stattgefunden. So konnten auch keine weiteren Produktivitätsgewinne erzielt werden. Dies ist zu einem gewissen Teil auf die fehlende Marktorientierung der Ressourcenaufteilung zurückzuführen (Brandt et al., 2017).

Seit 2007 indes sind neue Unternehmen im Gegensatz zu vorher weniger produktiv und tragen teilweise negativ zur Wachstumsrate bei. Brandt et al. (2017) finden zudem, dass

⁴¹ In einer Sensitivitätsanalyse verwenden sie den Patentstock anstelle des FuE-Stocks. Hier finden sie, dass die Erträge aus Patenten im Zeitverlauf abnehmen. Mögliche Erklärungen hierfür könnten beispielsweise eine durchschnittlich sinkende Qualität eines Patents sein oder eine abnehmende Wirkung des Patentschutzes.

sich nach der Rezession die Einstiegsbarrieren für neue Unternehmen erhöht und politisiert haben. Letzteres zeigt sich in der abnehmende Wachstumsrate von neuen Unternehmen: in 2013, war sie um 3-4% niedriger als die von den Jahren 1998-2007.

4.8.4 Staatliche und private Unternehmen

Eine Besonderheit der chinesischen Volkswirtschaft ist die große wirtschaftliche Bedeutung von staatlichen Einrichtungen. Die Produktivität der Unternehmen unterscheidet sich deutlich nach der Art des Eigentümers. Dabei ist aber zu erwähnen, dass die Statistiken nur eine „Umsatz“-Produktivitätsberechnung erlauben, aufgrund der fehlenden Output- und Inputpreise. So kann beispielsweise das Entstehen größerer Marktmacht und die damit einhergehenden höheren Preise eine abnehmende Produktivität überdecken.

Brandt et al. (2017) klassifizieren alle Unternehmen als „staatliche Unternehmen“, die angeben, dass der Staat diese besitzt oder die, die eine staatliche Kapitalmehrheit aufweisen. Die Bedeutung der staatlichen Unternehmen an der sektoralen Bruttowertschöpfung (gross-value of industrial output, GVIO) hat sich im Zeitraum 1998-2013 verringert, sodass ihr Anteil in 2013 von 50% auf 23,3% der Bruttowertschöpfung gesunken ist. Für denselben Zeitraum ist der Anteil der Wertschöpfung der staatlichen Unternehmen auch von 58,9% auf 29,4% zurückgegangen. Dieser Rückgang des Anteils war vor allem für das Produktivitätswachstum entscheidend bis etwa 2007. Denn die relativ unproduktiven staatlichen Unternehmen fielen weniger ins Gewicht, während die relativ produktiven privaten Unternehmen an Bedeutung gewannen. Das wirkte sich insgesamt eher positiv auf das Produktivitätswachstum aus. Das hielt indes nur bis etwa 2007 an, weil die privaten Unternehmen im Durchschnitt danach z.T. unproduktiver wurden als die staatlichen Unternehmen.

4.8.5 Regionales Wachstum

Ein weiterer Grund für die abnehmende chinesische Produktivität ist die „Regionalisierung“ der Produktivitätsgewinne nach 2007. Laut Brandt et al. (2017) wuchs von 1998 bis 2007 die chinesische Produktivität geographisch überall gleichmäßig, um etwa 2%.

Nach 2007 und bis 2013 wuchs sie jedoch nur im chinesischen Süden ohne Unterbrechung, obwohl diese Region, laut Brandt et al. (2017) am meisten von der Rezession betroffen sein sollte. Im Norden, Zentrum und Südwesten war das Produktivitätswachstum für diese Zeit entweder null oder negativ.

4.9 Japan

Die japanische Volkswirtschaft ist vermutlich eine der interessantesten innerhalb der OECD. Sie hat seit mittlerweile fast drei Jahrzehnten mit relativ niedrigem BIP- und TFP-Wachstum, deflationärem Druck und einer relativ rasant alternden Bevölkerung zu kämpfen. Darüber hinaus weist Japan seit 2009 weltweit die höchste Staatsschuldenquote auf. Trotz dessen ist es nach den USA und China die drittgrößte Volkswirtschaft der Welt.

In der Phase starken Wirtschaftswachstums zwischen 1960 und 1973 wuchs das japanische BIP um etwa 10% pro Jahr (Jorgenson und Nomura, 2007). Zwischen 1970 und 1990 wuchs das BIP jährlich um etwa 4,5%. In der Folgeperiode 1991 bis 2015 wuchs das BIP im Jahresdurchschnitt um gerade einmal ein Prozent.⁴² Trotz vieler öffentlicher Interventionen, wie z.B. der quantitativen Lockerung, hat es Japan seit dem Platzen der Spekulationsblase um 1990 herum bei weitem nicht geschafft an den Erfolg der Vorperiode anzuknüpfen. Allerdings wird sich ein etwaiger Erfolg jüngster und kommender Interventionen, die unter dem Schlagwort „Abenomics“ 2013 initiiert wurden und weiterhin werden, eventuell erst auf mittlere oder lange Sicht abzeichnen. Einen ersten Hinweis auf Erfolg indes liefert der Bericht „OECD Economic Surveys Japan“ von 2017, wonach Japans BIP pro Kopf seit 2012 mit durchschnittlich 1,2% jährlich etwa so stark gewachsen ist wie das der USA und der OECD (OECD 2017b).

Ein eher rückläufiger Trend lässt sich im TFP-Wachstum, der substantiellsten Komponente für langfristiges volkswirtschaftliches Wachstum, erkennen. Auch bei diesem Indikator zeigt sich ein struktureller Bruch in Japan nach 1990. Sanchez und Yurdagul (2014) zeigen, dass zwischen 1970 und 1990 das TFP-Wachstum im Jahresdurchschnitt bei etwa 1,37% und in der Periode zwischen 1990 und 2011 der entsprechende Wert bei etwa 0,4% lag. Ähnliche Werte finden auch Muto et al. (2016) für die 1980er Jahre (1,78%), 1990er Jahre (0,77%) und 2000er Jahre (0,31%).⁴³ Dieser Trend ist umso überraschender, wenn man Japans Forschungsintensität berücksichtigt. Seit den 1980er Jahren sind die heimischen FuE-Ausgaben (Gross Domestic Expenditure on R&D, GERD) in Relation zum heimischen BIP in Japan so hoch wie in fast keinem anderen Land. Zum Vergleich, der Durchschnitt von GERD in % am BIP im Zeitraum 1981-2015 lag in Japan bei 2,84%. In der kürzeren Frist, 2006-2015, lag der japanische Wert bei 3,28%, nur übertroffen von u.a. Schweden (3,32%) und Südkorea (3,62%) (OECD 2017a).

⁴² Durchschnitte realer BIP-Wachstumsraten von der OECD-Onlinedatenbank (OECD 2017c).

⁴³ Die OECD stellt die MFP in ihrer Datenbank nur ab 1985 zur Verfügung. Ähnliche Wachstumsraten für die Periode vor und nach 1990 finden sich auch dort.

In den folgenden beiden Unterabschnitten wird diskutiert, warum die japanische Produktivität seit etwa 30 Jahren relativ schleppend wächst.

4.9.1 Abnehmende FuE-Ertragsraten

Angesichts der hohen Forschungsausgaben und des niedrigen Produktivitätswachstums stellen sich drei zentrale Fragen: Wie hoch sind die Ertragsraten von FuE in Japan? Waren diese vor 1990 höher als danach? Und wenn ja, warum?

Tabelle 4-1 gibt einen Überblick über empirische Funde hinsichtlich der Ertragsraten von FuE in Japan. Die Ergebnisse weisen eine grundsätzlich positive Ertragsrate auf. Das gilt sowohl für die Periode vor 1990 als auch nach 1990, wobei die Mehrheit der Studien den Zeitraum vor 1990 abdeckt. Die Ertragsraten, die primär mit Daten aus den 1960er und/oder 1970er Jahren geschätzt wurden (Odagiri, 1985; Mohnen et. al, 1986; Odagiri und Iwata, 1986; Mansfield, 1988 und Griliches und Mairesse, 1991) finden – je nach Spezifikation und Modell – Ertragsraten in Höhe von durchschnittlich 1,5% bis 56,2%.⁴⁴

⁴⁴ Odagiri (1985) findet mit -0.3% eine negative Ertragsrate, die allerdings insignifikant ist; Gleiches gilt für die 0.1% von Odagiri und Iwata (1986). Die Werte von Odagiri (1985) sind als Durchschnitt von knapp 1.5% über alle Perioden hinweg berücksichtigt.

Tab. 4-3: Übersicht über FuE-Ertragsraten in Japan

Autoren	Sample	Produktivitätsmaß	Modell	Ertragsrate
Odagiri (1985)	Analyse von 15 Branchen des verarbeitenden Gewerbes; (1960-1966), (1966-1973), (1973-1977)	TFP-Wachstum	OLS, TSLS	Periode 1: -0,3%-1,8%; ^a Periode 2: 2,2%-3,2%; Periode 3: 0,7%-1,6% ^a
Mohnen et al. (1986)	Analyse des verarbeitenden Gewerbes in Japan, USA und Deutschland (1965-1978)	Interne Nettoertragsrate über Kostenminimierung geschätzt	Dynamisches Faktor-Nachfragemodell	Japan: 15%; USA: 11%; Deutschland: 13%
Odagiri und Iwata (1986)	135 (1966-1973) und 168 (1974-1982) japanische Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes	TFP-Wachstum	OLS	Periode 1: 15,6%-20,1%; ^a Periode 2: 0,-16,9% ^a
Mansfield (1988)	Analyse von Branchen des verarbeitenden Gewerbes (2-Steller) in Japan (1960-1979) und USA (1948-1966)	TFP-Wachstum	OLS	Japan – vollständige FuE: 33%-42% Japan – Anteil angewandter FuE: 54%-60%; Japan – Anteil Grundlagen-FuE: -123% bis -152%; ^a USA – vollständige FuE: nicht geschätzt; USA – Anteil angewandte FuE: 7%; USA – Anteil Grundlagen-FuE: 149%
Goto und Suzuki (1989)	40 japanische Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes (1976-1984)	TFP-Wachstum	OLS	Arzneimittelherstellung: 23%-42%; Anorganische Chemikalien: 32%-45%; ^a Organische Chemikalien: 56%-81%; Glasherstellung: 19%-25%; ^a Elektroherstellung: 22%-53%; Elektronikteile/-ausrüstung: 19%-22%; ^a Kraftfahrzeuge: 25%-33%
Griliches und Mairesse (1991)	406 japanische und 525 US Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes (1972-1983)	TFP-Wachstum	OLS	Japan: 20,3%-56,2%; ^a USA: 24,8%-41%
Nadiri und Kim (1996)	Analyse des verarbeitenden Gewerbes in Japan, USA und Südkorea (1971-1990)	Interne Nettoertragsrate	Nichtlineare ML	Japan: 11,73%; USA: 12,39%; Korea: 19,42%

Eine Literaturstudie

Kwon und Inui (2003)	3.830 japanische Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes (1995-1998)	Wachstum der Arbeitsproduktivität	First-Differences	Bruttoertragsrate – Insgesamt: 16,3%; Bruttoertragsrate – KMU: 6,3%-30,1%; ^a Bruttoertragsrate – GU: 13,9%; Nettoertragsrate – Insgesamt: 6,3%; ^a Nettoertragsrate – KMU: -3,5%-9,8%; ^a Nettoertragsrate – GU: 11,4%; ^a
Arora et al. (2013)	77 japanische Unternehmen und 133 amerikanische Unternehmen des IT-Sektors, d.h. Elektronik- und Halbleiterherstellung sowie IT-Hardware, -Software und andere IT-Dienstleistungen (1983-2004)	Tobin's Q	FE, NLS	Japan: -16,78%-1,15%; ^a USA: -113,04%-118,09% ^a
Kim und Ito (2013)	Etwa 30.000 japanische und etwa 10.000 koreanische Unternehmen (1995-2008)	TFP-Wachstum	FE	Japan – Insgesamt: 27,3%; Japan – KMU: 20,6%-32,5% Japan – GU: 25,5%; Korea – Insgesamt: 34,8%; Korea – KMU: 34,9%-45,0% Korea – GU: 67,0%
Sakai (2016)	725 japanische Unternehmen aus der Pharmaindustrie, Elektro-/Elektronikindustrie, chemischen Industrie und Maschinenbau (1986-2010)	Wertschöpfung oder Umsatz (value added)	System GMM, Control function approach nach Ackerberg et al. (2015), Olley-Pakes, OLS	Pharmaindustrie: 9%-19,5%; Elektro-/Elektronikindustrie: 2,6%-9,8%; Chemische Industrie: 0,6%-5,5%; Maschinenbau: 1,4%-6,1%

Hinweis: ^aNicht alle FuE-Ertragsraten sind statistisch signifikant.

Mansfield (1988) untersucht nicht nur die Ertragsrate der gesamten FuE-Investitionen. Er schätzt auch die Ertragsraten von FuE-Investitionen getrennt nach grundlagenorientierter FuE und angewandter FuE. Er findet aus seiner Sicht relativ hohe Ertragsraten für angewandte FuE (54% und 60%), aber relativ stark negative Raten für grundlagenorientierte FuE (-123% und -152%).⁴⁵ Mansfield (1988) betont allerdings, dass seine geschätzten Koeffizienten nicht unbedingt als Ertragsraten zu interpretieren seien.⁴⁶ Seiner Schlussfolgerung zufolge unterstützen diese Ergebnisse zumindest die Argumentation hinsichtlich Japans komparativem Vorteil bei angewandter Forschung und Entwicklung.

Goto und Suzuki (1989), Griliches und Mairesse (1991) und Nadiri und Kim (1996) fokussieren sich auf die 1970er und 1980er Jahre. Bei diesen Untersuchungen liegt der Durchschnitt über alle Branchen hinweg zwischen 11,73% und 56,2%.⁴⁷ Vernachlässigt man Griliches und Mairesse (1991), da die Studie schon im vorherigen Absatz genannt wurde, liegt der Durchschnitt bei 11,73% bis etwa 40%.

Auf die Periode nach 1990, konzentrieren sich Kwon und Inui (2003), Arora et al. (2013), Kim und Ito (2013) und Sakai (2016). Ihre Ergebnisse bewegen sich über alle Branchen hinweg im Durchschnitt zwischen -16,78% bis 27,3%. Dieses Intervall ist geringer als der Studien, die sich primär auf Zeiträume bis 1990 fokussieren. Sakai (2016) untersucht nicht nur die Ertragsraten jeder Branche für den Zeitraum 1986-2010 insgesamt, sondern schätzt die Ertragsraten auch für einzelne Perioden: (i) 1986-1990, (ii) 1991-2001 und (iii) 2002-2010. Er findet für jede Branche abnehmende FuE-Ertragsraten. Die jeweilige Rate ist am höchsten zwischen 1986 und 1990, gefolgt von den Raten der Zeiträume 1991-2001 und 2002-2010. Arora et al. (2013) unterteilen ihre Stichprobe ebenfalls in einzelne Perioden (1983-1988, 1989-1993, 1994-1999, 2000-2004) und finden mit der Zeit abnehmende FuE-Ertragsraten.

Einen weiteren Hinweis auf eine abnehmende FuE-Ertragsrate über die Zeit, liefern Branstetter und Nakamura (2003). Sie schauen sich den Patenterfolg von 200 japanischen Unternehmen über den Zeitraum von 1982-1997 an. Sie finden, dass die Anzahl an vom USPTO bewilligten japanischen Patenten und deren Zitationen bis etwa 1990 kontinuierlich gestiegen und diese nach 1990 nicht mehr wesentlich angestiegen ist. Eine ähnlich

⁴⁵ Die negativen Ertragsraten sind ebenfalls mit großer Vorsicht zu interpretieren, da die jeweiligen Standardfehler sehr hoch sind.

⁴⁶ Er liefert indes keine alternative Interpretation.

⁴⁷ Dabei wurden die Ertragsraten von Goto und Suzuki (1989) gemittelt berücksichtigt. Die Autoren geben selbst an, dass ihre durchschnittliche Ertragsrate bei etwa 40% liegt.

stagnierende Entwicklung tritt auch bei der Anzahl japanischer Patente, die beim JPO angemeldet wurden, auf. Arora et al. (2013) zeigen einen abnehmenden Trend für große japanische IT-Unternehmen des Zeitraumes 1983-2004, im Vergleich zu den USA. Sie schätzen ebenfalls eine Patent-Produktionsfunktion und finden, dass japanische IT-Unternehmen zwischen 1989 und 2004 sukzessive weniger IT-Patente beim USPTO angemeldet haben als amerikanische IT-Unternehmen, gegeben gleichen FuE-Ausgabenniveaus.

Die bisherigen Studien in Unterabschnitt 4.9.1 legen somit den Schluss nahe, dass die FuE-Ertragsraten in Japan bis etwa 1990 im Durchschnitt höher waren als die Ertragsraten des Folgezeitraumes. Auch wenn das Resultat sich schlüssig ableiten lässt, ist Vorsicht hinsichtlich der Verallgemeinerbarkeit und Stichhaltigkeit für Japan geboten. Das liegt vor allem daran, dass - mit der Ausnahme Kim und Ito (2013) - alle Studien, einschließlich Branstetter und Nakamura (2003), sich auf das verarbeitende Gewerbe fokussieren.⁴⁸ Die FuE-Ertragsraten des Dienstleistungssektors in Japan wurden bisher nicht untersucht. Man kann also bestenfalls schlussfolgern, dass die Ertragsrate im verarbeitenden Gewerbe seit 1990 abgenommen hat. Dabei sollte man noch berücksichtigen, dass die TFP des verarbeitenden Gewerbes in Japan zwischen 1995-2007 mit durchschnittlich 1,6% deutlich stärker gewachsen ist als zwischen 1985-1995 (0,3%) (siehe Chun et al., 2015). Im Dienstleistungsbereich ist ein gegenläufiger Trend erkennbar. Dessen TFP wuchs zwischen 1985-1995 um 0,7% pro Jahr und zwischen 1995 und 2007 um -0,2% pro Jahr.

Die Studie von Kim und Ito (2013) beinhaltet zwar den Dienstleistungsbereich, aber die Autoren schätzen ihre Stichprobe nicht getrennt nach Sektoren. Die Studie stellt zugleich ein wesentliches Gegenargument gegen die Stichhaltigkeit abnehmender Erträge dar, da sie vermutlich den verlässlichsten Datensatz verwendet. Nicht nur, weil sie Dienstleistungen mit abdeckt, sondern auch, weil sie die mit Abstand größte Stichprobe japanischer Unternehmen verwendet – im Vergleich zu den anderen Studien in Tabelle 4-1, die Unternehmensdaten analysieren. Vergleicht man daher Kim und Itos Ergebnis mit den Ertragsraten der Studien, die sich die prä-1990-Periode anschauen, so stellt man fest, dass die 27,3% im Durchschnitt nicht substantiell niedriger sind als die 1,5%-56,2%. Dies würde wiederum bedeuten, dass die FuE-Ertragsrate in Japan über die Zeit hinweg nicht oder nur unwesentlich gefallen ist und sich der japanische Produktivitätsrückgang größtenteils anderweitig erklärt.

⁴⁸ Arora et al. (2013) decken mit IT-Hardware, -Software und anderen IT-Dienstleistungen drei sehr spezifische Dienstleistungsbranchen ab.

Branstetter und Nakamura (2003) haben zusätzlich zehn Experteninterviews mit japanischen FuE-Managern und Branchenbeobachtern geführt. Danach waren japanische Unternehmen bis Mitte/Ende der 1980er Jahre typischerweise eher Imitatoren als radikale Innovatoren sowie eher Anbieter von relativ kostengünstigen Produkten als Anbieter von sehr hochwertigen Produkten. Außerdem sind japanische Unternehmen gegen Ende der 1980er Jahre an ihre technologischen Grenzen gestoßen. In Verbindung mit der aufkommenden Konkurrenz im Niedrigpreissektor durch Taiwan, China und Südkorea führte dies zu einem Umdenken in japanischen Unternehmen von eher angewandter FuE hin zu mehr grundlagenorientierter FuE. Den Ergebnissen der Experteninterviews zufolge gab es drei wesentliche Gründe, warum dieser Strategiewechsel nicht den optimalen Ertrag erzielt hat. Erstens, es herrschte ein Unterangebot an hochqualifizierten (promovierten) Ingenieuren und Technikern in Japan. Zweitens, Unternehmen haben relativ große zentralisierte FuE-Labore aufgebaut, ähnlich denen, die amerikanische Unternehmen in den 1980er Jahren aufgebaut hatten. Diese zentralen Einheiten sind allerdings von der Struktur her nicht flexibel und nicht spezifisch genug auf die Bedürfnisse von Unternehmen ausgerichtet, um die Spitzenforschung in marktfähige erfolgreiche Produkte zu übertragen. Drittens, die Unternehmen haben spät angefangen mit Universitäten zu kollaborieren. Sehr ähnlich argumentiert auch der OECD Japan Policy Brief (OECD 2017b). Danach ist einer der Gründe für niedriges Produktivitätswachstum in Japan die fehlende Innovationskraft, die auf relativ geringe Kooperation zwischen Unternehmen und Universitäten zurückzuführen ist. Daran anknüpfend bemängelt der OECD Japan Policy Brief die relativ schwach ausgeprägte internationale Kooperation von japanischen Unternehmen und die damit einhergehende fehlende Wissensdiffusion von internationalen Technologieführern.

Man könnte daher schlussfolgern, dass die FuE-Ertragsrate (des verarbeitenden Gewerbes) in Japan nach 1990 tatsächlich gesunken ist, allerdings nur deshalb, weil der Strukturwechsel von angewandter FuE hin zu verstärkt grundlagenorientierter FuE nicht optimal gestaltet wurde. Die nicht primär monetären Anforderungen an eine effektive grundlagenforschungsorientierte Innovationsausrichtung, d.h. Qualifikation, Offenheit, Flexibilität und Kollaboration bzw. Vernetzung, wurden eventuell in den 1990er Jahren verkannt und – selbst im Nachhinein – zumindest nicht flächendeckend umgesetzt.

4.9.2 Fehlende IKT-Revolution

Eine weitere Ursache für das schleppende TFP-Wachstum in den 1990er und 2000er Jahren in Japan war eine fehlende IKT-Revolution (Fukao et al., 2015). Diese hatte in den USA Mitte/Ende der 1990er Jahre ihren Ursprung und war mit entscheidend für einen Aufwärtstrend des amerikanischen TFP-Wachstums (Fukao und Miyagawa, 2007). Während Japans TFP-Wachstumsrate zwischen 1990 und 2011 gesunken ist (siehe Abschnitt

4.9), konnte das amerikanische TFP zwischen 1990 und 2007 jährlich um 1,18% wachsen (Sanchez und Yurdagul, 2014).⁴⁹ Abnehmende TFP-Wachstumsraten für Japan finden Jorgenson und Motohashi (2005), wonach das japanische TFP zwischen 1990 und 1995 um 0,80% und zwischen 1995 und 2003 um jährlich nur 0,45% wuchs. Für die USA finden die Autoren ein ansteigendes TFP-Wachstum: 0,31% für die Periode von 1989 bis 1995 und 0,99% für den Zeitraum von 1995 bis 2003.⁵⁰

Trennt man das TFP-Wachstum nach verschiedenen Sektoren auf, wird ersichtlich, dass nicht die IKT-produzierenden Branchen (Herstellung von Computern, elektrischen Geräten/Ausrüstungen und Kommunikationsequipment) in Japan mit niedrigem TFP-Wachstum zu kämpfen hatten. Das Problem betraf vielmehr die IKT-verwendenden, also alle anderen, Branchen (Fukao et al., 2011, 2015; Fukao, 2013; Jorgenson und Motohashi, 2005; Jorgenson und Nomura, 2007; Motohashi, 2007). Zum Beispiel stieg das TFP-Wachstum der IKT-produzierenden Branchen kontinuierlich an: Lag das durchschnittliche Wachstum zwischen 1975-1990 bei 0,23%, ist es zwischen 1990 und 1995 auf 0,32% und zwischen 1995-2003 auf 0,36% angestiegen (Jorgenson und Motohashi, 2005). In den jeweiligen Perioden ist das TFP-Wachstum der IKT-verwendenden Branchen in Japan von 1,35% auf 0,48% und 0,10% im Jahresdurchschnitt gesunken. Ein positiver Trend zeigte sich in den USA für beide Sektoren. Das TFP-Wachstum der IKT-produzierenden Branchen ist von 0,20% (1973-1989) auf 0,46% (1995-2003) angestiegen, während das der IKT-verwendenden Branchen ebenfalls anstieg, von 0,11% auf 0,53%.⁵¹

Für das Wirtschaftswachstum generell spielt es eine substantielle Rolle, in welchen der beiden Sektoren das TFP wächst. Der IKT-produzierende Sektor ist relativ unbedeutend, gemessen am durchschnittlichen Anteil des Arbeitseinsatzes. In Japan entfielen zwischen 1995 und 2007 nur 4,1% aller geleisteten Arbeitsstunden auf den IKT-produzierenden Sektor. Der Wert für die USA lag im gleichen Zeitraum bei 3,8% (Fukao et al., 2011).

Eine mögliche Ursache einer fehlenden produktivitätsfördernden IKT-Revolution, ist mangelnde Investitionen in IKT-Infrastruktur, inklusive der Inanspruchnahme von IKT-Dienstleistungen. Grundsätzlich scheint das Wachstum von IT-Investitionen in Japan zwar positiv, aber über den Zeitverlauf relativ niedrig gewesen zu sein (siehe Fukao und Miyagawa, 2007; Fukao et al., 2011, 2015; Fukao, 2013). Jorgenson und Nomura (2007)

⁴⁹ Allerdings sank die amerikanische TFP-Wachstumsrate zwischen 2007 und 2011 auf durchschnittlich 0,46% im Jahr.

⁵⁰ Einen ähnlichen Verlauf des TFP-Wachstums sowohl für Japan als auch die USA finden u.a. Jorgenson und Nomura (2007) und Fukao et al. (2011).

⁵¹ Ähnliche Verläufe zeigen sich auch in Fukao et al. (2011, 2015) und Fukao (2013).

zeigen, dass das IT-Kapitalwachstum zwischen 1960 und 2004 im Durchschnitt konstant gestiegen ist, während das Nicht-IT-Kapital konstant gesunken ist.⁵² Das Problem ist daher nicht sinkendes Wachstum in IKT-Investitionen, sondern, dass diese Investitionen nicht ausreichend waren, um eine IT-Revolution auszulösen (Fukao, 2013). Das gilt besonders für die IKT-verwendenden Branchen. Es hätte - speziell in den 1990er Jahren - viel stärker in IT investiert werden müssen. Fukao und Miyagawa (2007) und Fukao (2013) zeigen, dass nicht nur geringe IKT-Kapitalakkumulation das Problem gewesen ist, sondern auch relativ geringe Investitionen in immaterielle Investitionen, die als komplementäre Assets fungieren.⁵³ Solche Investitionen sind notwendig, um die Effektivität von IKT-Investitionen merklich zu steigern. Ein Beispiel dafür wäre die relativ starke Zunahme von Teilzeitkräften ab Mitte der 1990er (Fukao, 2013). Die Unternehmen haben wenig in die Fort- und Weiterbildung ihrer Teilzeitkräfte investiert, so dass Humankapital nur relativ schleppend aufgebaut wurde. Dadurch konnten IT-Investitionen eventuell nicht optimal ausgenutzt werden.

Eine weitere Ursache könnten abnehmende Erträge aus IKT-Investitionen darstellen. Dafür scheint es allerdings wenig Evidenz zu geben. Motohashi (2007) schätzt die Elastizität von IT-Kapital hinsichtlich der Wertschöpfung von 13.500 japanischen Unternehmen für die Periode 1991-2000. Er findet einen abnehmenden Verlauf der IT-Output-Elastizität. Lag die Elastizität im verarbeitenden Gewerbe 1994 bei etwa 0,1%, sank diese auf etwa 0,04% im Jahr 1997 und stieg bis zum Jahr 2000 auf etwa 0,07% wieder an. Ein ähnlicher Verlauf zeigt sich im Einzel- und Großhandel, allerdings sind diese Elastizitäten höher als die des verarbeitenden Gewerbes. 1994 lag die Elastizität bei 0,12%, sank 1997 auf etwa 0,05% und erreichte wieder einen Wert um 0,12% im Jahr 2000. Fukao et al. (2015) schätzen die Elastizität von IT-Ausgaben ebenfalls hinsichtlich der Wertschöpfung für mehrere tausend japanische Unternehmen für den Zeitraum 1995-2007. Die Autoren schätzen allerdings nur den gesamten Zeitraum. Über alle Sektoren hinweg finden sie eine Elastizität von 0,21% für junge und kleine Unternehmen und von 0,26% für junge und große Unternehmen. Die IT-Output-Elastizität für alte und kleine Unternehmen liegt bei 0,16%, die für alte und große Unternehmen bei 0,22%. Für Unternehmen des Dienstleistungssektors liegen die entsprechenden Werte um etwa 0,05%-Punkte höher, für Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes um etwa 0,1%-Punkte niedriger als die jeweiligen Werte für alle Sektoren. Darüber hinaus berechnen Fukao et al. (2015) die Grenzprodukte von IT-Ausgaben. Danach haben die kleinsten Unternehmen (22,33%) und die jüngsten Unternehmen

⁵² Eine vergleichbare Entwicklung findet sich auch in Jorgenson und Motohashi (2005).

⁵³ Zum geringen Wachstum von immateriellen Investitionsgütern in Japan siehe Fukao et al. (2009).

(23,77%) die höchsten Grenzprodukte. Dieser Zusammenhang gilt sowohl für Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes und des Dienstleistungssektors. Die Autoren schlussfolgern, dass kleine und junge Unternehmen zu wenig in IT investieren und daher ein relativ hohes Grenzprodukt aufweisen. Das zeigt sich auch in den relativ niedrigen Verhältnissen von IT-Ausgaben zu Wertschöpfung. Diese IT-Intensität ist am höchsten für die großen und alten Unternehmen.

Es gibt weitere Faktoren, die verstärkt – aber nicht ausschließlich – in kleinen und jungen Unternehmen auftreten und Unterinvestitionen in IT und dadurch niedriges TFP-Wachstum begünstigen. Drei Gründe werden im folgenden Absatz beschrieben:

Erstens, der Markt für Geschäftsprozessauslagerung (business process outsourcing, BPO) ist in Japan relativ schlecht entwickelt sowohl was das Volumen als auch die Struktur betrifft (Fukao et al., 2015). Gerade die größeren Unternehmen nehmen häufig BPO-Dienste von mit ihnen verbundenen Unternehmen in Anspruch. Das heißt, dass nicht unbedingt die effizientesten Dienstleister am Markt bestehen, sondern die, die am besten vernetzt sind. Darüber hinaus haben Unternehmen, die nicht zu einer Unternehmensgruppe gehören – wie z.B. kleine Unternehmen –, Schwierigkeiten tatsächlich zuverlässige Dienstleister zu finden. Zweitens, Unternehmen haben Probleme darin IT-Experten zu rekrutieren (Hayashi und Kurokawa, 2009; Fukao et al., 2015). Zum Beispiel: Eine Studie von Arora et al. (2013) zeigt, dass die japanische Produktivität von Innovationsaktivitäten im IT-Sektor relativ niedrig ist im Vergleich zu den USA. Sie schauen sich den Zeitraum 1983 bis 2004 an und finden, dass (i) IT-Patente über die Zeit immer häufiger Software-Patente zitieren, (ii) US-IT-Unternehmen einen höheren Anteil an Software-Patenten halten als japanische IT-Unternehmen und (iii) japanische IT-Patente viel seltener Software-Patente zitieren, als das der Fall unter US-IT-Patenten ist. Sie zeigen, dass es zwischen 1995 und 2001 in den USA deutlich mehr Absolventen und Immigranten im IT-Bereich gab als in Japan und schlussfolgern, dass ihre gemessene Produktivitätsdifferenz eben auf das relativ knappe Angebot an IT-Experten in Japan zurückzuführen ist. Drittens, japanische Unternehmen tendieren dazu IT sehr häufig zu Kostenreduktionszwecken zu verwenden und nicht – wie in den USA – als Instrument für die Entwicklung neuer Produkte und für Innovationen im Geschäftsmodell (Fukao et al., 2015). Daher scheint nicht nur eine Unterinvestition in IT per se das Problem zu sein, sondern ein struktureller Unterschied in der Zielsetzung von IT-Investitionen vonseiten japanischer Unternehmen in Japan.

Zumindest scheinen die japanischen politischen Entscheidungsträger einige Konsequenzen aus der relativen IT-Performanceschwäche gezogen zu haben: Morikawa (2004) zu-

folge wurde im Jahr 2000 ein Gesetz hinsichtlich der Bildung einer hochentwickelten Informations- und Telekommunikations-Netzwerkgesellschaft erlassen.⁵⁴ Des Weiteren wurden in 2001 die „IT Strategy Headquarters“ etabliert und die „e-Japan Strategy“ offiziell bekannt gegeben. Darüber hinaus wurde in den letzten Jahren verstärkt in den Ausbau der digitalen Infrastruktur investiert, um Japan zu einer führenden digitalen Ökonomie bis 2020 zu machen (siehe OECD Japan Policy Brief 2017).

4.10 Südkorea

Seit den 1970er Jahren gab es in Südkorea drei wesentliche Wachstumseinbrüche, gemessen am BIP: (i) 1980, (ii) 1998 und (iii) 2009, wobei der Wachstumseinbruch in 1998 (-5,5%) der stärkste war. Zwischen 1970 und 1979 wuchs das BIP um etwa durchschnittlich 10% pro Jahr, zwischen 1981 und 1997 um etwa 9%, zwischen 1999 und 2008 um etwa 5,7% und zwischen 2010 und 2015 um etwa 3,6% pro Jahr.⁵⁵ Die Finanzkrise in Asien 1997/1998 war der Auslöser dafür, dass das südkoreanische Wirtschaftswachstum substantiell und dauerhaft abflachte, obwohl es immer noch auf einem hohen Niveau ist, im Vergleich zu vielen anderen Industrienationen. Was Südkorea diesbezüglich eventuell außergewöhnlich macht, ist, dass diese Wachstumseinbrüche nicht durch substantiell gesunkene TFP-Wachstumsraten begleitet wurden, wie es z.B. in Japan der Fall war (siehe Hayashi und Prescott, 2002; Huh und Nam, 2012).

Tab. 4-4 gibt einen Überblick über Studien, die das TFP- oder MFP-Wachstum für Korea geschätzt haben. In Jung et al. (2008, Table 4) findet sich eine ausführliche Tabelle über geschätzte koreanische TFP-Wachstumsraten, allerdings hauptsächlich von Studien, die mit Daten der 1960er, 1970er und 1980er Jahre gearbeitet haben. Tab. 4-4 hingegen präsentiert Ergebnisse, die sich primär auf Daten aus den 1980er, 1990ern und den 2000er Jahren stützen. Darüber hinaus sind die MFP-Wachstumsraten der OECD und die TFP-Wachstumsraten des Penn World Table (PWT) für die jeweiligen Wachstumsphasen und Wachstumseinbrüche präsentiert.⁵⁶ Aus der Tabelle (auch unter Berücksichtigung von Jung et al. (2008, Table 4)) ergibt sich für Südkorea eine schlussfolgernde Tendenz: Es scheint bisher keinen langfristigen substantiellen Rückgang im Produktivitätswachstum in

⁵⁴ Morikawa (2004, p. 171): „[...] the Basic Law on the Formation of an „Advanced Information and Telecommunications Network Society“ was enacted [...]“.

⁵⁵ Werte basieren auf den Informationen abrufbar in der OECD-Onlinedatenbank.

⁵⁶ Informationen zum PWT finden sich bei Feenstra et al. (2015).

Südkorea gegeben zu haben.⁵⁷ Es gab zwar Perioden, in denen das Produktivitätswachstum relativ niedrig bzw. fallend war. Solche Perioden waren im Durchschnitt allerdings nicht von Dauer. Das heißt, im Vergleich zu anderen Industrienationen hat es Südkorea bisher geschafft das TFP-Wachstum über viele Jahrzehnte nicht dauerhaft abflachen zu lassen. Selbst die relativ niedrige durchschnittliche TFP-Wachstumsrate des Zeitraumes 2010-2015 (OECD- und PWT-Werte) ist nur getrieben vom TFP-Wachstumsrückgang in 2012 und 2014, der erst einmal nicht systematisch gewesen zu sein scheint. Für andere Industrienationen bedeutet das Beispiel Südkorea eventuell, sich stärker auf die dortigen Strukturen zu konzentrieren, um Lehren hinsichtlich der Steigerung bzw. Erhaltung von Produktivitätswachstum zu ziehen.

Interessanterweise gab es in Südkorea einen strukturellen Bruch durch die Finanzkrise in 1997/1998, der vermutlich zum Wiederanstieg des Produktivitätswachstums nach der Krise geführt hat (Chun et al., 2008). Oh et al. (2008) argumentieren, dass die südkoreanische Wirtschaft bis in die 1980er Jahre relativ stark von der Regierung dominiert wurde.⁵⁸ Erst in den 1980er Jahren wurden schrittweise Anpassungs- und Deregulierungsmaßnahmen implementiert, die auch notwendig für den WTO- und OECD-Beitritt im Jahre 1995 und 1996 waren. Banken wurden größtenteils von der Regierung kontrolliert und waren ein entscheidendes Instrument für die rasante Kapitalakkumulation in Unternehmen. Das Kapitalwachstum wiederum war der elementare Bestandteil des Wirtschaftswachstums („input-led growth“) in Südkorea bis zur Finanzkrise 1997 (Kim und Lau, 1994; Huh und Nam, 2012; Chun et al., 2008).

Tab. 4-4: Durchschnittliches TFP- oder MFP-Wachstum in Korea

Autoren	Zeitraum	TFP- oder MFP- Wachstum
Nadiri und Kim (1996)	1975-1990	1975-1980: 2,7% 1981-1990: 3,4%
Kanamori und Motohashi (2008)	1985-2004	1985-1990: 2,7% 1990-1995: 2,6% 1995-2000: 2% 2000-2004: 1%

⁵⁷ Das einzige Papier, das eine über einen längeren Zeitraum immer weiter sinkende durchschnittliche Produktivitätswachstumsrate findet, ist Kanamori und Motohashi (2008).

⁵⁸ Einen detaillierteren Überblick über die südkoreanische Industriepolitik der Krisenzeit und der Prä- und Postkrisenperiode gibt Pyo (2004).

Produktivitätsentwicklung und mögliche Ursachen im Ländervergleich

Chun et al. (2008)	1980-2005	1980-1995: 1,5% 1995-2005: 1,2% 1995-2000: 1,5% 2000-2005: 0,8%
Jung et al. (2008)	1984-2005	1984-1990: 1,9% 1990-1995: 4,3% 1995-2000: 0,9% 2000-2005: 3,0%
Fukao et al. (2011)	1980-2007	1980-1995: 0,2% 1995-2007: 1,1%
Huh und Nam (2012)	1981-2010	1981-1990: 5,7% 1991-2000: 2,1% 2001-2010: 2,7%
Khayyat et al. (2014)	1981-2009	1981-1989: 6% 1990-1999: 6,3% 2000-2009: 8,4%
Chun et al. (2015)	1985-2010	1985-1995: 1,9% 1995-2010: 1,6% VG – 1985-1995: 2,9% VG – 1995-2010: 3,9% DL – 1985-1995: 0,9% DL – 1995-2010: -0,01%
OECD-Werte	1985-2015	1985-1997: 4,2% 1998: 0,4% 1999-2008: 3,4% 2009: 0,3% 2010-2015: 1,7% 2010-2015 (exkl. '12 & '14): 3,4%
Penn World Table (PWT)	1970-2014	1970-1979: 1,9% 1980: -6,9% 1981-1997: 2,2% 1998: -3,25% 1999-2008: 2,1% 2009: -1,35% 2010-2014: 1%

		2010-2014 (exkl. '12 & '14): 2,9%
--	--	--------------------------------------

Hinweise: VG steht für Sektor des verarbeitenden Gewerbes, DL für Dienstleistungssektor; OECD-Werte nur ab 1985 verfügbar; OECD- und PWT-Werte von der jeweiligen Onlinedatenbank verwendet; Zeiträume der OECD- und auch PWT-Werte von den Autoren dieses EFI-Berichts selbst gewählt; aus Übersichtlichkeitsgründen nur die Studienwerte für Südkorea dargestellt.

Während und nach der Krise wurden unter der Aufsicht vom IMF Restrukturierungs- und Unterstützungsmaßnahmen durchgeführt (Pyo, 2004). Chun et al. (2008) zufolge haben diese Maßnahmen und die Globalisierung zu intensiverem Wettbewerb und dadurch zu wiedererstartetem Produktivitätswachstum in Südkorea geführt. Speziell im IT-produzierenden und High-Tech Gewerbe sowie in der Schwerindustrie konnte die Produktivität nach der Krise relativ stark wachsen (Chun et al., 2008; Oh et al., 2008; Fukao et al., 2011). Darüber hinaus gewann nach der Krise das Produktivitätswachstum, relativ zum Wachstum des Kapitaleinsatzes, stark an Bedeutung für das Wirtschaftswachstum (Chun et al., 2008; Fukao et al., 2011). So hat z.B. das Kapitalwachstum vor der Krise 60% und nach der Krise nur noch 50% zum BIP-Wachstum beigetragen. Währenddessen stieg der Beitrag vom Produktivitätswachstum von 20% auf 30% (Chun et al., 2008). Vergleichbare Resultate erzielen auch Huh und Nam (2012). Sie finden, dass das Kapitalwachstum vor der Krise höher war als nach der Krise und dass die TFP nach der Krise stärker wuchs als davor.

4.10.1 FuE-Ertragsraten und IT in Südkorea

Ein Faktor, der das Produktivitätswachstum stabilisiert haben könnte, war eventuell die hohe FuE-Ausgabenintensität in Südkorea nach der Krise. So lag das Verhältnis von GERD zum BIP zwischen 1991 und 1997 bei durchschnittlich 2,1% und ist zwischen 1999 und 2005 auf 2,3% und zwischen 2006 und 2015 auf 3,6% angestiegen.⁵⁹ Innerhalb der letzten zehn Jahre nahm Südkorea damit zumindest unter allen großen Volkswirtschaften die Spitzenposition ein. Im Vergleich zu z.B. Japan scheint es keine empirische Evidenz für eine abnehmende FuE-Ertragsrate zu geben. Generell gibt es relativ wenig empirische Studien zu diesem Thema über Südkorea. Nadiri und Kim (1996) finden interne FuE-Ertragsraten in Höhe von 19,42% für den Zeitraum 1980-1990, Kim und Ito (2013) schätzen FuE-Ertragsraten von 34,8% für die Jahre 1995-2008 (siehe auch Tab. 4-3). Heshmati und Kim (2011) fokussieren sich auf börsennotierte koreanische Unternehmen des Zeitraumes 1986-2002. Sie schätzen eine FuE-Ertragsrate von etwa 13%. Kwon (2003) schätzt den

⁵⁹ Werte stammen von OECD Main Science and Technology Indicators von 2017; für Südkorea keine GERD-Werte vor 1991 verfügbar.

Effekt von FuE-Ausgaben auf das TFP-Wachstum für koreanische Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes für den Zeitraum 1987-1996. Er findet eine FuE-Nettoertragsrate im Bereich von 26% bis 33%. Tatsächlich sind die geschätzten FuE-Ertragsraten von Kim und Ito (2013) und Kwon (2003) am höchsten und in etwa gleich hoch. Die FuE-Ertragsrate in Südkorea scheint daher über den Zeitverlauf zumindest nicht substantiell kleiner geworden zu sein.

Lee und Khang (2007) gehen einen Schritt weiter und schätzen den Effekt von verschiedenen Arten von Innovationen auf das TFP-Wachstum. Sie fokussieren sich auf Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes und beobachten diese über den Zeitraum 1999-2001. Die Autoren finden, dass Innovatoren ein um 0,8% höheres TFP-Wachstum haben als Nichtinnovatoren. Allerdings ist der Standardfehler sehr hoch, was die stichhaltige Interpretation erschwert. Des Weiteren haben Produktinnovatoren ein geringeres TFP-Wachstum (-2,4%) als Nicht-Produktinnovatoren und inkrementelle Produktverbesserungen wirken sich positiv (2,5%) auf das TFP-Wachstum aus. Allerdings sind auch in diesen Fällen die Standardfehler überaus hoch. Prozessinnovationen hingegen scheinen einen wesentlichen Beitrag zum TFP-Wachstum zu leisten. Diese erhöhen das TFP-Wachstum um 8,8%. Unternehmen mit einer internen FuE-Abteilung weisen ein um 8% höheres TFP-Wachstum auf als Unternehmen ohne interne FuE-Abteilung

Wie am Ende von Unterabschnitt 4.9.1 schon angesprochen, gewann der IKT-Sektor für das südkoreanische TFP nach der Asienkrise stark an Bedeutung. Zum einen ist das TFP-Wachstum im IKT-produzierenden Sektor an sich gestiegen, von 0,43% (1990-1995) auf 0,61% (1995-2000) und 1,28% zwischen 2000 und 2004 (Kanamori und Motohashi, 2008).⁶⁰ Zum anderen ist auch der relative Beitrag vom TFP-Wachstum des IT-Sektors am gesamten TFP-Wachstum über die Zeit angewachsen (Kanamori und Motohashi, 2008). Lag der Beitrag zwischen 1990-1995 noch bei knapp 17%, stieg dieser auf 31% an zwischen 1995-2000. In der Folgeperiode zwischen 2000 und 2004 lag das TFP-Wachstum des IKT-Sektors sogar 28% über dem gesamten südkoreanischen TFP-Wachstum (1,28% vs. 1%). Das heißt, der Beitrag vom TFP-Wachstum des IKT-Sektors zum gesamten TFP-Wachstum lag bei 128% zwischen 2000 und 2004. Darüber hinaus ist auch der relative Beitrag des IKT-Sektors am BIP-Wachstum nach 1995 rasant gestiegen (Kanamori und Motohashi, 2008). War der Anteil des Wachstums im IKT-Sektor mit durchschnittlich 4% noch relativ niedrig im Zeitraum 1985-1995, lag dieser Anteil zwischen 1995 und 2004 schon bei etwa 30%. Da allerdings der IKT-verwendende Sektor durch die Asienkrise scheinbar dauerhaft an Dynamik verloren hat (Kanamori und Motohashi, 2008; Fukao et

⁶⁰ Einen ähnlichen Verlauf zeigen auch Chun et al. (2008) und Fukao et al. (2011).

al., 2011), konnte selbst die positive Entwicklung im IKT-produzierenden Sektor das BIP-Wachstum nicht wieder stark ansteigen lassen.

Einer der Hauptgründe dafür, dass die Dynamik im IKT-verwendenden Sektor nach der Krise abflachte, waren eventuell zu geringe IKT-Investitionen. Denn ein bedeutender Faktor für eine fehlende IT-Revolution in Japan war das zu niedrige, wenn auch positive IKT-Investitionswachstum (siehe Unterabschnitt 4.9.2). Fukao et al. (2011) zufolge wuchsen die IKT-Investitionen in Südkorea zwischen 1970 und 2007 um durchschnittlich 15,5% pro Jahr – und damit stärker als in Japan. Andererseits lag das durchschnittliche Wachstum für den Zeitraum 1995-2007 bei nur 5,3% – und damit niedriger als in Japan (5,9%). Des Weiteren wuchs in keinem der größten entwickelten Industrienationen das IKT-Kapital, gemessen als ICT capital services, seit der Asienkrise weniger stark als in Südkorea und Japan.⁶¹ Fukao et al. (2011) zeigen auch, dass dieses IKT-Kapital zwischen 2000 und 2007 einen relativ geringen Beitrag zum Wirtschaftswachstum geleistet hat. Allerdings ist das Verhältnis von IKT-Investitionen zum BIP in Südkorea seit dem Jahr 2000 höher als das der USA (Fukao et al., 2011).

In Korea – wie auch in Japan – wächst das TFP im Dienstleistungssektor relativ schwach. Dieser ist in Südkorea überreguliert und nicht sehr kompetitiv (Fukao et al., 2011; OECD, 2016b). Zum Beispiel unterliegt der südkoreanische Dienstleistungssektor viermal mehr Regulierungen als das verarbeitende Gewerbe (OECD, 2016b). Dies kann dazu geführt haben, dass die flächendeckende Einführung und Nutzung von IKT – und dementsprechend der effiziente Gebrauch von Ressourcen – weit entfernt vom Optimum ist. Der Dienstleistungssektor in Südkorea wird von KMU dominiert, da dort 90% aller Dienstleistungsstellen anfallen (OECD, 2016b). Im Vergleich zu den Großunternehmen haben sich die südkoreanischen KMU scheinbar nicht wieder vollständig von der Asienkrise erholen können (IMF, 2005; Oh et al., 2008). Der IMF (2005) weist darauf hin, dass KMU seit der Krise unter verzerrten Markteintritts- und Marktaustrittsdynamiken leiden. Einer der Hauptkritikpunkte richtet sich an die generöse, nicht-selektive finanzielle Unterstützung des Staates. Die KMU seien daher nicht gezwungen Überschusskapazitäten abzubauen. Dieses Problem scheint immer noch, oder schon wieder, zu bestehen. OECD (2016c) zufolge ist die öffentliche Finanzierung von KMU zwischen 2009 und 2013 um 18% gestiegen. Die Finanzierungshilfen sind damit auf etwa 6% des BIP angestiegen. Darüber hinaus hat der südkoreanische Staat Kreditabsicherungen für KMU übernommen,

⁶¹ Kanamori und Motohashi (2008) finden zumindest, dass der IT-Kapitalstock in Südkorea seit 1999 größer ist als der in Japan.

die im Jahr 2014 insgesamt fast 5% des BIP ausgemacht haben (OECD, 2016c). Dies wurde OECD-weit nur übertroffen von Japan und Griechenland.

5 Fazit

Die vorliegende Studie hatte zum Ziel (i) die langfristige Produktivitätsentwicklung in den neun Ländern Deutschland, USA, Großbritannien, Frankreich, Schweden, Schweiz, China, Japan und Südkorea darzustellen; (ii) auf Basis eines Literaturstudiums zu untersuchen, welche Rolle bei der Verlangsamung des Produktivitätswachstums Forschung, Innovationen und Digitalisierung allgemein spielen und (iii) zu untersuchen, welche länderspezifische empirische Evidenz für die Rolle von Forschung, Innovation, Digitalisierung vorliegt bzw. die wesentlichen in der Literatur genannten Ursachen für die Produktivitätsentwicklung in den neun genannten Ländern zu beleuchten.

Langfristige Produktivitätsentwicklung in den neun Ländern

Die deskriptiven Analysen haben gezeigt, dass in der sehr langen Frist in vielen Ländern ein trendmäßiger Rückgang des Wachstums der Arbeitsproduktivität und der TFP zu beobachten ist, mit Ausnahme von China und über lange Phasen auch von Südkorea. Ferner wurde aber auch eine gewisse Heterogenität zwischen den Ländern im Hinblick auf die Stärke des Productivity Slowdowns deutlich.

In der kürzeren Frist sehen wir darüber hinaus, dass sich die Wachstumsdynamik bei der Arbeitsproduktivität in allen betrachteten Ländern mit Ausnahme von China in der Periode 2005-2014 deutlich verlangsamt hat gegenüber der Periode 1990-2004.

Das Growth Accounting zeigt, dass in allen Ländern ein Rückgang des Beitrags der IKT-Kapitalintensivierung zu dem langsameren Wachstum beigetragen hat. Weniger eindeutig ist das Bild für die Nicht-Kapitalintensivierung, insbesondere seit 2010 scheint die Vertiefung des Nicht-IKT-Kapitals aber in allen Ländern – mit Ausnahme von Frankreich und China – zur Verlangsamung des Produktivitätswachstums beigetragen zu haben. Der Rückgang der Arbeitsproduktivität wird in den meisten Ländern aber auch von einem Rückgang der TFP begleitet. Die Schweiz und Südkorea stellen hier insoweit Ausnahmen dar, dass bei ihnen das durchschnittliche jährliche TFP-Wachstum in der Periode 2005-2014 zwar sehr gering, aber größer war als noch in der Periode 1990-2004. Die Analysen zeigen ferner, dass nicht alle Branchen gleichmäßig von dem Productivity Slowdown betroffen sind. Interessanterweise sind es vor allem die besonders intensiv IKT-nutzenden Industrien, bei denen der stärkste Rückgang des Produktivitätswachstums zu beobachten ist.

Im Hinblick auf die zweite Frage, welche Rolle speziell Forschung, Innovation und Digitalisierung für den Productivity Slowdown spielen, können wir folgende Schlussfolgerungen auf Basis der Literatur ziehen:

Abnehmende Erträge aus Forschung und Innovation

Eine zentrale Hypothese, die in der Literatur insbesondere von Gordon (2012) und Bloom et al. (2017) vertreten wird, führt das niedrigere Produktivitätswachstum auf abnehmende bzw. sich erschöpfende technologische Potenziale zurück. Insbesondere von der dritten bzw. vierten industriellen Revolution (Computerisierung und Digitalisierung) seien nicht mehr die großen Produktivitätsgewinne zu erwarten wie von der zweiten industriellen Revolution. Damit einher gehe eine abnehmende Forschungsproduktivität.

Während die Ideen-TFP als Maß für die Forschungsproduktivität einen starken Rückgang der Forschungsproduktivität von etwa 10% jährlich vermuten lässt (Bloom et al. 2017), bestätigt sich diese Schlussfolgerung auf Basis der Studien zu den Ertragsraten von FuE nicht. Allerdings sollten die unterschiedlichen Definitionen beider Konzepte berücksichtigt werden. Fasst man die Ergebnisse der Studien zu den Ertragsraten von FuE zusammen, dann kann festgehalten werden, dass die bisherigen Studien nur wenig Hinweise darauf liefern, dass es zu einem deutlichen und dauerhaften Rückgang der privaten Erträge aus FuE im Zeitverlauf gekommen ist. Studien aus der Mitte der 70er Jahre und 80er Jahren weisen zum Teil in diese Richtung für die USA und für Großbritannien. Allerdings bestätigt sich dieser rückläufige Trend der privaten Erträge aus FuE nicht in den neueren Studien für die 90er und Anfang der 2000er Jahre, die mehrheitlich in Richtung steigender FuE-Outputelastizitäten weisen. Eine Ausnahme scheint hier Japan zu sein, für die mehrere Studien fallende Erträge aus FuE zeigen, allerdings auf Basis kleiner und vermutlich nicht repräsentativer Stichproben. Insbesondere Studien, die mittels eines gleichen Modellansatzes Unterschiede in den Ertragsraten über einen längeren Zeitraum untersuchen, finden kaum Evidenz für fallende Ertragsraten. Allerdings stammt die Großzahl der Studien aus den 70er bis 90er Jahren und es existiert relativ wenig empirische Evidenz für den Zeitraum ab der Jahrtausendwende.

Die bisherigen Studien schätzen die Ertragsraten von FuE mit einer Stichprobe forschender Unternehmen. Es kann jedoch sein, dass die forschenden Unternehmen gleichbleibende Erträge aus FuE erzielen (*intensive margin*), gleichzeitig aber für mehr Unternehmen die Ertragsrate so weit absinkt, dass sie sich aus FuE-Aktivitäten zurückziehen (*extensive margin*). Bislang gibt es unseres Wissens nach keine Studie, die diese beiden Effekte separat analysiert und die Auswirkungen auf den Productivity Slowdown identifiziert. Zumindest für einige europäische Länder gibt es empirische Evidenz dafür, dass der

Anteil der Unternehmen steigt, die sich aus Innovationsaktivitäten zurückziehen, und wir damit eine zunehmende Konzentration der Innovationsaktivitäten beobachten.

Zu geringe oder verzögerte Diffusion von Innovationen

Nicht nur die Generierung von Innovationen als solches kann einen Einfluss auf das Produktivitätswachstum haben. So wird in der Literatur diskutiert, ob auch eine geringere oder verzögerte Diffusion von Innovationen in der Volkswirtschaft zum Productivity Slowdown beigetragen. Die Studie von Andrews et al. (2016) für 24 OECD-Länder unterstreicht, dass die Heterogenität des Produktivitätswachstums zwischen Unternehmen bei der Betrachtung des aggregierten Productivity Slowdowns berücksichtigt werden sollte. So zeigen sie, dass die Arbeitsproduktivität von Frontier-Unternehmen deutlich stärker wächst als von Laggard-Unternehmen und damit die Divergenz der Produktivität zunimmt und dass dieser Unterschied vor allem auf Unterschiede im TFP-Wachstum zurückzuführen ist.

Ergebnisse von Andrews et al. (2016) und anderen lassen vermuten, dass zunehmender Winner-Takes-It-All-Wettbewerb als Folge der Digitalisierung und mit ihr verbundener Netzwerkeffekte hierbei eine Rolle spielen könnte, wengleich die empirische Messung einer solchen Form des Wettbewerbs schwierig ist. Bisherige Studien haben nur zeigen können, dass eine steigende Marktmarkt die Produktivitätsdivergenz erhöht und externe Produktmarktregulierungen, die die Marktmacht fördern, die Divergenz der Produktivität verstärken.

Die zunehmende Divergenz der Produktivität könnte auch Folge einer langsameren oder mangelnden Diffusion von Innovationen sein. Eine Bewertung, inwieweit dies zutrifft, ist auf Grund der heterogenen Evidenz in der Literatur nicht einfach. Die Diffusion neuen Wissens hängt sowohl von Wissensspillovern ab als auch von den absorptiven Fähigkeiten von Unternehmen. Produktivitätsstudien, die sich die Entwicklung von Wissensspillovern allgemein ansehen, weisen eher in Richtung konstanter oder steigender Wissensspillover als auf rückläufige Spillovers hin. In Bezug speziell auf geografische Wissensspillover sind die Ergebnisse der verschiedenen Studien heterogener. Während eine Reihe von Studien auf den 1990er und 2000er Jahren einen Anstieg von geografischen Wissensspillovern über die Zeit finden, finden zwei recht neue Studien dagegen gleichbleibende bzw. sogar sinkende geographische Wissensspillover. Letzteres könnte ein Argument für eine langsamere Diffusion sein.

Ob absorptive Fähigkeiten angesichts zunehmender technologischer Komplexitäten aber auch zunehmender Open-Innovation-Strategien an Bedeutung gewonnen haben, wurde unseres Wissens nach in der Literatur bislang nicht gezeigt, kann aber vermutet werden.

Die Frage nach der zeitlichen Entwicklung der Höhe der absorptiven Fähigkeiten der Unternehmen könnte am ehesten an Hand der gängigen Proxies für absorptive Fähigkeiten – Innovations- und FuE-Aktivitäten und Humankapital – abzulesen sein. Die rückläufige Innovationsneigung gerade unter den KMU sollte hier bedenklich stimmen, da sie nicht nur einen direkten Produktivitätseffekt hat, sondern einhergeht mit der Stagnation oder gar dem Verlust absorptiver Fähigkeiten, die mittel- und langfristig zu einer langsameren Diffusion neuer Technologien beitragen dürfte.

Die zunehmende Divergenz der Produktivität könnte allerdings auch in einer rückläufigen Innovationstätigkeit der Laggard-Unternehmen begründet sein. Unabhängig von Wissensspillovern zwischen Frontier- und Laggard-Unternehmen können andere Gründe Laggard-Unternehmen dazu verleiten, weniger in Innovationen zu investieren oder sich vollständig aus Innovationsaktivitäten zurückzuziehen. Ob der aktuell zu beobachtende Rückgang der Innovationstätigkeit in vielen Ländern primär Frontier- oder Laggard-Unternehmen betrifft lässt sich aber bislang nicht sagen.

Vor diesem Hintergrund ist ein Ergebnis der Studie von Andrews et al. (2016) besonders interessant, das sie selber allerdings kaum beachten. So zeigen ihre Analysen, dass der Produktivitätsrückgang ab 2008 vor allem die Frontier-Unternehmen betrifft. Wenngleich die Frontier-Unternehmen auf Grund ihrer geringeren Anzahl wenig zum aggregierten Produktivitätswachstum beitragen, so ist es doch eine offene Frage, warum das Produktivitätswachstum bei ihnen besonders stark eingebrochen ist.

Noch nicht voll entfaltete technologische Potenziale im Bereich digitaler Technologien

Direkte empirische Evidenz dafür, dass sich eine Beschleunigung des Produktivitätsfortschritts anbahnt, gibt es bisher nicht. Nordhaus (2008) ist eine der wenigen Studien, die empirisch die Singularitätshypothese eines explosiven Wachstums der Arbeitsproduktivität prüfen, finden dafür jedoch kaum Evidenz.

Techno-Optimisten gehen davon aus, wir derzeit in der sogenannten Installationsphase sind und nur auf die Deployment-Phase warten müssen, um die Produktivitätswirkungen der bereits überall sichtbaren neuen technologischen Möglichkeiten, wie z.B. Smartphones, Fortschritte bei Robotern und Drohnen oder Big Data-Analysen, in fünf bis zehn Jahren zu sehen. Mittelfristig erwarten, dass eine Rückkehr zu einem Wachstum der Arbeitsproduktivität von 2 Prozent möglich ist. Ob wir derzeit also tatsächlich in einer Art Wachstumsdelle sind und nur warten müssen, um die technologischen Potenziale der Digitalisierung voll zu realisieren, kann aber letztlich zur Zeit nur der Gegenstand von Vermutungen sein.

Ein Aspekt, der in dem Zusammenhang der Installationsphase zum Beispiel auch wichtig sein könnte⁶², ist die Tatsache, dass die Digitalisierung in vielen Unternehmen zu einer deutlich höheren Anzahl an Produkten und damit der Produktvielfalt führt. Mit einer wachsenden Produktvielfalt fällt es Unternehmen jedoch schwerer, die jeweils dahinterstehenden Prozesse zu optimieren, so dass hier Produktivitätspotentiale (bislang) nicht gehoben werden. Empirische Evidenz gibt es unseres Wissens dazu in der Literatur jedoch bislang nicht.

Optimistische Einschätzungen über noch realisierbare Potentiale der Digitalisierung basieren dabei vor allem auf drei Argumenten: (1) Frühere Evidenz über sogenannte General Purpose Technologies dahingehend, dass bei Wellen radikaler Innovation auch in der Vergangenheit bereits beobachtete Produktivitätsentwicklungen keine guten Prognosen für künftige Produktivitätsentwicklungen lieferten, (2) Indikatoren über Innovation, technischen Fortschritt im Bereich digitaler Technologien und immaterielle Investitionen und (3) Verweis auf nicht-technologische Hemmnisse, wie z.B. ungeeignete politische Rahmenbedingungen. Aus unserer Sicht kann keine Arbeit dabei mit harten „Vorlaufindikatoren“ von absehbarem künftigem Produktivitätswachstum aufwarten, jedoch ist dies wegen der Unsicherheit des Innovationsprozesses auch grundsätzlich kaum möglich. Kernargument ist, dass es auf der anderen Seite auch für eine pessimistische Prognose keine belastbare Evidenz gibt, obwohl der bisherige Rückgang des Produktivitätswachstums in seinem Trend als statistisch gesichert gelten kann.

Fehlende Qualifikationen der Beschäftigten

Fehlende Qualifikationen der Beschäftigten zur Ausnutzung technologischer Potenziale vor allem im Bereich der digitalen Technologien werden als weitere Ursache für das rückläufige Produktivitätswachstum in der Literatur diskutiert. Fehlende Qualifikationen könnten in diesem Zusammenhang fehlende IT-Fachkräfte bedeuten, aber auch eine steigende Diskrepanz zwischen den Anforderungen und der Verfügbarkeit von IT-Kenntnissen und IT-Fähigkeiten oder von zu IT komplementären Kompetenzen der übrigen Beschäftigten.

Als Fazit lässt sich festhalten, dass für die These einer steigenden Diskrepanz zwischen Angebot und Nachfrage nach IT-Fachkräften, welche für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums verantwortlich ist, bisher nur wenig eindeutig belastbare empirische Evidenz vorhanden ist. Insgesamt legen die ökonometrischen und deskriptiven Analysen

⁶² Von Unternehmensvertretern im Maschinenbau im Rahmen des Ordnungspolitischen Kolloquiums des VDMA genannt.

aber in der Tendenz nahe, dass fehlende IKT-Kompetenzen der IKT-Anwender als Erklärung für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums zumindest nicht gänzlich ausgeschlossen werden können

Zusammengenommen wird deutlich, dass die Diffusion von IKT den Bedarf an komplementären Kompetenzen bisher stark ansteigen ließ und auch weiterhin für Anforderungsänderungen sorgen wird. Inwiefern eine mögliche Diskrepanz zwischen Angebot und Nachfrage nach diesen komplementären Kompetenzen für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums verantwortlich sein könnte, lässt sich mit den aktuell vorhandenen Studien allerdings nur eingeschränkt beantworten.

Strukturwandel

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass der Strukturwandel zur Verlangsamung des Produktivitätswachstums beigetragen hat. So kommen Dürnecker et al. (2016) zu dem Ergebnis, dass der Strukturwandel in den Jahren zwischen 1947 und 2010 0,37 Prozentpunkte zum Rückgang des Arbeitsproduktivitätswachstums in den USA beigetragen hat. Waren es zunächst vor allem Strukturverschiebungen zwischen dem verarbeitenden Gewerbe und dem Dienstleistungssektor, die wachstumshemmend gewirkt haben, scheint sich hier aber ein Ende abzuzeichnen, da das verarbeitende Gewerbe ohnehin in vielen Ländern nur noch einen geringen Anteil an der Produktion hat. Allerdings beobachten wir auch Strukturverschiebungen innerhalb des Dienstleistungssektors, die ebenfalls zum Rückgang der Produktivität beigetragen haben.

Messprobleme

Eine weitere Hypothese in der Literatur postuliert, dass es erhebliche Probleme in der Messung von Inputs und Outputs und damit in der Messung des Produktivitätswachstums gibt. Diese Probleme beziehen sich insbesondere auf die korrekte Erfassung neuer digitaler Güter und Dienstleistungen, als Beispiele seien hier unter anderem grenzüberschreitende Transaktionen oder neue Internetplattformen genannt, sowie die korrekte Messung der Preisänderungen von Computern und digitalen Gütern und Dienstleistungen bei adäquater Berücksichtigung von Qualitätssteigerungen in Preisindizes. Zugleich hätten diese Messprobleme im Zuge der Digitalisierung zugenommen und damit zu der Verlangsamung des Produktivitätswachstums beitragen. Die Überprüfung dieser Hypothese, dass eine fortschreitende Digitalisierung eine Unterschätzung des Produktivitätswachstums verstärke, wurde bisher vor allem für die USA untersucht. Die Studien kommen zu dem Ergebnis, dass es keine wesentlichen Messprobleme konzeptioneller Art, sehr wohl aber Messprobleme hinsichtlich der empirischen Implementierung gibt. Allerdings weisen sie

in Summe nicht darauf hin, dass die Messfehler seit Mitte der 2000er Jahre deutlich zugenommen hätten, so dass Messprobleme zumindest kein entscheidender Faktor zur Erklärung des Rückgangs des Produktivitätswachstums sein dürften. Um die Folgen der Digitalisierung aus einer umfassenderen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Perspektive heraus besser zu verstehen, wird jedoch in der Literatur gefordert, Satellitenrechnungen zur Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung aufzubauen.

Auf Basis der Literatur kann geschlussfolgert werden, dass der Productivity Slowdown kein monokausales Phänomen ist. Insgesamt sind die Ursachen hierfür vielfältiger Art und in Teilen auch länderspezifischen Rahmenbedingungen, Politikänderungen und Entwicklungen zum Beispiel auf dem Arbeitsmarkt oder Kapitalmarkt geschuldet.

6 Literaturverzeichnis

- Aghion, P., Bergeaud, A., Boppard, T., Klenow, P. J. und Li, H. (2017). *Missing Growth from Creative Destruction*. Federal Reserve Bank of San Francisco Working Paper 2017-04.
- Ahmad, N., Ribarsky, J. und Reinsdorf, M. (2017). *Can Potential Mismeasurement of the Digital Economy Explain the Post-Crisis Slowdown in GDP and Productivity Growth?*, OECD Statistics Working Papers, No. 2017/09.
- Ahmad, N. und Schreyer, P. (2016). *Measuring GDP in a Digitalised Economy*, OECD Statistics Working Papers, 2016/07.
- Allen, P. (2011). *Paul Allen: The Singularity Isn't Near*. Abgerufen am 28.8.2017 von <https://www.technologyreview.com/s/425733/paul-allen-the-singularity-isnt-near/>
- Aiello, F. und Cardamone, P. (2005). R&D Spillovers and Productivity Growth: Evidence from Italian Manufacturing Microdata. *Applied Economic Letters* 12(10), 625-631.
- Akerman, A., Gaarder, I. und Mogstad, M. (2015). The Skill Complementarity of Broadband Internet. *The Quarterly Journal of Economics* 130 (4), 1781–1824.
- Aldieri, L., Cincera, M., Garofalo, A. und Vinci, C.P. (2008). Micro Evidence of the Effects of R&D on Labour Productivity for Large International R&D Firms. *International Journal of Manpower* 29 (3), 198-215.
- Andrews, D., Criscuolo, C. und Gal, P. N. (2015). *Frontier Firms, Technology Diffusion and Public Policy: Micro Evidence from OECD Countries*. The Future of Productivity, Main Background Papers. Paris.
- Andrews, D., Criscuolo, C. und Gal, P. N. (2016). *The Best versus the Rest: The Global Productivity Slowdown, Divergence across Firms and the Role of Public Policy*. OECD Productivity Working Papers No. 5. Paris.
- Andrews, D. und Westmore, B. (2014). *Managerial Capital and Business R&D as Enablers of Productivity Convergence*. OECD Economics Department Working Papers No. 1137. Paris.
- Archibugi, D. (2017). Blade Runner Economics: Will Innovation Lead the Economic Recovery? *Research Policy* 46 (3), 535-543.

- Arora, A., Branstetter, L. G. und Drev, M. (2013). Going Soft: How the Rise of Software-Based Innovation Led to the Decline of Japan's IT Industry and the Resurgence of Silicon Valley. *Review of Economics and Statistics* 95 (3), 757–775.
- Askenazy, P. und Erhel, C. (2016). *Exploring the French Productivity Puzzle*, mimeo.
- Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *The Quarterly Journal of Economics* 118 (4), 1279-1333.
- Ballot, G., Fakhfakh, F. und Taymaz, E. (2006). Who Benefits from Training and R&D: The Firm or the Worker? *British Journal of Industrial Relation* 44 (3), 473-495.
- Bank of England (2017). *Productivity Puzzles*, Speech given by Andrew G. Haldane, Chief Economist, <http://www.bankofengland.co.uk/publications/Documents/speeches/2017/speech968.pdf> .
- Bardy, R. (1974). *Die Produktivität von Forschung und Entwicklung*. Meisenheim am Glan.
- Barnett, A., Broadbent, B., Chiu, A., Franklin, J. und Miller, H. (2014a). Impaired Capital Reallocation and Productivity, *National Institute Economic Review* 228, R35-R48.
- Barnett, A., Chiu, A., Franklin, J. und Sebastia-Barriel, M. (2014b). *The Productivity Puzzle: A Firm-Level Investigation into Employment Behaviour and Resource Allocation over the Crisis*. Bank of England Working Paper 495.
- Barnett, A., Batten, S., Chiu, A., Franklin, J. und Sebastia-Barriel, M. (2014c). The UK Productivity Puzzle. *Bank of England Quarterly Bulletin*, Q2.
- Bartel, A., Ichniowski, C. und Shaw, K (2007). How Does Information Technology Really Affect Productivity? Plant-Level Comparisons of Product Innovation, Process Improvement and Worker Skills. *The Quarterly Journal of Economics* 122 (4), 1721-1758.
- Bartelsman, E., van Leeuwen, G., Nieuwenhuijsen, H. und Zeelenburg, K. (1996). *R&D and Productivity Growth: Evidence from Firm-Level Data in the Netherlands*. Paper presented at the 1996 Conference of the European Economic Association, Istanbul.
- Bartelsman, E., Dobbelaere, S. und Peters, B. (2015). Allocation of Human Capital and Innovation at the Frontier: Firm-Level Evidence on Germany and the Netherlands. *Industrial and Corporate Change* 24 (5), 875-949.

- Bartelsman, E. und Doms, M (2000). Understanding Productivity: Lessons from Longitudinal Microdata. *Journal of Economic Literature* 38 (3), 569-594.
- Bartelsman, E. J., Haskel, J. und Martin, R. (2008). *Distance to Which Frontier? Evidence on Productivity Convergence from International Firm-Level Data*. CEPR Discussion Paper, No 7032. London.
- Baumol, W. (1967). The Macroeconomics of Unbalanced Growth: The Anatomy of Urban Crisis. *American Economic Review* 57 (3), 415-426.
- Baumol, W. (2012). *The Cost Disease: Why Computers Get Cheaper and Health Care Doesn't*. New Haven and London.
- Bean, C. (2016). *Independent Review of UK Economic Statistics*. Report commissioned by the Chancellor of the Exchequer and the Minister for the Cabinet Office.
- Benavente, L. (2006). The Role of Research and Innovation in Promoting Productivity in Chile. *Economics of Innovation and New Technology* 15(4-5), 301-315.
- Benito, A., Neiss, K., Price, S. und Rachel, L. (2010). The Impact of the Financial Crisis on Supply, *Bank of England Quarterly Bulletin* 50 (2), 104-114.
- Bergeaud, A., Cette, G. und Lecat, R. (2016). The Role of Production Factor Quality and Technology Diffusion in Twentieth-Century Productivity Growth, *Cliometrica*, 1-37.
- Bergeaud, A., Cette, G. und Lecat, R. (2017a). Total Factor Productivity in Advanced Countries: A Long-term Perspective. *International Productivity Report*, 2017 (32), 6-24.
- Bergeaud, A., Cette, G. und Lecat R., (2017b). What Role did Education, Equipment Age, and Technology Play in 20th Century Productivity Growth?, *Rue de la Banque*, Number 43, May 2017, 1-5.
- Bernstein, J. (1988). Costs of Production, Intra- and Interindustry R&D Spillovers: Canadian Evidence. *Canadian Journal of Economics* 21 (2), 324-347.
- Bernstein, J. (1997). Interindustry R&D Spillovers for Electrical and Electronic Products: The Canadian Case. *Economic Systems Research* 9, 111-125.
- Bernstein, J. (1998). Factor Intensities, Rates of Return, and International R&D Spillovers: The Case of Canadian and U.S. Industries, *Annales d'Economie et de Statistique*, 49-50, 541-564.

- Bernstein, J. und Nadiri, M. (1988). Interindustry R&D Spillovers, Rate of Return and Production in High-Tech Industries, *American Economic Review* 78, 429-434.
- Bernstein, J. und Nadiri, M. (1991). *Product Demand, Cost of Production, Spillovers, and the Social Rate of Return to R&D*. NBER Working Paper 3625, Cambridge, MA.
- Black, S. and Lynch, L. (1996). Human Capital Investments and Productivity. *American Economic Review* 86 (2), 263-267.
- Black, S. and Lynch, L. (2001). How to Compete: The Impact of Workplace Practices and Information Technology on Productivity. *Review of Economics and Statistics* 83 (3), 434-445.
- Blanchard, P., Huiban, J. und Sevestre, P. (2004). *R&D and Productivity in Corporate Groups: An Empirical Investigation Using a Panel of French Firms*. Paper Prepared for the Conference „R&D, Education and Productivity. An International Conference in Memory of Zvi Griliches“, 25.-27. August 2003, Paris.
- Bloom, N., Genakos, C., Sadun, R. und Van Reenen, R. (2012). Management Practices Across Firms and Countries. *Academy of Management Perspectives* 26 (1), 12-33.
- Bloom, N., Jones, C.J., Van Reenen, J. und Webb, M. (2017). *Are Ideas Getting Harder to Find*, NBER Working Paper 23782, Cambridge, MA.
- Bloom, N., Sadun, R. und Van Reenen, J. (2012). Americans do IT better: US multinationals and the productivity miracle. *The American Economic Review* 102 (1), 167-201.
- Bloom, N., Schankerman, M. und Van Reenen, J. (2013). Identifying Technology Spillovers and Product Market Rivalry. *Econometrica* 81(4), 1347-1393.
- Bloom, N. und Van Reenen, J. (2007). Measuring and Explaining Management Practices Across Firms and Countries, *The Quarterly Journal of Economics* 122 (4), 1351–1408.
- Bloom, N. und Van Reenen, J. (2011). Human Resource Management and Productivity. *Handbook of Labor Economics*, Vol. 4, Part B, 1697-1767.
- Blundell, R., Crawford, C. und Jin, W. (2014). What Can Wages and Employment Tell Us about the UK's Productivity Puzzle?, *Economic Journal* 124 (576), 377-407.

- Blundell, R. und Hoynes, H. (2004). Has „In-Work“ Benefit Reform Helped the Labour Market? In: Blundell, R., Card, D. und Freeman, R. (Hrsg.), *Seeking a Premier Economy: The Economic Effects of British Economic Reforms, 1980-2000*, Chicago, University Press, 411-459.
- Boeing, P., Mueller, E. und Sander, P. (2016). China's R&D Explosion – Analyzing Productivity Effects Across Ownership Types and Over Time. *Research Policy* 45, 159-176.
- Bond, S., Harhoff, D. und Van Reenen, J. (2003). *Corporate R&D and Productivity in Germany and the United Kingdom*. CEP Discussion Papers, London.
- Bostrom, N. (2006). How Long Before Superintelligence? *Linguistic and Philosophical Investigations* 5(1), 11-30.
- Bournakis, I., Christopoulos, D. und Mallick, S. (2015). Knowledge Spillovers, Absorptive Capacity and Growth: An Industry-Level Analysis for OECD Countries. *SSRN Electronic Journal*, (March), 1–43.
- Brandt, L., Wang, L. und Zhang, Y. (2017). *Productivity in Chinese Industry: 1998-2013*. Working Paper. Toronto.
- Branstetter, L. G. und Sichel, D. (2017). *The Case for an American Productivity Revival*. Peterson Institute for International Economics Policy Brief 17-26, June 2017.
- Branstetter, L. G. und Nakamura, Y. (2003). *Is Japan's Innovative Capacity in Decline?*. NBER Working Paper 9438, Cambridge, MA.
- Bresson, G., Hsiao, C. und A. Pirotte (2011). Assessing the Contribution of R&D to Total Factor Productivity – A Bayesian Approach to Account for Heterogeneity and Heteroscedasticity. *Advances in Statistical Analysis* 95 (4), 435-452.
- Brynjolfsson, E. und McAfee, A. (2017). *Machine, Platform, Crowd: Harnessing Our Digital Future*. WW Norton & Company.
- Brynjolfsson, E. und McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. WW Norton & Company.
- Brynjolfsson, E. und McAfee, A. (2011). *Race Against the Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*. Digital Frontier Press.

- Burda, M. C. und Severgnini, B. (2017). Total Factor Productivity Convergence in German States since Reunification: Evidence and Explanations. *Journal of Comparative Economics* 0, 1–20.
- Buxton, T. und Kennally, G. (2004). Comparison of Excess Social Rates of Return to Product and Process R&D. *Economics of Innovation and New Technology* 13 (6), 509–521.
- Byrne, D. M., Fernald, J. G. und Reinsdorf, M. B. (2016). Does the United States have a Productivity Slowdown or a Measurement Problem?. *Brookings Papers on Economic Activity*, Spring 2016, 109–182.
- Byrne, D. M., Oliner, S. D. und Sichel, D. E. (2017). How Fast are Semiconductor Prices Falling?. *Review of Income and Wealth*. doi:10.1111/roiw.12308.
- Caballero, R.C. und Jaffe, A.B. (1993). How High are the Giants' Shoulders: An Empirical Assessment of Knowledge Spillovers and Creative Destruction in a Model of Economic Growth, in: Blanchard, O. und Fischer, S. (Hrsg.), *NBER Macroeconomics Annual 1993*, Vol. 8, 15-86, MIP Press.
- Cardarelli, R., und Lusinyan, L. (2015). *US Total Factor Productivity Slowdown: Evidence from the US States*. IMF Working Paper No. WP/15/116. Washington, D.C.
- Cardona, M., Kretschmer, T. und Strobel, T. (2013). ICT and Productivity: Conclusions from the Empirical Literature. *Information Economics and Policy* 25 (3), 109-125.
- Capron, H. und Cincera, M. (2001). Technological Competition, Economic Performance and Strategic Behaviour of International Firms. *Cahiers Economiques de Bruxelles*, 169, 33-62.
- Cedefop (2016). *The great divide: Digitalisation And Digital Skill Gaps in the EU Workforce*. #ESJsurvey Insights, No 9, Thessaloniki: Greece.
- Cedefop (2017). *People, Machines, Robots and Skills. Technological Unemployment is a Recurring Theme, but Joblessness in the Digital Age Will Depend on Human, Not Artificial, Intelligence*. Briefing Note, ISSN 1831-2411, Thessaloniki: Greece.
- Cespri, G, Criscuolo, C. und Haskel, J. (2007). *Information Technology, Organisational Change and Productivity*. CEPR Discussion Paper 6105, London.
- Cette, G. und Lopez, J. (2008). *What Explains the ICT Diffusion Gap Between the Major Industrialized Countries: An Empirical Analysis*, International Productivity Monitor, Centre for the Study of Living Standards, Vol. 17, 28-39.

- Cette, G., Kocoglu, Y. und Mairesse, J. (2009). *Productivity Growth and Levels in France, Japan, the United Kingdom and the United States in the Twentieth Century*. NBER Working Paper 15577, Cambridge, MA.
- Cette, G. und Lopez, J. (2012). ICT Demand Behaviour: An International Comparison, *Economics of Innovation and New Technology* 21 (4), 397-410.
- Cette, G. (2013). *Croissance de la Productivité: Quelles Perspectives pour la France?*, mimeo.
- Cette, G., Mairesse, J. und Kocoglu, Y. (2015a). *Diffusion et Contribution À La Croissance des TIC Aux Etats-Unis, dans la Zone Euro et au Royaume-Uni*. Bulletin de la Banque de France, Number 200, 2e trimestre 2015, 84-91.
- Cette, G. Clerc, C. und Bresson, L. (2015b). Contribution of ICT diffusion to Labour Productivity Growth: the United States, Canada, the Eurozone, and the United Kingdom, 1970-2013. *International Productivity Monitor*, Number 28, Spring 2015, 81-88.
- Cette, G., Lopez, J. und Mairesse, J. (2017). Upstream Product Market Regulations, ICT, R&D and Productivity. *Review of Income and Wealth*, 63(s1).
- Cette, G., Fernald, J. und Mojon, B. (2016). The pre-Great Recession Slowdown in Productivity. *European Economic Review* 88, 3-20.
- Chamberlain, G. (1985). *Heterogeneity, omitted variable bias, and duration dependence*. In J. Heckman & B. Singer (Eds.), *Longitudinal Analysis of Labor Market Data* (Econometric Society Monographs, pp. 3-38). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CCOL0521304539.001
- Chen, W., Niebel, T. und Saam, M. (2016). Are Intangibles More Productive in ICT-Intensive Industries? Evidence from EU Countries. *Telecommunications Policy* 40 (5), 471-484.
- Chun, H., Miyagawa, T., Pyo, H. K. und Tonogi, K. (2015). *Do Intangibles Contribute to Productivity Growth in East Asian Countries? Evidence from Japan and Korea*. RIETI Discussion Paper 15-E-055, Tokyo.
- Chun, H., Pyo, H. K. und Rhee, K. H. (2008). *Total Factor Productivity in Korea and International Comparison*, Cambridge, MA.
- Cincera, M. (1998). *Economic and Technological Performances of International Firms*. PhD Thesis, Free University of Brussels, 1998.

- Clark, B. und Griliches, Z. (1984). Productivity Growth and R&D at the Business Level: Results from the PIMS Database, in: Griliches, Z. (Hrsg.), *R&D, Patents and Productivity*, Chicago, 393-416.
- Cohen, W. und Levinthal, A. (1990). Innovation and Learning. The Two Faces of R&D. *The Economic Journal* 99 (397), 569-596.
- Colombier, C. (2016). *Überlegungen zur Entwicklung der Arbeitsproduktivität in der Schweiz*. Notiz EFV, Eidgenössische Finanzverwaltung EFV.
- Comin, D. (2008). Total Factor Productivity. In Durlauf, S. N. und Blume, L. E. (Hrsg.), *New Palgrave Dictionary of Economics*. Oakgrave MacMillian, New York, NY.
- Cororaton, C. B. (1999). *Rates of Return to R&D Investment in the Philippines*. Philippine Institute for Development Studies Discussion Papers 99-24. Makati City.
- Crafts, N. (2017). Is Slow Economic Growth the ‘New Normal’ for Europe? *Atlantic Economic Journal*, doi.org/10.1007/s11293-017-9551-9.
- Crass, D. und Peters, B. (2014). *Intangible Assets and Firm-Level Productivity*. ZEW Discussion Paper 14-120, Mannheim.
- Crawford, C., Jin, W. und Simpson, H. (2013). Productivity, Investment and Profits during the Great Recession: Evidence from UK Firms and Workers, Fiscal Studies. *The Journal of Applied Public Economics* 34 (2), 153–177.
- Crépon, B., Duguet, E. und Mairesse, J. (1998). Research, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level. *Economics of Innovation and New Technology* 7 (2), 115-58.
- Cuneo, P. und Mairesse, J. (1983). *Productivity and R&D at the Firm Level in French Manufacturing*. NBER Working Paper 1068, Cambridge, MA.
- Czarnitzki, D. und Kraft, K. (2008). On the Profitability of Innovative Assets, *Applied Economics* 42, 1941-1953.
- Dachs, B., Hud, M., Köhler, C. und Peters, B. (2016). *Employment Effects of Innovations over the Business Cycle: Firm-Level Evidence from European Countries*. ZEW Discussion Paper 16-076, Mannheim.
- Decker, R. A., Haltiwanger, J., Jarmin, R. S., und Miranda, J. (2017). *Changing Business Dynamism and Productivity: Shocks vs. Responsiveness*. Working paper. https://simpsoncenter.princeton.edu/sites/simpson/files/shocks_03_08_17.pdf.

- Decker, R. A., Haltiwanger, J., Jarmin, R. S., und Miranda, J. (2017b). Declining Dynamism, Allocative Efficiency, and the Productivity Slowdown. *American Economic Review* 107 (5), 322–326.
- De Loecker, J. und Warzynski, F. (2012). Markups and Firm-Level Export Status. *The American Economic Review* 102(6), 2437-2471.
- Deng, Y. (2005). *The Value of Knowledge Spillovers*. FRB of San Francisco Working Paper 2005–14. San Francisco, CA.
- Deschard, F., Lecat, R. und Sandoz-Dit-Bragard, C. (2017). Productivité: Une Énigme Française? Synthèse de la Conférence Organisée par la Banque de France et France Stratégie le 1er Février 2017, *Bulletin de la Banque de France*, Number 211, mai-juin 2017, 2-12.
- Destatis (2017). *Produzierendes Gewerbe: Indizes der Produktion und der Arbeitsproduktivität im Produzierenden Gewerbe*. Destatis. Wiesbaden.
- DIW (2013). Investitionen für mehr Wachstum. Eine Zukunftsagenda für Deutschland. DIW Wochenbericht, 26, 3.
- Doraszelski, U. und Jaumandreu, J. (2013). R&D and Productivity: Estimating Endogenous Productivity. *Review of Economic Studies* 80 (4), 1338-1383.
- Duernecker, G., Herrendorf, B., Valentinyi, A. (2016). *Unbalanced Growth Slowdown*. Nicht-veröffentlichtes Working Paper.
- Duguet, E. (2006). Innovation Height, Spillovers and TFP Growth at the Firm Level: Evidence from French Manufacturing for Company Performance. *Economics of Innovation and New Technology* 15 (4-5), 415-442.
- Eberhardt, M., Helmers, C. und Strauss, H. (2013). Do Spillovers Matter When Estimating Private Returns to R&D? *Review of Economics and Statistics* 95 (2), 436-448.
- Eberli, A., Emmenegger, M., Grass, M., Held, N. und Rufer, R. (2015). *Beitrag branchenspezifischer Effekte zum Wachstum der Schweizer Arbeitsproduktivität*, Staatssekretariat für Wirtschaft SECO, Strukturberichterstattung Nr. 54/1.
- EC (2017). *A Concept Paper on Digitisation, Employability and Inclusiveness. The Role of Europe*. The Publications Office of the European Union.
- EC (2017b). *Human Capital: Digital Inclusion and Skills. Europe's Digital Progress Report 2017*. The Publications Office of the European Union.

- Edquist, H. und Henrekson, M. (im Erscheinen). *Swedish Lessons: How Important are ICT and R&D to Economic Growth? Structural Change and Economic Dynamics*.
- Ejeremo, O. (2004). *Productivity Spillovers of R&D in Sweden*. CESIS Working Paper 15, Stockholm CESIS.
- Elstner, S., Feld, L. P. und Schmidt, C. M. (2016). The Slowdown of German Productivity Growth. Mimeo.
- Falck, O., Heimisch, A., & Wiederhold, S. (2016). *Returns to ICT Skills*. OECD Education Working Papers 134, OECD Publishing, Paris.
- Falk, M. und Biagi, F. (2017). Relative Demand for Highly Skilled Workers and Use of Different ICT Technologies. *Applied Economics* 49 (9), 903-914.
- Feenstra, R. C., Inklaar, R. und Timmer, M. P. (2015). The Next Generation of the Penn World Table. *American Economic Review* 105 (10), 3150-3182.
- Feldstein, M. (2017). Underestimating the Real Growth of GDP, Personal Income, and Productivity, *Journal of Economic Perspectives* 31 (2), 145-164.
- Fernald, J. G. (2016). *Reassessing Longer-Run U.S. Growth: How Low?* Federal Reserve Bank of San Francisco Working Paper 2016-18. San Francisco, CA.
- Field, S. und Franklin, M. (2013). *Micro-Data Perspectives on the UK Productivity Conundrum*, ONS, http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20160108220653/http://www.ons.gov.uk/ons/dcp171766_295470.pdf
- Forth, J. und Mason, G. (2006). *Do ICT Skill Shortages Hamper Firms' Performance? Evidence from UK Benchmarking Surveys*. National Institute of Economic and Social Research, London.
- Frey, C. B. und Osborne, M. A. (2017). The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254-280.
- Fukao, K. (2013). *Explaining Japan's Unproductive Two Decades*. RIETI Discussion Paper 13-NaN-21. Tokyo.
- Fukao, K., Ikeuchi, K., Kim, Y. und Kwon, H. U. (2015). *Why Was Japan Left Behind in the ICT Revolution?* RIETI Discussion Paper 15-NaN-43. Tokyo.
- Fukao, K. und Miyagawa, T. (2007). *Productivity in Japan, the US, and the Major EU Economies: Is Japan Falling Behind?* RIETI Discussion Paper 07-E-046. Tokyo.

- Fukao, K., Miyagawa, T., Pyo, H. K. und Rhee, K. H. (2011). *Estimates of Total Factor Productivity, the Contribution of ICT, and Resource Reallocation Effects in Japan and Korea*. Global COE Hi-Stat Discussion Paper 2011-3. Tokyo.
- Gal, P. N. (2013). *Measuring Total Factor Productivity at the Firm Level using OECD-ORBIS*. OECD Economics Department Working Papers 1049. Paris.
- Goodridge, P., Haskel, J. und Wallis, G. (2016). Accounting for the UK Productivity Puzzle: A Decomposition and Predictions. *Economica*, DOI: 10.1111/ecca.12219.
- Gopinath, M., und Roe, T. L. (2000). R&D Spillovers: Evidence from U.S. Food Processing, Farm Machinery and Agricultural Sectors. *Economics of Innovation and New Technology* 9 (3), 223–244.
- Gordon, R. J. (2012). *Is U.S. Economic Growth Over? Faltering Innovation Confronts the Six Headwinds*. NBER Working Paper 18315, Cambridge, MA.
- Gordon, R. J. (2016). *The Rise and Fall of American Growth*. Princeton University Press.
- Goto, A. und Suzuki, K. (1989). R&D Capital, Rate of Return on R & D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries. *The Review of Economics and Statistics* 71 (4), 555.
- Gregg, P., Machin, S. und Fernandez-Salgado, M. (2014). Real Wages and Unemployment in the Big Squeeze, *Economic Journal* 124 (576), 408-432.
- Griffith, R., Huergo, E., Mairesse, J. und Peters, B. (2006). Innovation and Productivity across Four European Countries. *Oxford Review of Economic Policy* 22(4), 483-498.
- Griffith, R., Lee, S. und Van Reenen, J. (2011). Is Distance Dying at Last? Falling Home Bias in Fixed-Effects Models of Patent Citations. *Quantitative Economics* 2 (2), 211 - 249.
- Griffith, R., Redding, S. und Van Reenen, J. (2003). R&D and Absorptive Capacity: Theory and Empirical Evidence. *Scandinavian Journal of Economics* 105 (1), 99–118.
- Griffith, R., Redding, S. und J. Van Reenen (2004). Mapping the Two Faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Industries. *Review of Economics and Statistics* 86 (4), 883-895.
- Griliches, Z. (1979). Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth. *Bell Journal of Economics* 10 (1), 92-116.

- Griliches, Z. (1980). R&D and the Productivity Slowdown, *American Economic Review* 70, 343-348.
- Griliches, Z. (1989). *Patents: Recent Trends and Puzzles*. Brookings Papers on Economic Activity, Microeconomics 291-330.
- Griliches, Z. und Lichtenberg, F. (1984a). Interindustry Technology Flows and Productivity Growth: A Re-Examination. *Review of Economics and Statistics* 61, 324-329.
- Griliches, Z. und Lichtenberg, F.R. (1984b). R&D and Productivity Growth at the Industry Level: Is There Still a Relationship?, in: Griliches, Z. (Hrsg.). *R&D, Patents, and Productivity*, 465-502.
- Griliches, Z. und Mairesse, J. (1983). Comparing Productivity Growth: An Exploration of French and US Industrial and Firm Data. *European Economic Review* 61, 324-329.
- Griliches, Z., Mairesse, J. (1984). Productivity and R&D at the Firm Level, in: Griliches, Z. (Hrsg.), *R&D, Patents and Productivity*, Chicago, 339-374.
- Griliches, Z. und Mairesse, J. (1990). R&D and Productivity Growth: Comparing Japanese and US Manufacturing Firms, in: Hulten, C. (Hrsg.), *Productivity Growth in Japan and the United States*, Chicago, 317-340.
- Griliches, Z. und Mairesse, J. (1991). *R&D and Productivity Growth: Comparing Japanese and U.S. Manufacturing Firms*. University of Chicago Press.
- Guellec, D. und van Pottelsberghe de la Potterie, B. (2004). From R&D to Productivity Growth: Do the Institutional Settings and the Source of Funds of R&D Matter? *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 66 (3), 353-378.
- Hagsten, E. und Sabadash, A. (2017). A Neglected Input to Production: The Role of ICT-Schooled Employees in Firm Performance. *International Journal of Manpower* 38 (3), 373-391.
- Hall, B.H. (1993). *Industrial Research During the 1980s: Did the Rate of Return Fall?* Brookings Papers: Microeconomics 2, 289-330.
- Hall, B.H. (2011). *Innovation and Productivity*. NBER Working Paper 17178, Cambridge, MA.
- Hall, R. E. und Jones, C. I. (1999). Why do Some Countries Produce so much more Output per Worker than Others? *The Quarterly Journal of Economics* 114 (1), 83-116.

- Hall, B. und Mairesse, J. (1995). Exploring the Relationship Between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms. *Journal of Econometrics* 65, 263-294.
- Hall, B.H. und Mairesse, J. (1996). *Estimating the Productivity of Research and Development: An Exploration of GMM Methods using Data on French and United States Manufacturing Firms*. NBER Working Paper 5501, Cambridge, MA.
- Hall, B., Mairesse, J. und Mohnen, P. (2010). Measuring the Returns to R&D. In: Hall, B., Rosenberg, N. (Hrsg.), *Handbook of the Economics of Innovation*, Vol. 2, 1033-1082. Amsterdam: Elsevier.
- Hall, B. und Mohnen, P. (2013). Innovation and Productivity: An Update. *Eurasian Business Review* 3(1), 47-65.
- Hanson, R. (2008). *Economics of the Singularity*. Abgerufen am 28.08.2017 von: <https://spectrum.ieee.org/robotics/robotics-software/economics-of-the-singularity>
- Harhoff, D. (1998). R&D and Productivity in German Manufacturing Firms. *Economics of Innovation and New Technology* 6, 29- 49.
- Harhoff, D. (2000). R&D Spillovers, Technological Proximity, and Productivity Growth – Evidence from German Panel Data. *Schmalenbach Business Review* 52, 238-260.
- Hartwig, J. und Krämer, H. (2017). *The Growth Disease at 50–Baumol after Oulton*. Working Paper no. 10, Chemnitz University of Technology.
- Hayashi, S. und Kurokawa, T. (2009). *Japan's Critical Issues on IT Human Resource*. NISTEP Science & Technology Foresight Center.
- Hayashi, F. und Prescott, E. C. (2002). The 1990s in Japan: A Lost Decade. *Review of Economic Dynamics* 5 (1), 206–235.
- Herrendorf, B., Rogerson, R. und Valentinyi, Á. (2014). Growth and Structural Transformation, in: *Handbook of Economic Growth*, vol. 2, Elsevier, Kap. 6, 855-941.
- Heshmati, A. und Kim, H. (2011). The R&D and Productivity Relationship of Korean Listed Firms. *Journal of Productivity Analysis* 36 (2), 125–142.
- Heyman, F., Norbäck, P.-J., und Persson, L. (2015). *The Turnaround of Swedish Industry: Reforms, Firm Diversity and Job and Productivity Dynamics*, IFN Working Paper 1079.
- Hünermund P. (2017). *Do Most Companies Even Try to Innovate Anymore?* Harvard Business Review, hbr.org., 14 April 2017.

- Hu, A. (2001). Ownership, Government R&D, Private R&D, and Productivity in Chinese Industry. *Journal of Comparative Economics* 29, 136–157.
- Hu, A. und Jefferson, G.H. (2004). Returns to Research and Development in Chinese Industry: Evidence from State-Owned Enterprises in Beijing. *China Economic Review* 15 (1), 86–107.
- Hu, A., Jefferson, G.H., and Jinchang, Q. (2005). R&D and Technology Transfer: Firm-Level Evidence from Chinese Industry. *Review of Economics and Statistics* 87 (4), 780–786.
- Huh, C. G. und Nam, K. (2012). *Productivity Slowdown versus Sluggish Input Growth: Application of a Neoclassical Growth Model to Korea's Growth Deceleration since 2000*.
- Hutfilter, A. F., Kappeler, A., Schneider, D. und Semeraro, G. M. (2016). *Boosting Investment Performance in Germany*. OECD Economic Department Working Papers 1326.
- IMF (2005). *Republic of Korea: 2004 Article IV Consultation—Staff Report; Staff Statement; and Public Information Notice on the Executive Board Discussion*. IMF Country Report No. 05/49. Washington D.C.
- ING-DiBa Economic Research (2016). Alles nur eine Farce? Niedriges Produktivitätswachstum in Zeiten größter digitaler Revolutionen. https://ing.de/media/1823991/ing-diba-economic-research_produkivitaaet.pdf
- Inklaar, R., Timmer, M. P. und Van Ark, B. (2007). Mind the Gap! International Comparisons of Productivity in Services and Goods Production. *German Economic Review* 8 (2), 281-307.
- Inklaar, R. und Timmer, M. P. (2013). *Capital, Labor and TFP in PWT8.0*. mimeo.
- Ito, K. und Lechevalier, S. (2009). The Evolution of the Productivity Dispersion of Firms: A Reevaluation of Its Determinants in the Case of Japan. *Review of World Economics* 145 (3), 405–429.
- Jäger, P., Rujin, S., Schmidt, T. und Föllmi, R. (2015). *Der Zusammenhang zwischen dem technischen Fortschritt, der Investitionstätigkeit und der Produktivitätsentwicklung*, Staatssekretariat für Wirtschaft SECO, Strukturberichterstattung Nr. 54/4.
- Jaffe, A. (1986). Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits and Market Value. *American Economic Review* 76, 984-1001.

- Jaffe, A. B., Trajtenberg, M. und Henderson, R. (1993). Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations. *Quarterly Journal of Economics* 108 (3), 557-598.
- Jefferson, G., Huamao, B., Xiaojing, G. und Xiaoyun, Y. (2006). R&D Performance in Chinese Industry. *Empirical Studies of Innovation in the Knowledge Driven Economy* 4-5, 345-366.
- Johansson, Å., Guillemette, Y., Murin, F., Turner, D., Nicoletti, G., de la Maisonneuve, C., Bagnoli, P. Bousquet, G. und Spinelli, F. (2013). *Long-Term Growth Scenarios, OECD Economics Department Working Papers* No. 1000, OECD Publishing, Paris.
- Jorgenson, D. W. und Timmer, M. P. (2011). Structural Change in Advanced Nations: A New Set of Stylised Facts. *The Scandinavian Journal of Economics* 113 (1), 1-29.
- Jorgenson, D. W. und Nomura, K. (2007). The Industry Origins of the US-Japan Productivity Gap. *Economic Systems Research* 19 (3), 315-341.
- Jorgenson, D. W. und Motohashi, K. (2005). Information Technology and the Japanese Economy. *Journal of the Japanese and International Economies* 19 (4), 460-481.
- Jung, M., Lee, K. und Fukao, K. (2008). Total Factor Productivity of the Korean Firms and Catching up with the Japanese Firms. *Seoul Journal of Economics* 21 (1), 93-139.
- Kaiser, B. und Siegenthaler, M. (2015). *The Productivity Deficit of Knowledge-Intensive Business Service Industries in Switzerland*, Staatssekretariat für Wirtschaft SECO, Strukturberichterstattung Nr. 54/1.
- Kalemli-Ozcan, S., Sorensen, B., Villegas-Sanchez, C., Volosovych, V. und Yesiltas, S. (2015). *How to Construct Nationally Representative Firm Level Data from the OR-BIS Global Database*. NBER Working Paper 21558, Cambridge, MA.
- Kanamori, T. und Motohashi, K. (2008). Information Technology and Economic Growth: A Comparison between Japan and Korea. *Seoul Journal of Economics* 21 (4), 505.
- Kancs, d'Artis und Siliverstovs, B. (2016). R&D and Non-Linear Productivity Growth. *Research Policy* 45 (3), 634-646.
- Keller, W. (2002). Geographic Localization of International Technology Diffusion. *American Economic Review* 92 (1), 120 - 142.
- Khayyat, N. T., Lee, J. und Heshmati, A. (2014). *How ICT investment and energy use influence the productivity of Korean industries*. IZA Discussion Paper 8080. Seoul.

- Kim, Y. und Ito, K. (2013). *R&D Investment and Productivity: A Comparative Study of Japanese and Korean Firms*. RIETI Discussion Paper 13-NaN-43. Tokyo.
- Kim, J. I. und Lau, L. J. (1994). The Sources of Economic Growth of The East Asian Newly Industrialized Countries. *Journal of the Japanese and International Economies* 8 (3), 235-271.
- Klette, T. J. und Griliches, Z. (1996). The Inconsistency of Common Scale Estimators when Output Prices are Unobserved and Endogenous. *Journal of Applied Econometrics* 11 (4), 343-361.
- Konings, j. und Vanormelingen, S. (2009). The Impact of Training on Productivity and Wages: Firm-Level Evidence. CEPR Discussion Paper 7473, London.
- Kortum, S. (1993). Equilibrium R&D and the Decline in the Patent-R&D Ratio: U.S. Evidence. *American Economic Review: Papers and Proceedings* 83 (2), 450-457.
- Kurzweil, R. (2005). *The Singularity is Near: when Humans Transcend Biology*. New York: Viking.
- Kurzweil, R. (2011). Kurzweil Responds: Don't Underestimate the Singularity. Abgerufen am 28.08.2017 von: <https://www.technologyreview.com/s/425818/kurzweil-responds-dont-underestimate-the-singularity/>
- Kwon, H. U. und Inui, T. (2003). *R&D and Productivity Growth in Japanese Manufacturing Firms*. ESRI Discussion Paper 44, Tokyo.
- Lee, K. und Kang, S.-M. (2007). Innovation Types and Productivity Growth: Evidence from Korean Manufacturing Firms. *Global Economic Review* 36 (4), 343–359.
- Lichtenberg, F. und Siegel, D. (1991). The Impact of R&D Investment on Productivity - New Evidence Using R&D - LRD Data. *Economic Inquiry* 29, 203-228.
- Link, A. (1981). *Research and Development Activity in US Manufacturing*. New York.
- Link, A. (1983). Inter-Firm Technology Flows and Productivity Growth, *Economics Letters*, 11, 179-184.
- Liu, B. J. (2017). Do Bigger and Older Firms Learn More from Exporting? – Evidence from China. *China Economic Review* 45, 89-102.
- Li, Y. A. (2014). Borders and Distance in Knowledge Spillovers: Dying Over Time or Dying With Age? – Evidence from Patent Citations. *European Economic Review* 71, 152 – 172.

- Lööf, H. und Heshmati, A. (2001). Knowledge Capital and Performance Heterogeneity: A Firm-Level Innovation Study. *International Journal of Production Economics* 76 (1), 61-85.
- Lööf, H. und Heshmati, A. (2006). On the Relationship between Innovation and Performance: A Sensitivity Analysis. *Economics of Innovation and New Technology* 15 (4-5), 317-344.
- Lokshin, B., Belderbos, R. und Carree, M. (2008). The Productivity Effects of Internal and External R&D: Evidence from a Dynamic Panel Data Model. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 70 (3), 399-413.
- Lucking, B., Bloom, N. und Van Reenen, J. (2017). *Have R&D Spillovers Changed?*, mimeo.
- Lychagin, S., Pinske, J., Slade, M. E. und Van Reenen, J. (2016). Spillovers in Space: Does Geography Matter? *The Journal of Industrial Economics* 64 (2). 295-335.
- Maggioni, D. (2013). Productivity Dispersion and its Determinants: The Role of Import Penetration. *Journal of Industry, Competition and Trade* 13, 537-561.
- Mairesse, J., Mohnen, P. und Kremp, E. (2005). The Importance of R&D and Innovation for Productivity: A Reexamination in Light of the French Innovation Survey. *Annales d'Économie et de Statistique* 79/80, 487-527.
- Mairesse, J. und Robin, S. (2010). *Innovation and Productivity: A Firm-level Analysis for French Manufacturing and Services Using CIS3 and CIS4 Data (1998-2000) and (2002-2004)*, CREST-ENSAE, Paris.
- Mansfield, E. (1980). Basic Research and Productivity Increase in Manufacturing. *The American Economic Review* 70 (5), 863-873.
- Mansfield, E. (1988). Industrial R&D in Japan and the United States: A Comparative Study. *American Economic Review* 78 (2), 223-228.
- Martin, R. (2008). *Productivity Dispersion, Competition and Productivity Measurement*. CEP Discussion Papers. London.
- Masso, J. und Vahter, P. (2008). Technological Innovation and Productivity in Late-transition Estonia: Econometric Evidence from Innovation Surveys. *European Journal of Development Research* 20, 240-261.

- McGowan, A. M. und Andrews, D. (2017). Labor Market Mismatch and Labor Productivity: Evidence from PIAAC Data. *Skill Mismatch in Labor Markets. Research in Labor Economics* 45, 199-241.
- Melka, J., Mulder, N., Nayman, L. und Zignago, S. (2004). *Skills, Technology and Growth: Is ICT the Key to Success?* CEPII Working Paper 2003-04.
- Michaels, G., Natraj, A. und Reenen, J. V. (2014). Has ICT Polarized Skill Demand? Evidence from Eleven Countries over Twenty-Five Years. *The Review of Economics and Statistics* 96 (1), 60–77.
- Minasian, J. (1969). Research and Development, Production Functions, and Rates of Return. *American Economic Review* 59, 80-85.
- Moen, J. und Thorsen, S.H. (2013). *Publication Bias in the Returns to R&D Literature*. Norwegian School of Economics Discussion Paper 12-2013.
- Mohnen, P. A., Nadiri, M. I. und Prucha, I. R. (1986). R&D, Production Structure and Rates of Return in the U.S., Japanese and German Manufacturing Sectors: A Non-Separable Dynamic Factor Demand Model. *European Economic Review* 30(4), 749–771.
- Morikawa, M. (2004). Information Technology and the Performance of Japanese SMEs. *Small Business Economics* 23(3), 171–177.
- Motohashi, K. (2007). Firm-Level Analysis of Information Network Use and Productivity in Japan. *Journal of the Japanese and International Economies* 21(1), 121–137.
- Murray, A. (2017). *What Explains the Post-2004 U.S. Productivity Slowdown?* CSLS Research Report 2017-5, Ottawa.
- Muto, I., Sudo, N. und Yoneyama, S. (2016). *Productivity Slowdown in Japan's Lost Decades: How Much of it can be Attributed to Damaged Balance Sheets?*. Bank of Japan Working Paper 16-NaN-3. Tokyo.
- Nadiri, M. I. und Kim, S. (1996). *R&D, Production Structure and Productivity Growth: A Comparison of the US, Japanese and Korean Manufacturing Sectors*. NBER Working Paper 5506, Cambridge, MA.
- Nanda, R. und Nicholas, T. (2014). *Did Bank Distress Stifle Innovation During the Great Depression?* NBER Working Paper 20392, Cambridge, MA.

- Nguyen, S. und Kokkelenberg, E. (1992). Measuring Total Factor Productivity, Technical Change and the Rate of Returns to Research and Development. *Journal of Productivity Analysis* 2, 269-282.
- Nordhaus, W.D. (1980). Policy Responses to the Productivity Slowdown. In: Federal Reserve Bank of Boston (Hrsg.). *The Decline in Productivity Growth*, Series No. 22.
- Nordhaus, W. D. (2008). Baumol's Diseases: A Macroeconomic Perspective. *The BE Journal of Macroeconomics* 8(1), Article 9.
- Nordhaus, W. D. (2015). *Are We Approaching an Economic Singularity? Information Technology and the Future of Economic Growth*. NBER Working Paper 21547.
- Odagiri, H. (1983). R&D Expenditures, Royalty Payments, and Sales Growth in Japanese Manufacturing Corporations. *Journal of Industrial Economics* 32, 61-71.
- Odagiri, H. (1985). Research Activity, Output Growth and Productivity Increase in Japanese Manufacturing Industries. *Research Policy* 14(3), 117–130.
- Odagiri, H. und Iwata, H. (1986). The Impact of R&D on Productivity Increase in Japanese Manufacturing Companies. *Research Policy* 15(1), 13–19.
- OECD (2015). *The Future of Productivity*. OECD Publishing. Paris.
- OECD. (2016a). *New Skills for the Digital Economy. Measuring the Demand and Supply of ICT Skills at Work*. OECD Publishing. Paris.
- OECD. (2016b). *Korea Policy Brief: Economy*. OECD Publishing. Paris.
- OECD. (2016c). *2016 OECD Economic Surveys: Korea*. OECD Publishing. Paris.
- OECD (2017a). *Main Science and Technology Indicators MSTI 2017-1* (Release date: 01 August 2017), Paris.
- OECD (2017b). *Japan Policy Brief: Innovation*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2017c). OECD.Stat: Daten extrahiert am 13.9.2017, 10:41 von http://stats.oecd.org/index.aspx?DatasetCode=PDB_GR.
- OECD (2017d). OECD.Stat: Daten extrahiert am 24.9.2017, 20:25 von http://stats.oecd.org/index.aspx?DatasetCode=PDB_GR.
- Oh, I., Lee, J. D. und Heshmati, A. (2008). Total Factor Productivity in Korean Manufacturing Industries. *Global Economic Review* 37(1), 23-50.

- Olley, G. S. und Pakes, A. (1996). The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry. *Econometrica* 64(6), 1263-1297.
- Ortega-Argilés, R., Piva, M., Potters, L. und Vivarelli, M. (2010). Is Corporate R&D Investment in High-Tech Sectors More effective? *Contemporary Economic Policy* 28 (3), 353-365.
- Oulton, N. (2001). Must the Growth Rate Decline? Baumol's Unbalanced Growth Revisited, *Oxford Economic Papers* 53(4), 605–27.
- Oulton, N. (2013). Has the Growth of Real GDP in the UK Been Overstated Because of Mismeasurement of Banking Output?. *National Institute Economic Review* 224(1), R59-R65.
- Oulton, N. (2017). *The Mystery of TFP*. Centre for Macroeconomics (CFM) Working Paper No. 1706.
- Parisi, M., Schiantarelli, F. und Sembenelli, A. (2006). Productivity, Innovation and R&D: Micro Evidence for Italy. *European Economic Review* 50, 2037-2061.
- Pessoa, J. P. und Van Reenen, J. (2012). *Decoupling of Wage Growth and Productivity Growth: Myth and Reality*. Report to the Resolution Foundation Commission on Living Standards.
- Pessoa, J. P. und Van Reenen, J. (2014). The UK Productivity and Jobs Puzzle: Does the Answer Lie in Wage Flexibility?, *Economic Journal* 124 (576), 433–452.
- Peters, B., Licht, G., Crass, D. und Kladroba, A. (2009). *Soziale Erträge der FuE-Tätigkeit in Deutschland*, Studien zum deutschen Innovationssystem 15-2009, Mannheim und Essen.
- Peters, B., Riley, R., Siedschlag, I., Vahter, P. und McQuinn, J. (2014). *Innovation and Productivity in Services: Evidence from Germany, Ireland and the United Kingdom*, JRC Working Papers on Corporate R&D and Innovation 2014-04.
- Peters, B., Roberts, M.J., Vuong, V.A. und Fryges, H. (2017). Estimating Dynamic R&D Demand: An Analysis of Costs and Long-Run Benefits, *RAND Journal of Economics* 48(2), 409-437.
- Poldahl, A. (2006). Domestic vs. International Spillovers: Evidence from Swedish Firm Level Data. *Journal of Industry, Competition and Trade* 6 (3/4), 277-294.
- Pyo, H. K. (2004). Interdependency in East Asia and the Post-Crisis Macroeconomic Adjustment in Korea. *Seoul Journal of Economics* 17(1), 117-151.

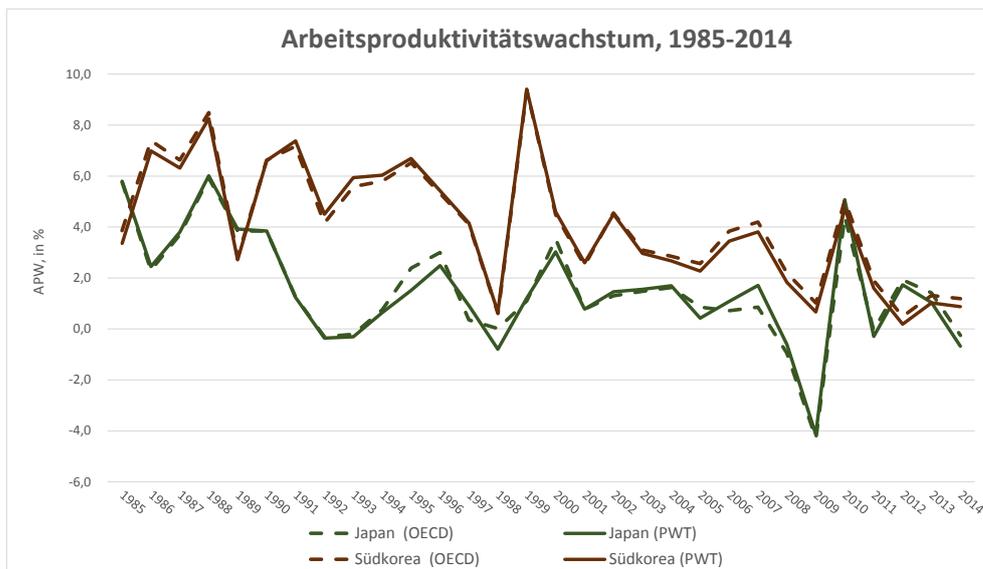
- Quintini, G. (2011). *Over-Qualified or Under-Skilled: A Review of Existing Literature*. OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 121, OECD Publishing. Paris.
- Raffo, J., Lhuillery, S. und Miotti, L. (2008). Northern and Southern Innovativity: A Comparison across European and Latin American Countries. *European Journal of Development Research* 20(2), 219–239.
- Rammer, C., Berger, Doherr, T., Hud, M. Hünermund, P., Iferd, Y., Peters, B. und Schubert, T. (2017). *Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft - Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2016*, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Mannheim.
- Rammer, C., Riaz, A. und Behrens, V. (2018). *Lange Datenreihen zu Innovatorenquoten*. Studien zum deutschen Innovationssystem, Berlin, erscheint demnächst.
- Ridder, G. und Tunali, I. (1999). Stratified Partial Likelihood Estimation. *Journal of Econometrics* 92, 193 – 232.
- Rifkin, J. (2014). *The Zero Marginal Cost Society: The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism*. St. Martin's Press.
- Riley, R., Rosazza-Bondibene, C. und Young, G. (2015). *The UK Productivity Puzzle 2008–13: Evidence from British Businesses*, Bank of England Staff Working Paper No. 531.
- Rosenbaum, P. R. und Rubin, D. B. (1983). The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects. *Biometrika* 70(1), 41-55.
- Rouvinen, P. (2002). The Existence of R&D Spillovers: A Cost Function Estimation with Random Coefficients. *Economics of Innovation and New Technology* 11(6), 525–541.
- Sakai, H. (2016). Why have R&D-Intensive Industries in Japan Experienced a Recent Decline in Performance? Evidence from Panel Data of Listed Firms in Japanese R&D-Intensive Industries. *Journal of Business Economics and Management* 17(4), 527–545.
- Sanchez, J. M. und Yurdagul, E. (2014). A Look at Japan's Slowdown and Its Turnaround Plan. *The Regional Economist*, (January), 4–9.
- Schäfer, D. und Bieg, M. (2016). Auswirkungen der Digitalisierung auf die Preisstatistik. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.

- Schankerman, M. (1981). The Effects of Double-Counting and Expensing on the Measured Returns to R&D. *Review of Economics & Statistics* 63(3), 454–458.
- Sterlacchini, A. (1989). R&D, Innovations, and Total Factor Productivity Growth in British Manufacturing. *Applied Economics* 21, 1549-1562.
- Syverson, C. (2017). Challenges to Mismeasurement – Explanations for the US Productivity Slowdown, *Journal of Economic Perspectives* 31(2), 165-186.
- Solow, R. M. (1987). We'd Better Watch Out. *New York Times Book Review*. July 12, 1987, S. 36.
- Suzuki, K. (1993). R&D Spillovers and Technology Transfer Among and Within Vertical Keiretsu Groups. Evidence from the Japanese Electrical Machinery Industry. *International Journal of Industrial Organization* 11(4), 573–591.
- SVR (2015). Jahresgutachten 2015/16: Zukunftsfähigkeit in den Mittelpunkt. Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, No. 2015/16, ISBN 978-3-8246-1042-6.
- Syverson, C. (2011). What Determines Productivity? *Journal of Economic Literature* 49 (2), 326-365.
- Triplett, J. E. und Bosworth, B. P. (2006). Baumol's Disease has Been Cured: IT and Multifactor Productivity in US Services Industries. *The New Economy and Beyond: Past, Present, and Future*, 34-71.
- Tsai, K. und Wang, J. (2003). *Productivity Growth and R&D Expenditure in Taiwan's Manufacturing Firms*. NBER Working Paper 9724. Cambridge MA.
- Tsai, K. und Wang, J. (2004). R&D Productivity and the Spillover Effects of High-Tech Industry on the Traditional Manufacturing Sector: The Case of Taiwan. *World Economy* 27, 1555-1570.
- Ugur, M., Trushin, E., Solomon, E. und Guidi, F. (2016). R&D and Productivity in OECD Firms and Industries: A Hierarchical Meta-Regression Analysis, *Research Policy* 45, 2069-2086.
- Van Ark, B. (2016). The Productivity Paradox of the New Digital Economy. *International Productivity Monitor* 31, 3-18.
- Van Ark, B. (2017). *The Productivity Paradox of the New Digital Economy*. OECD Global Forum on Productivity Workshop – Berlin. <http://www.oecd.org/global-forum-productivity/events/presentations-oecdglobalforumonproductivityworkshop-berlin.htm>

- Van Leeuwen, G. und Klomp, L. (2002). *On the Contribution of Innovation to Multi Factor Productivity Growth*. CPB Paper, The Hague.
- Van Leeuwen, G. und Klomp, L. (2006). On the Contribution of Innovation to Multi-Factor Productivity Growth. *Economics of Innovation and New Technology* 15(4-5), 367-390.
- Van Reenen, J. (2004). Active Labour Market Policies and the British New Deal for Youth in Context. In: Blundell, R., Card, D. und Freeman, R. (Hrsg.), *Seeking a Premier Economy: The Economic Effects of British Economic Reforms, 1980-2000*, Chicago, University Press, 461-496.
- Wakelin, K. (2001). Productivity Growth and R&D Expenditure in UK Manufacturing Firms. *Research Policy* 30, 1079-90.
- Wolff, E. N. (2011). *Spillovers, Linkages, and Productivity Growth in the US Economy*. NBER Working Paper 16864, Cambridge, MA.
- Wooldridge, J. M. (2009). On Estimating Firm-Level Production Functions Using Proxy Variables To Control For Unobservables. *Economics Letters* 104 (3), 112-114.
- Wu, H. X. und Liang, D. T. (2017). *Accounting for the Role of Information and Communication Technology in China's Productivity Growth*. RIETI Discussion Paper 17-E-111, Tokyo.
- Zhang, A., Zhang, Y., und Zhao, R. (2003). A Study of the R&D Efficiency and Productivity of Chinese Firms. *Journal of Comparative Economics* 31 (3), 444-464.

7 Anhang

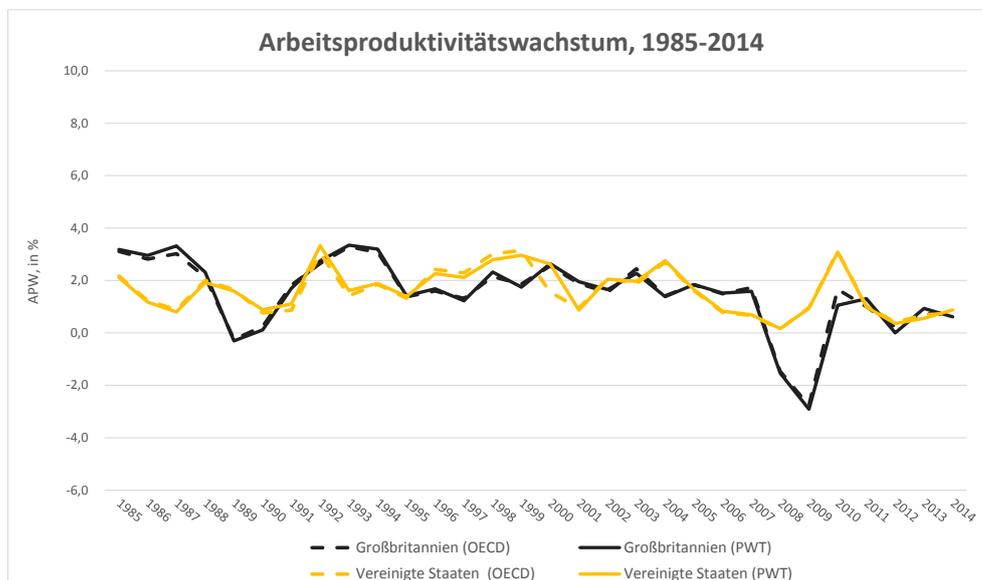
Abb. 7-1: Vergleich der Arbeitsproduktivität nach PWT und OECD für Japan und Südkorea



Anmerkung: Durchgängige Linien zeigen die jährliche Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität eines Landes berechnet auf Basis der Penn World Table 9.0. Gestrichelte Linien zeigen die jährliche von der OECD berechnete Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität eines Landes. APW steht für Arbeitsproduktivitätswachstum.

Quelle: Penn World Table 9.0, OECD (2017c), eigene Berechnung der Autoren

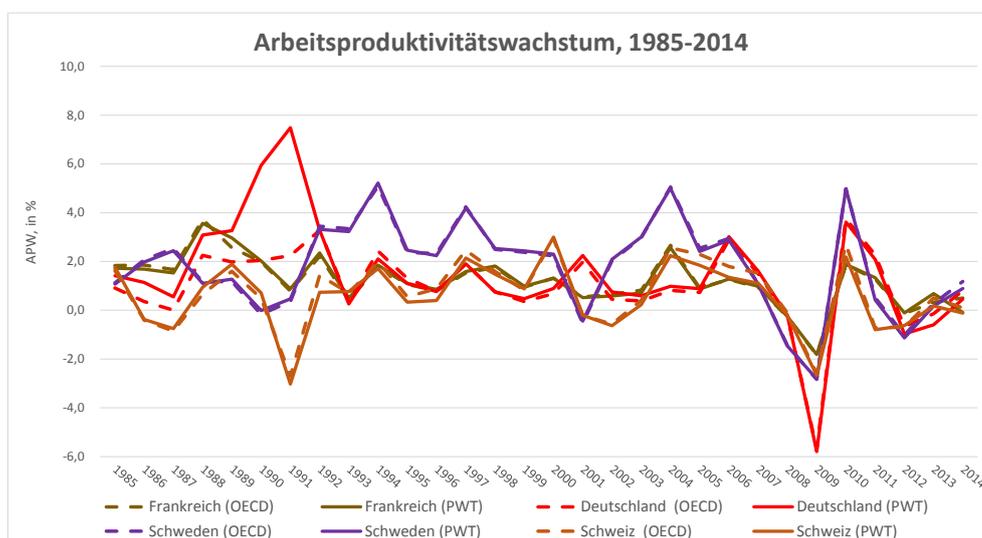
Abb. 7-2: Vergleich der Arbeitsproduktivität nach PWT und OECD für Großbritannien und die Vereinigten Staaten



Anmerkung: Siehe Anmerkung Abb. 7-1.

Quelle: Penn World Table 9.0, OECD, eigene Berechnung der Autoren

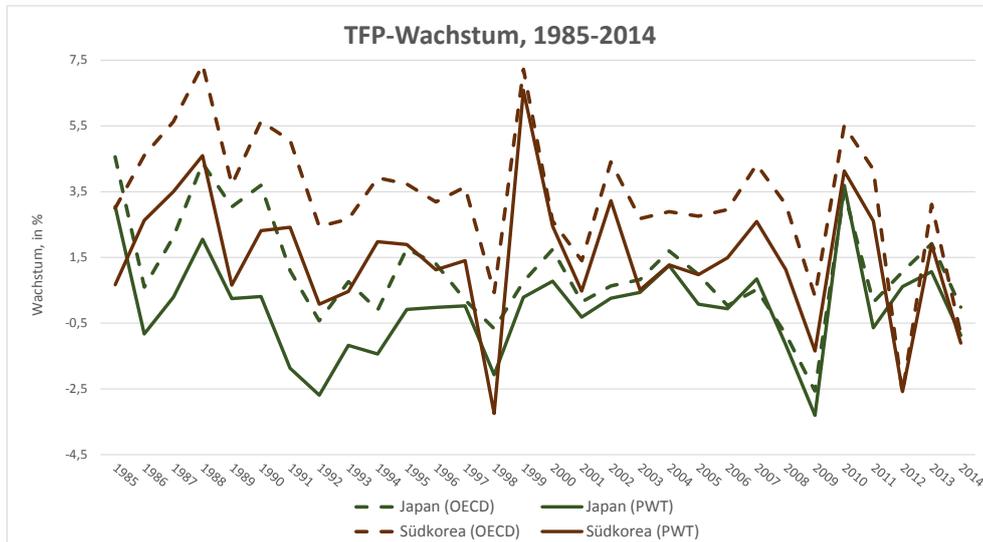
Abb. 7-3: Vergleich der Arbeitsproduktivität nach PWT und OECD für Frankreich, Deutschland, Schweden und die Schweiz



Anmerkung: Siehe Anmerkung Abb. 7-1.

Quelle: Penn World Table 9.0, OECD, eigene Berechnung der Autoren

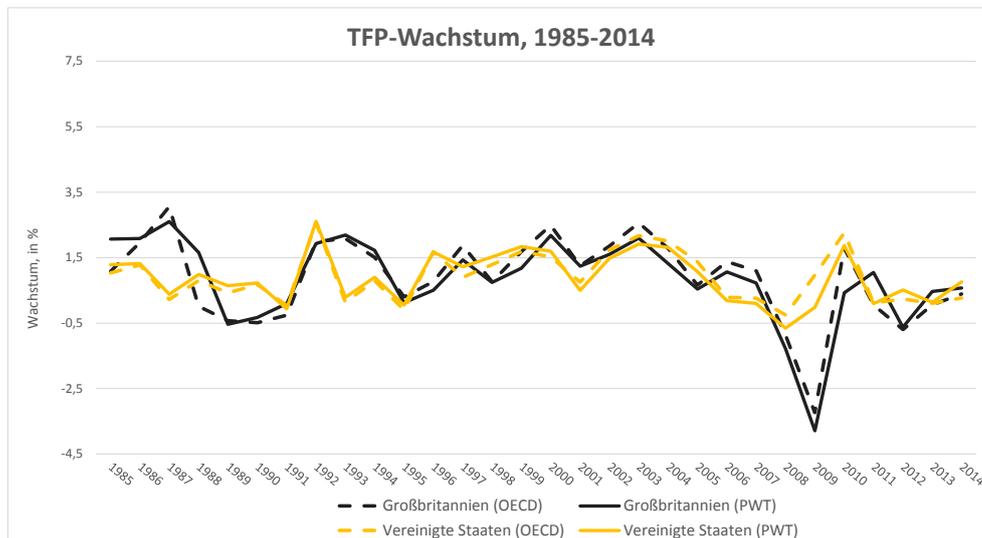
Abb. 7-4: Vergleich des TFP-Wachstums auf Basis der PWT- und OECD-Daten für Japan und Südkorea



Anmerkung: Durchgängige Linien zeigen die jährliche Wachstumsrate der TFP eines Landes berechnet auf Basis der Penn World Table 9.0. Gestrichelte Linien zeigen die jährliche von der OECD berechnete Wachstumsrate der TFP eines Landes.

Quelle: Penn World Table 9.0, OECD, eigene Berechnung der Autoren

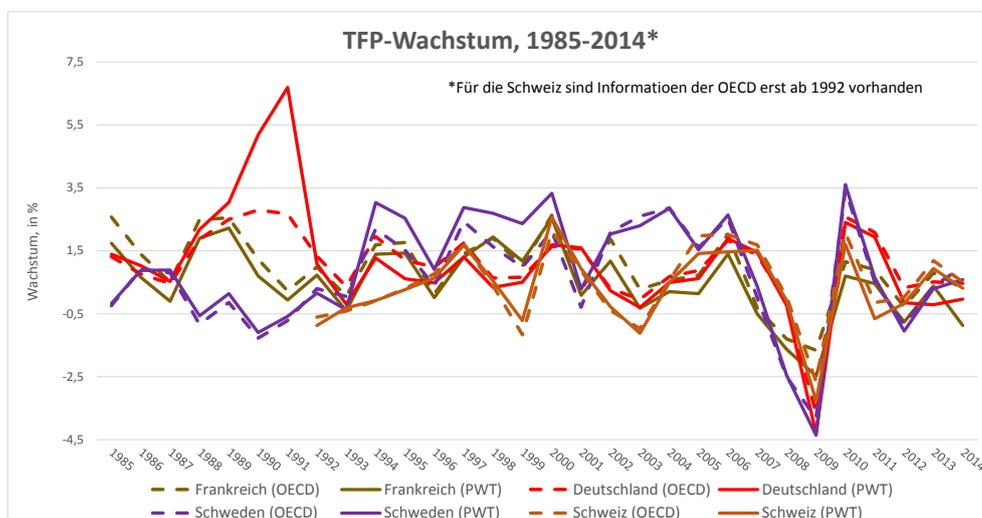
Abb. 7-5: Vergleich des TFP-Wachstums auf Basis der PWT- und OECD-Daten für Großbritannien und die Vereinigten Staaten



Anmerkung: Siehe Abb. 7-5.

Quelle: Penn World Table 9.0, OECD, eigene Berechnung der Autoren

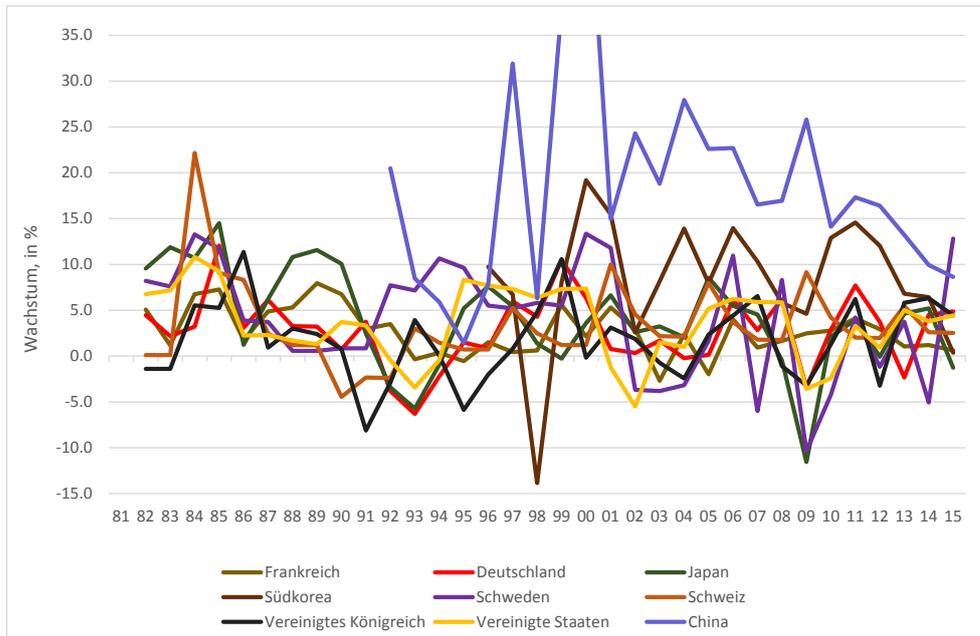
Abb. 7-6: Vergleich des TFP-Wachstums auf Basis der PWT- und OECD-Daten für Frankreich, Deutschland, Schweden und die Schweiz



Anmerkung: Siehe Abb. 7-5.

Quelle: Penn World Table 9.0, OECD, eigene Berechnung der Autoren

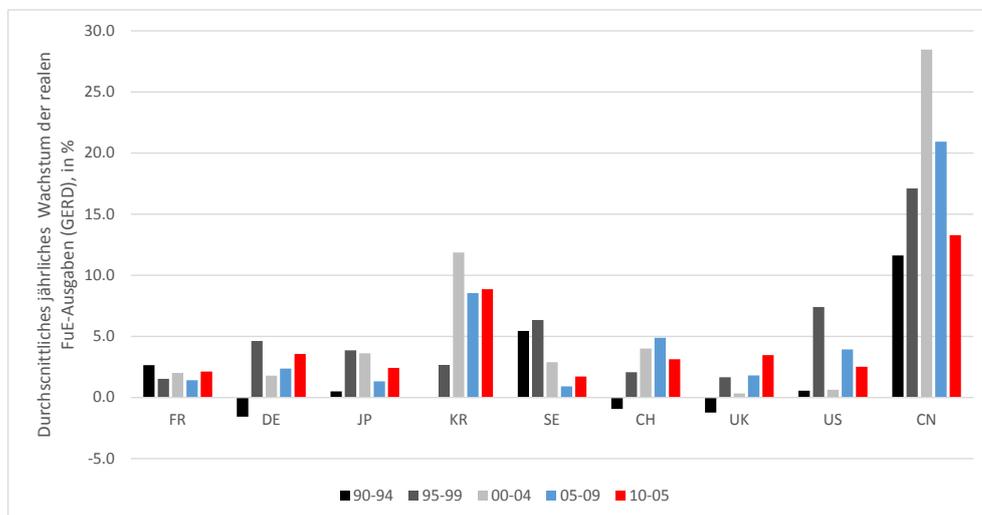
Abb. 7-7: Wachstumsrate der realen FuE-Ausgaben des Wirtschaftssektors (BERD) nach Ländern, 1982-2015



Anmerkungen: Nicht dargestellt: Wachstumsrate für China im Jahr 2000:56,3%. Für die Schweiz wurden die Werte für die Jahre 1984/85, 1987/88, 1990/91, 1993-1995, 1997-1999, 2001-2003, 2005-2007, 2009-2011, 2013/14 interpoliert. Für Schweden wurden die Werte für die Jahre 1982, 1984, 1986, 1988, 1990, 1992, 1994, 1996, 1998, 2000, 2002 interpoliert. Für das Vereinigte Königreich wurden die Werte für die Jahre 1982 und 1984 interpoliert. Für China und Korea sind Daten nur ab 1991 verfügbar.

Quelle: OECD (2017a): MSTI-2017-1. Eigene Darstellung.

Abb. 7-8: Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der realen FuE-Ausgaben des Wirtschaftssektors (BERD) nach Ländern, 1990-2015



Quelle: OECD (2017a): MSTI-2017-1. Eigene Darstellung.

Tab. 7-1: Vergleich der Schätzungen privater und sozialer Ertragsraten und Outputelastizitäten von FuE auf Firmenebene im Zeitverlauf

Dekade	Autor	Land	Zeitraum	Gewerbe	Private Ertragsrate	Private Outputelastizität	Soziale Zusatzzertragsrate	Soziale Outputelastizität	Ansatz	Abhängige Variable	Berechnung des externen Wissenskapitalstocks (WKS)
50er	Minasian (1969)	USA	1948-1957	Chemie	0,54	0,11	-	-	PF	VA	
60er	Bardy (1974)	Deutschland	1960-1971	Chemische Industrie	0,92-0,97	-	-	-	PF	VA	
70er	Griliches-Mairesse (1984)	USA	1966-1977	VG	-	0,054 (Total) 0,080 (FE) 0,185 (scientific) 0,010 (other firms) 0,090 (1966-1971) 0,080 (1972-1977)	-	-	PF	LP (Wachstumsrate)	
	Clark-Griliches (1984)	USA	1970-1980	VG	0,2	-	-	-	PF	TFP (Wachstumsrate)	
	Cuneo-Mairesse (1983)	Frankreich	1972-1977	Unternehmen mit positiven FuE-Aufwendungen; Unterteilung in Firmen in FuE-intensiven Branchen des VG (Chemie, Pharma, Elektroindustrie) und Firmen im übrigen VG	-	0,20 (Firmen in FuE-intensiven Branchen) 0,10 (übrige Firmen)	-	-	PF	LP	
	Link (1981)	USA	1975-1979	VG	0,19	-	-	-	PF	VA (Wachstumsrate)	
	Link (1983)	USA	1975-1979	Unternehmen des VG, die FuE betreiben	0,05	-	-	-	PF	TFP	
	Buxton-Kenally (2004a)	USA	1972-1983	Firmen aus Kunststoff / Metallverarbeitung / Maschinenbau	Prozess-FuE: 2,2 / 0,01 / 0,25 Produkt-FuE: -0,06 / -2,51 / 0,55	-	-	-	PF	VA (Wachstumsrate)	

	Griliches-Mairesse (1983)	USA/ Frankreich	1973-1978	Pharma, Chemie, Elektroindustrie, Maschinenbau	0,19 (USA) 0,31 (Frankreich)	-	-	-	PF	LP (Wachstumsrate)	
	Griliches-Mairesse (1990)	Japan/USA	1973-1980	VG	0,20 (Japan) 0,25 (USA)	-	-	-		LP (Wachstumsrate)	
	Lichtenberg-Siegel (1991)	USA	1972-1985	Unternehmen, die FuE betreiben	0,13	-	-	-	PF	TFP (Wachstumsrate)	
	Odagiri (1983)	Japan	1969-1981	Nahrungsmittel, Textilien, Papier, Chemie, Pharma, Erdölverarbeitung, Gummi- und Kunststoffe, Glas, Zement, Metallherstellung und -verarbeitung Maschinenbau, Elektroindustrie, Transportgeräte, Präzisionsgeräte	-0,47 (Nichtinnovatoren) 0,26 (Innovatoren)	-	-	-	PF	Umsatz (Wachstumsrate)	
	Nguyen-Kokkelenberg (1992)	USA	1973-1981	VG	0,64	-	-	-	PF	TFP (Wachstumsrate)	
	Bernstein (1988)	Kanada	1978-1981	Nahrungsmittel und Getränke, Papier und Grundstoffe, Metallindustrie, Maschinenbau, Flugzeugbau, Elektro-Industrie, Chemische Industrie	0,12	-	0,19-0,26*	-	KF	Variable Kosten	Intraindustrieller und interindustrieller WKS
80er	Bartelsmann et al. (1996)	Niederlande	1985-1993	VG	Gross Output: 0,12 Value Added: 0,30	Gross Output: 0,06 Value Added: 0,08	-	-	PF	Gross Output bzw. VA (Wachstumsrate)	
	Hall-Mairesse (1996)	USA/ Frankreich	1978-1989	VG	-	0,04 (USA) 0,09 (Frankreich)	-	-	PF	Umsatz	

Eine Literaturstudie

	Harhoff (1998)	Deutschland	1979-1989	VG	Bruttoertragsrate: gesamt: 0,22 HT: 0,22 LT: 0,27	gesamt: 0,09 HT: 0,16 LT: 0,03	-	-	PF	LP	
	Harhoff (2000)	Deutschland	1977-1989	VG	-	Ges.: 0,05-0,10 HT: 0,12-0,13 LT: 0,03-0,04	-	Ges.: -0,02-0,05 HT: 0,07-0,21 LT: -0,05-0,01	PF	Umsatz (Wachstumsraten)	WKS aller anderen Unternehmen, gewichtet auf Basis von FuE-Ausgaben nach Produktkategorien
	Suzuki (1993)	Japan	1981-1989	9 "Kernfirmen" und 17 weitere Firmen (Subunternehmen) der Elektro-Industrie	0,20 (Kern) 0,15 (Sub)	-	0,04 (Kostensparnis durch Spillover von WKS anderer Kernfirmen) 0,08 (Kostensparnis durch Technologietransfer)	-	KF	Variable Kosten	Wissenskapitalstock der andern Kernfirmen bzw, Firmen innerhalb einer Firmengruppe
90er	Bond-Harhoff-Van Reenen (2003)	Deutschland/UK	1987-1996	VG	Deutschland: 0,19 UK: 0,38	Deutschland: 0,07 UK: 0,08	-	-	PF	TFP	
	Cincera (1998)	Belgien	1987-1994	International tätige Firmen des VG	0,15	0,12	-	-	PF	TFP	
	Kwon-Inui (2003)	Japan	1995-1998	VG	Bruttoertragsrate: gesamt: 0,16 HT/MT/LT: 0,17/0,07/0,28 K/M/G: 0,30/0,06/0,14	gesamt: 0,04 HT/MT/LT: 0,06/0,02/0,03 K/M/G: 0,03/0,03/0,11	-	-	PF	LP (Niveau und Wachstumsrate)	

van Leeuwen-Klomp (2002)	Niederlande	1994-1996	Unternehmen, die von 1994-1996 Produkt- oder Prozessinnovationen eingeführt haben	0,54-0,64	-	-	-	PF	VA	
Tsai-Wang (2003)	Taiwan	1994-2000	156 börsennotierte Unternehmen des VG	Gesamt: 0,25 HT: 0,35 LT: 0,08	Gesamt: 0,20 HT: 0,30 LT: 0,07	-	-	PF	Kapitalproduktivität (Niveau)	
Blanchard-Huiban-Sevestre (2005)	Frankreich	1994-1998	12 Sektoren aus Landwirtschaft, Industrie und Dienstleistungen	0,80-1,10	0,08-0,11	0,70 (nur innerhalb der eigenen Unternehmensgruppe)	0,07	PF	VA (Niveau)	WKS einer Unternehmensgruppe (berechnet ohne die FuE des jeweiligen Unternehmens i)
Capron-Cincera (2001)	USA / Japan / EU	1987-1994	International ausgerichtete Firmen	-	USA / Japan / EU: 0,25 / 0,10 / 0,15	-	USA / Japan / EU: Nationaler WKS: 0,56 / 0,28 / 0,12 Internationaler WKS: 0,35 / 0,97 / - 0,12	PF	Umsatz (Wachstumsrate)	WKS anderer Unternehmen im Stichprobe, gewichtet nach technologischer Nähe; Unterscheidung nationaler/internationaler WKS
Ejeremo (2004)	Schweden	1995	FuE und Nicht-FuE treibende Unternehmen des VG	0,23	-	0,002 (Effekt auf FuE treibende Unternehmen), 0,001 (Effekt auf Nicht-FuE treibende Unternehmen)	-	PF	TFP (Niveau)	3 alternative Maße: Summe der FuE-Aufwendungen anderer Firmen, gewichtet (1) mit Input-Output-Matrix, (2) EPO-Matrix; (3) technologischer Nähe auf Basis von FuE-Ausgaben nach Produktkategorien
Poldahl (2006)	Schweden	1990-2000	Unternehmen des VG mit mind. 50 Mitarbeitern	0,01	-	Horizontal: 0,012 Vertikal: 0,178 International: 0,095	-	PF	TFP (Wachstumsraten)	Auf Basis von Input /Output-Tabellen gewichtete FuE-Intensitäten (horizontal / vertikal / internat.)

Eine Literaturstudie

	Wakelin (2001)	UK	1988-1996	170 börsennotierte Unternehmen des VG	0,27	-	Horizontal: 0,31 (n.s.) Vertikal: -0,08 (n.s.)	-	PF	LP (Niveau)	Ungewichtete FuE-Intensität der eigenen Branche und gewichtete FuE-Intensität anderer Branchen (Gewichtungsmatrix auf Basis der Angaben der SPRU-Innovationsdaten über den Sektor, in dem die Innovation hergestellt und in dem sie genutzt wird)
	Tsai-Wang (2004)	Taiwan	1994-2000	VG, Unterscheidung von HT und LT	0,38 (HT) 0,08-0,10 (LT)	0,05 (HT) 0,05 (LT)	-	0,01 (von HT auf LT)	PF	VA	FuE Ausgaben des High-Tech-Sektors, gewichtet nach Handelsanteilen
	Lokshin-Belderbos-Carree (2008)	Niederlande	1996-2001	304 Unternehmen des VG	0,30 (internal) 0,82 (external) 0,06 (interaction; n.s.)	-	-	-	PF (dyn.)	LP_VA (Wachstumsrate)	
	Doraszelski und Jaumandreu (2013)	Spanien	1990-1999	1870 Unternehmen des VG	Nettoertragsrate: 0,098 (Nahrung) 0,296 (Masch.bau) 0,332 (Textil) 0,347 (Chemie) 0,384 (Möbel) 0,444 (Papier/Verl) 0,480 (Fahrzeugb.) 0,632 (Kunststoff) 0,659 (Metall)	0,018			PF	LP (Niveau und Wachstumsraten)	
	Aiello und Cardamone (2005)	OECD	1995-2000	1017 Unternehmen		0,069			PF	VA (Wachstumsrate)	

	Aldieri et al, (2008)	OECD	1988-1997	116-465		0,255			PF	Umsatz (Wachstumsrate)	
	Griffith et al, (2006)	UK	1990-2000			0,024			PF	VA	
2000er	Ortega-Argiles et al, (2010)	14 europäische Länder	2000-2005	R&D Scoreboard Daten: 532 der führenden FuE-Unternehmen		0,110 0,14-0,17 (HT) 0,11-0,13 (MT) 0,03-0,05 (LT)			PF	LP (Niveau)	
	Boler et al., (2012)		1997-2005			0,030 (FuE 0/1) 0,020 (FuE-Ausgaben gegeben FuE=1)			PF	Umsatz (Niveau)	
	Crass-Peters (2014)	Deutschland	2006-2010	6231 Unternehmen des VG und DL	-	0,056 (ohne HC, BC) 0,031 (mit HC, BC)	-	-	PF (zusätzlich weitere Intangibles)	TFP (Niveau) auf Basis von Olley-Pakes (1996) und Levinsin-Petrin (2003)	
50er, 60er & 70er	Schankerman-Nadiri (1986)	USA	1947-1976	DL	0,10-0,24	-	-	-	KF	Variable Kosten	
60er & 70er	Griliches (1980b)	USA	1959-1977	39 Branchen des VG	0,03	-	-	-	PF	TFP	
	Griliches (1986)	USA	1957-1977	VG	0,33 (1972) 0,39 (1977)	0,12 (1972), 0,09 (1977)	-	-	PF	TFP	
	Odagiri-Iwata (1986)	Japan	1966-1982	VG	0,17 (1966-1973) 0,11 (1974-1982)	-	-	-	PF	TFP (Wachstumsraten)	

Eine Literaturstudie

	Schankerman (1981)	USA	1958-1976	(1) Chemie / Petrochemie, (2) Metallindustrie und Maschinenbau, (3) Elektrische Ausstattung, (4) Fahrzeugbau, (5) Luftfahrzeuge, (6) sonstige	(1) 0,70 (2) 0,43 (3) 0,40 (4) 0,58 (5) 0,24 (6) 0,73	(1) 0,16 (2) 0,10 (3) 0,23 (4) 0,09 (5) 0,29 (6) 0,07	-	-	PF	VA	
	Mansfield (1980)	USA	1960-1976	Chemie- und Erdölindustrie	0,28	-	-	-	PF	TFP	
	Jaffe (1986)	USA	1965-1979	VG	-	3SLS-Schätzungen für Gewinn / Tobins Q: 0,18 / 3,31 (OLS und Erste Differenzen-Schätzungen ebenfalls durchgeführt, hier nicht dargestellt)	-	3SLS-Schätzungen für Gewinn / Tobins Q: -0,10 plus 0,06 mal logarithmierter externer WKS / -0,06 plus 0,80 mal logarithmierter externer WKS	PF	Gewinn / Tobins Q	FuE-Ausgaben der anderen Firmen, gewichtet mit technologischer Nähe
60er, 70er, 80er	Gopinath und Roe (2000)	USA	1960-1991	(1) Nahrungsm. (2) Landwirtschaft (3) Landwirtsch. Maschinenbau	1971/1981/1991: (1) 0,40/0,51/0,25 (2) 0,98/1,00/0,77 (3) 0,24/0,25/0,18	-	1971/1981/1991 : (1) 0,43/0,57/0,27 (2) 1,00/0,99/0,78 (3) 0,32/0,28/0,27	-	KF	Variable Kosten	WKS der anderen Sektoren
70er&80er	Ballot et al. (2006)	France, OECD	1987-1993	268 Unternehmen	0,059				PF	VA	
80er&90er	Deng (2005)	USA	1979-1998	Halbleiter-Industrie	-	0,1	-	-	PF	Börsenwert	

	Deng (2005)	USA	1979-1998	Halbleiter-Industrie	-	Nicht deflationiert/ deflationiert: 0,12 / 0,13 (Semi- Elastizität FuE/Ak- tiva)	-	Nicht deflatio- niert/ deflatio- niert: 0,46 / 0,60 (Semi-Elastizität WKS/Aktiva)	PF (?)	Tobins Q	Patente anderer Un- ternehmen
	Bloom, Schanker- man und Ran Ree- nen (2013)	USA	1981-2001	Compustat, NBER- USPTO Daten; 715 gelis- tete Unternehmen mit mind. 4 Beobachtungen	0,207	0,041	0,55 (private +social)	0,191 – 0,264 (Technologie) -0,005 - 0,030 (Produktmarkt- wettbewerb, n.s)	PF	Umsatz (Ni- veau)	Technologische Wis- sensspillovers: Ge- wichtete Summe der Anzahl der Forscher in anderen Unterneh- men (Gewicht: Jaffe Index auf Basis der Überlappung von Forschern in Tech- nologiefeldern) Spillovers durch Pro- duktmarktrivalität
	Cororaton (1999)	Philippinen	1982-1996	Primärer Sektor / Indust- rie / Dienstleistungen	0,60 / 0,12 / 0,61	-	0,02 / 0,00 / 0,01	-	PF	TFP (Niveau)	Summe der FuE- Aufwendungen an- derer Sektoren, ge- wichtet mit Input- Output-Matrizen (nur interindustrielle Spillovers)
	Rouvinen (2002)	Finnland	1985-1997	VG	0,18	-	0,2	-	KF	Variable Kos- ten	-
90er & 2000er	Peters et al. (2009)	Deutsch- land	1990-2005	VG + DL	-	Ges.: 0,08-0,09 VG: 0,087 DL: 0,091	-	ges.: 0,017 - 0,029 VG: 0,01 DL: -0,06	PF	LP (2- oder 4- Jahreswachs- tumsraten)	WKS aller anderen Unternehmen, ge- wichtet auf Basis von FuE-Ausgaben nach Produktkatego- rien
80er - 2010er	Lucking et al. (2017)	US	1980-2015	Compustat	0,131	0,033 (IV) -0,053 (OLS)	0,577	0,495 (OLS) - 0,517 (IV) (Technologie)			

